ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ІСТ-2019

МАТЕРІАЛИ

8-ої міжнародної науково-технічної конференції

9-14 вересня 2019 р
Коблеве-Харків, Україна

Міністерство освіти та науки України
Національна академія наук України
Люблінський відділ Польської Академії Наук
Представництво „Польська академія наук” у Києві
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харківський національний університет міського господарства ім. А.М. Бекетова
AGH науково-технологічний університет в Кракові
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Одеський національний політехнічний університет
Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника
Українська нафтогазова академія
Українська Федерація Інформатики
Академія Наук Прикладної Радіоелектроніки
Білоруський державний університет інформатики та радіоелектроніки
Білоруський національний технічний університет
Національний університет цивільного захисту України
Запорізький національний технічний університет

«Інформаційні системи та технології» ІСТ-2019

М А Т Е Р І А Л И

8-ї Міжнародної науково-технічної конференції

9-14 вересня 2019 р
Коблеве-Харків, Україна

«INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES» IST-2019

Proceedings
of the 8-th International Scientific and Technical Conference
September 9-14, 2019
Kobleve-Kharkiv, Ukraine

Харків 2019

УДК: 004.9

Наукові редактори: *А.Д. Тевяшев - доктор технічних наук, професор (Харківський національний університет радіоелектроніки);*
Л.Б. Петришин - доктор технічних наук, професор (AGH University of Science and Technology; Прикарпатський національний університет ім.В.Стефаника)
В.Г. Кобзєв – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник (Харківський національний університет радіоелектроніки)

Рецензенти:
Секція 1. *В.О. Філатов - доктор технічних наук, професор (Харківський національний університет радіоелектроніки);*
Секція 2. *В.В. Безкоровайний - доктор технічних наук, професор (Харківський національний університет радіоелектроніки);*
Секція 3. *Ю.О. Гунченко - доктор технічних наук, професор (Одеський національний університет ім.. І.І Мечникова);*
Секція 4. *В.П. Машталір - доктор технічних наук, професор (Харківський національний університет радіоелектроніки);*
Секція 5. *О.О. Шумейко - доктор технічних наук, професор (Дніпровський державний технічний університет);*
Секція 6. *Н.В. Шаронова - доктор технічних наук, професор (Національний технічний університет «ХПІ»);*
Секція 7. *В.А. Лужецький - доктор технічних наук, професор (Вінницький національний технічний університет);*
Секція 8. *Є.В. Бодянський - доктор технічних наук, професор (Харківський національний університет радіоелектроніки)*

Матеріали статей рецензовано та опубліковано в авторській редакції.

Інформаційні системи та технології: матеріали статей 8-ї Міжнародної науково-технічної конференції, Коблеве - Харків, 09-14 вересня 2019 року / наук. ред. А.Д. Тевяшев, Л.Б. Петришин, В.Г. Кобзєв. – Х.: ХНУРЕ, 2019. – 308 с.

ISBN 987-617-7683-63-5

Збірник містить матеріали статей Міжнародної науково-технічної конференції з проблем сучасних інформаційних систем та технологій.
Матеріали представляють інтерес для фахівців, науковців і аспірантів, діяльність яких пов’язана з розробкою та впровадженням сучасних інформаційних систем і технологій.

© Харківський національний університет радіоелектроніки, 2019
© Автори статей, 2019

Секція 1
Сучасні інформаційні системи та технології: проблеми, методи, моделі.
Управління проектами та програмами.

Section 1
Modern information systems and technologies:
problems, methods, models.
Projects and program managements.

Analiza Procesowa Zintegrowanych Informatycznych Systemów Zarządzania

Lubomyr Petryshyn
kat. Zarządzania Przedsiębiorstwem
AGH University of Science and Technology
Kraków, Polska
l.b.petryshyn@gmail.com ORCID: 0000-0003-4168-3891

Agnieszka Rogóż-Duda
Wydział Zarządzania
AGH University of Science and Technology
Kraków, Polska
arogoz@zarz.agh.edu.pl

Process Analysis of Integrated Information Management Systems

Lubomyr Petryshyn
dept. of Enterprise Management
AGH University of Science and Technology
Cracow, Poland
l.b.petryshyn@gmail.com ORCID: 0000-0003-4168-3891

Agnieszka Rogóż-Duda
Faculty of Management
AGH University of Science and Technology
Cracow, Poland
arogoz@zarz.agh.edu.pl

***Adnotacja* — Modelowanie procesów zarządzania w warunkach kooperacji sektorowej na podstawie zintegrowanych systemów informatycznych pozwala zmniejszyć koszty opracowania i eksploatacji takich złożonych systemów. Analiza procesowa pozwala na wizualizację i upraszcza porozumienie się na etapie analizy i projektowania pomiędzy klientem a producentem systemu. Przedstawiono podstawy analizy procesowej i uproszczony przykład opracowania systemu zarządzania w Instytucie BSS SA.**

***Abstract* — Simulation of the processes of sectoral cooperation management in distributed information systems allows to reduce the means of introduction and operation of such complex systems. The proposed technique of process analysis allows to decompose of the overall management system process as well as visualize of information models and graphical representation of processes and simplifies the understanding at the analysis and design stage between the customer and the system developer. The systems analysis bases and a simplified management system development example of three-sectoral management system are presented.**

Słowa kluczowe — modelowanie wizualizacyjne, procesy informacyjne, kooperacja sektorowa, systemy rozproszone, zarządzanie

Keywords — visualization modeling, information processes, sectoral cooperation, distributed systems, management

I. WSTĘP

Zarządzanie złożonymi systemami w warunkach kooperacji sektorowej wymaga zastosowania technologii informacyjnej, która zapewnia odwzorowanie stanu i umożliwia zarządzanie systemem w czasie rzeczywistym. Analiza oraz wizualizacja procesów zarządzania pozwala na usunięcie bariery psychologicznej i uniknięcie nieporozumienia pomiędzy klientem i projektantem systemów informatycznych, a także pozwala zmniejszyć koszty opracowania, wdrażania i obsługi takich złożonych systemów.

Celem opracowania jest definicja zakresów analizy procesowej w celu przyszłego opracowania wizualnych metod modelowania procesów zarządzania zintegrowanymi systemami w warunkach kooperacji sektorowej.

Nowacją opracowania jest przedstawienie techniki analizy systemowej, która przy jej implementacji w trakcie modelowania informacyjnego systemów zapewnia wizualizację procesów zarządzania i upraszcza rozumienie ich przepływów.

Aspekt praktyczny polega na kompleksowej analizie struktury i przepływu procesów zarządzania, unikaniu nieporozumień przy formułowaniu zadania i zapewniania wymagań klienta, a także zmniejszenia kosztów tworzenia i eksploatacji systemów zarządzania. W projekcie pozostał opracowany uproszczony przykład systemu zarządzania w Instytucie BSS SA, który ma na celu usprawnienie przetwarzania w jednostce dokumentów przez osób, które są przypisane do odpowiednich zadań.

Podstawy analizy systemowej oraz modelowania wizualizacyjnego są opublikowane w [1]. Przeanalizujemy uproszczony przykład analizy systemowej rozproszonego systemu zarządzania w Instytucie BSS SA .

Zakres działania instytucji opiera się o:

- bazę danych na temat konkursów i projektów grantowych;

- bazę danych przedsiębiorstw i złożonych wniosków do konkursów, działanie polega na monitorowaniu dat;
- bazę wyników efektywności funkcjonowania instytucji względem innych organizacji lub konkursów.

W projekcie pozostały opracowane 3 podsystemy instytucji odpowiedzialne za:

- wyszukiwanie nowych konkursów, firm i organizacji;
- przygotowanie i wycenę wniosków;
- przygotowanie, złożenie wniosków oraz rozliczenia finansowe.

Wdrożenia systemu spowoduje:

- redukcje kosztów działalności instytucji, w szczególności związanych z pozyskiwaniem nowych zleceń;
- skrócenie czasu pozyskiwania zleceń;
- ograniczenie bazy wysyłkowej (dla danego konkursu/naboru) do wybranych pod względem określonych wcześniej kryteriów i słów kluczowych (dotychczasowa współpraca, znajomość planów rozwojowych i strategii, zidentyfikowane potrzeby) klientów.

Istotnym elementem kontekstu funkcjonowania jest potrzeba i oczekiwania zainteresowanych stron. Należą do nich również przedsiębiorstwa, które złożyły wnioski do konkursów. Zainteresowane strony posiadają swoje wymagania. Zgodnie z wymaganiami Instytut BSS SA:

- identyfikuje zainteresowane strony;
- rozpoznaje oczekiwania i wymagania;
- podejmuje decyzje, które wynikają z potrzeb i oddziałują na cel funkcjonowania instytucji.

II. Analiza poszczególnych jednostek systemu

Przeanalizujemy organizację strukturalną jednostek instytucji (rys. 1) oraz ich funkcje systemowe. Instytut BSS SA działa od 19XX roku. W firmie zatrudnionych jest YY osób – po jednej osobie w zarządzie, pełnomocnik zapewnienia jakości, dyrektor, pięć osób jest dyrektorami ds.: finansowych, produkcji, centrum badawczo-rozwojowego, personalnych i administracyjnych oraz medycznych. Pracują również tam dwie osoby zajmujące się pozyskiwaniem środków ze źródeł krajowych oraz z Europejskiego funduszu rozwoju regionalnego z Unii Europejskiej, a dwie osoby zajmuje się sprawami administracyjnymi: jedna zajmuje się kontaktem z organizacjami oraz jedna osoba zajmująca się rozliczeniem finansowym przedsiębiorstwa i prowadzonych dla klientów projektów oraz konkursów. Dodatkowo w składzie pracowników znajdują się cztery osoby pracujących przy procesie produkcji.

Działanie instytucji opiera się na wytwarzaniu produktów leczniczych, środków spożywczych, wyrobów medycznych i kosmetyków.

III. Analiza procesów zarządzania systemem

System ma na zadaniu:

- automatyczne dopasowanie konkursu do organizacji wg tematyki tj. obszary działalności;
- automatyczne tworzenie historii składanych wniosków z rezultatami;
- przypomnienie o terminach rozliczeń wniosków na 30 dni przed terminem;
- przypominanie o możliwości powtórzenia konkursu na 30 dni przed terminem, wynikającym z ogłoszenia w roku poprzednim.

Działanie instytucji opiera się o bazę danych na temat konkursów i projektów grantowych. Firma prowadzi również bazę danych przedsiębiorstw i złożonych wniosków do konkursów, której działanie polega na monitorowaniu dat oraz wyników firmy względem innych organizacji lub konkursów (wymagania funkcjonalne dotyczące baz danych).

W systemie są określone założenia, na których opiera się projekt, zewnętrzne wydarzenia, od których projekt zależy oraz ograniczenia, przy których projekt ma zostać zrealizowany.

Założenia opracowania oraz wdrożenia systemu:

- projektowany system pozwala zarówno na zarządzanie prowadzonymi projektami (śledzenie konkursów, monitorowanie realizacji) jak i zarządzanie relacjami firma-klient;
- brak jest na rynku prostych systemów łączących bazy danych wraz z zarządzaniem projektami - dostępne bardzo rozbudowane (i drogie) systemy zarządzania przedsiębiorstwem, w tym CRM;
- system będzie dopasowany do specyfiki instytucji z możliwością rozbudowy;
- przyjęte w instytucji standardy i procedury, aby projekt mógł zostać zrealizowany.

IV. Wymagania funkcjonalne

A. Wymagania ogólne

- system powinien być przystosowany do obowiązującego systemu obiegu dokumentów;
- system powinien wspierać obieg dokumentów papierowych;
- obieg dokumentów w bazie odbywa się w formie elektronicznej od momentu wyszukania i wprowadzenia ich do bazy danych aż do przygotowania umów dla zainteresowanych organizacji;
- system musi umożliwić bieżące monitorowanie realizacji spraw w sposób terminowy zgodnie ze zdefiniowaną procedurą pracy;

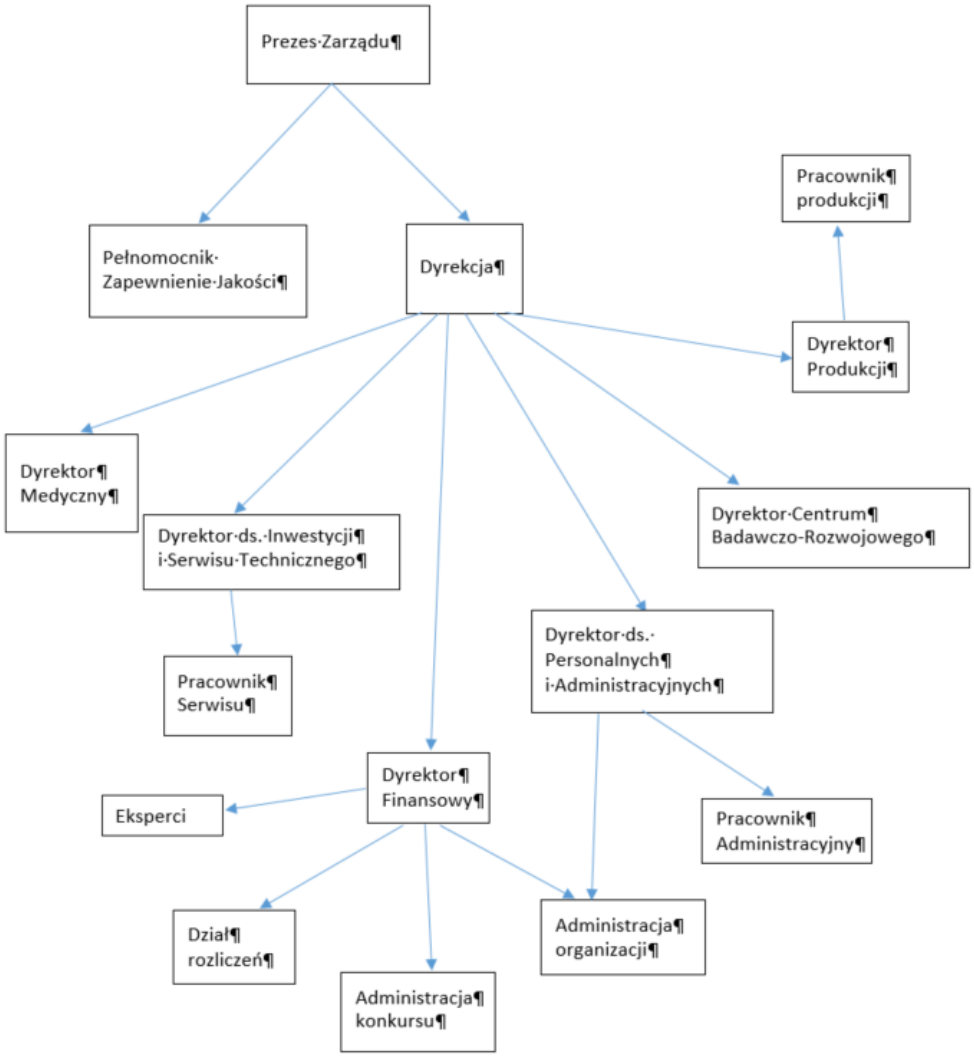


Рис. 1. Struktura organizacyjna jednostek instytucji.

- system musi zapewnić pełną kontrolę nad obiegiem informacji;
- system musi posiadać mechanizmy pomocy dostępne dla użytkowników (w języku polskim);
- wszystkie funkcje systemu muszą być zintegrowane z systemem i dostępne dla użytkowników;
- wszystkie dokumenty tworzone i przetwarzane przez system muszą być przechowywane w bazie danych;
- system musi mieć możliwość dodania podpisu elektronicznego.

B. Wymagania w zakresie obiegu spraw i dokumentów oraz procesów

- system musi automatycznie dopasowywać konkurs do firmy po obszarze działalności organizacji;
- system musi automatycznie tworzyć historię składanych wniosków;
- system musi mieć możliwość monitorowania sprawy:
  - ○automatycznego łączenia dokumentów w sprawy np. za pomocą wcześniej realizowanych projektów;
  - ○dodawania dowolnych załączników np. meili, stron www pracowników zaangażowanych w projekty;
  - ○automatycznego informowania odpowiedzialnych osób o określonych etapach prac;
  - ○automatycznego przypominania o terminach rozliczeń wniosków na 30 dni przed jego zakończeniem;
  - ○przypominania o możliwości powtórzenia konkursu na 30 dni przed terminem.
- system musi umożliwić przypisanie do wykonywanych poszczególnych kroków osób i grup użytkowników;
- system musi zapewnić możliwość przypisania pełnienia więcej niż jednej roli dla użytkowników;
- wbudowany w system terminarz powinien posiadać minimum następujące funkcje:

- ustalenie terminów składania wniosków;
- ustalenie terminów zakończenia konkursu;
- możliwość wglądu i edycji kalendarza o sprawy związane z rozliczeniami.

- system zapewni obsługę procesów:
  - obiegu dokumentów finansowo-księgowych;
  - korespondencja wchodząca;
  - korespondencja wychodząca.

C. Wymagania dotyczące baz

- bazę danych na temat konkursów i projektów grantowych:
  - nazwa konkursu;
  - organ prowadzący konkurs;
  - strona konkursu;
  - wymagane załączniki;
  - tematyka;
  - wymagania formalne;
  - kwoty, o które można wnioskować w zależności od kwot;
  - termin złożenia wniosku;
  - forma terminu: stempel pocztowy/data dotarcia;
  - wynik formalny – termin;
  - wynik ostateczny – termin;
  - termin rozliczenia;
  - uwagi.
- Baza danych przedsiębiorstw:
  - organizacja;
  - termin rozliczenia;
  - kwota.
- Baza danych wniosków:
  - organizacja;
  - konkurs;
  - część merytoryczna;
  - część finansowa;
  - harmonogram działań;
  - liczba uzyskanych punktów;
  - próg punktowy konkursu;
  - kwota dotacji;
  - data podpisania umowy;
  - data złożenia rozliczenia;
  - uwagi ekspertów.

V. WYMAGANIA NIEFUNKCJONALNE

A. Zgodność z przepisami prawa.

System musi być dostosowany do przepisów prawa polskiego, w szczególności być zgodny z następującymi aktami prawnymi:

Ustawą z dnia 14 lipca 1983 r. o narodowym zasobie archiwalnym i archiwach (Dz.U.06.97.673 z póź. zm.);

Ustawą z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (Dz.U.00. 98.1071 z póź. zm.);

Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z dokumentami elektronicznymi (Dz.U.206.1518);

Rozporządzeniem Prezesa Rady Ministrów z dnia 29 września 2005 roku w sprawie warunków organizacyjno-technicznych doręczania dokumentów elektronicznych podmiotom publicznym (Dz. U. 2005, Nr 200, poz. 1651);

Ustawą z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych (Dz.U. 2002, Nr 101, poz. 926);

Ustawą z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz.U. 2001, Nr 130, poz. 1450).

B. Wymagania ogólne

Zaproponowane rozwiązanie musi być kompletne i niewymagające od Instytutu BSS SA prac dodatkowych i nakładów.

System musi posiadać jednolity graficzny interfejs.

System musi posiadać możliwość rozbudowy interfejsu użytkownika.

System musi być kompatybilny z oprogramowaniem istniejącym już w instytucji.

System musi posiadać wysoką wydajność.

Architektura systemu musi mieć budowę wielowarstwową (np. serwer bazy danych, serwer aplikacyjny, aplikacja użytkowników).

System musi być w pełni skonfigurowany.

System musi realizować wszystkie czynności wymagane od Zamawiającego.

Zapewnienie weryfikacji wszystkich wprowadzonych danych w zakresie opisanym w wymaganiach funkcjonalnych.

Zapewnienie zarządzania prawami dostępu użytkowników do zasobów w oparciu o mechanizm ról systemowych.

Rejestrowanie wszystkich użytkowników i wykonywanych przez nich czynności - funkcja administratora systemu.

Generowanie kopii bezpieczeństwa.

W przypadku komunikacji z bazą danych poprzez sieć Internet wykorzystanie bezpiecznych mechanizmów

szyfrowania przesyłanych danych i autoryzacji użytkowników.

Dokumenty papierowe wprowadzane do obiegu oraz dokumenty papierowe generowane przez system obiegu dokumentów powinny mieć nadawany indywidualny kod kreskowy, umożliwiający późniejszą jego weryfikację w systemie.

Zintegrowany system musi być oparty o jednolity centralny słownik kontrahentów.

VI. PODSUMOWANIE

W oparciu o opracowane metody wizualizacji przebiegu procesów i funkcjonowania zintegrowanych systemów zarządzania w warunkach kooperacji sektorowej określono podstawy analizy systemowej, które pozwalają na przedstawienie przebiegów procesów i umożliwiają zarządzanie systemem informacyjnym w czasie rzeczywistym. Opracowany materiał jest zintegrowaną częścią publikacji [2], która przedstawia metody oraz technikę wizualizacji procesów zarządzania, która z kolei pozwala wyeliminować barierę psychologiczną i uniknąć wzajemnego nieporozumienia między klientem i twórcą systemów informatycznych a także zmniejszyć koszty opracowania, wdrażania i obsługi rozproszonych systemów zarządzania.

Osiągnięto cel projektu, jakim była analiza procesowa systemu zarządzania Instytutem BSS SA. Dokonano dekompozycji systemu na podstawie analizy procesów zachodzących w rzeczywistości. Wdrożenie opracowania pozwala na zoptymalizowanie kosztów, poprawę jakości obsługi oraz zautomatyzowanie procesów zarządzania.

Wdrożenie opracowanego systemu pozwala na usprawnienie wymiany informacji między oddzielnymi jednostkami i przejście na elektroniczny system zarządzania.

LITERATURA REFERENCES

[1] Л. Петришин, Я. Николайчук, Аналитическое моделирование информационных систем автоматизированного управления – Analytical modeling of infosystems of automated management. / Lyubomyr Petryshyn // Zarządzanie organizacjami w gospodarce rynkowej: X międzynarodowa naukowa konferencja "Zarządzanie przedsiębiorstwem. Teoria i praktyka": Kraków, 22-23 listopada 2007 r. / pod red. Wiesława Waszkielewicza; — Kraków: Wydawnictwa AGH, 2007. — ISBN 978-83-7464-153-1 — S. 268–275. — Bibliogr. s. 338, Abstr.

[2] L. Petryshyn, A. Rogóż-Duda, M. Petryshyn, "Wizualizacyjne Modelowanie Zintegrowanych Systemów Zarządzania" - „Visualization Modeling of Integrated Management Systems" in *Information Systems and Technologies*: Proceedings of the 8-th International Scientific and Technical Conference IST-2019, Kobleve-Kharkiv, Ukraine, September 10-15, 2019 / sc. red. A.D.Teviashev, L.B.Petryshyn, V.G.Kobzev. – Kharkiv: KhNURE, 2019. – P. 9-14.

Wizualizacyjne Modelowanie Zintegrowanych Systemów Zarządzania

Lubomyr Petryshyn
kat. Zarządzania Przedsiębiorstwem
AGH University of Science and Technology
Kraków, Polska
l.b.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4168-3891

Agnieszka Rogóż-Duda
Wydział Zarządzania
AGH University of Science and Technology
Kraków, Polska
arogoz@zarz.agh.edu.pl

Mykhailo Petryshyn
kat. Nauk Komputerowych i SI
Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraina
m.l.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6319-3768

Visualization Modeling of Integrated Management Systems

Lubomyr Petryshyn
dept. of Enterprise Management
AGH University of Science and Technology
Cracow, Poland
l.b.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4168-3891

Agnieszka Rogóż-Duda
Faculty of Management
AGH University of Science and Technology
Cracow, Poland
arogoz@zarz.agh.edu.pl

Mykhailo Petryshyn
dept. of Computer Science and IS
Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
m.l.petryshyn@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6319-3768

***Adnotacja* — Modelowanie procesów zarządzania w warunkach kooperacji sektorowej na podstawie zintegrowanych informatycznych systemów pozwala zmniejszyć koszty opracowania i eksploatacji takich złożonych systemów. Proponowana metoda wizualizacji modeli informacyjnych pozwala na odwzorowanie w formie graficznej procesów i upraszcza porozumienie się na etapie analizy i projektowania pomiędzy klientem a producentem systemu. Przedstawiono podstawy modelowania wizualizacyjnego i uproszczony przykład opracowania systemu zarządzania w Instytucie BSS SA.**

Słowa kluczowe — modelowanie wizualizacyjne, procesy informacyjne, kooperacja sektorowa, systemy rozproszone, zarządzanie

***Abstract* — Modeling of management processes in conditions of cross-sectoral cooperation on the integrated information systems base allows to reduce the means of introduction and exploitation of such complex systems. The proposed method of information models visualization permit to graphically reflects of constituent processes and simplifies the understanding at the stage of analysis and design between the customer and the system developer. The bases of visualization modeling and simplified example of models development of three-sectoral management system are presented.**

Keywords — visualization modeling, information processes, sectoral cooperation, distributed systems, management

I. WSTĘP

Zarządzanie złożonymi systemami w warunkach kooperacji sektorowej wymaga zastosowania technologii informacyjnej, która zapewnia odwzorowanie stanu systemu i umożliwia zarządzanie systemem w czasie rzeczywistym. Opracowany materiał jest zintegrowaną częścią publikacji [1], która przedstawia technikę analizy procesowej w zarządzaniu, będącej z kolei podstawą modelowania informacyjnego. Wizualizacja procesów zarządzania pozwala na usunięcie bariery psychologicznej i uniknięcie nieporozumienia pomiędzy klientem i twórcą systemów informatycznych, a także pozwala zmniejszyć koszty opracowania, wdrażania i obsługi takich złożonych systemów.

Celem opracowania jest przedstawienie wizualnych metod modelowania procesów zarządzania złożonymi systemami na podstawie analizy procesowej w warunkach kooperacji sektorowej, a także opracowanie uproszczonego przykładu systemu zarządzania w Instytucie BSS SA, który ma na celu usprawnienie przetwarzania dokumentów przez osób, które są przypisane do odpowiednich zadań.

Nowacją pracy jest opracowanie i przedstawienie graficznych metod modelowania, zapewniających wizualizację procesów zarządzania i upraszczających zrozumienie ich przepływu.

Aspekt praktyczny polega na możliwości odwzorowania struktury i przepływu procesów zarządzania, unikania nieporozumień przy formułowaniu zadania i zapewniania wymagań klienta, a także zmniejszenia kosztów tworzenia i eksploatacji informacyjnych systemów zarządzania.

Podstawy modelowania wizualizacyjnego są opublikowane w [2]. Przeanalizujemy uproszczony przykład

modelowania informacyjnego rozproszonego systemu zarządzania w Instytucie BSS SA na podstawie analizy procesowej przeprowadzonej w [1].

II. Modelowanie Procesów Zarządzania

W projekcie pozostały opracowane 3 podsystemy w instytucji (tabl. 1) odpowiedzialne za:

- wyszukiwanie nowych konkursów, firm i organizacji;
- przygotowanie i wycenę wniosków;
- przygotowanie, złożenie wniosków oraz rozliczenia finansowe.

ТАБЛИЦЯ I. PRZETWARZANE DOKUMENTY

Wykaz dokumentów		
Podsystem 1		
Dokumenty		
Dokument	***Treść***	***Komórki organizacyjne***
D1.03	Wyszukanie nowego konkursu i wprowadzenie do bazy danych	Administracja konkursów
D2.04	Wyszukanie firm i organizacji i wprowadzenie ich do bazy danych	Administracja organizacji
D3.04	Dopasowanie organizacji do konkursu.	Administracja organizacji
D4.04	Przygotowanie i wysłanie oferty do organizacji	Administracja organizacji
Podsystem 2		
Dokumenty		
Dokument	***Treść***	***Komórki organizacyjne***
D5.04	Przygotowanie zestawienia zainteresowanych organizacji	Administracja organizacji
D6.02	Wycena przygotowania wniosków dla organizacji	Dział rozliczeń finansowych
D7.04	Wysłanie kosztorysów do organizacji	Administracja organizacji
Podsystem 3		
Dokumenty		
Dokument	***Treść***	***Komórki organizacyjne***
D8.04	Przygotowanie umów dla zainteresowanych organizacji	Administracja organizacji
D9.00	Podpisanie umów z organizacjami	Prezes zarządu
D10.01	Stworzenie wniosku przez ekspertów	Eksperci
D11.04	Złożenie wniosków	Administracja organizacji
D12.03	Monitoring wyników	Administracja konkursów
D13.04	Powiadomienie organizacji o wynikach konkursu	Administracja organizacji
D14.02	Rozliczenie finansowe	Dział rozliczeń finansowych

A. *Model matrycowy*

Model matrycowy zawiera trzy wyżej wymienione procesy (rys. 1), który pozwala na wizualizację postępu realizacji operacji systemowych w procesach instytucji, wykonywanych w odpowiednich jednostkach w skali czasu.

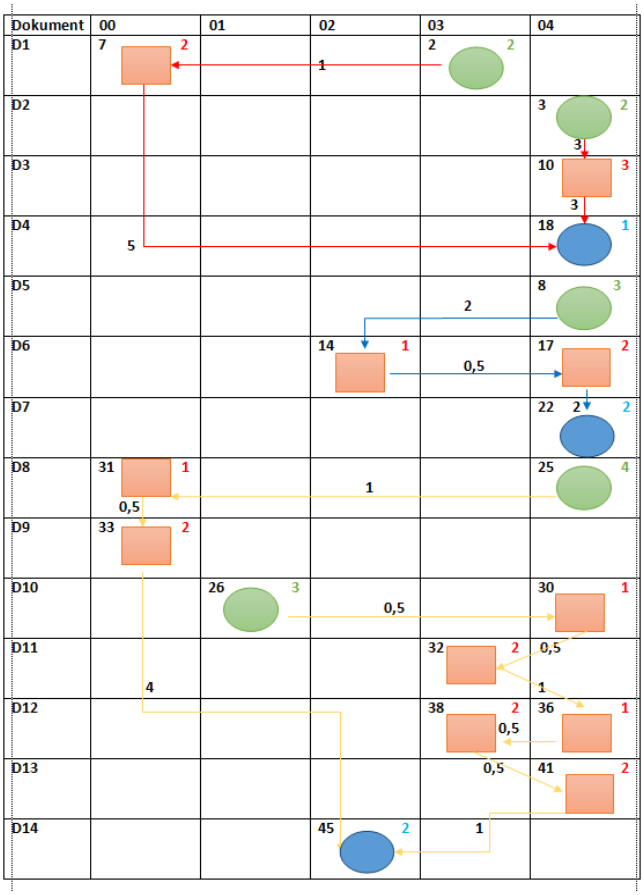


Рис. 1. Model matrycowy systemu zarządzania.

Na rys. 1: - źródło informacji; - przetwarzanie informacji; - odbiór informacji.

B. *Tablice czasowe*

Tablice czasowe określają rozkład wykonania w skali czasu poszczególnych operacji systemowych procesów. Tabl. II przedstawia czasy rozpoczęcia, tworzenia, przetwarzania i ustalania operacji systemowych. Natomiast tabl. III pokazuje czasy przekazania dokumentów przy wykonaniu operacji systemowych.

C. *Model „graf sieciowy" (typu Gantta)*

Model graf sieciowy (rys. 2) jest podstawowym modelem, który umożliwia przejście do UML-modelowania i przedstawia podstawowe parametry systemu takie jak struktura, czasy rozpoczęcia i trwania operacji systemowych oraz połączenie kanałów komunikacyjnych.

D. *Model czasowy spójny*

Aby ocenić pełne obciążenie obliczeniowe informatycznego systemu zarządzania stosuję się spójny model czasowy (rys. 3). Graf ten jednak nie uwzględnia działów, w jakich wykonują się poszczególne operacje systemowe.

ТАБЛИЦЯ II. CZASY WYKONANIA OPERACJI SYSTEMOWYCH

Dokument		Czas			
		rozpoczęcia	*formowania*	*przetwarzania*	*ustalania*
	D1.03	2	2		
	D2.04	3	2		
	D5.04	8	3		
	D8.04	25	4		
	D10.01	26	3		
	D1.00	7		2	
	D3.04	10		3	
	D6.02	14		1	
	D6.04	17		2	
	D8.00	31		1	
	D9.00	33		2	
	D10.04	30		1	
	D11.03	32		2	
	D12.04	36		1	
	D12.03	38		2	
	D13.04	41		2	
	D4.04	18			1
	D7.04	22			2
	D14.02	45			2

E. Schemat błokowy algorytmu wykonania operacji systemowych

Na podstawie diagramu modelu spójnego czasowego pozostał opracowany schemat blokowy algorytmu programu wykonania operacji systemowych (rys. 4), który na podstawie programowania obiektowego umożliwia szybką implementację i wdrożenie oprogramowania aplikacyjnego.

ТАБЛИЦЯ III. CZASY PRZEKAZANIA DOKUMENTÓW W SYSTEMIE PRZY WYKONANIU OPERACJI SYSTEMOWYCH

Dokument	Czas przekazywania
D1.03 – D1.00	1
D1.00 – D4.04	5
D2.04 – D3.04	3
D3.04 – D4.04	3
D5.04 – D6.02	2
D6.02 –D6.04	0,5
D6.04 – D7.04	2
D8.04 – D8.00	1
D8.00 – D9.00	0,5
D9.00 – D14.02	4
D10.01 – D10.04	0,5
D10.04 – D11.03	0,5
D11.03 – D12.04	1
D12.04 – D12.03	0,5
D12.03 – D13.04	0,5
D13.04 - D14.02	1

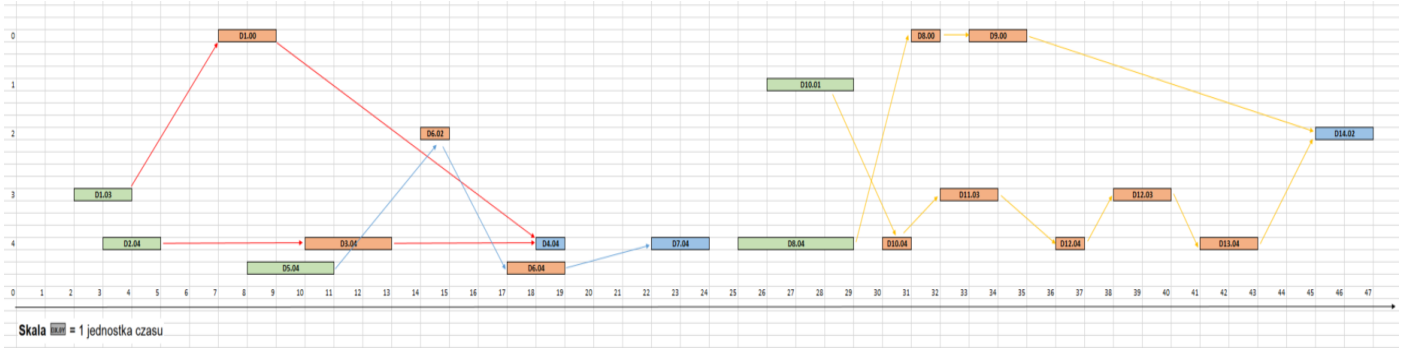


Рис. 2. Model „graf sieciowy” (typu Gantta).

Рис. 3.Model czasowy spójny wykonania operacji systemowych.

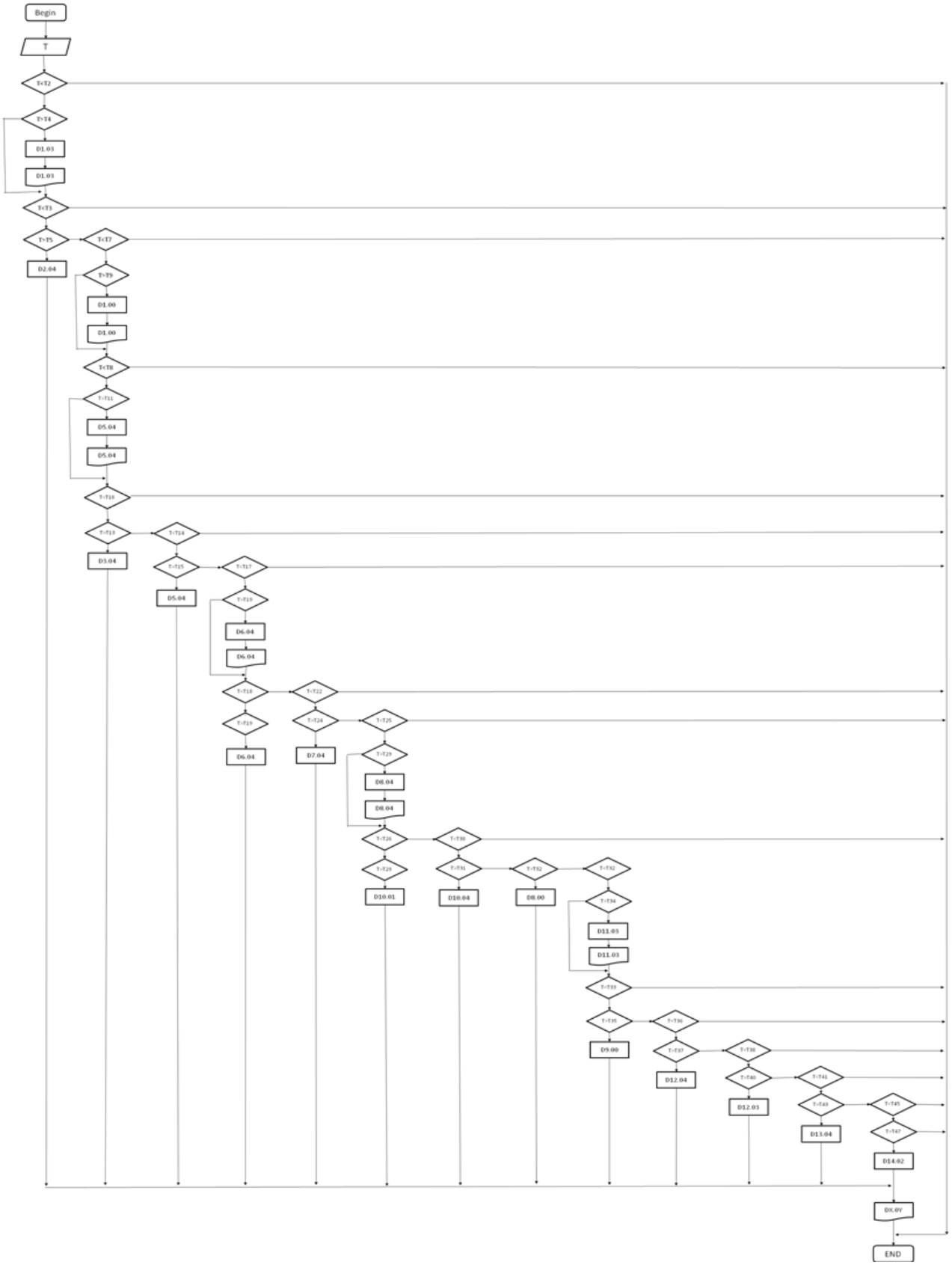


Рис. 4. Schemat blokowy algorytmu wykonania operacji systemowych.

III. SYMULACJA PROCESÓW W MODELOWANYM SYSTEMIE

Symulację procesową przeprowadzono za pomocą online programu BPSimulator http://www.bpsimulator.com [3]. Poniżej znajdują się modele użyte do symulacji oraz raporty z nich wygenerowane. Symulacja pozwoliła oszacować koszty systemu i pokazać średni czas realizacji każdego procesu.

W projekcie pozostały zasymulowane 3 podsystemy odpowiedzialne za:

- wyszukiwanie nowych konkursów, firm i organizacji (podsystem 1);
- przygotowanie i wycenę wniosków (podsystem 2);
- przygotowanie, złożenie wniosków oraz rozliczenia finansowe (podsystem 3).

Założenia do symulacji:

Symulacja została podzielona na 3 podsystemy – każdy z podsystemów został zasymulowany oddzielnie.

Wytyczne do symulacji pozwoliły na teoretyczne rozważania jak mogłaby wyglądać praca poszczególnych osób w podsystemach.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono podsystem 1 (schemat oraz wyniki symulacji).

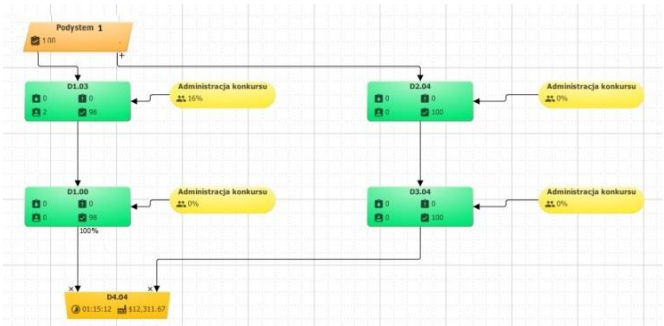


Рис. 5. Model symulacji podsystemu 1 systemu zarządzania.

Рис. 6. Raport symulacji obciążenia informatycznego podsystemu 1 systemu zarządzania.

Na rysunkach 7 i 8 przestawiono podsystem 2 (schemat oraz wyniki symulacji).

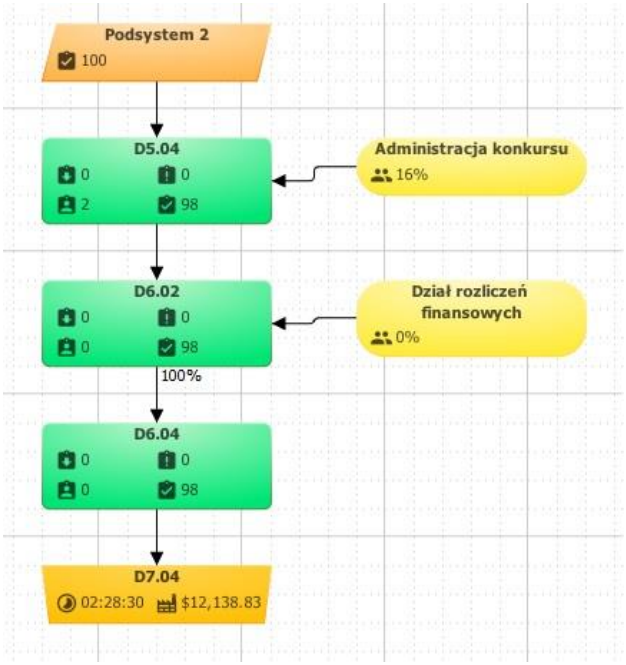


Рис. 7. Model symulacji podsystemu 2 systemu zarządzania.

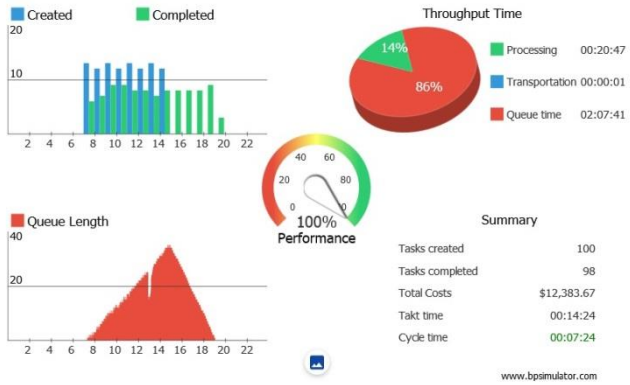


Рис. 8. Raport symulacji obciążenia informatycznego podsystemu 2 systemu zarządzania.

Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono podsystem 3 (schemat oraz wyniki symulacji).

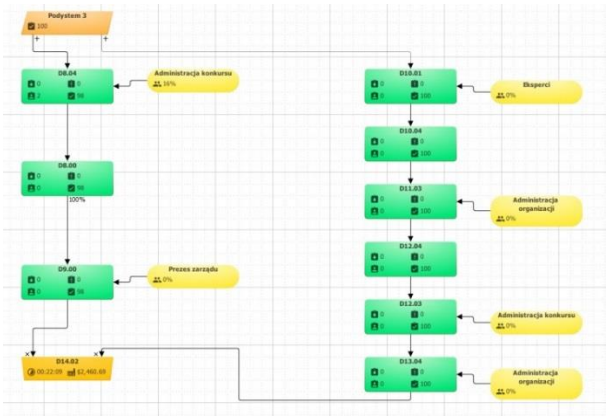


Рис. 9. Model symulacji podsystemu 3 systemu zarządzania.

Рис. 10. Raport symulacji obciążenia informatycznego podsystemu 3 systemu zarządzania.

IV. PODSUMOWANIE

W oparciu o opracowane metody wizualizacji przebiegów funkcjonowania zintegrowanych systemów zarządzania w warunkach kooperacji sektorowej określono podstawy symulacji, które pozwoliły na prezentacje przebiegu procesów i umożliwiły zarządzanie systemem informacyjnym w czasie rzeczywistym. Wizualizacja procesów zarządzania pozwoliła usunąć barierę psychologiczną i uniknąć wzajemnego nieporozumienia między klientem i twórcą systemów informatycznych a także zmniejszyć koszty opracowania, wdrażania i obsługi rozproszonych systemów zarządzania.

Osiągnięto cel projektu, jakim było przedstawienie wizualnych metod modelowania procesów zarządzania zintegrowanymi systemami na podstawie analizy procesowej w warunkach kooperacji sektorowej, a także opracowanie uproszczonego przykładu systemu zarządzania w Instytucie BSS SA, który ma na celu usprawnienie przetwarzania dokumentów przez osób, które są przypisane do odpowiednich zadań. Dokonano modelowania systemu na podstawie procesów zachodzących w rzeczywistości. Dzięki wdrożeniu systemu można zoptymalizować koszty, poprawić jakość obsługi oraz zautomatyzować procesy dostawy produkcji.

Wdrożenie opracowanego systemu pozwoliło na usprawnienie wymiany informacji między oddzielnymi jednostkami i przejście na elektroniczny system zarządzania. Wdrażanie zmian w systemie spowodowało wzrost konkurencyjności firmy, a funkcjonalność systemu dostosowano do standardów rynkowych.

LITERATURA REFERENCES

[1] L. Petryshyn, A. Rogóż-Duda, “Analiza Procesowa Zintegrowanych Informatycznych Systemów Zarządzania” - „Process Analysis of Integrated Information Management Systems” in *Information Systems and Technologies*: Proceedings of the 8-th International Scientific and Technical Conference IST-2019, Kobleve-Kharkiv, Ukraine, September 10-15, 2019 / sc. red. A.D.Teviashev, L.B.Petryshyn, V.G.Kobzev. – Kharkiv: KhNURE, 2019. – P. 4-8.

[2] Л.Петришин, Я.Николайчук, Аналитическое моделирование информационных систем автоматизированного управления – Analytical modeling of infosystems of automated management. / Lyubomyr Petryshyn // Zarządzanie organizacjami w gospodarce rynkowej: X międzynarodowa naukowa konferencja "Zarządzanie przedsiębiorstwem. Teoria i praktyka”: Kraków, 22-23 listopada 2007 r. / pod red. Wiesława Waszkielewicza; — Kraków: Wydawnictwa AGH, 2007. — ISBN 978-83-7464-153-1 — S. 268–275. — Bibliogr. s. 338, Abstr.

[3] BP Simulator. [Online]. Dostęp: https://www.bpsimulator.com/run/ 09 july 2019.

Моделювання Проблеми Проектування Систем Моніторингу Технологічних Процесів

Володимир Безкоровайний
кафедра системотехніки
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Вікторія Бортнікова
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації та мехатроніки
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
viktoriia.bortnikova@nure.ua

Modelling of the Problem of Technological Processes Monitoring Systems Design

Vladimir Beskorovainyi
Department of System Engineering,
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Viktoriia Bortnikova
Department of Computer-Integrated Technologies,
Automation and Mechatronics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
viktoriia.bortnikova@nure.ua

***Анотація*—Запропоновано підхід до формалізації проблеми проектування систем моніторингу технологічних процесів. За результатами декомпозиції проблеми визначено взаємний вплив задач вибору елементів, зв'язків між ними, їх параметрів та топології на ефективність системи в цілому. Визначено зв'язки задач за вхідними та вихідними даними, що дозволяє будувати логічні схеми для технологій проектування систем моніторингу технологічних процесів.**

***Abstract*—An approach to formalizing the problem of designing process technological process monitoring systems are proposed. By the obtained results of the problem decomposition were determined mutual influence tasks of selecting elements, their connection, their parameters and influence topology on the efficiency of the system as a whole. The tasks connections according to the input and output data have been defined, which allows to build logic schemes for design technology of technological process monitoring system.**

Ключові слова—система моніторінгу технологічного процесу, технологія проектування, оптимізація проектних рішень, формалізація, системологічна модель, логічна схема системного проектування.

Keywords—technological process monitoring system, design technology, design optimization, formalization, systemological model, logical scheme of system design.

I. Вступ

Умови конкуренції орієнтують сучасні виробничі компанії на всебічне скорочення термінів освоєння нових видів продукції та підвищення її якості. Підвищення складності продукції сучасних підприємств, що спостерігаються в наш час, призводять до істотного ускладнення виробничих процесів і технологічного обладнання, що використовується в їх складі. Це надає актуальності задачам оптимізації технологічних процесів (ТП), розв'язання яких дозволяє підвищувати ефективність виробництв і конкурентоздатність їх продукції. Базис для розв'язання таких задач закладається вже на етапах проектування (реінжинірингу) виробничих процесів і систем керування ними [1–2]. Невід'ємною частиною сучасних інтегрованих систем керування виробництвами є системи моніторингу (СМ), призначені для збору і аналізу інформації щодо стану технологічного обладнання. Процеси проектування та реінжинірингу СМ передбачають обґрунтування вибору їх структури, топології, параметрів елементів і зв'язків, технології функціонування. Складність коректного розв'язання всього комплексу задач за множиною функціональних і витратних показників вимагає ретельного системологічного аналізу проблеми.

II. Аналіз сучасного стану проблеми

В рамках системної методології виробничий процес подається у вигляді територіально чи просторово розподіленого технологічного об'єкта або комплексу таких об'єктів. Джерелом інформації для систем керування технологічними процесами є системи моніторингу (рис.1), які мають забезпечувати безперервне отримання інформації щодо стану технологічних об'єктів, виробничих і транспортних процесів підприємства [3].

Рис. 1. Узагальнена структурна схема системи моніторингу ТП.

Незалежно від виду технологій керування ТП [4], функціонального призначення й особливостей задач, для переважної більшості сучасних СМ ТП, як і систем моніторингу іншого призначення характерними є [5]:

- наявність загальної мети отримання необхідної інформації в установлені терміни з мінімальними витратами;
- наявність множини територіально розподілених об'єктів моніторингу й альтернативних елементів (засобів збору та попередньої обробки інформації);
- територіальна чи просторова розосередженість об'єктів та засобів моніторингу;
- існування зон моніторингу для кожного елемента (підмножин об'єктів спостереження);
- наявність в технологіях функціонування етапів переміщення інформації між елементами, вузлами та центром системи;
- для оцінки ефективності їх роботи використовується множини показників (витрат на створення й експлуатацію, оперативності, надійності, живучості тощо);
- вибір найкращого варіанту вимагає розв'язання задач багатокритеріального вибору компромісних рішень в умовах неповної визначеності.

На початкових стадіях проектування СМ може бути подана як територіально розподілений об'єкт [6]:

$$s = <e, r, g>, \quad (1)$$

де e - множина елементів системи (датчики, засоби спостереження, комутації, перетворення, обробки інформації тощо); r - множина відношень (зв'язків) між елементами системи (датчики, засобами спостереження, комутації, обробки інформації, тощо); g - топологічна реалізація структури $<e, r>$.

Проблема проектування СМ як територіально розподіленого об'єкта (1) подається у вигляді метазадачі, що об'єднує в собі множину задач різних рівнів деталізації опису [5-7]:

$$MetaTask = \{ Task^l \},\ Task^l = \{Task_i^l\},\ i = \overline{1, i_l},\ l = \overline{1, n_l}, \quad (2)$$

де $Task^l$ - множина задач, що відносяться до рівня l; n_l - кількість рівнів опису; i - номер задачі (етапу, стадії проектування); i_l - кількість задач, що розв'язуються на рівні l.

Кожна з задач комплексу (2) може бути подана як перетворювач вхідних даних у вихідні дані [6]:

$$Task_i^l := In_i^l \rightarrow Out_i^l,\ i = \overline{1, i_l},\ l = \overline{1, n_l}, \quad (3)$$

де In_i^l, Out_i^l - відповідно вхідні та вихідні дані i-й задачі l-го рівня.

Для підвищення ефективності існуючих технологій автоматизованого проектування СМ на першому етапі необхідна розробка системологічної моделі проблеми, що дозволить визначити взаємозв'язки всього комплексу математичних моделей задач (3) з урахуванням особливостей технологічних процесів.

III. Результати дослідження

Задача системного проектування *MetaTask* (2) передбачає визначення найкращого в сенсі множини обраних критеріїв $K(s) = \{k_1(s), k_2(s), ..., k_m(s)\}$ варіанту побудови СМ $s^o \in S$ на допустимих принципах $П$, з урахуванням структурних, топологічних, параметричних і технологічних обмежень $S = \{s\}$, заданих рівнів ефекту Q^* і (або) витрат C^*.

Задача системного проектування *MetaTask* як перетворювач даних (3) може бути подана у такому вигляді:

$$MetaTask : \{O, K, Q^*, C^*, S, П\} \rightarrow \{s^o, K(s^o)\}, \quad (4)$$

де $\{O, K, Q^*, C^*, S, П\} = In$ - множина вхідних даних; $\{s^o, K(s^o)\} = Out$ - множина вихідних даних; O - множина характеристик об'єктів контролю (кількість, місця розташування точок контролю, частота збору й обсяги інформації, що збирається тощо).

Сформуємо множину задач проектування СМ, що складають нижній рівень опису (2). З урахуванням територіальної (просторової) розосередженості системи множину задач складають: $Task_1^l$ - вибір принципів побудови системи $s_\pi^o \in S$; $Task_2^l$ - оптимізація структури

системи $s^o_{ER} \in S$; $Task^l_3$ - оптимізація топології елементів і зв'язків системи $s^o_G \in S$; $Task^l_4$ - вибір технології функціонування системи $s^o_A \in S$; $Task^l_5$ - визначення параметрів елементів і зв'язків системи $s^o_B \in S$; $Task^l_6$ - покритеріальна оцінка варіантів $K(s),\ s \in S$ і вибір ефективного проектного рішення:

$$s^o = < s^o_\pi, s^o_{ER}, s^o_G, s^o_A, s^o_B > \in S, \quad (5)$$

де $S = \{s\}$ - множина допустимих варіантів побудови СМ.

Формально виділені задачі проектування СМ матимуть вигляд:

$$Task^l_1 : \{O, \Pi, K, Q^*, C^*, \ \} \to \{\pi, S\}, \quad (6)$$

$$Task^l_2 : \{O, S, K, E, R, G, Q^*, C^*\} \to \{s^o_{ER}, K(s^o_{ER})\}, \quad (7)$$

$$Task^l_3 : \{O, S, K, G, A, B, Q^*, C^*\} \to \{s^o_G, K(s^o_G)\}, \quad (8)$$

$$Task^l_4 : \{O, S, K, A, B, Q^*, C^*\} \to \{s^o_A, K(s^o_A)\}, \quad (9)$$

$$Task^l_5 : \{O, S, K, B, Q^*, C^*\} \to \{s^o_B, K(s^o_B)\}, \quad (10)$$

$$Task^l_6 : \{O, S, K, Q^*, C^*\} \to \{s^o, K(s^o)\}, \quad (11)$$

де E, R, G, A, B - відповідно множини допустимих елементів, зв'язків між елементами, топологій, технологій функціонування та параметрів системи.

Аналіз задач $Task^l_i,\ i = \overline{1,6}$ (6) – (11) за обмеженнями, вхідними і вихідними даними дозволяє синтезувати лінійну логічну схему системного проектування. На основі методології оптимізації територіально розподілених об'єктів виконано аналіз можливості розв'язання базової задачі на трьох рівнях: за входами, за ресурсами, за процесом. Визначено її характерні риси: тісний взаємозв'язок задач структурного, топологічного, параметричного, технологічного синтезу, що потребує їхнього спільного розв'язання; комбінаторний характер більшості задач, що входять до складу проблеми; наявність у постановках задач факторів, що важко піддаються формалізації; неповна визначеність вхідних даних; широкий діапазон умов розв'язання задач.

За результатами аналізу комплексу задач проблеми сформульовані вимоги, яким повинні задовольняти ефективні методи (процедури) їхнього розв'язання і запропонована ітераційна логічна схема системного проектування СМ у вигляді [7-8]:

$$CirDes = (Tasks, InDat, Res, DesDec, ProcDec), \quad (12)$$

де $Tasks = < Task^l_i >,\ i = \overline{1,6}$ - упорядкована множина задач проектування СМ; *InDat* - множина вихідних даних; *Res* - множина обмежень; *DesDec* - множина проектних рішень; *ProcDec* - відображення, що має сенс проектної процедури.

Використання ітераційної логічної схеми (12) дозволить розробляти більш ефективні методи формування рішень задачі системного проектування СМ, що реалізують: ітераційне розв'язання задач $Task^l_i$, $i = \overline{1,6}$ (розв'язуваність за входами); використання банків методів для розв'язання кожної із задач, що мають різну складність і точність (розв'язуваність за ресурсами); інтерактивність процедур (розв'язуваність за процесом); використання прийомів, що знижують трудомісткість розв'язання задач. Використання такої схеми дозволить підвищувати якість отримуваних проектних рішень.

IV. Висновки

Аналіз проблеми проектування систем моніторингу технологічних процесів дозволив встановити тісний взаємозв'язок задач вибору елементів системи, зв'язків між ними, їх параметрів і їхньої топології на ефективність систем в цілому. Для розв'язання проблеми запропонована її декомпозиції на множину взаємно пов'язаних задач вибору принципів побудови системи, оптимізації її структури, топології елементів і зв'язків, вибору технології функціонування, визначення параметрів елементів і зв'язків, оцінка варіантів і вибору ефективного проектного рішення. Визначено зв'язки задач за вхідними та вихідними даними, що дозволяє визначати ефективні логічні схеми проектування систем моніторингу.

Література References

[1] Белов А.А., Малафеев А.В. Моделирование и организация информационного обеспечения управления качеством производственных процессов // Вестник ИГЭУ. 2004. № 3. С. 25–29.

[2] Бескоровайный В. В., Иванова В.А. Модификация метода топологической оптимизации системы мониторинга производственного процесса // Технология приборостроения. 2017. №2. С. 14–17.

[3] Shinde K.S., Bhagat P.H. Industrial process monitoring using loT // International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, 2017. PP. 38-42.

[4] Skogestad S., Postlethwaite I. Multivariable Feedback Control- Analysis and Design, Wiley, 2007.

[5] Подоляка К.Е. Математические модели и методы реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга: дис. … канд. тех. наук: 05.13.12, Харьковский национальній университет радиоелектроники, Харьков, 2016.

[6] Бескоровайный В.В. Системологический анализ проблемы структурного синтеза территориально распределенных систем // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. 2002. Вып. 120. С. 29-37.

[7] Тимченко А.А. Основи системного проектування та аналізу складних об'єктів: У 2-х кн. Кн. 1. Основи САПР та системного проектування складних об'єктів / За ред. В.І.Бикова. К.: Либідь, 2000. 272 с.

[8] Бескоровайный В.В. Синтез логической схемы системного проектирования территориально распределенных объектов // Радиоэлектроника и информатика 2002. № 3. С. 94-96.

Стратегии Генерации Вариантов в Технологиях Оптимизации Структур Территориально Распределенных Объектов

Владимир Бескоровайный
кафедра системотехники,
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Ольга Шевченко
кафедра системотехники,
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
1375helga@gmail.com

Оксана Драз
кафедра системотехники,
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
oksana.draz@nure.ua

Strategies for Generating Variants in Technologies of Optimizing Structures of Geographically Distributed Objects

Vladimir Beskorovainyi
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Olha Shevchenko
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
1375helga@gmail.com

Oksana Draz
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
oksana.draz@nure.ua

***Аннотация*—Рассмотрена задача структурного синтеза территориально распределенных объектов, для решения которой в качестве базовой выбрана стратегия направленного перебора вариантов. В ее рамках для решения задачи топологической оптимизации предложено использовать локальные стратегии покоординатной оптимизации, имитации отжига, поиска с запретами, эволюционного синтеза и кластеризации, реализованные соответствующими методами. Приведены результаты экспериментального исследования методов решения задачи структурно-топологической оптимизации трехуровневых централизованных объектов.**

Abstract—The problem of structural synthesis of geographically distributed objects is considered, for the solution of which the strategy of directed enumeration of options is chosen as the base. Within its framework, to solve the topological optimization problem, it is proposed to use local strategies of coordinate-wise optimization, simulating annealing, forbidden search, evolutionary synthesis and clustering, implemented by appropriate methods. The results of an experimental study of methods for solving the problem of structural and topological optimization of three-level centralized objects are presented.

Ключевые слова—территориально распределенный объект; структура; топология; направленный перебор вариантов; стратегия оптимизации.

Keywords—geographically distributed object; structure; topology; directional enumeration of options; optimization strategy.

I. Введение

Эффективность антропогенных объектов во многом определяется способом их структурной организации. В процессах проектирования, планирования развития или реинжиниринга большинства объектов неизбежно возникают комбинаторные задачи выбора наиболее рационального способа их структурной организации. С ростом сложности и территориальной (пространственной) рассредоточенности технологических объектов, систем мониторинга, логистики, связи, территориального управления нелинейно возрастает сложность задач их структурного синтеза. При увеличении масштабов таких объектов их функциональные и затратные характеристики становятся все более зависимыми от топологии (территориальной организации). Для получения эффективных вариантов организации территориально

распределенных объектов (ТРО) совместно с традиционными задачами структурной оптимизации необходимо решение задач их топологической оптимизации. Это приводит к значительному росту вычислительных затрат на реализацию информационных технологий структурной оптимизации объектов.

II. Обзор современного состояния пробемы

При формализации задач структурного анализа и синтеза ТРО традиционно используется их теоретико-множественное представление как систем *s* [1-2]:

$$S = < E, R, G >, \quad (1)$$

где E - множество элементов, входящих в состав системы; R - множество отношений (связей, соединений, взаимосвязей, зависимостей) между элементами; G - топологическая реализация структуры $<E, R>$.

При этом топологическая реализация объекта рассматривается как совокупность топологий элементов G_E, отношений G_R и траекторий (перемещений информации, энергии, других ресурсов, определяемых технологией функционирования объекта A) G_T:

$$G = \{G_E, G_R, G_T\}.$$

Объект, представленный в виде (1), обладает множеством свойств

$$P = \varphi (E, R, G), \quad (2)$$

где φ - некоторое отображение.

Количество всевозможных вариантов построения ТРО (1)-(2) с учетом функциональных и стоимостных ограничений [3] определяется мощностями множеств элементов $n_E = Card (E)$, отношений $n_R = Card (R)$ и топологий $n_{GE} = Card (G_E)$, $n_{GR} = Card (G_R)$, $n_{GT} = Card (G_T)$. Мощность всего множества вариантов построения является неполиномиальной функцией мощностей перечисленных множеств:

$$N = f(n_E , n_R , n_{GE} , n_{GR} , n_{GT}). \quad (3)$$

Генерация и анализ N вариантов (3) даже с использованием современных компьютеров не реализуемы за приемлемое время для объектов, состоящих всего из нескольких десятков элементов. Для решения частных задач оптимизации структур ТРО с относительно небольшим количеством элементов N применимы точные методы комбинаторной оптимизации. Для систем большей размерности используются приближенные и эвристические методы (алгоритмы) комбинаторной оптимизации: детерминированного и стохастического локального поиска, эволюционные, роевого интеллекта, сканирования. Для решения сложных практических задач используют метаэвристические (гибридные) методы, объединяющие идеи разных методов [4]. Универсальность приближенных и эвристических методов не позволяет учитывать особенности задач структурной оптимизации ТРО, на основе которых без потери точности могут быть существенно сокращены пространства поиска решений.

Альтернативами для универсальных методов [4-7] могут служить методы, учитывающие особенности оптимизируемых объектов. Примером могут служить методы, использующие направленный перебор вариантов построения ТРО в окрестности глобального оптимума. Они позволяют учитывать вид зависимости целевых функций от параметров структуры и топологии объекта оптимизации.

III. Результаты исследования

Рассмотрим примеры эффективных стратегий генерации вариантов в технологиях оптимизации топологии трехуровневых ТРО с централизованными (радиально-узловыми) структурами. При формировании и реализации стратегий генерации вариантов будем использовать подход, базирующийся на идеях декомпозиции и агрегации [8].

Объект с радиально-узловой структурой связывает каждый из его элементов с центром через один из узлов. Во многих случаях считается, что центры и узлы ТРО могут размещаться в непосредственной близости от одного из их элементов.

Постановка задачи оптимизации топологической структуры ТРО [9]. Заданы: множество из n_E рассредоточенных по территории элементов объекта, и их характеристики, типы узлов и связей, места возможного размещения узлов и основные положения технологии его функционирования. Предполагается, что используются узлы и связи, мощности которых достаточны для обслуживания закрепленных элементов. Необходимо определить: место размещения центра (центрального узла), оптимальное количество узлов (подсистем) объекта n_U^o, места их размещения, множества элементов, непосредственно связанных с каждым из узлов, экстремизирующие выбранный критерий эффективности.

При использовании в качестве критерия оптимизации затрат на ТРО C он может быть представлен в виде суммы затрат на центр C_C, узлы C_U, элементы C_E, связи между узлами и центром C_{UC}, связи между элементами и узлами C_{EU}:

$$C = C_C + C_U + C_{UC} + C_E + C_{EU}. \quad (4)$$

Для формализованного представления топологической структуры ТРО используем матрицу смежности $R = [r_{ij}]$, $i, j = \overline{1, n_E}$, где $r_{ij} = 1$, если вершины i и j связаны дугой, $r_{ij} = 0$ – в противном случае. Для всех вершин $i = \overline{1, n_E}$, отображающих элементы, на базе которых размещаются узлы $r_{ii} = 1$. Тогда целевая функция (4) задачи будет представлена в виде:

$$C = C_C + \sum_{i=1}^{n_E} (c_U + c'_{iC} + c'_{Ci}) r_{ii} + c_E n_E + \sum_{i=1}^{n_E} \sum_{j=1}^{n_E} c_{ij} r_{ij} \to \min_{r_{ij}}, \quad (5)$$

где C_C - затраты на центр; n_E - количество элементов; c_U - затраты на узел; c'_{iC}, $c'_{C\,i}$ - затраты на связи i-го узла с центром и центра с i-м узлом; c_E - затраты на 1 элемент; c_{ij} - затраты на связь между элементами i и j.

Основные ограничения: каждый элемент должен быть связан с одним из узлов, т.е. $\sum_{i=1}^{n_E} r_{ij} = 1$ для всех $j = \overline{1,n_E}$, для которых $r_{jj} = 0$; к узлу должно быть подключено не менее одного элемента $\sum_{i=1}^{n_E} r_{ij} \ge 1$ для всех $j = \overline{1,n_E}$, для которых $r_{jj} = 1$; общее количество связей $\sum_i \sum_j r_{ij} = 2 \cdot (n_E - 1) + n_U$ (где n_U - количество узлов в объекте, $n_U = \sum_i r_{ii}$); элемент j присоединяется к узлу i по минимуму затрат $\min_i c_{ij}$; каждый из узлов $i = \overline{1,n_U}$ связывается с центром, т.е. $r_{ii} = 1 \to r_{iC} = 1$ и $r_{Ci} = 1$; узлы не связываются между собой, т.е. ($r_{ii} = 1$ и $r_{jj} = 1$) $\to$ ($r_{ij} = 0$ и $r_{ji} = 0$); количество узлов n_U может меняться от 0 до n_E, $1 \le n_U = \sum_{i=1}^{n_E} r_{ii} \le n_E$.

Затраты на создание и (или) эксплуатацию центра C_C практически не зависят от количества узлов в ТРО n_U и могут считаться постоянными. Затраты на создание и (или) эксплуатацию узлов представляют собой в оговоренных условиях линейную зависимость от их количества $C_U = c_U \cdot n_U$. Затраты на элементы объекта C_E не зависят от количества узлов в нем n_U. С увеличением количества узлов в объекте затраты на их связи центром C_{UC} увеличиваются, а на связи между элементами и узлами C_{EU} снижаются. Анализ составляющих затрат C от количества узлов в объекте показывает, что функции (4) может быть представлена одноэкстремальной зависимостью от количества узлов n_U (рис. 1).

Количество способов группирования n_E элементов при фиксированном количестве узлов (подсистем) n_U равно количеству сочетаний $C_{n_E}^{n_U}$. С учетом этого областью определения функции (5) есть множество сочетаний $C_{n_E}^{n_U}$ для $n_U = \overline{1, n_U^*}$ (где n_U^* - предельное значение количества узлов (объекта). В общем случае подсистема может состоять из одного элемента и в таком случае максимально возможное количество узлов может быть равно количеству элементов $n_U^* = n_E$. С учетом этого общее количество вариантов топологических структур объекта $N = 2^{n_E}$.

Характер зависимости функций $C(n_U)$ (5) позволяет использовать для решения задачи синтеза радиально-узловой топологической структуры ТРО в качестве базовой стратегию направленного перебора ***DSS*** *(Direct Search Strategy) [9-10]*. Направленный перебор вариантов можно осуществлять по количеству узлов в объекте и местам их размещения. В рамках различных локальных стратегий перебора по количеству узлов и местам их размещения можно использовать множество различных методов решения задачи или их модификаций.

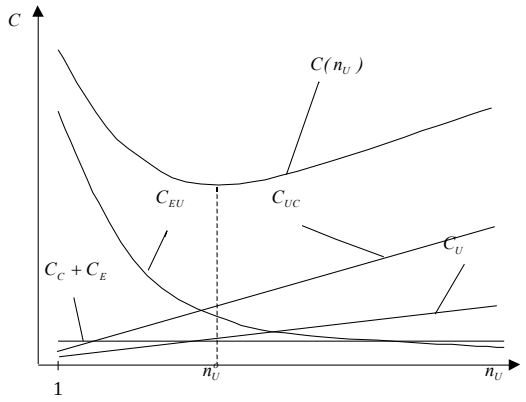


Рис. 1. Характер зависимости затрат от количества узлов.

Идея базового метода направленного перебора вариантов *MDS (Direct Search Method)* в рамках стратегии ***DSS*** заключается в следующем. Определить начальное значение допустимого количества узлов (в простейшем случае $n'_U = 1$), необходимых для подключения всего множества элементов. Для заданного количества узлов $n_U = n'_U$ по минимуму стоимости $\min_i c_{ij}$ (где c_{ij} - стоимость связи между элементом j и узлом i) решить задачу наилучшего размещения узлов и распределения множества элементов по узлам. Определить стоимость полученного варианта $C(C(n_U))$. Изменять количество узлов в системе $n_U := n_U \pm 1$ и решать задачу распределения множества элементов по узлам до получения наилучшего решения по критерию стоимости $n_U^o = arg\ min\, C(n_U)$.

Для решения задачи размещения узлов и распределения множества элементов по узлам рассмотрены локальные стратегии покоординатной оптимизации COS (Coordinate Optimization Strategy), имитации отжига SAS (Simulated Annealing Strategy), поиска с запретами FSS (Forbidden Search Strategy), эволюционного синтеза ESS (Evolutionary Synthesis Strategy) и кластеризации CS (Clustering Strategy), реализованные соответствующими методами.

Суть методов, построенных на основе **стратегии *COS***, состоит в улучшении начального варианта путем поочередной оптимизации мест возможного размещения для каждого узла при фиксированных размещениях $u-1$ узла. Эта процедура циклически повторяется до достижения локального экстремума целевой функции (5).

Суть методов, построенных на основе **стратегии *SAS***, состоит в имитации процесса кристаллизации вещества, который реализует некоторое ухудшение решения для выхода из локальных минимумов. Вероятность выполнить такой шаг уменьшается по ходу поиска. Время и точность решения задачи зависят от выбора начального значения «температуры» процесса и функции ее понижения. В процессе решения задачи необходим расчет значения изменения энергии процесса ΔE , вероятности перехода к полученному значению $p(\Delta E)$ и функции понижения температуры T. Изменения энергии перехода определяется как разность значения заданного критерия (5) на текущей и предыдущей итерации по соотношению [10]: $\Delta E = C(w_i) - C(w_{i-1})$ (где w_{i-1}, w_i - множества мест размещения узлов, определенные на *i -1* и *i*-й итерациях. Свойства методов в рамках этой стратегии определяются выбором вида функции понижения температуры.

В основу методов, построенных на основе **стратегии *FSS***, положены процедуры анализа матриц ближайших соседей. Для выхода из локального оптимума используются списки запретов, в которые входят предыстории поисков. При этом могут использоваться различные критерии остановки алгоритмов: по достижении фиксированного количества итераций; по достижении фиксированного количества итераций, когда значение функции не улучшается; по достижении заданной точности.

Методы, построенные на основе **стратегии *ESS***, реализуются с использованием генетических алгоритмов. В алгоритмах реализуются различные процедуры наследования, мутации, отбора, кроссинговера. Каждая хромосома отображает множество мест размещения узлов w_i на итерации i. В качестве генов используются коды индексов узла, а в качестве функции приспособленности – критерий (5).

Суть методов, построенных на основе **стратегии *CS*,** заключается в минимизации суммарного отклонения точек кластеров (элементов объекта) от их центров. Каждая точка кластера рассматривается как место возможного размещения центра (узла).

Были проведены экспериментальные исследования методов направленного перебора при решении задач оптимизации структур ТРО, реализующие различные локальные стратегии поиска. В качестве базового использован комбинаторный метод, реализующий стратегию полного перебора всевозможных вариантов размещения узлов объекта. Сравнение стратегий поиска решений производилось по показателям относительной погрешности решений и времени решения задачи (табл. 1, 2).

ТАБЛИЦА I. СРЕДНЯЯ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ РЕШЕНИЯ, %

Стратегия (метод)				
COS	***SAS***	***FSS***	***ESS***	***CS***
0,62	4,42	2,07	3,89	8,37

ТАБЛИЦА II. СРЕДНЕЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Стратегия (метод)				
COS	***SAS***	***FSS***	***ESS***	***CS***
1	0,0681	0,2513	0,3778	0,1301

Аппроксимации, полученные по результатам экспериментального исследования, позволяют выбирать наиболее эффективную стратегию при разработке или выборе метода для решения практических задач, исходя их требуемой точности и имеющихся вычислительных и временных ресурсов.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа задачи структурного синтеза территориально распределенных объектов для ее решения в качестве базовой выбрана стратегия направленного перебора вариантов. Для ее реализации предложено использовать эффективные локальные стратегии покоординатной оптимизации, имитации отжига, поиска с запретами, эволюционного синтеза и кластеризации, реализованные соответствующими методами. Результаты экспериментальных исследований методов позволяют сделать выбор наиболее эффективной стратегии при решении практических задач, исходя их требуемой точности и имеющихся вычислительных и временных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с.

[2] Бескоровайный В.В., Подоляка К.Е. Разработка модели многокритериальной задачи реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. №3/3 (75). С. 37-42.

[3] Бескоровайный В.В. Системологический анализ проблемы структурного синтеза территориально распределенных систем // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. 2002. Вып. 120. С. 29-37.

[4] Сергиенко И.В., Гуляницкий Л.Ф., Сиренко С.И. Классификация прикладных методов комбинаторной оптимизации // Кибернетика и системный анализ. 2009. №5. С. 71-83.

[5] Han L.Z., Zhang J.Q., Yang Y. Optimal placement of sensors for monitoring systems on suspension bridges using genetic algorithms // Applied Mechanics and Materials. 2014. № 530. P. 320–331.

[6] Wang K., Zhao H., Ding Y., Li T., Hou L., Sun F. Optimization of air pollutant monitoring stations with constraints using genetic algorithm // Journal of High Speed Networks. 2015. № 21(2). P. 141–153.

[7] Du D.Z., Pardalos P.M. Handbook of combinatorial optimization. New York: Springer Science & Business Media, 2013. 3409 p.

[8] Beskorovainyi V., Imanhulova Z. Technology of large-scale objects system optimization // ECONTECHMOD. 2017. Vol. 06. №4. P. 3-8.

[9] Бескоровайный В.В. Модификация метода направленного перебора для синтеза топологии систем с радиально-узловыми структурами // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. 2003. Вып. 123. С. 110-116.

[10] Бескоровайный В.В. , Подоляка К.Е. Модификации метода направленного перебора для реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Радиоэлектроника и информатика. 2015. № 3 (70). С. 55–62.

Моделі Інтеграції Патернів Проектування, ORM і Spring

Віктор Борисенко
кафедра ЕОМ
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
viktor.borysenko@nure.ua

Тетяна Борисенко
кафедра інформаційних управляючих систем
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
tatyana.borysenko@nure.com

Sharing Models of Design Patterns, ORM and Spring

Viktor Borysenko
dept. of Computers
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
viktor.borysenko@nure.ua

Tatyana Borysenko
dept. of Information Control Systems
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv,, Ukraine
tatyana.borysenko@nure.ua

***Анотація*—Запропоновано основні вимоги до прагматичної організації ефективного моделювання складних програмних систем на основі UML-діаграм. Наведено загальну характеристику патернів проектування корпоративних клієнт серверних застосувань на базі платформи Java EE. Розглянуто сучасні технології підвищення ефективності розробки розподілених систем. Наведено загальні принципи спільного використання ORM-бібліотеки Hibernate і Spring Framework.**

Abstract—The basic requirements for pragmatic organization of effective modeling of complex software systems based on UML diagrams is offered. The general characteristics of the design patterns of enterprise client-server applications based on Java EE platform is given. Modern technologies of increasing efficiency of development of distributed systems are considered. The general principles for sharing the Hibernate and Spring Framework is given.

Ключові слова—UML, шаблони проектування, корпоративні клієнт-серверні ситеми, Java EE , розподілені системи, технологія спільного використання, объектно-реляционное відображення, Hibernate; фреймворк Spring

Keywords—UML; design patterns, corporate client-server systems, Java EE, distributed systems, sharing technology, object-relational mapping, Hibernate, Spring Framework

I. Вступ

Важливою сучасною тенденцією в галузі створення великомасштабних програмних систем (ВПС) є стрімкий розвиток новітніх промислових технологій і інструментальних засобів їх підтримки.

Важливою сучасною тенденцією в галузі створення великомасштабних програмних систем є стрімкий розвиток новітніх промислових технологій і інструментальних засобів їх підтримки.

В роботі пропонується єдиний концептуальний підхід, який дозволяє в упорядкованому вигляді системно викласти базовий набір сучасних проблем, що виникають при моделюванні, проектуванні і розробці ВПС, а також новітні технології, методи і засоби вирішення цих проблем.

Всі великомасштабні програмні системи в роботі пропонується умовно розділити на два базових типа: корпоративні клієнт-серверні системи [1] та розподілені системи [3]. Кожен з цих типів ВПС має свої особливості. В подальшому для кожного з них буде запропоновано свій обгрунтований набір загальносистемних вимог, принципів побудови і прагматичних рекомендації.

II. Прагматічні рекомендації щодо ефектівного моделювання програмних систем на базі UML

Моделі будуються для того, щоб зрозуміти, чи буде якась конструкція працювати. Неефективно сліпо використовувати UML так, як в інших дисциплінах застосовуються креслення і моделі. Але чому і коли все ж слід якісно та ефективно застосовувати UML? Діаграми є найбільш корисними для спілкування з іншими розробниками, замовниками, менеджерами і для попереднього виявлення основних проектних проблем. Але для досягнення цієї мети важливо використовувати лише строго необхідний раціональний рівень деталізації.

Основоположною вимогою є: UML-діаграми повинні бути простими, неперевантаженими зайвими деталями і зрозумілими.

UML може бути корисний для створення карт великих інтегрованих програмних структур. Такі карти дозволяють розробникам швидко визначати, які класи від яких залежать, а також служать загальним довідником по влаштуванню складної корпоративної системи в цілому. Такі карти можуть також послужити корисним засобом навчання розробників складних програмних систем.

Найбільш вдалий час для створення фінальної проектної документації, яку необхідно далі зберігати, є кінець роботи над проектом, коли документуються результати останніх зусиль команди. Такий документ точно відобразить стан проекту на момент завершення роботи над ним команди і, безумовно, буде корисним нової команді, яка прийде на зміну. Але і тут UML-діаграми слід ретельно відібрати (фільтрувати). Немає необхідності в тисячах сторінок з діаграмами прецедентів, класів і послідовності. Досить мати кілька суттєвих діаграм, що описують найбільш важливі особливості системи, що розробляється.

III. Патерни проектування корпоративних клієнт-серверних Java ЕЕ застосувань

Архітектура корпоративних клієнт серверних застосувань на базі платформи Java EE [1]:розділена на рівні (шари): рівень клієнта, проміжний рівень (що складається з веб-шару і бізнес-шару) і рівень корпоративної інформаційної системи (Enterprise Information System, EIS). Кожен з них має свої обов'язки і використовує різні технології Java EE. Декомпозиція застосування на чітко виражені рівні надає йому велику гнучкість і адаптованість. В результаті отримуємо альтернативу рефакторингу всього застосування, так як є можливість додати, видалити або змінити тільки конкретний рівень. Всі рівні розділені фізично і розташовані на різних комп'ютерах. А при створенні веб-застосування рівень клієнта розподіллено по всьому світу.

Розробка корпоративного ПО вимагає більш високого рівня дисципліни і координації межу групами розробників. Патерни проектування Java EE [2] - дуже ефективний метод для вирішення цієї проблеми. Однак більшість розробників корпоративних додатків до цих пір не навчилися отримувати користь з класичних патернів проектування, хоча вони з'явилися в Java ЇЇ починаючи ще з версії 5.0.

Корпоративні патерни можуть вирішити багато проблем. Це добре відпрацьовані і перевірені рішення, які витримали випробування часом, і вони реалізовані майже у всіх сучасних об'єктно-орієнтованих мовах програмування. Оскільки більшість з корпоративних патернів вже інтегровано в сучасну платформу Java ЇЇ, немає необхідності в написанні повного коду їх реалізації.

Для окремих з них може знадобитися невелика XML-конфігурація, але значна частина може бути реалізована застосуванням анотації до класу, методу або змінної примірника. Наприклад, якщо необхідно реалізувати патерн «Фабрика» Просто можна додати анотацію @Produces, і метод перетвориться в фабрику з необхідним типом значення, що повертається.

Java EE також встановлює міжнародні стандарти. Анотація @Inject служить реалізацією за замовчуванням і може комбінуватися і поєднуватися практично з будь-яким іншим фреймворком (наприклад, з фреймворком Spring), тому що вони використовують одну і ту ж інструкцію.

IV. Сучасні технології і патерни проектування розподілених систем

Стрімке зростання Інтернету і поява в кінці 90-х великих центрів обробки даних, що складаються з тисяч відносно недорогих масово вироблених комп'ютерів, які об'єднувалися в мережу, призвели до широкого поширення розподілених систем [3, 4]. На відміну від клієнт-серверних корпоративних архітектур розподілені додатки складаються або з декількох різних застосувань, або з декількох копій однієї програми, що працюють на різних комп'ютерах. Взаємодіючі, вони реалізують певний сервіс, наприклад, розвинену веб-пошукову систему або підсистему роздрібних продажів.

Важливо, що сучасні технології спрощують розробку розподілених систем. В останні роки контейнери, їх образи і оркестратор [3] набули поширення в силу того, що є невід'ємними елементами надійних розподілених систем. Взявши за основу контейнери і оркестратор контейнерів, можна створити набір повторно використовуваних компонентів і патернів проектування. Такі патерни і компоненти складають сучасний інструментарій, необхідний для розробки більш ефективних і надійних розподілених систем.

Патерни проектування принесли в роботу програмістів стандартизовану інфраструктуру і спільну мову. Перевірений на практиці широкий набір інтерфейсних патернів, які можна використовувати в різних контекстах. Завдяки розвитку об'єктно-орієнтованого програмування з'явилася можливість реалізувати такі патерни у вигляді стандартизованих повторно використовуваних бібліотек. Ці бібліотеки можна написати один раз і потім багаторазово використовувати, економлячи тим самим час і підвищуючи надійність і ефективність розроблюваного програмного забезпечення (ПЗ).

Вивчення патернів проектування розподілених систем - те ж саме, що вивчення будь-яких інших передових практик и технологій комп'ютерного програмування. Воно прискорює розробку ПЗ, не вимагаючи наявності багатого безпосереднього досвіду розробки систем, виявлення і виправлення помилок та набивання власних шишок.

Патерни цінні навіть для досвідчених розробників розподілених систем, які вже добре їх розуміють. Патерни надають загальний словник, що дозволяє розроблювачам і проектним менеджерам швидко розуміти один одного. Розуміння - основа обміну знаннями та подальшого навчання.

Патерни дозволяють вчитися на чужому досвіді і надають спільну мову для обговорення тонкощів побудови систем, але, крім цього, вони дають програмісту ще один інструмент - можливість виявляти загальні компоненти, які досить реалізувати одноразово.

Код операційних систем, розподілених баз даних, виконавчих середовищ контейнерів і їх оркестраторів - все, що ми сьогодні будуємо, створюється на основі спільно використовуваних бібліотек і повторно використовуваних компонентів.

Патерни - основа формування і розвитку таких компонентів. Формалізація алгоритмів привела до створення повторно використовуваних реалізацій сортування та інших канонічних алгоритмів. Завдяки виявленню інтерфейсних патернів проектування з'явився цілий ряд об'єктно-орієнтованих бібліотек, що їх реалізують.

Виявлення базових патернів проектування розподілених систем дозволяє створювати колективні загальні компоненти таких систем. Реалізація цих патернів у вигляді контейнерів з HTTP-інтерфейсом дає можливість використовувати їх в різних мовах програмування. І звичайно ж, розробка, орієнтована на побудову повторно застосовуваних компонентів, дозволяє поліпшувати якість кожного з них, оскільки в використовуваному багатьма людьми коді більш висока ймовірність попереднього виявлення помилок і недоліків.

V. Патерни проектування розподілених систем на основі новітньої архітектури мікросервісів

Мікросервісамі називаються сучасні системи, створені з безлічі різних компонентів, які працюють в різних процесах і взаємодіють за допомогою заздалегідь визначених програмних інтерфейсів [3]. Мікросервіси протиставляються монолітним системам, які зосереджують функціональність сервісу в одному строго скоординованому програмному застосуванні.

Мікросервісний підхід має чимало переваг, багато з яких пов'язані з надійністю і гнучкістю. Мікросервіси ділять застосування на невеликі частини, кожна з яких відповідає за надання певної послуги. За рахунок звуження області дії сервісів кожен сервіс в стані розробляти і підтримувати невелика компактна команда. Зменшення розміру команди значно знижує витрати на підтримку її діяльності.

Поява формального інтерфейсу між мікросервісами послаблює взаємозалежність команд і встановлює надійний контракт між сервісами. Такий формальний контракт знижує потребу в тісному синхронізації команд, оскільки команда, що надає API, розуміє, в якому обсязі необхідно забезпечувати сумісність, а команда, яка споживає API, може розраховувати на стабільне обслуговування, не піклуючись про деталі реалізації споживаного сервісу. Така декомпозиція дозволяє командам незалежно управляти темпом розробки та графіком випуску нових версій, що дає їм можливість виконувати ітерації, покращуючи тим самим код сервісу

Крім того, поділ на мікросервіси підвищує масштабованість. Оскільки кожен компонент виділений в окремий сервіс, його можна масштабувати незалежно від інших. Коли сервіси відокремлені один від одного, кожен з них можна масштабувати найбільш підходящим способом. Це неможливо, коли всі сервіси є частинами великого монолітного застосування.

Мікросервісний підхід до проектування розподілених систем, безумовно, має і свої недоліки. Ці недоліки полягають у тому, що зв'язки всередині системи стають слабкішими, а значить, налагодження системи у разі відмови стає набагато складніше. Системи, засновані на мікросервісах, використовують різні способи і схеми взаємодії між сервісами (синхронний, асинхронний, передача повідомлень тощо), а також безліч різних патернів координації та управління сервісами.

Ці проблеми зумовлюють практичну потребу в використанні розподілених патернів. Коли мікросервісная архітектура складається з добре відомих патернів, її простіше проектувати, оскільки багато перевірених на практиці принципів проектування вже закладені в розподілених патернах. Крім того, розподілені патерни спрощують налагодження систем, оскільки дозволяють розробникам застосовувати досвід, отриманий при налагодженні інших систем, спроектованих з використанням подібних патернів. Будь-яка реальна система будується на основі набору розподілених патернів, які взаємодіють у рамках одного високорівневого додатку.

VI. Методичні рекомендації щодо спільного використання патернів, каркасів Spring і Hibernate

Каркас Spring [5].був створений для того, щоб охопити весь процес розробки на основі простих об'єктів POJO і декларативного завдання конфігурірації замість важкої і многоєтапной настройки компонентів EJB, і тому розробники стали усвідомлювати, що більш простий, полегшений і заснований на об'єктах POJO каркас може значно спростити розробку логіки доступу до даних.

З тих пір з'явилося чимало бібліотек, які спільно називаються бібліотеками ORM. Головне призначення бібліотеки ORM - усунути розрив між структурою реляційних даних в в системах керування реляційними базами даних (СКРБД) і об'єктно-орієнтованою моделлю в Java, щоб розробники могли зосередитися на програмуванні за допомогою об'єктної моделі і в той же час легко виконувати дії, пов'язані з ефективної сохраняемостью даних.

Серед всіх бібліотек ORM, доступних в співтоваристві розробників відкритого коду, Hibernate є однією з найбільш вдалих. Її функціональні можливості, включаючи підхід, заснований на простих об'єктах POJO, простоту розробки і підтримку визначень складних відносин, завоювали серця багатьох учасників провідних напрямків розробок на Java.

Далі в статті розглядаються базові технологічні принципи і загальна методика спільного застосування патернів, бібліотеки Hibernate і Spring:

Основне призначення патернів проектування - робити код легко розширюваним і змінним, тобто попередньо необхідно проаналізувати чи буде додаток, яке розробляється, змінюватися, і якщо буде, то як часто і в яких місцях;

Настройка конфігуріраціі фабрики сеансів Hibernate, коли основний принцип дії бібліотеки Hibernate спирається на інтерфейс Session, яким керує компонент SessionFactory, що представляє фабрику сеансів в Hibernate;

Базові технологічні принципи об'єктно-реляційного перетворення засобами Hibernate, тобто основні етапи методики перетворення простих об'єктів POJO в структуру обраної реляційної бази даних за допомогою бібліотеки Hibernate з використанням найбільш уживаних відносин, в тому числі "один до багатьох" і "багато до багатьох".

Операції над даними (запит, вставка, оновлення, видалення) за допомогою бібліотеки Hibernate в середовищі Spring, причому в роботі з бібліотекою Hibernate необхідно взаємодіяти головним чином з її основним інтерфейсом Session;

В каркасі Spring надаються спеціальні класи, які підтримують конфігурація фабрики сеансів Hibernate в вигляді компонента Spring Bean з необхідними властивостями. Щоб скористатися бібліотекою Hibernate, необхідно впровадити її як залежність в свій проект.

Загальна методика інтеграції Hibernate і Spring містить такі три етапи.

1. Додати залежності для hibernate-entitymanager, hibernate-core і spring-orm.

2. Створити класи моделі і передати реалізації DAO (патерн Data Access Object або «Доступ до даних») операції над базою даних. Важливо, що DAO класи використовують SessionFactory, який впроваджується в конфігурації бінов Spring.

3. Налаштувати конфігураційний файл Spring.

Додатково з'являється можливість використовувати анотацію @Transactional і перестати турбуватися про управління транзакцією в Hibernate.

Патерн Data Access Object (DAO) використовується для абстрагування і інкапсулювання доступу до джерела даних. Патерн DAO керує з'єднанням з джерелом даних для читання і запису даних.

Патерн DAO інкапсулірует операції CRUD (Create, Read, Update, Delete) в інтерфейсі, реалізованому конкретним класом. Цей інтерфейс може бути імітований, а значить, легко протестований без необхідності реального зв'язку з базою даних. При використанні цього патерну процедури тестування стало здійснювати простіше, оскільки писати тести з допомогою об'єктів-імітацій легше, ніж інтегрувати тести з реальною діючою базою даних. Конкретні реалізації патерна DAO використовуються для виконання операцій CRUD за допомогою низькорівневих API, таких як JPA і Hibernate.

VII. Висновки

Таким чином, розглянуто багатоаспектний концептуальний опис, який дозволяє в систематизованому вигляді визначить базовий набір сучасних технологій і засобів, щодо підвищення ефективності процесів моделюванні, проектування і розробки великомасштабних програмних систем.

Патерни проектування залишаються важливим інструментом в арсеналі сучасного розробника, оскільки вони спираються на загальні фундаментальні принципи проектування програмних систем.

У зв'язку з цим важливою перспективою подальшого дослідження слід вважати визначення покрокової методики та набору уніфікованих сценаріїв спільного практичного використання технологій, методів і засобів, яких було стисло описано в запропонованому концептуальному підході.

Література References

[1] Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений / М. Фаулер. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. –544 с.

[2] Йенер М., Фидом А. Java EE. Патерны проектирования для профессионалов. - СПб.: Питер, 2016. - 240 с.

[3] Бёрнс Б. Распределенные системы. Паттерны проектирования / Б. Бёрнс — СПб.: Питер, 2019. — 224 с.

[4] Борисенко В.П. Гибкие методы и адаптивные технологии интегрированной поддержки процессов разработки, развертывания и сопровождения распределенных информационных систем / В.П. Борисенко, Т.И. Борисенко, А.Г. Старовойтов // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития: сб. научн. труд. по матер. II Межд. радиоэлектронного форума. – Харьков. - ХНУРЭ, 2005. - Ч.3. – С. 82-84

[5] Козмина Ю. Spring 5 для профессионалов / Ю. Козмина., Р. Харроп, К. Шефер., К. Хо. - СПб.: ООО "Диалектика", 2019. - 1120 с.

Інтелектуальна Система Контролювання та Регулювання Режиму Експлуатування Свердловин Газосховищ в Умовах Гідратоутворення

Андрій Бугай
начальник відділу
науково-технічної підтримки
експлуатації підземних сховищ газу
Інститут транспорту газу
АТ "Укртрансгаз"
Харків, Україна
bugay-ao@utg.ua

Володимир Воловецький
провідний інженер відділу
науково-технічної підтримки
експлуатації підземних сховищ газу
Інститут транспорту газу
АТ "Укртрансгаз"
Харків, Україна
volovetckiy-vb@utg.ua

Юрій Пономарьов
заступник директора
з наукової роботи
Інститут транспорту газу
АТ "Укртрансгаз"
Харків, Україна
ponomarev-yv@utg.ua

Intelligent Control and Regulation System of the Operation Mode of Gas Storage Wells During Hydrate Formation

Andrii Buhai
Head of the Department of Scientific and Technical Support of Underground Gas Storage Facilities Operation
Institute of Gas Transportation
JSC "Ukrtransgaz"
Kharkiv, Ukraine
bugay-ao@utg.ua

Volodymyr Volovetskyi
Leading Engineer of the Department of Scientific and Technical Support of Underground Gas Storage Facilities Operation
Institute of Gas Transportation
JSC "Ukrtransgaz"
Kharkiv, Ukraine
volovetckiy-vb@utg.ua

Yurii Ponomarev
Deputy Director for Scientific Work
Institute of Gas Transportation
JSC "Ukrtransgaz"
Kharkiv, Ukraine
ponomarev-yv@utg.ua

***Анотація*—У роботі розглянуто актуальне питання щодо визначення безгідратного режиму експлуатування свердловин підземних сховищ газу із використанням програмних засобів. Запропоновано концепцію інтелектуальної системи контролювання гідратоутворення під час експлуатування свердловин. Передбачається, що впровадження сучасних засобів автоматизації технологічних процесів дасть змогу оперативно розраховувати та обирати оптимальний режим експлуатування свердловин газосховища.**

***Abstract*—This paper considers a topical issue of determining the non-hydrate software-based operation mode of wells in underground gas storage facilities. The concept of intelligent control system of hydrate formation during well operation has been proposed. The authors believe that the introduction of modern process automation means will help to promptly calculate and select the optimal operation mode for gas storage wells.**

Ключові слова—підземне сховище газу, свердловина, режим експлуатування, гідратоутворення, програмне забезпечення.

Keywords—underground gas storage facility, well, operation mode, hydrate development, software.

I. Вступ

Основним завданням підземних сховищ газу (ПСГ) є забезпечення надійного зберігання та стабільних поставок газу споживачам. Переважно ПСГ використовують для регулювання сезонних коливань у споживанні газу та покриття підвищеного попиту на нього у непередбачуваних випадках, таких як аварії або різке зростання його споживання внаслідок аномального зниження температури навколишнього середовища тощо. Таким чином, газосховища відіграють важливу роль для забезпечення стабільної роботи газотранспортної системи України. Це встановлює високі вимоги до надійності всіх технологічних вузлів ПСГ.

II. Постановка проблеми

Одним з ускладнень, що виникає під час відбирання газу та призводить до зменшення продуктивності газосховища, є відкладання гідратів у промисловому

обладнанні. Відомо, що в результаті зміни термодинамічних умов по шляху руху газу з пласта до свердловини та далі трубопроводом до газозбірного пункту (ГЗП) можуть утворюватись тверді кристалічні сполуки − гідрати.

Проблема запобігання гідратоутворенню виникла одночасно із введенням в промислове розробляння перших газових родовищ і залишається актуальною на багатьох газопромислових об'єктах, зокрема ПСГ. Для її розв'язання на практиці вживають різні заходи, які не завжди є достатньо ефективними.

Явище гідратоутворення вперше відзначив в 1934 р американський учений Е.Г. Гаммершмідт [1]. Він установив, що газові гідрати можуть утворюватися і накопичуватися в газопроводах, викликаючи їх закупорювання, і призводять в окремих випадках до аварійних ситуацій. Для боротьби з гідратами в трубопроводах учений надав перші рекомендації щодо використовування інгібіторів. За результатами оброблення багатьох експериментальних даних, отриманих для різних інгібіторів Е.Г. Гаммершмідт запропонував для гідратів природного газу емпіричну формулу [2]:

$$\Delta T = \frac{K \cdot X}{M \cdot (100 - X)}. \qquad (1)$$

де ΔT – зниження температури гідратоутворення;
K – константа, що залежить від типу інгібітора;
X – концентрація інгібітора, % (мас);
M – молекулярна маса інгібітора.

У 1930 – 1950-ті роки значний внесок у вивчення газових гідратів внесли американські дослідники Дітон і Фрост, і трохи пізніше – Кац та Кобаяші. Дітон і Фрост опублікували по суті першу монографію, присвячену проблемі запобігання гідратоутворенню в газопроводах, у якій подано експериментальні дані про фазові рівноваги газових гідратів вуглеводневих газів (як для чистих компонентів, так і для сумішей). Цикл цих досліджень на вищому інструментальному рівні продовжили Кац та Кобаяші зі співробітниками [3].

Завдяки розвитку системи автоматизації технологічних процесів, набуває актуальності розроблення програмно-технічних засобів, які давали б змогу застосовувати комплекс різних методів та визначити найефективніші заходи для запобігання гідратоутворенню за різних режимів експлуатування свердловин.

Гідрати можуть відкладатися на внутрішній поверхні ліфтових труб від вибою до гирла, у фонтанній арматурі свердловини, у шлейфі − як на прямолінійних ділянках, так і у місцевих опорах (відводах, переходах, трійниках, зварних стиках тощо), у наземних та підземних трубопроводах газозбірного пункту, засувках, штуцерах, колекторах, технологічному обладнанні тощо. На газосховищах найбільший ризик утворення гідратів виникає на ділянці "гирло свердловини − установка від'єднувальних пристроїв".

Унаслідок відкладання гідратів відбувається зменшення прохідного внутрішнього діаметру перерізу трубопроводу або обладнання, що призводить до поступового зменшення дебіту свердловини. В окремих випадках гідратоутворення призводить до утворення суцільної глухої пробки та, як наслідок, припинення подачі газу з свердловини. Коли ці ускладнення проявляються одночасно в кількох свердловинах це призводить до значного зменшення продуктивності газосховища та, відповідно, надійності газопостачання. Зважаючи на актуальність цієї проблеми на багатьох газосховищах виникає необхідність у детальному її вивченні та розробленні заходів щодо її усунення.

III. Результати дослідження

У період відбирання газу з продуктивного горизонту ПСГ насичений вологою газ у свердловинах по колоні ліфтових труб надходить на поверхню, а потім шлейфом (газопроводом), що може мати висхідні, низхідні та прямолінійні ділянки, різні місцеві опори, потрапляє на ГЗП, де відбувається очищування від механічних домішок та рідини. Далі газ надходить на установку осушування, за потреби його компримують, та обліковують перед входом у магістральний газопровід. Відкладання гідратів може відбуватися тільки за умов наявності рідини в потоці та у визначеному діапазоні тисків і температур. Під час руху газу в комунікаціях газосховища його тиск та температура постійно змінюються, тому сприятливі умови для утворення гідратів виникають в різні періоди експлуатації на різних ділянках руху газу. Без наявності математичної моделі експлуатування промислового обладнання ПСГ та постійного оновлення її поточними значеннями термобаричних параметрів важко контролювати та прогнозувати утворення гідратів.

Для аналізу ймовірності утворення гідратів у різних вузлах газозбірної мережі газосховища проведено обробку фактичних промислових даних експлуатування свердловин та газопроводів. Встановлено, що найбільший перепад тиску під час відбирання газу з ПСГ досягається на регулювальній арматурі ГЗП за умови значного перевищення пластового тиску над тиском в магістральному газопроводі. Під час експлуатування газосховища з великою продуктивністю та високим пластовим тиском утворення гідратів, у першу чергу, відбувається на регулювальних штуцерах, які використовують для встановлення потрібної продуктивності свердловини. Також на ПСГ спостерігається утворення гідратів у фонтанній арматурі свердловин та їх шлейфах.

З урахуванням найбільш ймовірних місць утворення гідратів на ПСГ та для забезпечення якісного контролювання змінення термобаричних параметрів під час руху газу, запропоновано схему розміщення вимірювальних приладів (давачів тиску та температури) (рис. 1) та алгоритм їх опитування і аналізу можливості утворення гідратів за поточного режиму роботи свердловини (рис. 2). Відповідно до запропонованої схеми передбачено встановлення давачів тиску та температури на шлейфі безпосередньо на виході з фонтанної арматури свердловини та на ГЗП до та після регулювального штуцера. На практиці також потрібно враховувати

індивідуальний профіль газопроводів та наявність відводів і за потреби передбачати додаткові місця контролю тиску та температури. Аналізуючи проектну документацію технологічних об'єктів та мереж газосховища, можна спрогнозувати місця найбільш ймовірного накопичення рідини та гідратоутворення.

Під час відбирання газу на газосховищі в роботі може перебувати різна кількість свердловин, що залежить від поточного режиму експлуатування газосховища. Також забезпечення потрібної продуктивності газосховища можливе з використанням штуцерів, які встановлені для регулювання індивідуального режиму свердловин. Робочі тиски та дебіти окремих свердловин можуть значно відрізнятись, що обумовлено нерівномірністю колекторських властивостей пласта, конструкцією свердловин та заданим режимом. Всі ці чинники обумовлюють багатоваріантність режиму експлуатації елементів газодинамічної системи "свердловина−шлейф−газозбірний пункт" для забезпечення потрібної продуктивності газосховища. Необхідна продуктивність газосховища може бути досягнута за різних режимів експлуатації окремих свердловин, однак не всі режими роботи свердловин є стабільними і можуть супроводжуватись гідратоутвореннями. Фонд видобувно-нагнітальних свердловин на окремих газосховищах України складає від 50 до 350 одиниць. За такої кількості свердловин оперативний якісний аналіз режиму роботи газозбірної мережі можливий лише з використанням електронної обчислювальної техніки. Автоматизований аналіз всіх можливих режимів [4, 5] для окремих елементів газозбірної мережі за заданої загальної продуктивності газосховища, дозволяє обрати з множини допустимих режимів найбільш оптимальний, який забезпечить найменшу ймовірність утворення гідратів. На рис. 2 запропоновано алгоритм контролювання поточного режиму роботи свердловин, який передбачає аналізування показників тиску та температури для оцінювання можливості утворення гідратів за поточного режиму та визначення оптимальної схеми режимів експлуатування свердловин і розроблення та вживання заходів для недопущення гідратоутворень.

Варто зауважити, що відкладення гідратів процес важко передбачуваний і може тривати як малий проміжок часу, так і значний. Очевидно, якщо гідрати почнуть відкладатися з малою інтенсивністю, то їх виявити важко і тільки досить значне зниження тиску газового потоку на ГЗП буде свідчити про виникнення ускладнень. Несвоєчасне вживання заходів з запобігання гідратоутворенню може призвести до припинення надходження газу зі свердловини та її аварійної зупинки.

Автори детально проаналізували проблему гідратоутворення на ПСГ та запропонували для її розв’язання застосовувати інтелектуальну систему контролювання та регулювання режиму експлуатування свердловин. Передбачено, що така система контролювання повинна містити:

− давачі тиску і температури на гирлі свердловини та ГЗП;

− контролер з програмним забезпеченням з алгоритмами опитування давачів, аналізування поточних робочих параметрів та формування команд для управління регулювальною арматурою;

− сервер для архівування значень параметрів експлуатування свердловин;

− робочу станцію оператора для контролювання поточних параметрів роботи свердловин та виведення повідомлень щодо можливих ускладнень.

На рис. 1 подано принципову схему встановлення давачів тиску і температури на гирлі свердловини та установці від’єднувальних пристроїв ГЗП.

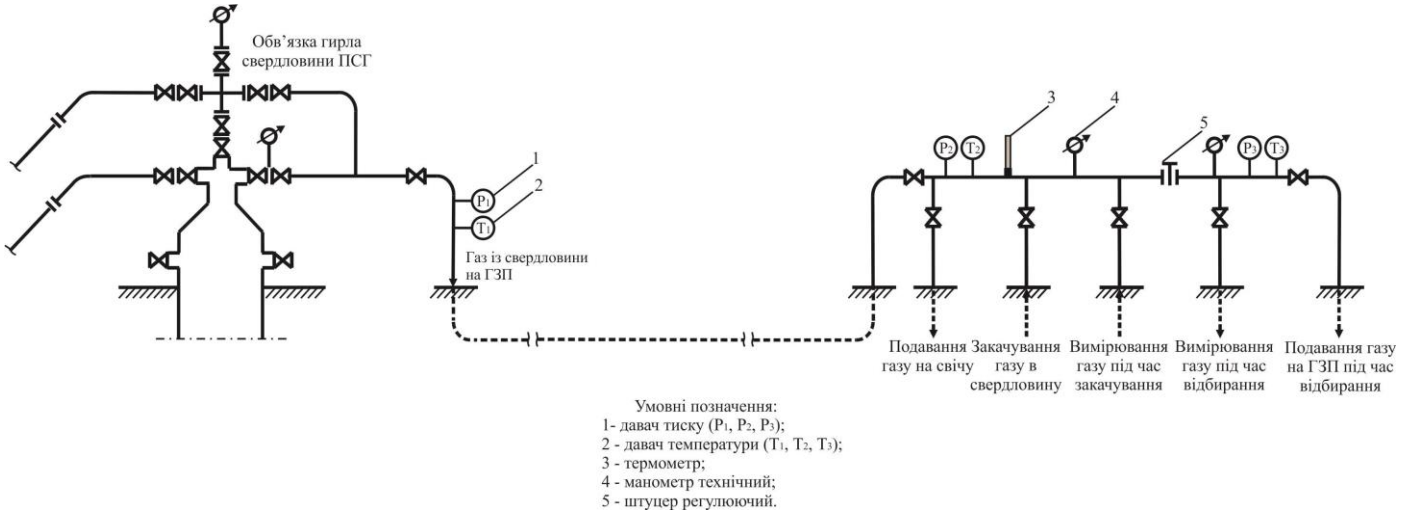


Рис. 1. Принципова схема встановлення давачів тиску і температури на гирлі свердловини та на установці від’єднувальних пристроїв ГЗП

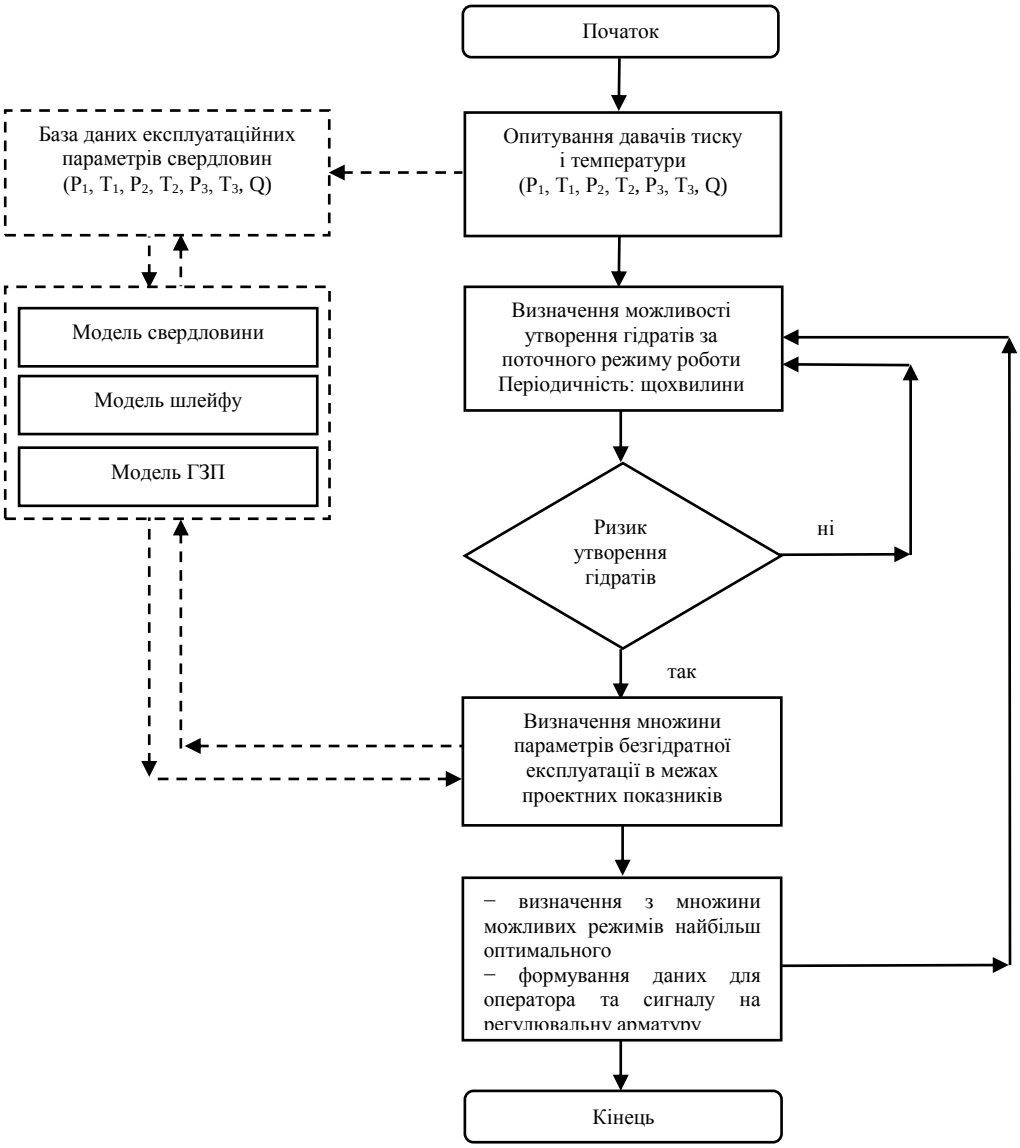


Рис. 2 – Алгоритм контролювання поточного режиму роботи свердловин

IV. Висновки

1. Для забезпечення надійного експлуатування газосховищ в умовах відкладання гідратів доцільно вживати комплексні заходи для запобігання їх утворенню, в тому числі шляхом впровадження сучасних інтелектуальних систем контролювання та управління технологічними процесами. Автоматизація контролювання робочих параметрів газозбірної системи газосховища дає змогу не тільки контролювати умови гідратоутворення, але й визначати оптимальні режими експлуатування свердловин.

2. У цій роботі виконано спробу формування вимог до уніфікованої системи інтелектуального контролювання та запобігання гідратоутворенню, розвиток якої пов'язується з визначенням оптимальних режимів експлуатування свердловин в умовах різних ускладнень.

3. Передбачено подальшу деталізацію алгоритму запропонованої системи контролювання та керування з апробацією її на виробництві.

Література References

[1] Hammerschmidt E. G. Formation of gas hydrates in natural gas transmission lines // Industrial and Engineering Chemistry – 1934. – vol. 26. – № 8. – P. 851-855.

[2] С.Ш. Бык, Ю.Ф. Макогон, В.И. Фомина. Газовые гидраты. – М.: Химия, 1980. – 296 с.

[3] Васильев В.Г., Ермаков В.И., Жабреев И.П. Газовые и газоконденсатные месторождения. Справочник. М.: Недра, 1983.

[4] Семенцов Г.Н. Автоматизація технологічних процесів у нафтовій і газовій промисловості / Г.Н. Семенцов, Я.Р. Когуч, Я.В. Куровець, М.М. Дранчук // Івано-Франківськ. – 2009. – 300 с.

[5] Семенцов Г.Н. Основи автоматики і автоматизація технологічних процесів: методичні вказівки / Г.Н. Семенцов. – Івано-Франківськ. – 2010. – 54 с.

Практичний Досвід Побудови Централізованого Довідника Газовимірювальних Об'єктів

Віктор Луценко, Сергій Бондарев
відділ метрологічного та програмно-технічного
забезпечення експлуатації газовимірювальних систем
Інститут транспорту газу АТ «Укртрансгаз»
Харків, Україна
lutcenko-va@utg.ua, bondarev-sa@utg.ua

Юрій Пономарьов
заступник директора з наукової роботи
к.т.н.
Інститут транспорту газу АТ «Укртрансгаз»
Харків, Україна
ponomarev-yv@utg.ua

Practical Experience of Creating a Centralized Directory of Gas Measurement Stations

Victor Lutsenko, Serhii Bondarev
department of metrological and programmatic maintenance of
operation of gas measuring systems
Institute of Gas Transportation JSC "Ukrtransgas"
Kharkiv, Ukraine
lutcenko-va@utg.ua, bondarev-sa@utg.ua

Yurii Ponomarov
deputy director for scientific work
PhD
Institute of Gas Transportation JSC "Ukrtransgas"
Kharkiv, Ukraine
ponomarev-yv@utg.ua

***Анотація*–у цій статті розглянутий практичний досвід побудови централізованого сервісу для формування довідника газовимірювальних об'єктів в газотранспортній системі.**

***Abstract*-This article reviews practical experience of creating a centralized service for compiling a directory of gas metering stations within gas transmission system.**

Ключові слова—довідник; вузол обліку газу; газовимірювальний об'єкт; централізований інформаційний сервіс

Keywords-directory; gas metering unit; gas metering station; centralized information service

Для реалізації вимог законодавства України в частині організації постачання природного газу споживачам, зокрема забезпечення добового балансування [1], надійний оперативний облік кількості газу є запорукою успіху діяльності Оператора газотранспортної системи України (Оператор).

Для обліку природного газу Оператор використовує вузли обліку газу (ВОГ), на яких встановлені відповідні засоби вимірювальної техніки. Крім того на газорозподільчих або газовимірювальних станціях встановлюють автоматичні прилади для аналізу якості газу, зокрема потокові газові хроматографи (ПГХ).

До складу ВОГ входять первинні перетворювачі для вимірювання температури, тиску й інших параметрів. Обчислення кількості газу із збереженням отриманих даних є функцією автоматичного обчислювача або коректора (ОіК), які є в складі ВОГ.

ПГХ вимірюють склад газу, обчислюють якісні параметри природного газу, наприклад: густину, температуру згоряння та число Воббе, та зберігають отримані дані в своєї пам'яті.

Для збирання, архівування та подальшого руху газовимірювальної інформації з ВОГ та ПГХ використовується сервер опитування – програмно-технічний комплекс [2].

Внаслідок великої кількості газовимірювальних об'єктів та локального визначення конфігураційних параметрів існує ризик неоднозначної ідентифікації джерел вимірювання і як результат – хибного визначення інтегрованих показників обсягів газу в цілому.

Запобігання такої ситуації полягає в забезпеченні суворої структуризації та централізації як процесів визначення параметрів об'єктів, так і зберігання отриманих даних.

Для забезпечення централізованого збирання, архівування та подальшого використання

газовимірювальної інформації з ВОГ та ПГХ створено довідник газовимірювальних об’єктів (Довідник), який забезпечує ідентифікацію газовимірювальної інформації з центральної бази даних (див.рис.1).

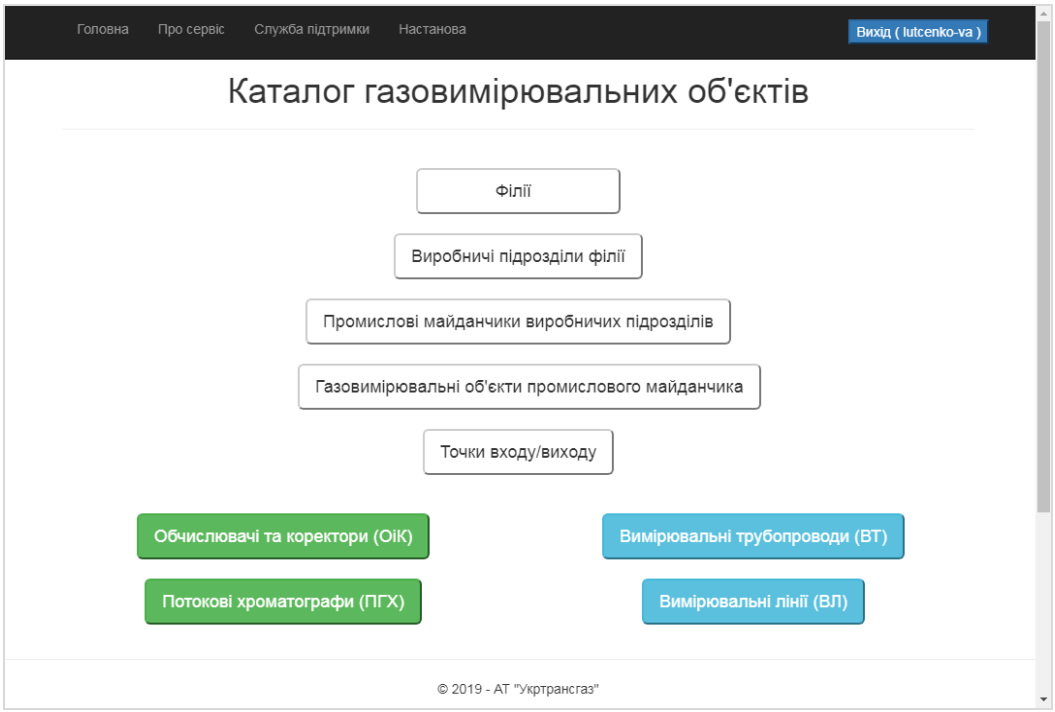


Рис. 1. Головний екран графічного інтерфейсу Довідника

До складу Довідника входять такі компоненти:

- центральна база даних;
- веб-сервіс доступу до бази даних;
- веб-сайт для заповнення бази даних.

Усі компоненти Довідника розміщуються на окремих серверах (віртуальних операційних системах).

В структуру центральної бази даних входять такі обов’язкові таблиці:

а) за напрямком ідентифікація об’єктів та приладів обліку:

- філій Оператора;
- виробничих підрозділів;
- промислових майданчиків;
- газовимірювальних об’єктів;
- вимірювальних трубопроводів;
- вимірювальних ліній;
- приладів обліку кількості газу (ОіК);
- приладів обліку якості газу (ПГХ);

б) за напрямком газовимірювальна інформація:

- щодобових записів ОіК;
- погодинних записів ОіК;
- періодичних записів ОіК;
- миттєвих параметрів ОіК;
- статичних параметрів ОіК;
- аварійних повідомлень ОіК;
- повідомлень про втручання ОіК;
- щодобових записів ПГХ;
- погодинних записів ПГХ;
- аналізів (миттєвих параметрів) ПГХ;
- аварійних повідомлень ПГХ;
- повідомлень про втручання ПГХ.

До центральної бази даних входять також додаткові таблиці для формування основних таблиць.

Центральна база даних виконана в системі керування базами даних – Oracle.

Веб-сервіс для доступу до баз даних та веб-сайт Довідника виконані на базі пакету .Net Core.

Веб-сервіс для доступу до баз даних забезпечує первинну ініціалізацію таблиць бази даних та API для формування записів.

Для супроводу Довідника існує розподілена група підтримки експлуатації інформаційного сервісу (Група підтримки) – відповідальні фахівці на кожному виробничому підрозділі Оператора.

Група підтримки через веб-сайт формує записи в Довіднику.

Розподілення ролей та прав доступу до інформації має обов'язково відповідати вимогам інформаційної безпеки підприємства.

Доступ до веб-сайту є у користувача, який має обліковий запис в сервісі та пройшов успішно авторизацію в Active Directory.

Кожному користувачу присвоюється одна з трьох ролей: «support», «setting» та «view».

Роль «support» дозволяє формувати облікові записи користувача.

Записи в розділах веб-сайту: «Філії», «Виробничі підрозділи», «Промислові майданчики» та «Газовимірювальні об'єкти» доступні для редагування користувачу тільки з роллю «support» (див. рис. 2).

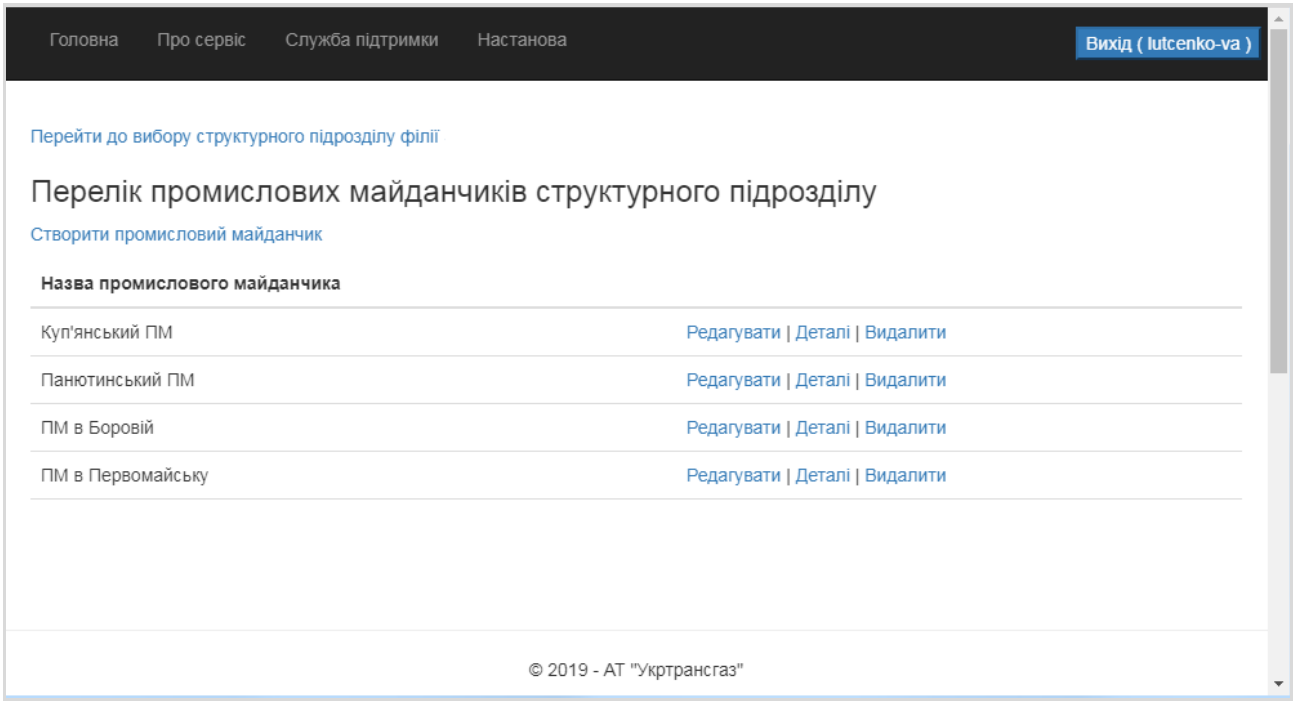


Рис. 2. Сторінка для редагування промислових майданчиків

Роль «setting» дозволяє формувати записи в наступних розділах: ОіК, ПГХ, вимірювальні трубопроводи та лінії.

Роль «view» дозволяє тільки переглядати записи з бази даних в межах своєї компетенції.

Наявність та належна підтримка актуальності даних в центральному Довіднику надає системі газовимірювання необхідну чіткість та надійність.

Подальше вдосконалення Довідника може полягати в застосуванні ERP-системи типу SAP як механізму реалізації принципів авторизації ведення коригувань та єдиної ідентифікації об'єктів.

Література References

[1] «Кодекс газотранспортної системи», затверджений Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 30.09.2015 № 2493.

[2] Програмний комплекс центрального опитування автоматичних обчислювачів та потокових хроматографів. Технічне завдання. - Харків, ІТГ АТ"Укртрансгаз" – 37с.

Rise and Prevalence of Neural Networks in Machine Translation

Volodymyr Matuzko
dept. of Software Engineering
Zaporizhzhia National University
Zaporizhzhia, Ukraine
matuzkovd@ukr.net

***Abstract* — This article is an overview of the history of neural network usage in machine translation and the present day state. The article brings up the benefits of neural machine translation and provides examples of successful and popular implementations.**

Keywords — machine translation; neural networks.

I. Introduction

Statistical machine translation (SMT) has long been a staple approach to machine translation. Compared to rule-based predecessors statistical translation doesn't completely rely on manually defined rigid rules, instead operating by measuring the probabilities of a given word or sentence being the correct translation result in a given context. That being said, SMT has several known weaknesses many of us have experienced when using translation services, such as translating sentences too literally, or ending up with an incorrect word order for the target language after translation. However, in the recent years major advancements were made in the approaches to machine translation.

Similarly to SMT, neural machine translation (NMT) uses artificial neural networks to predict the likelihood of a sequence of words. However, the common statistical phrase-based approach replaced with a vector representation input and output sentences and isn't language specific. In comparison, statistical translation models incorporate separate language, translation and reordering subsystems to achieve their results. After being trained using pre-existing text and translation data the neural network is then able to produce results based on probabilities of word sequences used in language, as seen on Fig. 1. A major benefit of neural networks is that they can be perfected over time thanks to deep learning capabilities, and through extensive use iron out inconsistencies and mistakes on both ends of a language pair.

2015 marked the first appearance of a neural machine translation system at a public machine translation competition, and by next year the majority of best performing systems were NMT [1]. The growing popularity of neural machine translation prompted the creation of NMT specific sections to the machine translation competition in 2017 [2]. By that point the best performing and popular translation services were utilizing neural networks as part of their engine.

II. Examples of existing NMT systems

Google Translate uses neural network functionality for almost every single of its supported languages, although the sheer amount of possible language pairs may impact the quality of the results when compared to some statistical translation systems tailored to specific use cases [3]. However, Google Translate is also feature-rich and offers simultaneous speech-to-speech translation as well as live translation of text detected in camera images using image recognition technologies. It is also the translation service with the biggest list of available languages to be featured here.

Microsoft joined the neural network competition during late 2016 with implementing NMT support for 11 languages in Microsoft Translator [4]. Nowadays neural translation is used for over half of the supported languages available in Microsoft Translator, including speech-to-speech functionality for a select several [5, 6]. As well as being available as a mobile app, Microsoft Translator is available as part of other Microsoft products like Skype, Presentation Translator for PowerPoint, Translator for Outlook, Translator for Edge, and in the form of a web-based resource called Conversations. Microsoft also provides an API to allow developers to seamlessly integrate Microsoft Translator into their applications and services [7].

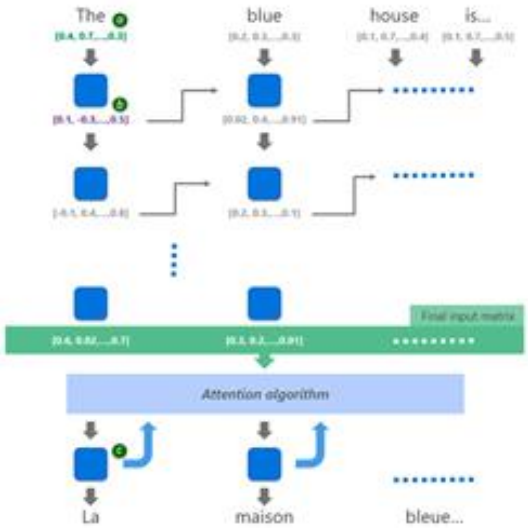


Рис. 1. Visual depiction of the steps in neural translation

DeepL is an NMT project that deserves a special mention for its improved approach to translating sentences while taking into account how word usage can determine words that are used in the next sentence [8]. This helps produce much more natural and fluent translation results compared to its competitors, although because of this quality standard DeepL is much more limited when it comes to language pairs the system can be used for, only supporting 9 European languages in total.

A special mention also goes to OpenNMT. Started in December 2016, OpenNMT is an open source framework for creating and training neural network translation systems available for use by any aspiring developer [9]. The project's FAQ page claims that the resulting systems can reach translation quality and speed comparable to the best existing online translation systems [10]. It's not a ready-to-use translation service like the aforementioned systems, but it being publicly accessible allows for any number of powerful and specialized neural translation networks to be built and trained for specific purposes. The FAQ page also provides links to pre-trained example translation models, sources for translation training data and suggestions on alternative non-translation specific uses for the OpenNMT system, such as image-to-text and other sequence-to-sequence applications.

III. Summary

Despite being a fairly recent development neural machine translation has quickly been proven to be an approach with much more potential than SMT. To quote Microsoft's explanation behind their NMT developments, "it replaces the legacy Statistical Machine Translation (SMT) technology that reached a quality plateau in the mid-2010s." The key reason for neural network translation fluidity is the use of the full context of a sentence, whereas SMT could only take the immediate context within a certain radius of words [11].

In just a few years NMT systems have surpassed the quality of statistical translation systems that have been worked on for decades, and are showing no signs of stopping so far. They provide high quality translations that are helping to break language barriers and bring many people around the world closer together. High quality machine translations also make it easier and less daunting for people to get into learning languages on their own, providing them with a readily available way to check their own knowledge at any time with almost any language pair. And while right now there is still no one translation system that can replace professional human translators and taking time to learn foreign languages, NMT is one large step closer to that goal.

References

[1] "Findings of the 2016 Conference on Machine Translation" [Online]. Available: http://statmt.org/wmt16/results.html

[2] "2017 Second Conference on Machine Translation" [Online]. Available: http://www.statmt.org/wmt17/

[3] "Compare Translate Features for Each Language" [Online]. Available: https://translate.google.com/intl/en/about/languages/

[4] Microsoft (2016). "Microsoft Translator launching Neural Network based translations for all its speech languages" [Online]. Available: https://www.microsoft.com/en-us/translator/blog/2016/11/15/microsoft-translator-launching-neural-network-based-translations-for-all-its-speech-languages/

[5] "Languages - Microsoft Translator for Business" [Online]. Available: https://www.microsoft.com/en-us/translator/business/languages/

[6] "Machine Translation - Microsoft Translator for Business" [Online]. Available: https://www.microsoft.com/en-us/translator/business/machine-translation/#nmt

[7] "What is the Translator Text API? – Translator Text API | Microsoft Docs" [Online.] Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cognitive-services/translator/translator-info-overview

[8] D. Coldewey, F. Lardinois (2017). "DeepL schools other online translators with clever machine learning" [Online]. Available: https://techcrunch.com/2017/08/29/deepl-schools-other-online-translators-with-clever-machine-learning/

[9] "OpenNMT - Open-Source Neural Machine Translation" [Online]. Available: http://opennmt.net/

[10] "Frequently asked questions - OpenNMT" [Online]. Available: http://opennmt.net/FAQ/

[11] "What is the Translator Text API?" [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cognitive-services/translator/translator-info-overview

Задача Моделювання Плану Адаптації Інтелектуальної Команди

Світлана Пономарьова
кафедра системотехніки
Харьківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
svitlana.ponomarova@nure.ua

Надія Калита
кафедра системотехніки
Харьківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
nadiia.kalyta@nure.ua

The Task Of Modeling The Intellectual Team Adaptation Plan

Svitlana Ponomarova
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
svitlana.ponomarova@nure.ua

Nadiia Kalyta
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
nadiia.kalyta@nure.ua

***Анотація*—Робота присвячена розробленню математичної моделі ефективного плану адаптації членів інтелектуальної команди. Для формалізації задачі було використано теорію корисності для формування оцінок ефективності адаптації та функціонально-вартісний аналіз для формування критерію оптимальності плану адаптації. Запропонована модель враховує обмеження на час і вартість, необхідні для проведення адаптації, та на якість заходів, які потрібні для адаптації членів інтелектуальної команди.**

***Abstract*—The work is devoted to the development of a mathematical model of an effective adaptation plan for members of the intellectual team. To formalize the problem, utility theory was used to form estimates of adaptation effectiveness, and functional-cost analysis was used to formulate the optimality criterion for the adaptation plan. The proposed model takes into account the time and cost constraints required for the adaptation and the quality of the measures required to adapt the intellectual team members.**

***Ключові слова*—інтелектуальна команда, адаптація, математична модель, теорія корисності, функціонально-вартісний аналіз.**

***Keywords*—intellectual team, adaptation, mathematical model, utility theory, functional-value analysis.**

1. Вступ

Фундаментом будь-якої організації є, як відомо, люди, оскільки саме люди забезпечують ефективне використання будь-яких видів ресурсів, наявних у розпорядженні організації, і визначають її економічні показники і конкурентоспроможність. Найбільш поширеним видом об'єднання людських ресурсів стає команда. Тому потрібно досліджувати причини успіху інтелектуальних команд і визначити принципи їх побудови.

Інтелектуальною командою не можна назвати випадково об'єднану кількість людей. Команда характеризується взаємозв'язком, розподіленою відповідальністю, та загальним результатом. В інтелектуальних командах члени команди виконують різні функції, причому кожний член команди, в загальному випадку, характеризується певною ефективністю реалізації тих чи інших функцій.

Інтелектуальні команди можуть формуватися як на тривалий термін, так і на деякий час для вирішення конкретної задачі. Чим довше буде існувати команда, тим вище буде її рівень спрацьованості і професіоналізму, і тим краще і результативніше вона буде діяти.

Робота з людиною як ресурсом компанії починається на етапі адаптації. Від того, наскільки ефективно організований цей процес, залежить результативність подальшої роботи і можливість реалізації здібностей як самого співробітника, так і досягнення цілей всієї організації [1].

Вважається, що персонал є цінним ресурсом організації. Тому управління адаптацією нових співробітників в колективі - одна з найважливіших задач, яку доводиться вирішувати службі персоналу. Отже, необхідно розробити модель адаптації як інструмент управління співробітниками для збільшення продуктивності праці і ефективності діяльності організації в цілому.

Адаптація в контексті цієї роботи означає пристосування членів інтелектуальної команди, а саме їх професіональних навичок, до вимог нового проекту.

У наш час у компаніях та організаціях професійна адаптація здійснюється через різноманітні заходи, які не підкріплені оцінкою їх ефективності та потрібними ресурсами. З розвитком інформаційних технологій та поширенням застосування інформаційних систем, у тому числі і в галузі управління персоналом, актуальним є розробка формальних методів та підходів для планування та вибору ефективних методів професійної адаптації членів інтелектуальних команд.

2. Постановка задачі

Розглянемо задачу адаптації інтелектуальної команди в такій постановці. Для виконання нового проекту необхідна команда, компетентності членів якої відповідають вимогам компетентностей проекту. Рольовий склад команди і кількість виконавців кожної ролі визначається менеджером проекту. Одна роль може виконуватися декількома фахівцями. Але, в свою чергу, один і той же фахівець може виконувати тільки одну роль.

Відомий склад команди $X = \{x_i\}$, $i = \overline{1,n}$, де кожен учасник x_i володіє як мінімум однією професійною навичкою (компетентністю) з множини компетентностей команди $K = \{k_j(x_i)\}$, $j = \overline{1,m}$. Для визначеності будемо вважати, що значення $k_j(x_i)$ відомі і задані у вигляді кількісних оцінок. Ці значення можуть бути отримані фахівцями з персоналу в ході проведення системної або позапланової атестації співробітників, тестів на професійні знання та навички і т.п.

Рівень необхідних професійних навичок нового проекту заданий у вигляді $K^* = \{k_j^*(x_i)\}$, $j = \overline{1,m}$. Ці значення також задані у вигляді кількісних оцінок в результаті роботи бізнес-аналітиків і технічних експертів.

Для досягнення рівня необхідних навичок треба провести адаптацію тих співробітників, чий рівень компетентності менше необхідного, тобто

$$k_j(x_i) < k_j^*(x_i). \quad (1)$$

Адаптація передбачає собою збільшення рівня компетентності $k_j(x_i)$співробітника x_iдо необхідного рівня компетентності проекту $k_j^*(x_i)$ шляхом проведення заходів з підвищення кваліфікації в даній сфері. Такими заходами можуть бути:

– навчальні курси;

– хакатони;

– конференції;

– олімпіади;

– тренінги;

– наставництво.

Кожен l-й захід при $l = \overline{1,g}$, де g – кількість можливих засобів адаптації, потребує певних витрат c_lна його проведення та певного проміжку часу t_{lj}, який в залежності від умов проекту може бути обмежений $t_{lj} \le t_{lj}^*$. Час t_{lj}^* може бути різним для кожної j-ї компетентності, якщо умови проекту передбачають, що ця компетентність може бути використана не на початковому етапі проекту, а пізніше, тому адаптація може продовжуватись, незважаючи на старт проекту.

Необхідно скласти такий план адаптації, при якому кожен співробітник з недостатнім рівнем компетентності $k_j(x_i)$ буде підготовлений до необхідного рівня $k_j^*(x_i)$ за необхідний час $t_{lj} \le t_{lj}^*$ і при мінімальних витратах.

3. Розробка математичної моделі плану адаптації інтелектуальної команди

Для синтезу моделі оцінювання ефективності адаптації команди проекту будемо використовувати:

1) теорію корисності для формування оцінок ефективності адаптації [2];

2) функціонально-вартісний аналіз для формування критерію оптимальності плану адаптації [3].

Позначимо через $P_j(x_i)$ початковий рівень ефективності кожного члена команди x_i, а через $P_j^*(x_i)$ – кінцевий її рівень. Оцінки $P_j(x_i)$ та $P_j^*(x_i)$ визначимо за допомогою адитивної функції корисності (привабливості), яка враховує присутність і рівень володіння потрібними компетентностями.

Для кожного з членів команди x_i окрема його компетентність має пріоритет перед іншими, якщо умовами задачі передбачено обмеження кількості компетентностей, за якими можна адаптуватись одному члену команди, або підвищення рівня компетентностей не може відбуватися одночасно, а має відбуватись послідовно. Для цих випадків введемо вагові коефіцієнти a_j, які задовольняють умовам

$$\sum_{j=1}^{m} a_j = 1, \quad (2)$$

причому

$$0 \le a_j \le 1. \quad (3)$$

Тоді привабливість *i*-го члену інтелектуальної команди до проведення заходів з адаптації визначається як

$$P_j(x_i) = \sum_{j=1}^{m} a_j k_j(x_i), \quad (4)$$

а після його адаптації

$$P_j^*(x_i) = \sum_{j=1}^{m} a_j k_j^*(x_i). \quad (5)$$

Функція корисності виду (4) потребує, щоб значення всіх частинних критеріїв були нормалізовані, тобто приведені до безрозмірного виду, однаковому інтервалу зміни та направленню домінування частинних критеріїв. Тому в загальному випадку значення вказаних частинних критеріїв в наведеній моделі пронормовані за формулою виду:

$$k_j^{\text{Н}}(x) = \left(\frac{k_j(x_i) - k_j^{\text{НГ}}(x_i)}{k_j^{\text{НК}}(x_i) - k_j^{\text{НГ}}(x_i)} \right)^{\alpha_i}, \quad (6)$$

де $k_j^{\text{НГ}}(x_i)$, $k_j^{\text{НК}}(x_i)$ – відповідно найгірше і найкраще значення компетентності, α_i – параметр нелінійності, який реалізує при $\alpha_i = 1$ лінійну залежність, при $\alpha_i < 1$ – опуклу вгору залежність, при $\alpha_i > 1$ – опуклу вниз залежність [4].

Якщо хоч одна з компетентностей $k_j(x_i)$ члена команди x_i менша за рівнем володіння, ніж потрібно $k_j(x_i) < k_j^*(x_i)$, тоді цей член команди буде задіяний в адаптації.

Для досягнення необхідного рівня компетентності k_j^* членом команди x_iнеобхідно провести відповідні заходи, які в свою чергу потребують залучення коштів $c_l(k_j)$. Для приведення значень витрат до єдиного інтервалу вимірювання, перейдемо до нормованих значень:

$$c_l^H(k_j) = \left(\frac{c_l(k_j)}{c_{lmax} - c_{lmin}} \right). \quad (7)$$

Заходи можуть бути обмежені у часі $t_{lj} \le t_{lj}^*$, а також можуть бути обмежені показником рейтингу $Pr_l(k_j) > Pr_l^*(k_j)$, де $Pr_l^*(k_j)$ – мінімальний рейтинг для заходу, t_{lj}^* – максимальний час, до якого даний захід має закінчитися.

Якість адаптації кожного члена команди будемо оцінювати як:

$$E(x_i) = \sum_{j=1}^{m} (P_j^*(x_i) - P_j(x_i)). \quad (8)$$

Оскільки ефективність адаптації оцінюється як вартісними, так і функціональними критеріями, для приведення багатокритеріальної задачі оптимізації до однокритеріальної сформуємо узагальнений критерій ефективності плану адаптації команди на основі функціонально-вартісного аналізу. Тоді математична модель має вид:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} E(x_i)}{\sum_{l=1}^{g} c_l^H(k_j)} \to max \quad (9)$$

при обмеженнях на час

$$t_{lj} \le t_{lj}^* \quad (10)$$

та на якість проведених заходів

$$Pr_l(k_j) > Pr_l^*(k_j). \quad (11)$$

Запропонована математична модель дозволяє визначити оптимальний план адаптації інтелектуальної команди з урахуванням компетентностей її членів.

Отже, можна зробити висновок, що ефективність адаптації залежить від кількості заходів, завдяки яким можна покращити ту чи іншу компетентність, які в свою чергу можуть обмежуватись в залежності від умов та обмежень проекту.

4. Висновки

Потреба в професійній адаптації виникає, коли команда переходить до виконання нового проекту. Проект, в свою чергу, має перелік навичок та рівень їх володіння, які необхідні на його виконання. Коли в члена команди не вистачає рівня володіння тією чи іншою навичкою, тоді потрібна професійна адаптація.

Якщо в результаті процесу адаптації, організація в короткі терміни отримує мотивованих співробітників, працюючих не лише відповідно до своїх особистих цілей (наприклад, грошовий чинник), але і з організаційними завданнями, то механізм адаптації в цій організації правильно розроблений, впроваджений, керований і, отже, ефективний.

Література References

[1] Особливості вдосконалення системи адаптації персоналу / Г.Л. Чернява, Г.Г. Корнілаєва // Культура народов Причерноморья. – 2011. – № 207. – С. 142-144.

[2] Методы и модели принятия решений в условиях многокритериальности и неопределенности: монография / Э.Г. Петров, Н.А. Брынза, Л.В. Колесник, О.А. Писклакова. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 191 с.

[3] Математическая модель формирования интеллектуальных команд / Калита Н.И., Пономарева С.В. // Проблемы информационных технологий. – 2016. – №2 (020). – С. 119-125.

[4] Development and research methods of formation and functioning of intellectual team / Ponomarova S.V., Kalyta N.I. // Міжнародна весняна школа з верифікації та штучного інтелекту: Зб. стендових доповідей. – Х., 2018. – С. 50-62.

Цифровий Університет: до Мети Через Проекти

Володимир Ісаєнко
ректор
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
post@nau.edu.ua

Валерій Козловський
Перший проректор
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
post@nau.edu.ua

Юрій Тесля
Проректор
Національний авіаційний університет,
Київ, Україна
teslyas@nau.edu.ua

Digital University: Towards a Purpose Through Projects

Volodymyr Isaienko
rector
National Aviation University,
Kyiv, Ukraine
post@nau.edu.ua

Valeriy Kozlovskiy
first vice-rector
National Aviation University,
Kyiv, Ukraine
post@nau.edu.ua

Yuriy Teslia
vice-rector
National Aviation University,
Kyiv, Ukraine
teslyas@nau.edu.ua

***Анотація*—У роботі запропоновано підхід до перетворення вітчизняних закладів вищої освіти в цифрові університети. Запропоновані організаційні засади діджиталізації ЗВО, в основі яких специфічна для таких закладів організаційна структура – офіс цифрової трансформації. Визначені структура та функції такого офісу. Показано, що ефективне його функціонування можливе тільки при застосуванні підходу «management by the projects» (управління через проекти). Запропоновано концепцію побудови єдиного інформаційного середовища ЗВО. Досліджено процеси ЗВО з позицій доступності і готовності до діджиталізації та виділено їх особливості. Наведено приклади проектів діджиталізації Національного авіаційного університету.**

***Abstract*—The paper discusses the methodological foundations for the transformation of domestic higher education institutions into digital universities. The organizational foundations of the university digitalization are offered, on the basis of which the organizational structure - the office of digital transformation - is specific for such institutions. The structure and functions of such an office are defined. It is shown that its effective functioning is possible only when applying the approach "management by the projects". The basic documents, which are necessary for the formation of the normative field of digitization of university processes, are highlighted. University processes are investigated from the standpoint of accessibility and readiness for digitization and their features are highlighted. The example of digitization projects of the National Aviation University is given.**

Ключові слова—діджиталізація, управління проектами, організаційна структура, цифрова трансформація, інформаційна технологія.

Keywords-digitization, project management, organizational structure, digital transformation, information technology.

I. Вступ

Світові тенденції розвитку сфери інформаційних технологій спрямовані на перехід до цифрової трансформації. Для цього потрібно, щоб усі процеси суспільної, освітньої, наукової, підприємницької та інших видів діяльності повністю перейшли у комп'ютерне середовище. Прикладом цифрової трансформації слугують віртуальні офіси, електронні валюти, виплати за допомогою засобів інтернет, цифрові послуги та інше.

Розвиток освітньої сфери вимагає переходу до цифрової трансформації закладів вищої освіти. Тим більше, що однією з основних вимог Міністерства освіти і науки України до статусу національного є вимога створення єдиного інформаційного середовища (ЄІС). На сьогоднішній день цифрова трансформація відбувається в більших чи менших масштабах, в залежності від готовності і бажання розвиватися у керівництва ЗВО. Але точно вже немає університетів, де не застосовуються комп'ютери, інтернет в навчальній чи науковій роботі, чи в управлінні. Питання лише в тому:

- наскільки масштабним є їх використання?
- наскільки ефективно вони використовуються?
- наскільки інформаційні технології, які вже впроваджено в ЗВО відповідають сучасним вимогам до освітньої і наукової діяльності, а також відповідають сучасним тенденціям в сфері ІТ?

Ні для кого не секрет, що в більшості ЗВО України відповіді на ці питання будуть негативні. Не масштабні, не ефективні, і не відповідають сучасним вимогам. Причому пояснення одні й ті ж самі. Немає коштів, фахівців, стимулів. Але є бажання!

Що ж робити в цих умовах? Як створити цифровий університет в умовах недостатнього фінансування, відсутності фахівців (робота спеціалісті в галузі ІТ в приватних компаніях оцінюється разів в 10 вище, ніж в державні університети можуть їм заплатити), відсутності стимулів. Маємо живий приклад. Наш Національний авіаційний університет. Саме тому, як вирішується це питання у нас і присвячена ця стаття.

II. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Цифрова трансформація розглядається як один з мегатрендів у освітній сфері. Одним із секторів, що мають потенціал цифрової трансформації, є ЗВО. Багато університетів та шкіл розробили стратегії оцифрування та нові види пропозицій для своїх традиційних цільових груп та для нових, нетрадиційних цільових груп. Однак оцифрування та цифрові стратегії часто обмежуються оцифрування вмісту лекцій та відкриття доступу до навчальних модулів, пропонуючи їх в Інтернеті. Але стратегії оцифрування повинні включати ширший фокус [1]. Тому, на сьогодні велика кількість досліджень у світі присвячення питанню діджиталізації ЗВО [2-8].

Незважаючи на необхідність та популярність цифрової трансформації закладів вищої освіти професор Денверського столичного державного університету США Кішор Г. Кулкарні [9] висловлює велике занепокоєння цифровим розривом, який повинен бути викликаний надмірним використанням технологій у навчанні та вищій освіті. Оскільки все більше класів пред'являють запит до цифрових технологій, ті, хто не має доступу до сучасного обладнання, можуть відстати. Ця проблема є досить гострою і для України. Також в статті зазначено, що діджиталізація допоможе швидше, ефективніше та з меншими витратами реалізовувати освіту, але проблеми для її подальшого розвитку не визначені та дещо непередбачувані.

В статті "Цифрова трансформація: Вища освіта та дослідження для сталого розвитку" від експертів DAAD [10] зазначено, що у ЗВО необхідно застосовувати та формувати діджиталізацію. Вони рекомендують інвестувати у вищу освіту в усьому світі. Наразі лише дуже обмежена частка фінансування призначається на зміцнення систем вищої освіти, які стоять перед багатьма проблемами – включаючи діджиталізацію. Спільний доступ до інфраструктури, фізичного простору та персоналу дозволяє максимально ефективно співпрацювати, але діджиталізація, орієнтована на людей, вимагає інвестицій. Інвестиція повинна включати нарощування потенціалу в країнах, що приймають біженців, для зміцнення систем вищої освіти, оскільки це може краще забезпечити якісну освіту для їх населення та дати їм змогу стати рушіями розвитку.

Запропоновані наступні рекомендації до цифрової трансформації вищих закладів освіти:

- Роздумувати своїми науковими програмами та реагувати на їх розвиток у суспільстві.
- Інвестувати в інфраструктуру для діджиталізації.
- Зосередитись (знову ж таки) на вдосконаленні людського духу та формувати глобальне громадянство.
- Використовувати потенціал діджиталізації для створення нових навчальних просторів з метою покращення доступності та якості освіти.
- Включити місцевих експертів та знань для контекстуалізації цифрового вмісту.
- Забезпечити довіру до цифрових освітніх продуктів за допомогою управління якістю.
- Підтримувати піонерів у галузі діджиталізації.

III. Мета дослідження

Мета дослідження полягає у розробці організаційних, проектно-методологічних, технологічних засад діджиталізації процесів у ЗВО. Для досягнення сформульованої мети вирішуються наступні задачі:

- створення організаційних засад створення цифрових закладів вищої освіти;
- виявлення особливостей проектів цифровізації закладів вищої освіти та розробка інноваційних рішень таких проектів;
- реалізація проектів діджиталізації ЗВО.

IV. Організаційні засади створення цифрового університету

В 2019 році в Національному авіаційному університеті було розпочато програму «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти». Метою цієї програми є цифрова трансформація та перетворення національного авіаційного університету в технологічно розвинений вищий заклад освіти, в якому всі процеси інформаційних взаємодій перенесені в цифровий простір, що підвищить ефективність і якість діяльності за рахунок скорочення часу та зменшення зусиль на отримання повної, своєчасної, точної і достовірної інформації, необхідної для управління, навчання, наукових досліджень, міжнародної діяльності, господарської роботи, та ін.

Ключовим поняття цього визначення є поняття цифрового простору. **Цифровий простір** – це реалізовані в комп'ютерних засобах бази даних і програмні засоби та організаційна інфраструктура, в рамках якої створюється такий простір.

Для досягнення цієї мети в університеті створено специфічну для ЗВО організаційну структуру - офіс цифрової трансформації Національного авіаційного університету (в подальшому ОЦТ НАУ).

Офіс цифрової трансформації Національного авіаційного університету включає в себе: інформаційно-обчислювальний центр, центр медіакомунікацій, центр впровадження програми «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти», відділ технічних засобів навчання, відповідальних та команди проектів в підрозділах НАУ.

Офіс цифрової трансформації Національного авіаційного університету є проектно-орієнтованою структурою, в якій посадові особи університету виконують різні ролі в програмі «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти». Зокрема це ролі: координатора проектів, адміністратора цифрового простору, керівника проекту, відповідального за інформатизацію в підрозділі, розробника, інструктора, методиста, консультанта, методолога, технолога, та ін.

Офіс цифрової трансформації Національного авіаційного університету здійснює свою роботу на основі завдань, що випливають з програми «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти».

В рамках програми реалізуються портфелі проектів:

- розвитку ІТ інфраструктури;
- цифровізації діяльності;
- цифровізації інформаційного простору;
- цифрового управління університетом.

Завданнями та предметом діяльності ОЦТ НАУ в рамках цих портфелів проектів є організація роботи структурних підрозділів ОЦТ НАУ по:

- плануванню, прокладанню, технічній підтримці, адмініструванню, розвитку забезпеченню необхідним обладнанням мережевої інфраструктури університету;
- забезпеченню функціонування різноманітних Web-ресурсів (внутрішніх і зовнішніх, в першу чергу Internet) на рівні, який задовольняє працівників та аспірантів і студентів університету;
- забезпеченню надійної роботи каналів передачі інформації підрозділами університету, та контроль за цим процесом;
- розвитку обчислювального парку університету за рахунок застосування сучасних технічних засобів обчислень, візуалізації, ведення баз даних і знань, інформаційної взаємодії, автоматизації управлінської і господарської діяльності, навчального процесу і наукової роботи, діяльності факультетів та інститутів, та ін.;
- консультування, організація ремонту та ремонт комп'ютерної техніки та мережевого обладнання;
- експертній оцінці замовлень на придбання технічних та програмних засобів для підрозділів університету;
- участі у формуванні та експертній оцінці замовлень та договорів на закупівлю програмних і технічних засобів (комп'ютерна і мережева техніка) та витратних матеріалів до них;
- ініціація проектів програми «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти» в розрізі: електронного документообігу; автоматизації навчального процесу; автоматизації наукової роботи; автоматизації процесів управління діяльністю університету; автоматизації бібліотеки; автоматизації бухгалтерії та планово-фінансового відділу; створення електронних засобів навчання; інформаційної взаємодії підрозділів та ін.
- управління проектами програми «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти»;
- управління розробкою та розробка і впровадження в рамках програми цифровізації Університету інформаційних систем та технологій в різноманітні сфери діяльності університету;
- підтримка роботи впроваджених в рамках програми цифровізації програмних засобів;
- навчання користувачів роботі з програмними засобами цифрового університету;
- створення єдиного комп'ютерного інформаційного простору Університету.

Завдання по розвитку та впровадженню сучасних ІТ в діяльність виконуються в межах проектів програми «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти» з залученням фізичних та юридичних осіб на конкурсній основі. При цьому оплата виконання таких завдань виконується тільки при отриманні і впровадженні запланованого результату.

При впровадженні в діяльність університету типових (інструментальних) програмних продуктів, які розробляються в рамках названої програми, ОЦТ НАУ надає можливість розробникам та організовує заключення договорів та виконання робіт по розповсюдженню цих продуктів на інші ВЗО та підприємства України.

V. Особливості реалізації програми «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти»

Як було сказано вище, в університеті ініційовано ряд портфелів проектів, виконання яких забезпечить створення єдиного інформаційного середовища і досягнення намічених цілей. На цьому шляху прийнято ряд важливих рішень. Зокрема.

1. Для зниження вартості цієї програми вона основується на технології «тонкий клієнт». Коли вся інформація розміщується і обробляється на серверах з використанням відкритих (що означає безкоштовних) програмних платформ. А робочі місця через звичайний інтернет працюють з цими серверами. Тим самим знижуються вимоги до комп'ютерної техніки. Не потрібно дорогих комп'ютерів з дорогим програмним забезпеченням і великою пам'яттю. Технічна база в університеті розвивається виходячи з тих потреб, які відповідають цій технології.

2. Створено офіс цифрової трансформації, який об'єднає інформаційно-обчислювальний центр, відділ технічних засобів навчання, центр медіакомунікацій,

центр впровадження, відповідальних за інформатизації в структурних підрозділах.

3. Як показав аналіз, основна проблема цифровізації університету – значна кількість первинних документів, які знаходяться в різних підрозділах, не вносяться в комп'ютер взагалі, або вносяться в локальні бази даних. Причому по кілька разів. Адже в університеті на сьогодні відсутня єдина технологія обробки і зберігання цих документів. Відсутнє єдине інформаційне середовище. По суті воно представляє собою набір розрізнених локальних баз даних. Тому запропоновано в якості технологічного ядра цієї програми створити центр обробки документів (ЦОД). ЦОД не є окремим підрозділом. ЦОД є віртуальною структурою, яка об'єднає в єдиній системі створення цифрового середовища працівників різних підрозділів університету, зайнятих на обробці первинних документів.

В програмі «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти» виділено чотири основні групи процесів, які дадуть змогу досягти її мети. Це процеси комп'ютеризації, автоматизації, діджиталізації і інформатизації ЗВО. Така структура процесів дозволила виділити ключові задачі, рішення яких дозволить створити цифровий університет. Розглянемо ці задачі в рамках наведених процесів.

Комп'ютеризація забезпечує використання комп'ютерів та мобільних пристроїв у всіх сферах діяльності університету. Стартова позиція програми цифровізації характеризується: застарілим парком комп'ютерів; існуванням по всьому університету комп'ютерної мережі та Wi-Fi; відсутністю коштів на оновлення всього парку комп'ютерів. В рамках комп'ютеризації необхідно, щоб студенти, викладачі, працівники підрозділів, адміністрація працювали з сучасною комп'ютерною технікою. Для цього в програмі цифровізації передбачено: максимальне використання в навчальному процесі особистих ноутбуків викладачів і студентів; впровадження WEB-технологій в процеси діджиталізації і автоматизації; використання мобільних пристроїв; придбання сучасних комп'ютерів в обмежених обсягах для впровадження в університеті систем, які вимагають потужної техніки; розвиток мультимедійних аудиторій, засобів дистанційного і он-лайн навчання.

Автоматизація полягає у використанні інформаційних систем та технологій у всіх сферах діяльності університету. На сьогодні процеси автоматизації базуються на розрізнених інформаційних системах, які не утворюють єдине інформаційне середовище університету. При цьому не автоматизована більшість функцій управління університетом (планово фінансова, господарська, адміністративна, та ін. діяльності), а також процеси навчання, досліджень, міжнародної роботи та ін. Для того, щоб працівники університету реалізовували різноманітні функції з використанням програмно-інформаційних засобів почалось впровадження технології «тонкий клієнт» на базі відкритих платформ (Linux, PostGreSQL). Це дозволить:

- автоматично формувати ЄІС НАУ як результат роботи різноманітних інформаційних систем і технологій;
- централізувати інформаційні бази різних систем в ЄІС НАУ;
- мінімізувати витрати за рахунок використання технології «тонкий клієнт»;
- автоматично оцифровувати сферу діяльності працівників університету;
- підвищити ефективність та якість роботи працівників університету за рахунок використання засобів автоматизації;
- оптимізувати штатну кількість працівників адміністративно-управлінського та навчально-допоміжного персоналу.

Процеси **цифровізації** полягають в переведенні інформаційного простору університету в цифровий формат. На сьогодні ці процеси характеризуються: відсутністю інформаційного стандарту НАУ і технології його створення (первинні документи не відображаються, а їх інформація дублюється), відсутністю впровадженої системи електронного документообігу, не готовністю більшості працівників до реалізації цифрових технологій.

Основна задача цифровізації - створення єдиного інформаційного середовища НАУ в цифрових сховищах сучасних комп'ютерів.

Для цього розпочато створення системи управління інформацією НАУ, яка включає компоненти: цифровізації документообігу, ведення сховища електронних документів, управління завданнями, супроводження сайтів та діяльності в соцмережах, створення цифрових підрозділів і процесів.

Така система дозволить:

- сконцентрувати всю інформацію (всі первинні документи) в одному місці;
- вести системний облік та реєстрацію інформації;
- отримати швидкий доступ до інформації з комп'ютерів та мобільних пристроїв;
- мінімізувати втрату документів та інформації;
- контролювати проходження документів;
- контролювати виконання завдань;
- оцінити роботу працівників з інформацією.

Всі наведені процеси стануть складовими загального процесу **інформатизації** університету. По суті реалізація в програмі цифровізації наведених компонентів дозволить створити систему управління інформацією, направлену на інформаційне забезпечення керівників і працівників національного авіаційного університету

Перші кроки вже зроблено. Сьогодні ведеться наповнення єдиного інформаційного середовища вхідною кореспонденцією, службовими записками, наказами,

розпорядженнями. З вересня буде розпочато обробку в ЦОД робочих програм навчальних дисциплін, договорів і документів, що супроводжують матеріально-технічне забезпечення університету. Крім того розпочнеться цифровізація документів НДЧ.

Вже осінню в цифровому просторі університету буде впроваджено систему «електронна демократія» – буде здійснено рейтингування викладачів, електронне опитування студентів. Розпочнемо роботи по цифровізації навчального процесу. Щоб вся інформація від навчальних планів і до розкладу занять формувалась в єдиній інформаційній системі управління навчальним процесом.

Планується за рік зробити прорив в електронних засобах навчання. Навчальні матеріали, в тому числі відео-лекції, повинні бути в цифровому середовищі. Це необхідно для того, щоб створити студентам умови до навчання не тільки в аудиторіях університету, а й активно працювати під час самостійної роботи. Крім того це дасть змогу впровадити дистанційне, і он-лайн навчання. Що дозволить значно розширити контингент іноземних та іногородніх студентів, які бажають, але по різним причинам не можуть переїхати на навчання в м.Київ.

VI. Висновки

Перед нами стоять складні, але здійсненні завдання. За рік створити цифровий університет. Щоб будь яку інформацію за кілька секунд можна було отримати в будь якому місці. Правда, з забезпеченням конфіденційності і захисту цієї інформації від несанкціонованого доступу.

Для цього в програмі «Національний авіаційний університет – цифровий заклад вищої освіти» прийнято ряд важливих рішень, які дозволять досягти поставленої мети. Це і технологія «тонкий клієнт», і організаційна перебудова з створенням центру обробки документів та офісу цифрової трансформації, і проектний підхід, в рамках якого створено інститут відповідальності за процеси інформатизації у всіх підрозділах університету. Вже отримані результати дозволяють з оптимізмом дивитись в майбутнє. Ми створимо ЦИФРОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ!

Література References

[1] Kurt Sandkuhl & Holger Lehmann “Digital Transformation in Higher Education – The Role of Enterprise Architectures and Portals”. Режим доступу: https://pdfs.semanticscholar.org/63b7/30d4ea27acd8c81d08ed3695dce9c304428a.pdf

[2] Kim,Kyong-Jee and Bonk Curtis J. “The Future of Online Teachin and Learning in Higher Education”. Educause Quarterly, 2006, pp.22-30;

[3] A.M. Fevolden & C.Tømte “How ICT is shaping higher education”, The Palgrave International Handbook of Higher Education Policy and Governance, 2015, С. 342–358

[4] S. Grajek “The Digitization Of Higher Education: Charting the course”. Режим доступу: https://er.educause.edu/articles/2016/12/the-digitization-of-higher-education-charting-the-course

[5] J.Khalid, B.R.Ram, M.Soliman, A.J.Ali, M.Khaleel & M.S.Islam, “Promising digital university: a pivotal need for higher education transformation”, International Journal of Management in Education, 2018, 12(3), С. 264–75.

[6] K. O’Connor “MOOCs, institutional policy and change dynamics in higher education”, Higher Education, 2014, 68(5), С. 623–35.

[7] L.Price & A.Kirkwood “Using technology for teaching and learning in higher education: a critical review of the role of evidence in informing practice”, Higher Education Research & Development, 2014, 33(3), С. 549–64.

[8] G.Siemens, D.Gašević & S. Dawson “Preparing for the Digital University: A review of the history and current state of distance, blended, and online learning”, 2014.

[9] Kishore G. Kulkarni “Digitalizationin higher education: costs and benefits”. Режим доступу: https://www.researchgate.net/profile/Ljubomir_Jacic2/post/Is_your_university_interested_in_digitalization_of_higher_education/attachment/59d62cdcc49f478072e9e3af/AS%3A273551939047429%40144223127321 2/download/DIGITALIZATION+IN+HIGHER+EDUCATION.pdf

[10] “Digital Transformation: Higher Education and Research for Sustainable Development”. Режим доступу: https://www.daad.de/medien/veranstaltungen/workshop/experts_on_digitalisation_in_higher_education_and_research_for__sustainability_dec2018.pdf

Розробка 3D Проекту з Використанням Принципів Agile Методології

Сергій Максимчук
Кафедра комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення
Університет митної справи та фінансів
Дніпро, Україна
smakdealcase@gmail.com

Вадим Яковенко
Кафедра комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення
Університет митної справи та фінансів
Дніпро, Україна
yakovenko@ua.fm

Developing a 3D Project Using the Principles of Agile Methodology

Maksymchuk Serhii
Department of Computer Science and Software Engineering
University of Customs and Finance
Dnipro, Ukraine
smakdealcase@gmail.com

Yakovenko Vadym
Department of Computer Science and Software Engineering
University of Customs and Finance
Dnipro, Ukraine
yakovenko@ua.fm

***Анотація*—В роботі запропоновано підхід до управління IT проектами, використовуючи принципи сучасної Agile методології та фреймворків, які до неї входять. В якості прикладу буде виступати 3D проект з розробки навчального симулятора в ігровій формі. Він побудований з використанням Unreal Engine 4 і Git як системи контролю версій. Команда з розробки є крос-функціональною і включає 6 учасників. В роботі будуть розглянуті принципи і підходи, які були взяті з Agile методології та її фреймворків, таких як Scrum та Kanban. Буде продемонстровано їх застосування до проекту для організації процесів, реалізації злагодженої командної роботи, оптимізації управління, своєчасного виконання задач і отримання стабільного та якісного кінцевого продукту.**

***Abstract*— This work proposes an approach to the management of IT projects, using the principles of modern Agile methodology and frameworks which it includes. An example would be a 3D project related to the development of training simulator in a playful way. It's based on Unreal Engine 4 and it's using Git as a version control system. The project was developed by a cross-functional team, which includes 6 members. In this work will be considered the principles and approaches were taken from Agile methodology and its frameworks such as Scrum and Kanban. It will be demonstrated how that principles and approaches can be applied to the project in order to organize processes, realize coherent teamwork, optimize project management, finish tasks in a timely manner, obtain and deliver a stable and high-quality end product.**

Ключові слова— управління проектом, організація процесів, Agile методологія, Scrum фреймворк, 3D проект.

Keywords—project management, organization of processes, Agile metodology, Scrum framework, Unreal Engine, 3D project.

I. Вступ

Успіх розроблюваного проекту, а відповідно і бізнесу пов'язаного з ним, значною мірою залежить від управління проектом і організації процесів.

У сучасному світі інформаційних технологій все більш поширеною практикою стає використання принципів Agile методології. Компанії активно використовують Agile фреймворки, такі як SCRUM та Kanban для того, щоб побудувати свої робочі процеси і організувати прозоре управління. Багато організацій використовують фундаментальні принципи, які пропонують дані фреймворки, водночас адаптуючи їх під специфіку своїх проектів. Agile методологія використовується в різних сферах та індустріях для організації робочих процесів і організації управління проектами. Доказом даних фактів є щорічне видання "State of Agile Report" [1].

Agile Software Development Life Cycle" (SDLC) модель має ряд переваг порівняно, наприклад, з традиційною Waterfall моделлю. Agile має чітко визначені за часом ітерації. Результатом кожної ітерації є інкремент – потенційно працездатна частина продукту. Як правило використовується дошка визначеної структури,

інформація на якій постійно і неперервно оновлюється. На ній відображені задачі, їх опис, час виконання, виконавець, статус задачі. Слід підкреслити, що комунікація між учасниками процесу має високе значення в Agile. Agile фреймворки пропонують проведення різних зустрічей, кожна з яких має чітку мету і план. Така організація процесу управління привносить високу прозорість і розуміння того, на якому етапі знаходиться розробка того чи іншого продукту. При цьому прозорість і візуалізація процесу управління слугує як замовнику або власнику продукту, так і команді з розробки. Також слід підкреслити, що підвищується якість кінцевого продукту. По-перше, стає можливим раніше отримувати відгук від замовника або власника продукту. По-друге, завдяки ітераційному підходу тестування відбувається на постійній основі - кожної ітерації, а не в момент коли увесь продукт готовий і залишається зовсім небагато часу перед релізом продукту, як це відбувається за використання Waterfall моделі. Таким чином Agile знижує ризики отримання нестабільного кінцевого продукту. Також слід зазначити таку властивість як адаптивність. Agile підходить для різних сфер, різних команд, різної специфіки проекту, дана методологія дуже гнучка її можна адаптувати під свої сценарії використання [2, 3].

II. Основна частина

У даній роботі буде описано використання деяких принципів Agile методології та SCRUM фреймворку для управління реальним проектом, який має свою специфіку [4].

Даний проект є навчальним 3D симулятором в ігровій формі та представляє собою симулятор роботи митного поста. Користувач зможе поринути в процеси, які відбуваються під час митного оформлення та контролю в ігровій формі, з якісною графікою. Даний проект побудований на базі Unreal Engine 4 та використовує Git як систему контролю версій для командної роботи. У розробці брала участь команда з 6 учасників. Замовником виступали Державна фіскальна служба України та дві кафедри Університету митної справи та фінансів. На рис. 1 продемонстровано як виглядає даний ігровий додаток.

Рис. 2. Демонстрація ігрового додатоку. Митний ангар в якому проводиться митний огляд транспортних засобів

Далі більш детально буде розглянуто управління проектом і організація робочих процесів.

За основу було взято SCRUM фреймворк, але в спрощеній формі відповідно до потреб і специфіки проекту. Структура SCRUM фреймворку наголошує, що для успішного використання фреймворку повинні бути наявні певні ролі, артефакти, події [5]. Структура SCRUM фреймворку приведена на рис. 2.

Рис. 3. Струкура SCRUM фреймворку [5]

По-перше, розглянемо ролі, які були наявні. Команда з розробки (Development Team) складалась з 6 учасників і була крос-функціональною, як і вимагає SCRUM. Під крос-функціональністю мається на увазі те, що члени команди могли виконувати різні види роботи: створення дизайну, участь у плануванні, виконання задач з розробки та тестування, тощо. Ролі власника продукту (Product Owner) та SCRUM майстра (Scrum Master) виконували відповідні учасники команди з розробки.

“Product Owner” виконує наступні функції:

- Представляє інтереси замовників (Stackholders)
- Володіє беклогом продукту(Product Backlog) – перелік задач і вимог до них
- Слідкує за беклогом продукту, виставляє пріоритети виконання задач
- Дає відгук (Feedback) на результати роботи і приймає їх.

“Scrum Master” виконує наступні функції:

- Стежить за тим, щоб всі учасники робочого процесу дотримувались принципів роботи по SCRUM-у
- Навчає учасників робочого процесу принципам роботи по SCRUM-у
- Слідкує за прогресом виконання роботи, статусами задачам, які надають члени команди з розробки
- Допомагає усувати перепони в процесі виконання задач (Blockers or Impediments).

По-друге, розглянемо артефакти, які використовувались.

Артефакти представляють собою роботу чи цінність для забезпечення прозорості робочого процесу та можливостей з огляду результатів, прогресу та адаптації робочих процесів [5].

Для організації робочих процесів описуваного проекту використовувались усі три артефакти, які представлені на рис. 2:

- Беклог продукту (Product Backlog) - перелік задач і вимог до них. Власником є Product Owner.
- Беклог спринту (Sprint Backlog) – це також є переліком задач і вимог до них, але в даному списку задачі більш детально описані і декомпозовані на маленькі задачі, які можуть брати у роботу учасники команди з розробки. Спринт (Sprint) або ітерація (Iteration) – це фіксований за часом період для виконання набору задач, які включені в "Sprint Backlog".
- Інкремент (Increment) – це частина функціоналу кінцевого продукту, який є потенційно робочим, протестованим і представляє цінність для власника продукту та замовників. Інкремент є результатом роботи ітерації.

По-третє, розглянемо події та заходи, які проводились під час робочого процесу:

- Спринт (Sprint) або ітерація (Iteration) – це фіксований за часом період для виконання набору задач, які включені в "Sprint Backlog". Період ітерації фіксований – в нашому випадку це був період рівний 1-2 тижням.
- Планування ітерації (Sprint Planning) – подія, яка відбувалась на початку кожної ітерації. В ній брала участь вся команда. Головні питання, які розглядались – визначення цілі ітерації, визначення задач, які будуть включені у "Sprint Backlog", декомпозиція задач і уточнення вимог, закріплення виконавців задач і термінів виконання.
- Уточнення вимог (Refinement) – регулярна взаємодія з власником продукту, для визначення нових задач та уточнення вимог до виконання.
- Щоденна SCRUM зустріч (Daily Scrum Meeting) – проводилась факультативно і зазвичай в онлайн режимі, так як роботою займалась розподілена по різним локаціям команда.
- SCRUM огляд (SCRUM Review) – захід проводився в кінці кожної ітерації у вигляді "Online" демонстрації робочого функціоналу або результати роботи передавались у вигляді відеозапису.
- Ретроспектива (Retrospective) – захід, метою якого є покращення робочих процесів і продуктивності команди. Захід проводився факультативно і значною мірою пропозиції з покращення робочих процесів реалізовувались під час ітерації.

Важливим артефактом, який не був описаний вище також є SCRUM дошка (SCRUM Dashboard).

Ключові властивості, які має SCRUM Dashboard:

- Зберігає і відображає "Product Backlog"
- Зберігає і відображає "Sprint Backlogs"
- Відображає виконавця, статус кожної з задач
- Доступна і прозора репрезентація робочих процесів для власника продукту, замовників, SCRUM майстра і команди з розробки

Далі розглянемо як організований робочий процес і за якою схемою працював "SCRUM Dashboard" в описуваному проекті.

Схема зображена на рис. 3. відображає типи задач (Work items), які розміщуються на дошці, зв'язки між ними, а також додаткові статуси, які задачі можуть мати.

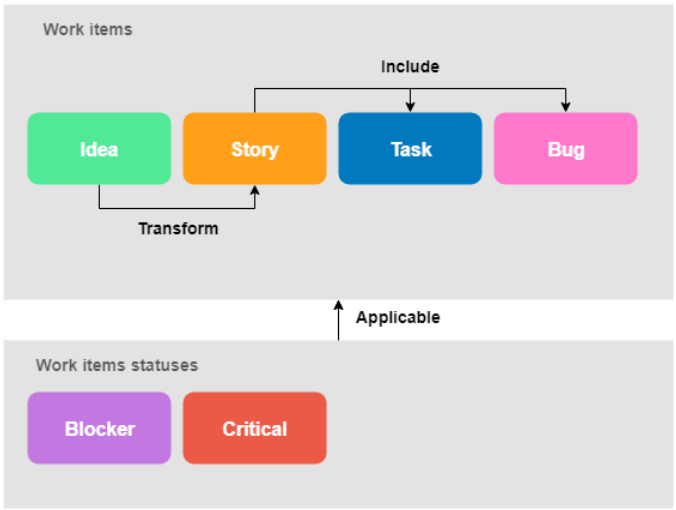


Рис. 4. Типи задач на SCRUM дошці, звя'зки і додаткові статуси

Використані типи задач:

- Ідея (Idea) – абстрактна задача без уточнених вимог і детального опису. Використовується для фіксування ідей і задумів для реалізації в майбутньому. Передбачається, що "Idea" буде уточнена і трансформована в "Story".
- Історія (Story) – задача, яка має опис, вимоги до виконання, критерії, за виконання яких вона може бути завершена. Як правило велика задача, яка займає значний час на виконання (більше 8 годин) і повинна бути декомпозована на менші задачі - "Tasks". "Story" може бути завершена, коли виконані всі задачі - "Tasks", які до неї включені і всі критерії дотримані (Acceptance Criteria).
- Задача (Task) – відноситься до певної "Story" і є її частиною, несе в собі частину функціоналу описаного "Story". "Task" має менший час на виконання (до 8 годин). Може бути взята у роботу членом команди з розробки.

- Баг (Bug) – це спеціальний вид задач. Створюється, якщо був виявлений будь-який дефект або помилка в роботі функціоналу, описаного “Story”. Включає у себе описання проблеми, кроки для відтворення помилки, кроки для вирішення проблеми (коли дана задача завершена). Належить “Story”, може бути взята у роботу членом команди з розробки і завершена, коли реалізовані і описані кроки по усуненню проблеми.

Додаткові статуси задач:

- Критична задача (Critical) – виконання задач з даним тегом є першочерговим або терміновим. Часто від задач з даним тегом залежить виконання інших задач, тому вони отримують даний статус.

- Перешкода (Blocker) – виконання задачі заблоковано через певну причину. Задача помічена даним тегом повинна мати коментар з описом перешкоди, яка заважає виконанню задачі.

Більшість типів задач включають в свій склад опис задачі, вимоги та можуть включати коментарі учасників робочого процесу. До задач можуть бути прикріплені додаткові файли необхідні для виконання задачі, можуть вказуватися елементи системи контролю версій Git. “Story” включає в себе лист критеріїв (Acceptance Criteria), за виконання і дотримання яких вона може вважатися завершеною. “Tasks”, “Bugs” включають перелік під-задач, які є пунктами, що визначають у зручному форматі кроки, котрі потрібно пройти для того, щоб завершити задачу.

На схемі зображеній на рис. 4 відображено принцип за яким працює “SCRUM Dashboard” та як організований робочий процес.

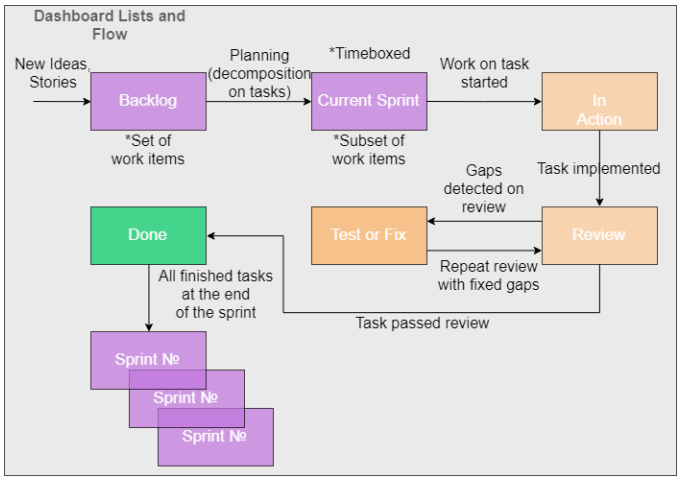


Рис. 5. Діаграма робочого процесу і принципу роботи SCRUM дошки (Workflow diagram)

Нові “Ideas”, “Stories” потрапляють у колонку “Backlog”. Під час планування визначаються “Stories”, які взяти у наступний “Sprint”. “Stories” декомпозуються на “Tasks”, уточнюються, закріплюються за виконавцем і потрапляють до колонки “Current Sprint”. Коли виконавець бере задачу у роботу, вона переміщується до колонки “In-Action”. Коли задача виконана, вона переходить до колонки “Review”. Після того як лідер (Tech Lead) команди перевірить виконану роботу задача потравляє в колонку “Done” – у випадку, якщо не знайдено помилок або дефектів. Якщо знайдено помилки або дефекти, задача переміщується до колонки “Test or Fix”. Після роботи над усуненням помилок відбувається повторний огляд лідером команди. Більш серйозна за масштабом помилка або помилка виявлена в будь-якій частині функціоналу поза фазою “Review” розміщується як “Bug” відповідної “Story”. У кінці кожної ітерації, після “Sprint Review”, що включає демонстрацію, виконані протягом ітерації задачі переміщуються і зберігаються у окремому листі на дошці. Ці листи можуть бути приховані і відображені знову за потреби.

В якості інструменту для організації робочого процесу з використанням Agile SCRUM фреймворку використовувався сервіс “Trello” – рис. 5.

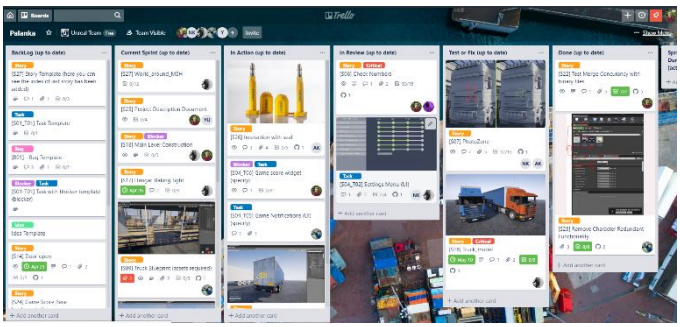


Рис. 6. “SCRUM Dashboard” проекту в “Trello”

III. Висновки

Таким чином в даній роботі розглянуто проблему управління IT проектом та проблему організації робочих процесів. Розглянуто як принципи Agile методології і такі фреймворки як SCRUM та Kanban можуть допомогти організувати робочий процес, які переваги надає такий підхід. Використання і адаптація принципів Agile методології та SCRUM фреймворку були продемонстровані на прикладі реального проекту з розробки ігрового 3D додатку.

Література References

[1] CollabNet VersionOne. (2019). 13th Annual State Of Agile Report [Online]. Avalilable: https://www.stateofagile.com/#ufh-i-521251909-13th-annual-state-of-agile-report/473508

[2] Existek. (2017). SDLC Models Explained: Agile, Waterfall, V-Shaped, Iterative, Spiral [Online]. Available: https://existek.com/blog/sdlc-models

[3] Hejo mancani. (2018). Risk Management In Agile Vs Waterfall [Online]. Available: http://www.superblindados.com/risk-management-in-agile-vs-waterfall

[4] Jeff Sutherland, Ken Schwaber. (2017). The Scrum Guide. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game [Online]. Available: https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100

[5] Visual Paradigm. What is 3355 in Scrum Framework? [Online] Available: https://www.visual-paradigm.com/scrum/what-is-3355-in-scrum-framework

Задача Автоматизованого Управління Темпоральною Базою Знань для Підтримки Управлінських Рішень

Віктор Левикін
кафедра інформаційних управляючих систем
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
levykinvictor@gmail.com

Оксана Чала
кафедра інформаційних управляючих систем
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
oksana.chala@nure.ua

The Task of Automated Control Temporal Knowledge Base to Support Management Decisions

Viktor Levykin
Department of Information Control Systems
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
levykinvictor@gmail.com

Oksana Chala
Department of Information Control Systems
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
oksana.chala@nure.ua

***Анотація*—Розглянуто проблему управління темпоральною базою знань для підтримки прийняття управлінських рішень при вирішенні частково структурованих та неструктурованих задач на тактичному та стратегічному рівнях організаційного управління. Показано, що в темпоральному аспекті управлінське рішення складається із послідовності управляючих дій, послідовності станів об'єкту управління, а також темпоральних залежностей, що визначають порядок цих дій та станів в часі. Вказані темпоральні залежності відображають типові закономірності вирішення задач у даній предметній області. Сформульовано постановку задачі автоматизованого управління темпоральною базою знань, що передбачає вирішення підзадач побудови бази знань на основі виділення темпоральних правил, виявлення аномальних станів об'єкту управління на основі аналізу темпоральних залежностей, які привели до цього стану, а також побудови множини альтернатив із переходу до цільового стану об'єкту управління. В рамках даної постановки задачі запропоновано підхід до підтримки прийняття управлінських рішень на основі використання темпоральних знань.**

Abstract—The problem of temporal knowledge base management is considered to support managerial decision-making when solving partially structured and unstructured tasks at the tactical and strategic levels of organizational management. In the temporal aspect, a management decision is shown to consist of a sequence of governing actions, a sequence of states of a management object, as well as temporal dependencies that determine the order of these actions and states over time. These temporal dependencies reflect the typical patterns of problem solving in the subject area. The formulation of the problem of automated management of the temporal knowledge base is formulated, which involves solving the tasks of building the knowledge base based on the allocation of temporal rules, identifying anomalous states of the control object based on the analysis of temporal dependencies that led to this state, as well as constructing many alternatives from the transition to the target the state of the control object. In the context of this formulation of the problem, an approach is proposed to support managerial decision-making based on the use of temporal knowledge.

Ключові слова—темпоральна база знань; аномальний стан; темпоральне правило; управлінське рішення

Keywords—temporal knowledge base; abnormal state; temporal rule; management decision

I. Вступ

Темпоральна база знань (ТБЗ) містить залежності, що визначають упорядкованість у часі для послідовностей дій і орієнтована переважно на формування та використання процедурних знань.

Ключова перевага застосування темпоральної бази знань полягає у можливості автоматизованого формування темпоральних залежностей. Така база знань може бути сформована згідно принципу чорного ящику на основі аналізу відомих послідовностей станів, що

відповідають відомим послідовностям управлінських дій. Дана перевага забезпечує можливість використання ТБЗ для підтримки управлінських рішень шляхом виявлення аномальних станів об'єкту управління та подальшого прогнозування множини допустимих послідовностей управляючих дій з тим, щоб досягти цільового стану цього об'єкту в умовах невизначеності. Такі умови виникають як в результаті неконтрольованих зовнішніх впливів, так і в результаті прийняття рішень виконавцями на основі персональних неформальних знань, якщо останні не відображені в моделях об'єкту та процесу управління.

Зазначене свідчить про актуальність проблеми автоматизованої побудови та використання темпоральної бази знань для підтримки управлінських рішень.

Загальні питання автоматизованої побудови та використання бази знань представлені в роботі [1], а метод побудови ТБЗ наведено в роботі [2]. Ці методи орієнтовані на формування представлення знань у вигляді набору зважених темпоральних правил. Останні задають упорядкованість у часі для пар станів об'єкту управління або пар відповідних управляючих дій [3, 4]. Вага правил задає ймовірність їх використання для підтримки прийняття рішень [5]. Методи використання темпоральних правил передбачають послідовну перевірку поточного стану на нетиповість і, у випадку виявлення аномального стану, подальше формування послідовностей управляючих дій, що приводять до цільового стану об'єкту управління [6,7].

Однак питання інтеграції цих моделей і методів в рамках єдиної задачі автоматизованого управління базою знань для підтримки прийняття управлінських рішень при вирішення частково структурованих та неструктурованих задач потребують подальшого розгляду.

Дана робота містить такі результати. Запропоновано постановку задачі автоматизованого управління ТБЗ для підтримки управлінських рішень, а також підхід до її вирішення. Даний підхід передбачає аналіз темпоральних залежностей, що привели до поточного стану об'єкту управління, та подальше формування множини ймовірних послідовностей станів, що приводять від поточного до цільового стану об'єкту управління. Кожен стан об'єкту управління задається предикатом на множині властивостей типових об'єктів – артефактів. В якості вхідних даних представленої задачі використовуються відомі послідовності станів, від поточного до цільового стану об'єкту управління. Ці послідовності фіксуються системами обробки транзакцій та інформаційно-управляючими системами. Вказані послідовності є упорядкованими у часі і тому містять темпоральні залежності, що відображають послідовність успішного вирішення частково структурованих та неструктурованих задач. Також в якості вхідних даних використовується поточна послідовність станів об'єкту управління. Темпоральні залежності для цієї послідовності дають можливість оцінити виникнення аномального стану об'єкту управління.

II. Використання темпоральних залежностей для опису управлінського рішення

A. Структуризація управлінського рішення

Розробка підходу до вирішення задачі автоматизованого управління ТБЗ в задачах підтримки прийняття рішень потребує виділення темпоральних залежностей в структурі управлінського рішення. Такі залежності відображають упорядкованість у часі як управляючих дій, так і станів об'єкту управління, що виникають в результаті виконання цих дій.

Виділення темпоральних залежностей дає можливість сформувати трирівневу структуру управлінського рішення, орієнтовану на підтримку прийняття рішень, при вирішенні частково структурованих та неструктурованих задач організаційного управління (рис. 1):

- послідовність управляючих дій, що переводять об'єкт управління (ОУ) від поточного до цільового стану;
- послідовність станів об'єкту управління, що відповідає послідовності управляючих дій, та характеризує контекст їх виконання;
- набір темпоральних залежностей, що містять знання про вибір управляючих дій з урахуванням поточного стану об'єкту управління.

Рис. 7. Базові структурні елементи ломплексного управлінського рішення

Управляючі дії у складі управлінського рішення мають такі базові темпоральні характеристики:

- послідовність управляючих дій визначає послідовність станів ОУ, тобто їх порядок у часі може бути описаний одними й тими ж темпоральними залежностями;
- опис темпоральних залежностей на різних рівнях організаційної ієрархії може бути представлений з різним ступенем деталізації часу.

Об'єкт управління має такі базові темпоральні характеристики:

- об'єкт управління може бути представленим у вигляді ієрархії типових об'єктів – артефактів [8] з різними рівнями деталізації часу; це дає можливість відобразити реалізацію управлінського рішення на різних рівнях організаційної ієрархії;
- кожен стан об'єкту управління на відповідному рівні організаційної ієрархії відображається через значення властивостей підмножини артефактів, що дає можливість відобразити послідовність змін станів ОУ як в цілому, так і на рівні підрозділів.

Темпоральні знання у складі управлінського рішення мають такі базові характеристики:

- відображають ймовірнісні залежності між управляючими діями та станом об'єкту управління у часі без врахування особливостей фізичних процесів на об'єкті управління;
- відображають як формальний, так і евристичний опису процесу та ОУ;
- можуть бути отримані шляхом встановлення упорядкованості для пар станів ОУ, а також пар управляючих дій, з урахуванням властивостей артефактів, які задають стан об'єкту управління;
- можуть бути використані для формування допустимих у поточному стані ОУ нових послідовностей управляючих дій, призначених для підтримки управлінського рішення.

Наведені темпоральні характеристики управлінського рішення дають можливість сформулювати такі вимоги до його представлення, що забезпечують підтримку прийняття рішень з використання темпоральної бази знань:

– відносне представлення часу, без врахування абсолютних часових міток;

– логіко-ймовірнісне представлення темпоральних залежностей;

– використання інформації про зміни стану ОУ у реальному часі.

Відносне представлення часу в рамках опису управлінського рішення створює умови для побудови багаторівневого опису послідовності управляючих дій на різних рівнях деталізації часу. Перевага використання темпоральних знань з відносним представленням часу полягає у можливості застосувати для підтримки управлінських рішень контекстно-орієнтовану послідовність дій та відповідну послідовність станів об'єкту управління без детального опису предметно-орієнтованих залежностей, що визначають процеси на цьому ОУ.

Логіко-ймовірнісне представлення темпоральних залежностей дає можливість врахувати невизначеність щодо порядку управляючих дій. Дана невизначеність обумовлюється як неповнотою інформації про поточний стан об'єкту управління, так і неповнотою формальних знань про процес управління, тобто причинно-наслідкові зв'язки між управляючими діями у складі управлінського рішення. Невизначеність щодо процесу управління пов'язана із використанням неформалізованих персональних знань та досвіду особи, що приймає рішення, а також виконавців.

Використання інформації про зміни стану ОУ у реальному часі дає можливість автоматизовано, при появі нового стану, виконати перевірку виникнення аномальної ситуації.

B. Постановка задачі автоматизованого управління темпоральною базою знань

При вирішенні задачі автоматизованого управління базою знань використовуються такі вхідні дані: множина відомих послідовностей станів $\Pi = \{\Pi_i\}$ об'єкту управління; поточна послідовність станів Π_i^*.

Кожна з послідовностей Π_i отримана в результаті успішної реалізації попередніх управлінських рішень і тому містить цільовий стан s_{aim} об'єкту управління. Послідовність Π_i^* завершується поточним станом s_J.

Задача автоматизованого управління темпоральною базою знань для підтримки прийняття рішень містить у собі такі підзадачі:

- побудова темпоральної бази знань на основі находження ймовірнісних темпоральних залежностей r_l^j; такі залежності враховують упорядкованість у часі між парами станів s_j та s_l для всіх відомих послідовностей станів Π, відповідають успішній реалізації управлінського рішення, тобто передбачають досягнення цільового стану s_{aim};
- виявлення аномального стану об'єкту управління на основі ймовірнісної оцінки поточного стану s_J в рамках поточної послідовності станів $\in \Pi_i^*$; перевірка виконується шляхом оцінки ймовірності реалізації кон'юнкції всіх темпоральних залежностей, що пов'язують всі стани поточної послідовності Π_i^*;
- побудова множини альтернативних послідовностей станів, що відповідають альтернативним послідовностям управляючих дій щодо реалізації управлінського рішення для переходу Π_i^{**} від поточного стану s_J до цільового стану s_{aim}.

Формально постановка задачі автоматизованого управління темпоральною базою знань має вигляд:

Дано:

$$\Pi = \left\{\Pi_i\right\}, \Pi_i \left\langle s_1, ..., s_{aim}\right\rangle,$$

$$\Pi_i^* = \left\langle s_1, ..., s_J\right\rangle : \tau_J < \tau_{aim}.$$

Знайти:

$$R = \left\{r_l^j\right\}, r_l^j \equiv s_j r\ s_l : \quad (1)$$

$$R = \left\{R_i : \forall\left(s_j r\ s_l\right) \in R_i\ s_j, s_l \in \Pi_i\right\},$$

$$\forall s_J \in \Pi_i \left(P\left(r_2^1 \wedge ... \wedge r_J^{J-1}\right) > 0\right),$$

$$\forall\left(s_J, s_{aim}\right)\exists R_{aim} : \left(P\left(r_{J+1}^J \wedge ... \wedge r_{aim}^{aim-1}\right) > 0 \Rightarrow \exists \Pi_i^{**} = \left\langle s_J, ..., s_{aim}\right\rangle\right).$$

Підхід до вирішення поставленої задачі містить етапи виявлення темпоральних правил та поповнення бази знань, виявлення аномального стану об'єкту управління на основі аналізу темпоральних залежностей для поточної послідовності управляючих дій, побудови альтернативних варіантів управлінського рішення на основі виводу на темпоральних залежностях, що описують успішні реалізації управлінського рішення.

Вхідні дані для побудови темпоральних залежностей отримуються із систем обробки транзакцій на оперативному рівні та інформаційно-управляючої системи на тактичному рівні організаційного управління.

Виявлення аномального стану об'єкту управління виконується в рамках СППР на тактичному рівні. Підтримка прийнятті рішень для окремих підрозділів виконується на основі ймовірнісного виводу на тактичному рівні, а на основі багаторівневого ймовірнісного виводу із інтеграцією темпоральних правил

III. Експериментальні Результати

Запропонований підхід підтримки прийняття рішень в задачі сервісного обслуговування комп'ютерної техніки, а також в задачі виявлення втручань в комп'ютерну мережу. В першій задачі розглядались стани об'єкту управління в цілому, без виділення окремих атрибутів. В другій задачі виділені атрибути стану комп'ютерної системи, що відображають її взаємодію в мережі, а саме: IP – адреса; порти; протокол, тощо. Антецеденти та консеквенти для темпоральних залежностей представлені у вигляді предикатів: від однієї змінною у першій задачі; від атрибутів стану комп'ютерної системи у другій задачі. Ваги правил, що дозволяють визначити ймовірність їх використання, розраховуються за методом [5].

Результати вирішення першої задачі показали можливість формування підмножини альтернативних послідовностей станів об'єкту управління із семантикою, що відповідає процесам вирішення задачі у даній предметній області.

Результати вирішення другої задачі довели можливість виявлення втручань на основі використання окремих темпоральних правил, без реалізації ймовірнісного виводу на цих правилах.

IV. Висновки

Запропоновано постановку задачі автоматизованого управління темпоральною базою знань для підтримки управлінських рішень шляхом виявлення аномальних станів та формування альтернатив по виходу з них на основі використання темпоральних залежностей.

Запропоновано підхід до автоматизованого управління темпоральною базою знань для підтримки прийняття рішень. Підхід базується на формуванні темпоральних знань шляхом аналізу залежностей в рамках послідовностей станів об'єкту управління, які були отримані при успішній реалізації управлінських рішень.

Запропонований підхід має ряд відмінностей, пов'язаних із використанням темпоральних залежностей, що забезпечують можливості його застосування для класу задач управління, які передбачають виділення послідовності станів, заданих атрибутами елементів організаційної системи. По-перше, задача виявлення аномального стану об'єкту управління виконується шляхом порівняння ймовірності використання темпоральних знань, які описують поточну та вже відомі успішні реалізації послідовностей управляючих дій. По-друге, для формування множини альтернативних послідовностей станів ОУ із досягнення цільового стану об'єкту управління використовуються темпоральні залежності, що відображають знання про успішні управлінські рішення.

Література References

[1] Niu F., Zhang C., Re C. DeepDive: Web-scale knowledge-base construction using statistical learning and inference, VLDS. 2012. P. 25–28.

[2] V. Levykin, O. Chala, "Method of automated construction and expansion of the knowledge base of the business process management system", *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. 4. pp. 29-35. 2018. DOI: http://dx.doi.org/ 10.21303/ 2461-4262. 2018.00676.

[3] O. Chala, "Logical-probabilistic representation of casual dependencies between events in business-process management", *Науково-технічний журнал, Сучасні інформаційні системи*, Том 2, № 2, с. 40-44. 2018.

[4] О. В. Чала, "Розробка представлення знань на основі марківських логічних мереж в системі процесного управління", *Вісник Національного технічного університету «Харківський политехнический институт». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології*, № 22 (1298), с. 22-26. 2018.

[5] V. Levykin, O. Chala, "Method of determining weights of temporal rules in markov logic network for building knowledge base in information control system", *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. 5. pp. 3-10. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00713

[6] Levykin V., Chala O. Development of a method of probabilistic inference of sequences of business process activities to support business process management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5/3(95), 16-24. 2018. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.142664.

[7] Chala O. Method for detecting anomalous states of a control object in information systems based on the analysis of temporal data and knowledge// EUREKA: Physics and Engineering. 2018. Vol. 5. P. 3-10. DOI: http://dx.doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00713

[8] Cohn D., Hull R. Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes // Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering. 2009. Vol. 32, № 3. P. 1–7.

Попередня Обробка Вхідних Даних Рекомендаційної Системи з Урахуванням Змін у Вимогах Користувачів

Сергій Чалий
кафедра інформаційних управляючих систем
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
serhii.chalyi@nure.ua

Володимир Лещинський
кафедра програмної інженерії
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
volodymyr.leshchynskyi@nure.ua

Preliminary Input Processing of the Recommendation System Considering Changes in User Requirements

Serhii Chalyi
Department of Information Control Systems
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
serhii.chalyi@nure.ua

Volodymyr Leshchynskyi
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.leshchynskyi@nure.ua

***Анотація*—Розглянуто проблему формування рекомендацій у вигляді упорядкованого списку товарів та послуг в ситуації змін вимог користувачів, що є одним із випадків ситуації холодного старту рекомендаційної системи. Дана проблема виникає внаслідок відсутності або старіння інформації про потреби споживачів. Старіння вхідної інформації виникає в результатів зміни вимог користувачів з часом та приводить до складнощів при побудові релевантних рекомендацій таким користувачам, оскільки відомі дані не відповідають їх поточним потребам. Запропоновано підхід до попередньої обробки вхідних даних в умовах зміни вимог користувачів рекомендаційної системи. В якості вхідних даних використовується журнал, що містить інформацію про вибір та покупки користувачів. Ці дані упорядковані за часом та мають темпоральні мітки. Ключова особливість підходу полягає в тому, що він забезпечує можливість врахувати як статичні, так і динамічні аспекти вибору споживача. Статичний аспект задаються парами товар – споживач. Динамічний аспект відображається послідовністю покупок груп користувачів та задає зміну їх вимог з часом. Підхід поєднує інтеграцію інформації про покупки одного і того ж товару різними споживачами для визначеного рівня деталізації часу, формування типових залежностей, що відображають зміни у вимогах користувачів щодо товарів та послуг, а також доповнення вхідних даних для нового користувача на основі отриманих залежностей.**

Abstract—The problem of forming recommendations in the form of an ordered list of goods and services in the situation of changing user requirements is considered, which is one of the cases of cold start of the recommendation system. This problem arises due to the lack of aging of consumer information. Aging input information results from changes in user requirements over time and complicates the construction of relevant recommendations for such users because the known data does not meet their current needs. The approach to preliminary processing of input data in the conditions of changing requirements of users of the recommendation system is offered. As a input, a log containing information about users' choices and purchases is used. This data is organized by time and has temporal labels. The key feature of the approach is that it provides an opportunity to take into account both static and dynamic aspects of consumer choice. The static aspect is set by the product-consumer pairs. The dynamic aspect is reflected by the sequence of purchases made by user groups and sets their requirements over time. The approach combines the integration of purchase information of the same product with different consumers for a certain level of time detailing, generating typical dependencies that reflect changes in user requirements for goods and services, and supplementing input for a new user based on the dependencies received. After pre-processing, traditional methods can be used to build recommendations.

Ключові слова—рекомендаційна система, проблема холодного старту, попередня обробка даних, область під кривою помилок.

Keywords-recommender system, cold start problem, data preprocessing, area under the error curve.

I. Вступ

Рекомендаційні системи призначені для підтримки вибору споживача в умовах широкої пропозиції товарів та послуг зі схожими характеристиками, та зазвичай входять до складу систем електронної комерції. Вони формують рекомендований перелік товарів та послуг, що має відповідати інтересами споживача. Головна ідея автоматизованої побудови рекомендацій полягає у використанні даних про вибір інших користувачів зі схожими вподобаннями, а також про характеристики обраних товарів та послуг.

Одна із ключових проблем побудови рекомендацій, проблема холодного старту, виникає внаслідок неповноти даних про нових користувачів рекомендаційної системи. Нові користувачі ще не робили вибору в рекомендаційній системі і тому остання не містить інформації про їх вподобання. Такі користувачі вважаються «холодними», що свідчить про відсутність актуальної інформації для побудови рекомендацій згідно їх вподобань.

Для реалізації типових алгоритмів формування рекомендацій необхідно, щоб такі користувачі зробили вибір товарів або послуг. Отримана інформація може бути використана для побудови релевантних рекомендацій.

Інший варіант проблеми холодного старту пов'язаний із побудовою рекомендацій для нерегулярних користувачів, які змінюють свої потреби з часом [1]. Ситуація холодного старту для споживачів, що зрідка використовують рекомендаційну систему, зазвичай пов’язана із вибором крупної побутової техніки, туристичних подорожей, тощо. За великі інтервали часу вимоги споживачів зазвичай змінюються, тому відома інформація про їх вибір стає застарілою. Для вирішення даного варіанту проблеми холодного старту необхідно сформувати додаткові дані щодо зміни їх вподобань. Традиційно при вирішенні розглянутої проблеми використовуються методи, що використовують комбінацію даних щодо вибору споживачів та контекстних даних, зокрема демографічних та сезонних [2-4]. Однак ці підходи враховують лише статичні характеристики у вигляді пара (покупець; товар) та не орієнтовані на динамічні зміни у вимогах користувачів. Такі зміни виникають внаслідок появи нових моделей товарів, виникнення суспільно значимих подій, тощо.

В той же час додаткова інформація про зміни вподобань користувачів рекомендаційної системи може бути отримана шляхом аналізу послідовностей вибору відомих користувачів та виявлення типових або обов’язкових залежностей, що пов’язують їх вибір у часі [5] з використанням моделей на основі багатошарового графу [6],.а також ймовірнісного виведення на зважених темпоральних правилах [7, 8]. Обов’язкові залежності фактично формують обмеження, що відповідають поточним вимогам групи споживачів, що купують товари або послуги.

В цілому слід зазначити, що розглянуті підходи до побудови рекомендацій враховують окремі аспекти вибору споживача. Однак при вирішенні наведеної проблеми необхідно враховувати обмеження, пов’язані із зміною інтересів споживачів, а також неповноту даних про цей вибір. Зазначена невідповідність між потребами побудови рекомендацій в умовах обмежень, що виникають внаслідок зміни інтересів споживачів, та практичною необхідністю побудови рекомендацій в умовах холодного старту в рекомендаційній системі свідчать про актуальність теми даного дослідження.

Представлена робота містить такі результати. По-перше, шляхом структуризації послідовності вибору користувачів рекомендаційної системи показано наявність патернів, що відображають зміни вибору цих користувачів у часі. По-друге, запропоновано загальний підхід до попередньої обробки вхідних даних для побудови рекомендацій в умовах періодичної зміни вимог та вподобань користувачів. Мета попередньої обробки полягає у формування додаткових даних, які враховують динамічну складову вибору користувачів на поточному інтервалі часу. Отримані в результаті попередньої обробки дані можуть бути використані для побудови рекомендацій одним із відомих методів.

II. Розробка підходу до препроцесінгу вхідних даних рекомендаційної системи

A. Структуризація вхідних даних для побудови рекомендацій з урахуванням динамічної складової

В рекомендаційних системах традиційно використовується матрична модель вхідних даних, яка задає зв'язок між споживачем та товаром. Кожний елемент e_{kj} матриці містить кількість товарів, вибраних споживачем. Тобто дана матриця задає неявний зворотній зв'язок від користувача. Альтернативний підхід на основі явного зворотного зв’язку передбачає, що в якості вхідних даних використовуються виставлені користувачем рейтинги товарів та послуг. В подальшій структуризації будуть розглядатись елементи з неявним зворотнім зв’язком, оскільки це не впливає на загальність висновків.

Матриця вибору E в цілому задає відображення множини користувачів на множину товарів. Більшість елементів такої матриці є нульовими, оскільки користувач вибирає лише незначну підмножину наявної номенклатури товарів.

Однак при побудові такої матриці не враховується інформація про зміни вимого користувачів у часі. Така інформація міститься у «сирих» вхідних даних, представлених логом (журналом) покупок товарів та послуг L. Тобто вхідний лог містить послідовність покупок у часі:

$$L = \left\langle e_{kj}^{m}, e_{lq}^{m+1}, ..., e_{KJ}^{M} : \tau_M > \tau_{m+1} > \tau_m \right\rangle, \quad (1)$$

де e_{kj}^{m} – інформація про вибір товару j, придбаного користувачем k в момент часу m.

Лог покупок розглядається для інтервалу часу $[\tau_m, \tau_M]$ Вибір цього інтервалу залежить від предметної

області. Наприклад, для одягу інтервал можна вибирати по сезонах, подарунки – перед святами и т.п.

Кожний елемент логу (1) містить інформацію про вибраний товар j, користувача k, кількість вибраного товару n_j, а також час вибору товару τ_m:

$$e_{kj}^{i} = \{ j, k, n_j, \tau_m \}. \quad (2)$$

Відповідно, упорядковані у часі пари покупок $\langle e_{kj}^{m}, e_{lq}^{m+1} \rangle$ є патернами, які відображають зміни потреб користувача. Важливість таких змін задається кількістю повторів цих пар для всієї вхідної послідовності L. Якщо пари вибору товарів задані для всіх вхідних даних, тобто після товару j завжди купують товар q, то це свідчить про наявність визначеної динамічної складової у вхідних даних.

Оскільки користувачі рідко купують значну кількість товарів регулярно, вхідна матриця E зазвичай є розрідженою. Тому такі патерни доцільно формувати для групи користувачів, що купують один і той же товар.

B. Підхід до попередньої обробки даних з урахуванням змін потреб користувачів

Запропонований підхід базується на проведеній в попередньому підрозділі структуризації вхідних даних з виділенням пар групових покупок, що відображають типові зміни у поведінці споживачів. Базова ідея підходу полягає у використанні залежностей, що відображають розглянуті патерни для упорядкованих у часі пар покупок товарів, для доповнення вхідних даних у ситуації холодного старту рекомендаційної системи. Запропонований підхід ґрунтується на тому, що виділені патерни відображають усереднені зміни потреб користувача. В цілому в якості патернів можуть розглядатись як упорядковані пари послідовних покупок, так і такі пари, між якими є проміжний вибір споживача.

Таким чином, згідно запропонованого підходу вхідні дані для побудови рекомендацій у випадку «холодного» користувача, про якого немає інформації в базі даних рекомендаційної системи, або циклічного користувача, для якого ця інформація є застарілою, доцільно доповнити з урахуванням узагальнених патернів поведінки користувачів рекомендаційної системи.

При доповненні враховується не лише декларативний, а й процедурний аспекти. Перший відображається у вигляді переліку товарів або послуг, які були куплені на визначеному інтервалі часу. Другий задається через послідовність покупок товарів або послуг на цьому інтервалі. Таке поєднання двох аспектів дає можливість врахувати не лише інтерес покупців до конкретних об'єктів, а й зміну цього інтересу з часом.

При доповненні вхідних даних виконується їх агрегація в рамках вибраних інтервалів часу (по годинам, по дням, по тижням, тощо), а потім встановлення залежностей у часі між вибором конкретних об'єктів на цих інтервалах. Поєднання даних дає можливість виявити узагальнені інтереси споживачів на вибраних інтервалах часу. Визначені залежності між цими інтервалами задають динаміку зміни вимог до товарів та послуг з точки зору користувачів. Додаткові дані по конкретним товарам формуються з урахуванням встановлених залежностей.

Вхідними даними методу є журнал продажів L на заданому інтервалі часу $[\tau_m, \tau_M]$. Цей інтервал відповідає останнім вподобанням користувачів. Протяжність інтервалу у часі залежить від сфери застосування товарів та послуг. Наприклад, для завдання бронювання готелів такий інтервал може становити рік, продажу одягу - сезон, і т.п. Відповідно, для елементів журналу виконується умова:

$$L = \{ e_{kj}^{m} : \tau_m \in [\tau_m, \tau_M] \}. \quad (3)$$

Розроблений підхід містить у собі такі етапи.

Етап 1. Інтеграція даних щодо вибору користувачів по окремим об'єктам (товарам або послугам) для визначеного інтервалу часу, що задає ступінь темпоральної деталізації даних на інтервалах часу . $\Delta\tau_m$

Кожен елемент $E_{j,m}$ вхідного набору даних після інтеграції має вигляд:

$$E_{j,m} = \{ (j, n_{jm}, \Delta\tau_m) \}, \quad (4)$$

де n_{jm} – кількість одиниць товару j, що була придбана на інтервалі $\Delta\tau_m$.

Кількість товару n_j розраховується з урахуванням наступної умови:

$$n_{jm} = \sum_k n_{kj}^{m} \,|\, \tau_i \in \Delta\tau_m, n_{kj}^{m} \in e_{kj}^{m}, \quad (5)$$

де n_{kj}^{m} – кількість товару в рамках покупки e_{kj}^{m}.

Результуючий набір даних має вигляд:

$$L^{INT} = \langle \{E_{j,1}\}, \{E_{j,2}\}, ..., \{E_{j,m}\}, ... \rangle. \quad (6)$$

Таким чином, отриманий на даному етапі інтегрований лог містить множину послідовностей покупок по товарам, з сумарною кількістю по інтервалам часу $\Delta\tau_m$.

Етап 2. Формування залежностей , що відображають зміни уподобань споживача, по інтервалам часу. Такі залежності R_j мають вигляд пар:

$$R_j = \langle E_{j,m}, E_{l,s} : \tau_m + \Delta\tau_m < \tau_s \rangle, \quad (6)$$

де τ_m та τ_s – моменти часу, що відповідають початку інтервалів $\Delta\tau_m$ та $\Delta\tau_m$ відповідно.

Етап 3. Фільтрація типових залежностей за критерієм перевищення кількості покупок на інтервалі часу $n_{\min}$.

Даний критерій дає можливість відфільтрувати випадкові, нехарактерні для даної предметної області залежності.

Результатом даного етапу є підмножина залежностей виду:

$$R = \left\{ R_j : \forall E_{j,m} \in R_j \; n_{jm} > n_{\min} \right\}. \quad (7)$$

Етап 4. Відбір типових залежностей, які є характерними для всіх користувачів, що вибирають j – товар:

$$R^C = \left\{ R_j : \forall E_{j,m} \in R_j \; \exists E_{s,m+1} \in R_j \right\}. \quad (8)$$

Згідно (8), пари $\left\langle E_{j,m}, E_{l,s} \right\rangle$ є типовими, тобто завжди реалізуються при виборі товару j. Слід зазначити, що при виборі типових залежностей можна також визначити порогове значення різниці кількості покупок у $E_{j,m}$ та $E_{s,m+1}$.

Етап 5. Доповнення вхідних даних нового користувача парами покупок, для яких, після інтеграції на етапі 2, виконується умова (8).

Результатом даного підходу є набір вхідних даних, доповнений парами типових покупок для визначеного інтервалу часу.

III. Експериментальні Результати

Експериментальна перевірка даного підходу виконана з використанням набору вхідних даних, представленого логом продажів мережі інтернет-магазинів святкових подарунків.

Даний журнал має ряд характеристик, які дають можливості перевірити ключові етапи запропонованого підходу. По-перше, лог містить записи про оптові продажі, що дозволяє перевірити етап інтеграції. По-друге, для подарунків характерна циклічність попиту, що забезпечує можливість перевірити зміни попиту для нових користувачів.

При проведенні експерименту було сформовано два набора вхідних даних. Перший набір складався з підмножини записів за один тиждень з метою знайти циклічні залежності по дням продажів. Другий набір був доповненням першого, отриманим за допомогою запропонованого підходу.

З використанням цих вхідних наборів були сформовані рекомендації для одного й того ж нового користувача. Для формування рекомендацій використані методи найближчого сусіда та колаборативної фільтрації. Отримані рекомендації оцінювали за значенням AUC . Підвищення значення AUC склало 0,02 та 0,03 на тижневій виборці з обмеженою кількістю записів.

Результати експериментальної перевірки свідчать про можливість побудови більш адекватних рекомендацій для нових користувачів рекомендаційної системи на основі врахування не лише вибору користувачів, а й послідовності їх вибору.

IV. Висновки

Розглянуто проблему холодного старту при побудові рекомендацій. Показано, що дана проблема пов’язана з відсутністю або старінням інформації про користувачів рекомендаційної системи внаслідок зміни їх уподобань. В результаті побудова релевантних рекомендацій для нових, «холодних» користувачів з використанням традиційних методів значно ускладнюється.

Для побудови рекомендацій в ситуації холодного старту рекомендаційної системи запропоновано враховувати як статичні, так і динамічні аспекти набору вхідних даних. Статичні дані традиційно використовуються в алгоритмах побудови рекомендацій. Вони відображають зв'язок товар – споживач. Динамічний аспект задає зміну вимог користувачів щодо потрібних товарів та послуг. Він відображається послідовністю покупок груп користувачів на відповідному рівні деталізації часу.

Запропоновано підхід до попередньої обробки вхідних даних в ситуації зміни вимог користувачів рекомендаційної системи. Підхід передбачає поєднання інформації про покупки одного і того ж товару різними споживачами для визначеного рівня деталізації, та подальше формування типових залежностей, що є характерними для вибраного інтервалу часу. Отримані залежності відображують останні зміни у вимогах користувачів щодо товарів та послуг і тому вони використовуються для доповнення вхідних даних для нового користувача.

Література References

[1] Bernardi L., Kamps J., Kiseleva J, Müller M. (2015). The Continuous Cold Start Problem in e-Commerce Recommender Systems. CoRR abs/1508.01177.

[2] Braunhofer M. (2014). Hybrid Solution of the Cold-Start Problem in Context-Aware Recommender Systems. UMAP 2014: User Modeling, Adaptation, and Personalization, 484-489.

[3] Lika B., Kolomvatsos K., Hadjiefthymiades S. (2014). Facing the cold start problem in recommender systems. Expert Systems with Applications, 41(4), 2065-2073.

[4] Koren, Y. (2009). Collaborative Filtering with Temporal Dynamics. ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 447-456. DOI:10.1145/1557019.1557072.

[5] Kalynychenko O., Chalyi S., Bodyanskiy Y., Golian V., Golian N. (2013). Implementation of search mechanism for implicit dependences in process mining. 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). DOI: 10.1109/IDAACS.2013.6662657

[6] Chalyi S., Pribylnova I. (2019). The method of constructing recommendations online on the temporal dynamics of user interests using multilayer graph. EUREKA: Physics and Engineering, 3, 13-19.

[7] Levykin V., Chala O. (2018). Development of a method of probabilistic inference of sequences of business process activities to support business process management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5/3(95), 16-24. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.142664.

[8] Levykin V., Chala O. (2018). Method of determining weights of temporal rules in markov logic network for building knowledge base in information control system. EUREKA: Physics and Engineering, 5(18), 3-10.

Секція 2.
Математичне та комп’ютерне моделювання у інформаційних системах.

Section 2.
Mathematical and computer modeling in information systems.

Моделі та Методи Оцінювання Тепломасообмінного Процесу в Системах Управління Енергоефективністю Будівлі

Андрій Єрохін
кафедра програмної інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
andriy.yerokhin@nure.ua

Георгій Зацеркляний
кафедра програмної інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
george.zatserklyany@gmail.com

Models and Methods for Estimating the Heat-mass Exhange Process in Building Energyefficiency Control Systems

Andrey Yerokhin
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
andriy.yerokhin@nure.ua

Heorgiy Zatserklyanyi
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
george.zatserklyany@gmail.com

***Анотація* — Запропоновані моделі та методи для оцінювання тепломасообмінного процесу. Ці моделі та методи забезпечують аналіз взаємопов'язаного і взаємообумовленого тепломасообміну і дають можливість виконувати пошук конструктивних та функціональних параметрів будинку, при яких забезпечується енергоефективність.**

***Abstract* — Models and methods are offered for estimating of interconnected and interdependent heat and mass transfer process. This models and methods allow finding structural and functional building parameters which provide energy efficiency.**

Ключові слова — тепломасообмінний процес, функціональна та структурна схеми, інформаційна модель тепломасообмінної взаємодії, модифікований метод скінчених елементів.

Keywords — heat mass exchange process, functional and structural scheme, informationa mode of heat and mass interaction, modified finite elements method.

I. Вступ

Ефективне використання енергетичних ресурсів, енергії та енергоносіїв, скорочення теплових втрат у процесі функціонування промислової інфраструктури, вирішення питань енергозбереження у житловому секторі – все це з кожним роком стає все більш актуальним.

На сьогодні очевидно, що енергозбереження потребує управління і не просто управління, а автоматизованого управління з використанням математичного моделювання на основі інформаційних технологій і обчислювальної техніки [1].

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Енергетична система будівлі чи будівельної споруди охоплює декілька різних видів енергії та енергоресурсів. А тому система управління енергоефективністю повинна підходити до визначення енергоспоживання комплексно, враховуючи витрати кожного виду енергоресурсу у взаємозв'язку з іншими видами [2].

Управління енергоефективністю повинно охоплювати управління всіма видами енергоресурсів, управління системами, які використовують ці ресурси, і управління процесами, які відбуваються в цих системах.

До одного з основних видів енергії, який по суті визначає мікроклімат у приміщенні будівлі і який зазнає найбільших втрат у процесі експлуатації будівельної споруди, відноситься теплова енергія. А тому управління енергоефективністю, в першу чергу, повинно бути спрямованим на управління теплоспоживанням.

Управляючий вплив (вибір засобу забезпечення теплоефективності як складової енергоефективності) вибирає особа, яка приймає рішення, на основі управляючої інформації, одержаної шляхом моделювання тепломасообмінного процесу з використанням початкової інформації про об'єкт дослідження.

На сьогодні існує ряд моделей і методів для аналізу та оцінювання тепломасообмінних процесів як у системах управління енергоефективністю, так і поза ними. Ці моделі і методи не достатньо повно охоплюють особливості тепломасообміну, що певною мірою стримує розвиток як систем і апаратів, в яких спостерігаються тепломасообмінні процеси, так і систем управління енергоефективністю.

Система управління енергоефективністю повинна всебічно аналізувати тепломасообмінний процес і виконувати в автоматизованому режимі пошук конструктивних та функціональних параметрів технічної системи, при яких забезпечується можлива енергоефективність.

Такий аналіз, зокрема, може ґрунтуватися на розробленому нами підході до оцінювання єдиного взаємопов'язаного і взаємообумовленого тепломасообмінного процесу незалежно від архітектурно-конструктивної схеми, в якій цей процес функціонує.

Підхід спрямований на вдосконалення інформаційного та математичного забезпечення системи управління енергоефективністю.

До вдосконалення інформаційного забезпечення відносяться розроблені нами структурна і функціональна моделі процесу тепломасообміну, моделі базових тепломасообмінних процесів (теплопровідності, конвективного теплообміну і променевого випромінювання), модель тепломасообмінної взаємодії. Ці моделі на відміну від існуючих забезпечують розгляд тепломасообміну як єдиного взаємопов'язаного і взаємообумовленого процесу незалежно від архітектурно-конструктивної схеми, в якій цей процес функціонує.

До вдосконалення математичного забезпечення відноситься модифікація методу скінчених елементів, яка дозволяє моделювати тепловий процес в багатошарових твердих стінках з урахуванням наявності, але без виділення тонких шарів.

Існує велике різноманіття архітектурно-конструктивних схем, в яких функціонує тепломасообмінний процес. Для одноманітного подання при дослідженні в рамках системи управління енергоефективністю цього процесу пропонується будувати його структурну модель.

Ця модель подається у вигляді ієрархічної схеми, найнижчим рівнем якої є елементарний блок, у якому спостерігається лише один базовий тепломасообмінний процес (теплопровідність, конвективний теплообмін чи променеве випромінювання). Така структура дозволяє розглядати з єдиних позицій будь-який складний процес тепломасообміну, а взаємопов'язаний і взаємообумовлений тепломасообмінний процес у всій системі зводити до тепломасообмінного процесу в елементарних блоках.

Кожний елементарний блок одержує інформацію про стан тих блоків, які мають на нього вплив. Узагальнена інформація про наявність такого впливу для всіх блоків подається матрицею міжелементних впливів. Ця матриця використовується для організації взаємозв'язків функцій, які описують поведінку блоків.

Для стикування базових процесів тепломасообміну в елементарних блоках використовується розроблена нами модель тепломасообмінної взаємодії, яка є комбінацією крайових умов, заданих у найпростішому вигляді, і нестаціонарних точкових, поверхневих чи об'ємних джерел і стоків маси, імпульсу та енергії, які примикають до певної границі чи розпорошені у досліджуваному просторі.

Визначення інтенсивності нестаціонарних точкових, поверхневих і об'ємних джерел і стоків маси, імпульсу та енергії залежить від характеру тепломасообмінної взаємодії сусідніх елементарних блоків.

Нехай в деякий елементарний блок подається пароповітряна суміш певної концентрації, щільності і температури. Вважаємо, що надходить ідеальний газ, теплоємність якого не залежить від температури. Тоді на основі рівняння Бернуллі і рівняння адіабати знаходяться вирази для швидкості струменя і температури. Ці вирази разом із рівнянням стану використовуються для визначення інтенсивності нестаціонарних поверхневих джерел і стоків маси, імпульсу та енергії.

Інтенсивність джерела енергії, що надходить від систем освітлення, визначається шляхом множення норм освітленості на питомі виділення тепла.

Інтенсивність джерела енергії, що надходить від сонячної радіації, визначається за загальноприйнятою методикою [3].

Аналогічно в інших випадках.

Послідовність етапів аналізу процесу тепломасообміну в рамках системи управління енергоефективністю, функції аналізу, а також потоки інформації, що зв'язують ці функції, визначає функціональна модель, яка подається з використанням стандарту IDEF0.

При визначенні математичної моделі теплопередачі через багатошарову тверду конструкцію вважаємо:

- теплотехнічні характеристики матеріалів шарів не залежать від вологості і температури матеріалу;
- температурне поле конструкції є тривимірним і нестаціонарним;
- теплопередача через конструкцію відбувається за рахунок теплопровідності;
- на межах між шарами здійснюється ідеальний тепловий контакт;
- всередині конструкції може виділятися чи поглинатися тепло.

При цих умовах теплопровідність конструкції при нестаціонарному режимі описується диференціальним рівнянням у частинних похідних:

$$c_p \frac{\partial}{\partial t} T(x,y,z,t) = \frac{\partial}{\partial x} \lambda_x \left(\frac{\partial}{\partial x} T(x,y,z,t) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \lambda_y \left(\frac{\partial}{\partial y} T(x,y,z,t) \right) +$$

$$+ \frac{\partial}{\partial z} \lambda_z \left(\frac{\partial}{\partial z} T(x,y,z,t) \right) + \sum_{p=1}^{P} q_p ,$$

де λ_x , λ_y , λ_z – коефіцієнти теплопровідності відповідно в напрямку осей координат; α – коефіцієнт теплообміну; T_c – температура оточуючого середовища; $T(x,y,z,t)$ – температура на поверхні; q_i – інтенсивність i-того джерела (стоку) тепла; c, ρ – відповідно питома теплоємність і щільність матеріалів шарів; l_x, l_y, l_z – направляючі косинуси вектора нормалі до поверхні.

Окремим випадком цієї моделі є одновимірна нестаціонарна модель в напрямку від внутрішньої до зовнішньої поверхонь.

При визначенні конвективного теплообміну розглядається нестаціонарний малошвидкісний турбулентний рух двохкомпонентної пароповітряної суміші, який відбувається при наявності внутрішніх джерел і стоків маси, імпульсу та енергії. При цьому система визначаючих рівнянь, записаних в інтегральній формі, охоплює рівняння балансу маси, кількості руху і енергії для суміші в цілому і рівняння перенесення водяного пару, яка доповнюються рівнянням стану:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{U}) = \sum_{i=1}^{I} m_i ,$$

$$\frac{\partial \rho \bar{U}}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{U}\bar{U}) = -\nabla P^* + \nabla\sigma + g(\rho - \rho_h) + \sum_{j=1}^{J} \bar{i}_j ,$$

$$c_p\left[\frac{\partial \rho T}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{U} T)\right] = \frac{\partial P_a}{\partial t} - \nabla \bar{q} - (c_{pg}\bar{m}_g + c_{pV}\bar{m}_V)\nabla T + \sum_{k=1}^{K} \bar{q}_k ,$$

$$\frac{\partial \rho y_V}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{U} y_V) = \sum_{i=1}^{I} m_{Vi} ,$$

$$y_g + y_V = 1,$$

$$\Pi = \rho R T.$$

Тут ρ, P, $\bar{U} = U_x, U_y, U_z$ і T – щільність, тиск, вектор швидкості і температура суміші, P^* – модифікований тиск (P_h – гідростатичний тиск, ρ_h – середньооб'ємна щільність), P_a – середній тиск по об'єму суміші, c_p – питома теплоємність суміші, $y_i = \frac{\rho_i}{\rho}$ – масові концентрації компонент (ρ_i – парціальна щільність, i=V, g). Нижніми індексами $(\ldots)_V$ и $(\ldots)_g$ позначені відповідні величини для неконденсованого пару і повітря.

Суми у правих частинах є сумами інтенсивності відповідно маси, імпульсу, енергії.

Окремим випадком є квазістаціонарна модель. Згідно цій моделі параметри пароповітряної суміші змінюються з часом, але не змінюється у просторі, тобто в цьому випадку відсутній рух пароповітряної суміші в розглядуваному просторі, змінюється лише щільність, температура і концентрація суміші за рахунок підведення (відведення) маси та енергії.

Моделювання турбулентності виконується на основі SST-моделі Ментера [4].

Оцінювання променевого випромінювання ґрунтується на співвідношенні Стефана-Больцмана [5].

За метод оцінювання теплопровідності через багатошарову тверду стінку використовується запропонований нами модифікований метод скінчених елементів. Модифікація стосується поділу скінчених елементів на однорідні і неоднорідні. Однорідні елементи мають однорідний склад, що в даному випадку означає сталість коефіцієнта теплопровідності в елементі. Особливий випадок складають неоднорідні елементи. Ці елементи містять тонкі шари, на межах яких коефіцієнт теплопровідності суттєво змінюється.

Функції форми для однорідних елементів відшукуються у вигляді трилінійних функцій. Для неоднорідних елементів при умові, що коефіцієнт теплопровідності є кусково-сталим і шукана функція форми змінюється тільки в напрямку, перпендикулярному тонкому шару (розташування шару в елементі може бути довільним), функція форми вибирається кусково-лінійною і знаходиться з умови відтворення точного розв'язку стаціонарного одновимірного рівняння теплопровідності в неоднорідному скінченому елементі.

Для числової реалізації задачі про конвективний теплообмін використовується метод скінчених об'ємів. При цьому апроксимація поверхневого інтегралу ґрунтується на припущенні сталості підінтегральної функції на всій поверхні розглядуваної грані, а об'ємного інтегралу – ґрунтується на припущенні сталості підінтегральної функції в розглядуваному скінченому об'ємі. Похідна за часом апроксимується скінченою різницею вперед. Дістається явна різницева схема. Вона є умовно стійкою.

Запропоноване інформаційне забезпечення для оцінювання тепломасообмінного процесу реалізується у вигляді програмного модуля, який складається з трьох основних частин: препроцесора, вирішувача і постпроцесора. Кожна з цих частин є незалежною і може бути використаною як окрема програма. Зв'язок між програмами здійснюється за допомогою стандартизованих потоків даних.

Препроцесор призначений для достовірного візуального введення і редагування інформації як геометричного і теплофізичного характеру, так і визначаючого тепломасообмінний процес. Оболонка препроцесора будується у вигляді ієрархічної структури за принципом дерева каталогів.

Вирішувач за початковими даними, одержаними із препроцесора, на основі функціональної моделі предметної області з використанням модулів, що складають інформаційну базу, формує програму у вигляді послідовності класів і їх об'єктів для розв'язування конкретної

задачі з оцінювання тепломасообмінного процесу та виконує відповідні обчислення.

У постпроцесорі передбачена можливість візуалізації полів швидкості, температури, тиску.

Запропонований програмний модуль може використовуватися як вбудована частина підсистеми опрацювання даних системи управління енергоефективністю, так і віддалено, а також незалежно від системи управління енергоефективністю для дослідження процесу тепломасообміну в окремих системах чи об'єктах.

В рамках запропонованого програмного модуля виконаний ряд числових експериментів спрямованих, по-перше, на перевірку адекватності розроблених в даній дисертаційній роботі моделей і методів для аналізу та оцінювання тепломасообмінного процесу, а по-друге, в рамках системи управління енергоефективністю виконаний аналіз теплоспоживання будинків в залежності від конструкцій окремих їх елементів.

Одержані результати досить добре узгоджуються з експериментальними даними, взятими з літературних джерел.

III. ВИСНОВКИ

Результати, одержані в ході обчислювальних експериментів, свідчать про те, що запропоновані моделі та методи дозволяють при оцінюванні тепломасообмінних процесів «програвати» поведінку цих систем у різних умовах і з різними модифікаціями, варіювати конструктивними і функціональними параметрами цих систем, а отже, більш повно враховувати особливості цих процесів у системах управління енергоефективністю.

Література References

[1] P. Rohdin Numerical modelling of industrial indoor environments: A comparison between different turbulence models and supply systems supported by field measurements [Text]/ P. Rohdin, B. Moshfegh// Original Research Article Building and Environment. – 2011. – Volume 46, Issue 11. – P. 2365-2374.

[2] А.Ю. Харитонов, Н.В. Колесниченко Анализ энергоэффективности зданий на основе автоматизированной системы мониторинга энергопотребления муниципальных объектов. Системний аналіз у науках про природу та суспільство. – 2011. – Вип. 1. – С. 194-202.

[3] М. Е. Баймиров, Н. Г. Джумамухамбетов Математическое моделирование солнечной энергии. Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. с. 83-84

[4] А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений. – СПб: Изд-во Политехн. ун- та, 2012. – 88 с.

[5] В. И. Байков, Н. В. Павлюкевич, А. К. Федотов, А. И. Шнип Теплофизика. в 2 т. Т. 2. – Минск: Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2014. – 370 с.

Классификация Зашумленных Временных Рядов на Основе Рекуррентного Анализа

Людмила Кириченко
кафедра прикладной математики
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
lyudmyla.kirichenko@nure.ua

Пётр Зинченко
кафедра прикладной математики
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
petro.zinchenko@nure.ua

Time Series Classification Based on Recurrence Analysis

Lyudmyla Kirichenko
dept. of Applied Mathematic
Kharkiv University of Radioelectronics
Kharkiv, Ukraine
lyudmyla.kirichenko@nure.ua

Petro Zinchenko
dept. of Applied Mathematic
Kharkiv University of Radioelectronics
Kharkiv, Ukraine
petro.zinchenko@nure.ua

В статье рассматривается метод классификации временных рядов, основанный на построении и визуализации рекуррентных диаграмм. Временной ряд преобразуется в рекуррентную диаграмму, которая представляется черно-белым изображением, после чего для классификации используется сверточная нейронная сеть. Метод был исследован на модельных временных рядах. Результаты показали, что данный метод обладает достаточно высокой точностью классификации. Получены зависимости точности классификации от уровня зашумленности временных рядов.

In the article, a method of time series classification based on the construction of recurrence plots is considered. As a result of recurrence analysis the time series is transformed into a black-and-white image. Further, the convolutional neural network is used to classify the image. The application of the proposed method is demonstrated by examples of simulated time series. The dependences of the classification accuracy on the noise level of time series are researched. The results showed that the considered method has a high enough classification accuracy.

Ключевые слова — временные ряды; шум; рекуррентные диаграммы; свёрточные нейронные сеть.

Keywords — time series; noise; recurrence plot; convolutional neural network

I. Введение

Задача классификации временных рядов является одной из самых сложных задач интеллектуального анализа данных. Существует несколько подходов к классификации временных рядов, большинство из которых основаны на расчете различных метрик между временными рядами [1-2].

В последние несколько лет появился ряд исследований, в которых для классификации временных рядов используется метод рекуррентных диаграмм. Рекуррентный анализ основан на таком свойстве процесса, как повторяемость состояния, то есть рекуррентность. В этом случае рекуррентные свойства временного ряда представляются в виде геометрических структур и позволяют визуализировать динамику ряда. Методы рекуррентного анализа были первоначально предложены в [3].

В последние годы метод рекуррентных широко использовался для анализа стохастических временных рядов различной природы [4-6]. С развитием методов машинного обучения рекуррентные характеристики, рассчитанные по временным рядам, стали использоваться в качестве признаков для задач классификации [7-9].

Другим подходом к применению рекуррентных методов для классификации является распознавание временных рядов непосредственно по изображениям рекуррентных диаграмм. Поскольку лучшим инструментом для распознавания и классификации изображений являются свёрточные нейронные сети, ряд исследователей используют их для классификации рекуррентных диаграмм [10].

Однако, поскольку такие исследования являются довольно новыми, до сих пор недостаточно внимания уделяется особенностям рекуррентного анализа для классификации зашумленных временных рядов. Целью представленной работы является проведение сравнительной классификации зашумленных временных рядов на основе визуализации рекуррентных диаграмм.

II. Метод рекуррентных диаграмм

Рекуррентный анализ является одним из методов нелинейной динамики, используемых для анализа временных рядов, и используется для выявления неочевидных зависимостей в динамике ряда. В рекуррентном анализе исследуется *m*-мерная траектория псевдофазового пространства, построенного по временной реализации. Хорошо известная процедура Паккарда-Таккенса [11] для построения псевдофазового пространства только по одной реализации позволяет восстановить аттрактор динамической системы:

$$F(t) = [x(t), x(t+\tau), ..., x(t+m\tau)],$$

где $F(t)$ – *m*-мерное псевдо-фазовое пространство, $x(t)$ – временная реализация системы, τ – период запаздывания.

Рекуррентная диаграмма является проекцией m-мерного псевдофазового пространства на плоскость. Пусть точка x_i соответствует точке фазовой траектории $x(t)$, описывающей динамическую систему в *m*-мерном пространстве в момент времени $t = i$ для $i = 1,..., N$, тогда рекуррентная диаграмма *RP* есть массив точек, где ненулевой элемент с координатами (i, j) соответствует случаю, когда расстояние между x_j и x_i меньше ε:

$$RP_{i,j} = \Theta(\varepsilon - \| x_i - x_j \|), \quad x_i, x_J \in R^m, \; i, j = 1,...N,$$

где ε – размер окрестности точки x_i, $\|x_i - x_j\|$ – расстояние между точками, $\Theta(\cdot)$ – функция Хэвисайда.

Важным этапом построения рекуррентной диаграммы является выбор метрики расстояния. Наиболее популярной является евклидова метрика, где форма окрестности представляет собой круг радиуса ε, и максимальная норма, где форма окрестности представляет собой квадрат со стороной ε. Во многих случаях выбор метрики не является принципиальным, но в каждой конкретной задаче имеет смысл экспериментировать. Очевидный факт состоит в том, что для однородных временных рядов подойдет евклидова норма, а в случае не однородных, резко меняющихся рядов максимальная норма, для которой окрестность имеет большую площадь, является более подходящей.

В этой работе при построении рекуррентных диаграмм мы использовали одномерное фазовое пространство, что позволяет нам значительно сократить время построения, и евклидову метрику.

III. Сверточная нейронная сеть

Свёрточная нейронная сеть представляет собой особую архитектуру искусственных нейронных сетей, нацеленную на эффективное распознавание образов [12]. Это прототип зрительной коры. Идея, что специализированные компоненты решают определенные проблемы (например, клетки зрительной коры, которые ищут определенные характеристики), используется в машинном обучении.

Идея сверточных нейронных сетей состоит в чередовании сверточных слоев и слоев субвыборки. Структура сети является однонаправленной (без обратной связи), принципиально многослойной. Для обучения используются стандартные методы, чаще всего метод обратного распространения ошибок. Функция активации нейронов может быть различной, в зависимости от задачи. Архитектура сети получила свое название из-за операции свертки, суть которой заключается в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (ядро) элемента свертки на элемент, а результат суммируется и записывается в одну и ту же позицию в выходное изображение.

Сеть работает следующим образом. Изображение проходит через ряд свёрточных, нелинейных слоев, объединяющих слоев и полносвязных слоев, и генерируется вывод. Вывод может быть классом или вероятностью классов, которые лучше всего описывают изображение.

Первый слой в сети всегда свёрточный. Это набор функциональных карт (это обычные матрицы), каждая карта имеет синаптическое ядро (сканирующее ядро или фильтр). Размер всех карт определенного сверточного слоя одинаков.

Ядро представляет собой фильтр или окно, которое скользит по всей области предыдущей карты и находит определенные признаки объектов

Когда изображение проходит через один сверточный слой, выход первого уровня становится входным значением 2-го уровня. После применения набора фильтров после первого слоя будут активированы фильтры, которые представляют свойства более высокого уровня. Чем больше сверточных слоев проходит изображение и чем дальше оно перемещается по сети, тем более сложные характеристики отображаются на картах объектов.

После сверточных слоев следует объединяющий слой. Он также называется слоем понижающей дискретизации. В этой категории также есть несколько вариантов слоев, причем выбор максимального является самым популярным. Обычно, каждая карта имеет ядро размером 2x2, что позволяет уменьшить предыдущие карты свёрточного слоя в 2 раза. Вся карта признаков разделяется на ячейки 2x2 элемента, из которых выбираются максимальные по значению.

Последний тип слоя – это слой обычного многослойного персептрона. Целью слоя является классификация, он моделирует сложную нелинейную функцию, оптимизация которой повышает качество распознавания. Выходной слой связан со всеми нейронами предыдущего слоя. Количество нейронов соответствует количеству распознанных классов

IV. Описание результатов эксперимента

В эксперименте использовалась свёрточная нейронная сеть, состоящая из шести слоев с весами; первые четыре свёрточные, а остальные два полносвязные.

Выход последнего полносвязного слоя подается на логистическую функцию, которая производит распределение по 2 классам. Нейроны в полносвязных слоях связаны со всеми нейронами в предыдущем слое. Слои подвыборок следуют за вторым и четвертым сверточными слоями. Нелинейность ReLU применяется к выходу каждого сверточного и полностью связного слоя.

Первый сверточный слой фильтрует входное изображение размером 256×256 пикселей 8 ядрами размером 5×5. Второй сверточный уровень принимает в качестве входных данных выход первого сверточного слоя и фильтрует его с 16 ядрами размером 4×4. Третий сверточный слой имеет 32 ядра размером 3×3, соединенные с выходами второго сверточного уровня. Четвертый сверточный слой имеет 64 ядра размером 3×3. Полносвязные слои имеют по 1024 нейрона каждый. Для обучения в сети был использован Adam – алгоритм адаптивной оптимизации скорости обучения.

В качестве входных временных рядов в работе выбрано синусоидальные временные реализации с разными периодами колебаний и разными уровнями шума. Мы можем представить временную реализацию в виде суммы синусоидальной и шумовой составляющих: $X(\mathrm{t}) = Y(\mathrm{t}) + \mathrm{z}(\mathrm{t})$, где $\mathrm{Y(t)}-$ это временный ряд, $\mathrm{z(t)}$ – аддитивный шум.

В качестве величины, характеризующей соотношение сигнала и шума, использовался коэффициент $Snr = S[\mathrm{Y(t)}] / S[\mathrm{z(t)}]$, где $\mathrm{S}-$ среднеквадратическое отклонение Изменяя коэффициент Snr мы задаем разную степень зашумленности временного ряда.

Для проведения классификации входные временные ряды были разбиты на 2 класса. Первый класс составляли синусоиды, для которых диапазон частот изменялся от $f1 \pm fR$, для второго класса диапазон частот изменялся от $f2 \pm fR$.

Частоты в границах класса выбирались случайно. Значение $f1$, $f2$, fR, и $Fdist = |f1 - f2|$ изменялись в ходе эксперимента.

Талица 1 демонстрирует точность классификации и количество эпох в зависимости от уровня шума Snr. Стоит отметить, что с увеличением размера обучающей выборки до 400 значений, точность классификации при шуме Snr = 0.4 увеличивается до 0.811.

ТАБЛИЦЯ I. Точность классификации и количество эпох

Уровень шума Snr	**Точность**	**Количество эпох**
1	0.993	10
0.7	0.977	15
0.6	0.955	18
0.5	0.818	25
0.4	0.703	32

V. Выводы

В работе был исследован метод классификации временных рядов, основанный на построении рекуррентных диаграмм с использованием простой архитектуры свёрточной нейронной сети. Проведен сравнительный анализ классификации шумовых временных рядов. Результаты показали, что рассмотренный метод обладает достаточно высокой точностью классификации даже при большой степени шума. Результаты работы могут быть использованы для классификации временных рядов стохастического типа по методам машинного обучения.

Литература References

[1] *Esling P., Agon C.: Time series data mining.* ACM Computing Surveys 46(1) (2012).

[2] Ben D: Feature-based time-series analysis, https://arxiv.org/abs/1709.08055, last accessed 2019/08/20.

[3] L.O. Kirichenko, Y. Kobitskaya, and A. Habacheva. “Comparative Analysis of the Complexity of Chaotic and Stochastic Time Series.” Radioelectronics

[4] J.P. Eckmann, S.O. Kamphorst, and D. Ruelle. “Recurrence Plots of Dynamical Systems.” EPL (Europhysics Letters), vol. 4, no. 9, 1987, pp. 973-977.

[5] N. Marwan, N. Wessel, U. Meyerfeldt, A. Schirdewan and J. Kurths. “Recurrence-plots-based measures of complexity and application to heart-rate-variability data”, Physical Review E, vol. 66, no. 2, pp. 026702-1 – 026702-6, 2002.

[6] N. Marwan, M. Romano, M. Thiel, and J. Kurths, “Recurrence plots for the analysis of complex system.” Physics Reports, vol. 438, no. 5-6, pp. 237-329, 2007.

[7] . Informatics. Management, no. 2(31), pp. 126-134, 2014.

[8] L. Kirichenko, T. Radivilova and V. Bulakh, "Classification of Fractal Time Series Using Recurrence Plots," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2018, pp. 719-724. doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632010

[9] Thilo Michael, Stephan Spiegel, Sahin Albayrak Time Series Classification using Compressed Recurrence Plots http://www.dai-labor.de/fileadmin/Files/Publikationen/Buchdatei/Published.pdf last accessed 2019/08/20.

[10] Nima Hatami, Yann Gavet, Johan Debayle Classification of Time-Series Images Using Deep Convolutional Neural Networks https://arxiv.org/abs/1710.00886 last accessed 2019/08/20

[11] F. Takens, D.A. Rand, and L.-S. Young. “Detecting strange attractors in turbulence.” Dynamical Systems and Turbulence: Lecture Notes in Mathematics, Springer-Verlag, vol. 898, pp. 366–381, 1981.

[12] Y. LeCun and Y. Bengio: Convolutional Networks for Images, Speech, and Time-Series, in Arbib, M. A. (Eds), The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, MIT Press, 1995

Модель Самообучающейся Мультиагентной Системы для Предикторного Управления Динамическим Объектом

Игорь Конох
кафедра автоматизации и информационных систем
Кременчугский национальный университет имени
Михаила Остроградского
Кременчуг, Украина
icegun.ik@gmail.com

Наталия Истомина
кафедра автоматизации и информационных систем
Кременчугский национальный университет имени
Михаила Остроградского
Кременчуг, Украина
nmistomina@gmail.com

The Model of Self-learning Multiagent Systems For Predictive Control of a Dynamic Object

Ihor Konokh
Department of Automation and Information Systems
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
Kremenchuk, Ukraine
icegun.ik@gmail.com

Nataliia Istomina
Department of Automation and Information Systems
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
Kremenchuk, Ukraine
icegun.ik@gmail.com

***Аннотация* — Работа посвящена вопросу эффективного построения интеллектуальных систем идентификации состояния технологического процесса и регулирования его параметров с помощью модели мультиагентной системы супервизорного типа, ориентированной на обработку сигнальных векторов.**

***Abstract* — The work is purposed to problem of effective design of intelligent systems for identifying the technological process state and regulating parameters using multi-agent system model of supervisor type, oriented to the processing of signal vectors.**

Ключевые слова — оптимальное управление, супервизорная система, модельный эксперимент, метод синтеза управляющих програм

Keywords — optimal control, supervisor system, modeling experiment, method of control programs synthesis

I. Введение

Задачи управления непрерывными технологическими процессами сырьевой обработки имеют свою специфику, обуславливающую необходимость разработки и совершенствования систем управления. В непрерывных технологических процессах химического, горно-обогатительного и металлургического производств работа характеризуется непрерывной подачей сырьевых продуктов [1, 2]. Можно выделить общий канал транспортирования перерабатываемого сырья, участки или зоны обработки, куда подводится энергия и дополнительные продукты, системы подготовки и дозирования сырья, системы удаления побочных и сопутствующих материальных и энергетических продуктов [1, 3, 4].

Система управления – неотъемлемая часть современных технологических линий. На предприятиях решены задачи автоматизации низкого уровня, внедрены цеховые SCADA-системы и первичные элементы MES-систем [2, 5], но по-прежнему присутствуют сложности с внедрением в управляющие информационные системы АСУТП процедур определения наиболее эффективных режимов с учетом текущей конъюнктуры, цен на сырье и энергоносители.

Исследования в области прикладных интеллектуальных технологий показывают недостаточную приспособленность формальных моделей искусственных нейронных сетей, нечетких логических контроллеров, экспертных систем к оптимизации и автоматическому управлению в реальном времени технологическими процессами. В работах [6, 7] описаны нейронные регуляторы для технологических процессов. Удовлетворительные результаты синтеза достигаются при условии наличия уже найденных частных оптимальных решений для отдельных состояний процесса. Нейронные регуляторы аппроксимируют обучающие примеры на все множество возможных состояний, но сами не обеспечивают поиск оптимальных решений.

Отсутствие универсального подхода в использовании известных интеллектуальных технологий вынуждают заниматься синтезом специализированных методов и моделей для каждой установки индивидуально [8], а иногда требуются дополнять и модифицировать систему управления даже для отдельных технологических режимов. Источники [9, 10] определяют технологию мультиагентных систем как перспективную для решения задач оптимального управления многосвязными системами.

Цель работы заключается в разработке универсальной модели мультиагентной системы для автоматического синтеза вычислительных моделей динамических процессов на основе обработки временных отчетов технологических сигналов.

II. Разработка модели мультиагентной системы

На основе анализа состояния вопроса по разработке интеллектуальных систем управления, можно сделать вывод, что повышение эффективности создания и внедрения новых систем управления зависит от качества решения задач аппроксимации многомерных зависимостей. Это позволит идентифицировать актуальное состояние сырья в процессе обработки, если невозможны прямые измерения. Следовательно, можно вовремя корректировать управляющие воздействия для каждой стадии обработки, что повысит точность стабилизации качественных параметров выходного продукта [11].

Для случая предикторного регулирования можно составить структурную схему одиночного контура регулирования, которая включает в себя блоки звеньев транспортной задержки для формирования векторов из текущего и прошлых отчетов сигналов задания, управления и обратной связи. Также в состав входит блок задания желаемой формы переходного процесса и мультиагентная система в качестве регулятора.

Предполагается, что мультиагентная система реализует следующие свойства искусственного интеллекта [12]:

- автоматическое построение модели на основе обобщения сопоставленных отчетов входных-выходных сигналов объекта управления;
- расчет текущего управляющего воздействия путем решения обратной задачи управления с помощью модели;
- прогнозирование выхода объекта путем решения прямой задачи управления с помощью модели;
- циклическая коррекция управляющего воздействия для соблюдения требуемой точности управления до их фактической выдачи на исполнительные устройства;
- обучение, без прерывания процесса управления, через добавления новых агентов в коллекцию при попадании в ситуации, не соответствующие запомненным сигнальным векторам.

Для вышеописанных способов функционирования предлагается следующая структура мультиагентной системы, описываемая кортежем:

$$MAS = < agents, Y_{actual}, A, Z, S, Ctrl, \sigma, \theta >, \quad (1)$$

где: agents – массив агентов; Yactual – текущий сигнальный вектор; A – множество выходных сигналов агентов, которые обозначают степень соответствия вектора Yactual хранимому вектору; Z – множество выходных сигналов агентов, которые идентифицируют выходную переменную S; S –прогнозируемый сигнал или идентифицируемое значение; Ctrl – массив констант для задания параметров работы; σ: A×Z→S – отображение множеств выходов агентов на прогнозируемый сигнал; θ: Yactual×agents→Z,A – отображение входного сигнального вектора и массива агентов на множества выходных сигналов.

Структуру разработанного агента можно описать кортежной моделью:

$$Agent = < \alpha, zet, Y_{actual}, Y_{preset}, w, z, c >, \quad (2)$$

где: Ypreset – предустановленный вектор сигналов, сформированный при создании агента; w – вектор весовых коэффициентов, определяющих масштаб рассогласования сигналов; c – множество управляющих флагов; z – множество прогнозных сигналов; α – отображение множества сигналов входного вектора на множество сигналов установленного вектора на множество весовых коэффициентов и определяет степень соответствия текущей ситуации тому состоянию, на который настроен агента; zet – отображение этих же множеств на множество прогнозных сигналов.

Мультиагентный супервизор аккумулирует выходы агентов по следующей формуле:

$$S = \frac{z_i \cdot \sum_{i=1}^{n} f_{tr}(f_{act}(\sum_{j=1}^{m} (\left| Y^j_{current} - Y^j_{preset\,i} \right|) W_i^j))}{\sum_{i=1}^{n} f_{tr}(f_{act}(\sum_{j=1}^{m} (\left| Y^j_{current} - Y^j_{preset\,i} \right|) W_i^j))}, \quad (3)$$

где: m – количество компонент вектора; n – количество агентов в коллекции; ftr – пороговая функция, определяющая достаточное значение степени принадлежности агента для участия в расчетах аккумулированного значения; fact – функция активации, вычисляющая степень близости векторов на основе взвешенного суммарного рассогласования;

Алгоритм работы мультиагентной интеллектуальной системы управления/регулирования описывает разработанная UML-диаграмма.

Для экспериментального исследования предложенной концепции на основании разработанной UML-диаграммы активности мультиагентного регулятора написано управляющее программное обеспечение. В среде

Matlab/Simulink разработаны модели процессов и подключены программные модули, реализующие логику работы мультиагентного интеллектуального регулятора.

В качестве тестового объекта управления было взято динамическое звено второго порядка, последовательно соединенное с звеном чистого запаздывания. Объект характерен тем, что классический ПИД-контроллер имеет принципиальные ограничения по реализации точных и плавных переходных процессов. Передаточная функция объекта имеет вид:

$$W(s) = e^{-\tau s}\frac{K}{T^2 s^2 + 2\xi T s + 1} = e^{-1{,}5s}\frac{1{,}4}{2s^2 + 1{,}2s + 1}. \qquad (4)$$

На первом этапе была предпринята попытка оценить точность идентификации объекта (4) в соответствии с предложенной моделью. Для формирования первичных экспериментальных данных и самообучения мультиагентной системы была разработана Simulink-модель.

С помощью скрипт-файла выполнялась обработка первичных данных массива x1 для создания ансамбля агентов. Количество созданных агентов определяется количеством характерных участков переходных процессов и пороговым значением для сигнала alfa, определяющим минимальную степень соответствия агентов. Если по всему имеющемуся ансамблю степень соответствия агентов текущему вектору состояния слишком низкая, то создается новый агент, запоминающий текущий вектор. Таким образом, скрипт-файл выполняет последовательный просмотр массива x1, циклическое вычисление выхода агентов и добавление новых агентов в ансамбль.

Для исследуемого примера первичный массив содержал 8000 записей, порог создания был выбран на уровне 0,5. В результате было получено 160 агентов, которые по предложенной модели функционирования могут решать прямую и обратную задачи автоматического управления.

Затем, было исследовано качество аппроксимации переходного процесса объекта мультиагентной системой с первичным набором агентов. Параллельно с МАС моделируется работа классической системы автоматической стабилизации с ПИД-контроллером. Качественно результаты оцениваются по интегральному критерию максимальной точности.

Были получены переходные процессы для замкнутой системы автоматического регулирования с ПИД-контроллером, имеющим настройки:

- коэффициент пропорциональной составляющей – 0,35;
- коэффициент интегральной составляющей – 0,3, ограничения значения интегратора [-5; 5];
- коэффициент дифференциальной составляющей – 1,2, ограничения [-4; 4].

Величина задающего сигнала для контроллера была подобрана такой, что все установившиеся значения лежали внутри диапазона, задаваемого обучающей выборкой, но не совпадали полностью.

Мультиагентная система с исходным набором агентов в установившихся режимах имеет статическую ошибку от 5 до 22 %. Если разрешить супервизорной процедуре генерировать и добавлять агенты в коллекцию при низкой точности решения, то происходит значительное снижение погрешности.

В процессе проведения экспериментов было отмечено влияние величины временных промежутков и количества воспринимаемых отчетов сигналов на качество управления мультиагентным регулятором. Можно сформулировать следующие рекомендации:

- временной промежуток между отчетами сигналов следует выбирать как 50-80% от наименьшего значения между временем задержки объекта или 25-30% от периода свободных колебаний;
- количество отчетов прошлых значений сигналов 4–7, в зависимости от сложности траектории переходного процесса при использовании ПИД-контроллера;
- количество следующих значений задающего воздействия может быть от одного до трех;
- после добавления нового агента необходимо осуществить расчет весовых коэффициентов для данного конкретного случая.

III. Выводы

Разработана модель мультиагентной системы супервизорного типа с одноранговым набором агентов, осуществляющая идентификацию состояния динамического процесса по текущим и прошлым отчетам технологических сигналов. Каждый агент содержит свой запомненный вектор и массив весовых коэффициентов для каждой составляющей вектора. Свойство самообучения достигается путем добавления нового агента в коллекцию при обнаружении входного сигнального вектора с высокой степенью отличия от всех векторов, хранящихся в агентах.

Разработан метод синтеза управляющих программ, основанный на автоматическом построении вычислительной модели динамического объекта, с помощью которой решается прямая и обратная задачи управления, что позволяет рассчитать воздействие на процесс и спрогнозировать реакцию объекта. Рассогласование между заданным и прогнозным значениями управляемой величины позволяет скорректировать управляющие воздействия до их фактической выдачи на исполнительные устройства. Функции самообучения и прогнозирования выхода объекта обеспечивают свойства интеллектуальности системы управления, что снижает издержки создания и модернизации систем управления технологическими линиями.

На модельных экспериментах показана работоспособность мультиагентной системы в качестве вычислительной модели динамического объекта управления и в качестве интеллектуального регулятора.

Применение разработанной архитектуры МАС позволяет упростить синтез систем управления промышленными объектами, имеющих запаздывание в контурах регулирования, свойства колебательности и нелинейности. Принципиальное отсутствие ограничения мерности позволяет реализовывать многосвязное управление и упростить согласование работы нескольких контуров регулирования. Модель МАС обладает свойствами масштабируемости, что делает возможным решение различных задач автоматического управления по единому шаблону.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Л.А. Барский, В.З. Козин, Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. М. : Недра, 1978.

[2] Ю.Г. Гончаров, А.С. Давидкович, Автоматический контроль и регулирование на железорудных обогатительных фабриках. М. : Недра, 1968.

[3] I. Lutsenko, “Systems engineering of optimal control I. Synthesis of the structure of the technological product conversion system (part1)”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 6, iss. 2 (72), pp. 29-37. 2014. doi: 10.15587/1729-4061.2014.28724

[4] I. Lutsenko, “Optimal control of systems engineering. Development of a general structure of the technological conversion subsystem (part 2)”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 1, iss. 2 (73), pp. 43-50. 2015. doi: 10.15587/1729-4061.2015.36246

[5] F. Fuchs, K. Thiel, Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning, and Deployment. McGraw-Hill Education, 2009.

[6] H. Wang, H. R. Karimi, P. X. Liu, H. Yang, “Adaptive Neural Control of Nonlinear Systems With Unknown Control Directions and Input Dead-Zone”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol. 48, iss. 11, pp. 1897-1907. 2018. doi: 10.1109/TSMC.2017.2709813

[7] Krz. Patan, M. Patan, D. Kowal, “Neural networks in design of iterative learning control for nonlinear systems”, IFAC-PapersOnLine, vol. 50, iss. 1, pp. 13402-13407.. 2017. doi: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2277

[8] T.H. Lee, G.E. Adams, W.M. Gaines, Computer process control: modeling and optimization. New York: Wiley, 1968.

[9] F.L. Bellifemine, G. Caire, D. Greenwood, Developing multi-agent systems with JADE. John Wiley & Sons, 2007, vol. 7.

[10] Ch.Yao et al., “Multi-agent systems with dynamical topologies: Consensus and applications”, IEEE circuits and systems magazine, vol. 13, no. 3, pp. 21-34. 2013.

[11] I. Konokh, I. Oksanych, N. Istomina, Automatic Search Method of Efficiency Extremum for a Multi-stage Processing of Raw Materials, Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. Springer, Cham, pp. 225-241. 2019. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-26474-1_17

[12] И. Конох, “Представление образов динамических процессов в системах автоматического управления с помощью самонастраивающихся агентов”, Автоматизированные системы управления и приборы автоматики, вып. 167, с. 29-38. Харьков, 2014.

Алгоритми Базових Арифметичних Операцій для Двійкових Чисел Представлених як Масиви

Андрій Левченко
Кафедра Системного програмного забезпечення та технологій дистанційного навчання
Одеський національний університет ім. Мечникова
Одеса, Україна
katyaandreylev@gmail.com, a.levchenko@onu.edu.ua

Basic Arithmetic Operations Algorithms for Binary Numbers Represented as Arrays

Andrii Levchenko
dept. of System software and distance learning technologies
Odessa National University named after. Mechnikov
Odessa, Ukraine
katyaandreylev@gmail.com, a.levchenko@onu.edu.ua

***Анотація*—робота спрямована на обгрунтування змісту сукупності елементарних операцій для випадку представлення двійкових чисел як масивів, що створює передумови розвитку бібліотеки програмних продуктів точних обчислень. Показана доцільність представлення двійкових чисел як масивів для деяких практичних завдань. Також наведено опис алгоритмів деяких операцій у випадку згаданого представлення чисел.**

***Abstract*—the work is aimed at substantiation of a set of elementary operations for representation of binary numbers as arrays, which in the future will create preconditions for the development of a library of software products of exact calculations. The expediency of representing binary numbers as arrays for some practical tasks is shown. Also described are algorithms for performing some basic operations with the above representation of numbers.**

Ключові слова—арифметичні операції, різнорозмірні дані, представлення довгих чисел в двійковому коді.

Keywords—arithmetic operations, multidimensional data, representation of long numbers in binary code.

IV. Вступ

Числові значення діагностичних параметрів, які використовуються в праграмно-апаратних комплексах (ПАК) складних технічних систем підвищеної небезпеки (СТС ПН), відрізняються різнорозмірністю. В цьому випадку під різноразмірністю розуміється різна кількість елементів розрядної сітки представлення числових значень сукупності параметрів в комп'ютері [1, 2]. Ситуація унеможливлює достовірний прогноз часу виходу параметрів за межі допусків відомими методами та вимагає розвитку обчислювального забезпечення ПАК систем діагностики з прогнозуванням стану СТС ПН.

Сучасні мови програмування реалізують типи даних для роботи з великими раціональними й цілими числами. Типом даних, що описує найбільший діапазон значень цілих чисел доступних нам (C++ і Pascal) є тип даних __int64, який вміщує 8-байтове ціле число і може представляти цілі числа від 0 до 18 446 744 073 709 551 615 (2^64), або від - 9223372036854775808 до + 9223372036854775807. Такого типу даних вистачає, якщо мова не йде про малі раціональні числа (наприклад розрахунки похибок в системах технічної діагностики), або вирішення математичних задач з дуже високою точністю (наприклад реалізація чисельних методів в інформаційних технологіях СППР з прогнозуванням) [3].

Подання в пам'яті ЕОМ раціональних типів даних обумовлює обмеження на точність їх представлення. Наприклад, тип, double має діапазон значень від 1.7e-308 до 1.7e+308. Однак він може зберігати лише 16 значущих цифр числа і його порядок. Саме тому цей тип представлення даних не придатний для згаданих задач, де необхідний точний результат.

При реалізації відомих алгоритмів проведення арифметичних операцій в ЕОМ внаслідок неминучих округлень результату обчислень вже при складанні системи рівнянь та обчислені поліномів 4 ступеню починають накопичуватися помилки комп'ютерних розрахунків які приводять до виродження матриць і унеможливлюють отримання результату обчислень [3, 4]. Ці помилки пов'язані з обмеженою довжиною розрядної сітки ЕОМ (що зазвичай дорівнює 32 або 64 біта)

Для вирішення зазначеної проблеми був запропоновано метод представлення чисел як масивів [5, 6]. Під використанням довгої арифметики, в цьому випадку, розуміється арифметичні дії над числами, які за поданням чисел обходять обмеження подання стандартних типів даних та відповідно унеможливлюють накопичення похибок округлень. Використання довгої арифметики, в свою чергу, дозволяє вирішувати за допомогою простих відомих методів систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності на ЕОМ для завдань прогнозу стану СТС [7].

Саме складність ПАК автоматизованих систем метрологічного супроводження з прогнозуванням (АСМСП), вбудованих систем технічної діагностики з прогнозуванням (ВСТДП) та систем підтримки прийняття рішень (СППР) про стан СТС з числовим вимірювальним контролем фактично стала причиною припинення відповідних робіт в 90-х роках XX сторіччя [8, 9]. Подальші дослідження набули теоретичного характеру й найбільш активно проводились у Московському інституті експертизи та випробувань.

Таким чином в роботі поставлена мета: обґрунтування змісту сукупності елементарних операцій для випадку представлення двійкових чисел як масивів. Саме досягнення цієї мети створює передумови розвитку бібліотеки програмних, а завдання практичної реалізації відповідних інформаційних технологій в ПАК прогнозування стану СТС ПН набуває нового змісту [10, 11].

V. Представлення чисел як масивів. Міркування з приймяття обмеженнь на практичну реалізацію операцій довгої арифметики

Так як максимальну кількість цифр довгого числа або задано в постановці завдання, або його неважко оцінити, константу MaxN оголосимо і передбачимо зберігання довгого числа в масиві розміру [1…MaxN].

Це не означає, що потрібно заповнити всі незайняті елементи нулями й надалі всі арифметичні дії використовувати зі всіма MaxN цифрами, не відрізняючи зайняті від незайнятих. Виконуючи дії тільки над потрібними розрядами, можна істотно виграти в часі роботи програми (наприклад, якщо при порівнянні чисел в одному з них більше знаків, то воно й буде більше - можна навіть не дивитися на цифри).

Потрібно вирішити, що робити з незайнятими старшими елементами масиву: розміщати там примусово нулі або вважати, що там можуть бути будь-які числа. Розумніше допускати будь-які числа, оскільки багаторазові заповнення всіх MaxN розрядів нулями потребує багато ресурсів. Тому потрібно не забувати заповнювати нулями окремі цифри або діапазони там, де без цього виникає ризик прийняти некоректні числа за реальне значення. Порядок зберігання цифр в масиві краще, коли в першому елементі масиву зберігається молодша цифра (кількість одиниць), у другому - передостання по старшинству (кількість "десятків" системи числення) і т.д. При такому порядку цифри однакових розрядів знаходяться в елементах з однаковими індексами. Крім того, якщо після арифметичної дії змінюється кількість розрядів (наприклад, 98+5 = 103), то змінюється тільки вміст старших розрядів і зсувати цифри не доводиться.

Таким чином: пропонується представляти довге ціле не просто масивом, а записом із додатковими полями: масивом і цілочисельною змінною – кількістю реально зайнятих елементів масиву. Також доцільно в окремому елементі масиву зберігати знак числа (наприклад 1 позначає від'ємне число, 0 додатне) та положення коми в числі.

VI. Опис алгоритмів деяких операцій у випадку представлення чисел як масивів

У найпростішому випадку кожний елемент масиву байтів може містити одну десяткову цифру числа, але це неекономно по пам'яті: байт може містити 256 значень, і лише 10 з них будуть використовуватися. Інша крайність - використовувати масив байтів як число в системі числення з основою 256: будь-яке значення байта використовується і є значенням 256-ричної цифри, і пам'ять використається максимально ощадливо. До того ж, вдається прискорити обробку за рахунок використання спеціальних побітових команд. Але ввід-вивід такого числа в десятковій формі виявляється нетривіальним завданням. Тому систему числення з основою 256 (або 65 536) використають, коли є жорсткі вимоги по пам'яті або відомо, що майже вся робота відноситься до "внутрішніх" дій над числами і лише мала частина - до вводу-виводу.

Часто розумним виявляється компромісний варіант: масив елементів типу long, що представляють числа від 0 до 999 999 999 (цифри по основі 1 000 000 000). У порівнянні зі зберіганням однієї десяткової цифри в unsigned char, вдається заощадити 25 % пам'яті, майже не ускладнивши ввід-вивід. При цьому ще й прискорюються деякі арифметичні дії за рахунок того, що в числі, записаного в 1 000 000 000-ричній системі, вдев'ятеро менше цифр, ніж у числі записаного в десятковій.

Ще потрібно вирішити, у якому порядку зберігати цифри в масиві. На перший погляд – як пишуться на папері, так і зберігаються. Однак краще порядок, коли в першому елементі масиву зберігається молодша цифра (кількість одиниць), у другому – передостання по старшинству (кількість "десятків" системи числення) і т.д. При такому порядку цифри однакових розрядів знаходяться в елементах з однаковими індексами. Крім того, якщо після арифметичної дії змінюється кількість розрядів (наприклад, 98+5 = 103), то змінюється тільки вміст старших розрядів і зсувати цифри не доводиться.

Говорячи про масив, потрібно визначити кількість його елементів. Можливі наступні варіанти:

- розмір масиву в програмі не фіксований, пам'ять виділяється під нього по мірі потреби,
- розмір масиву в програмі фіксований, пам'ять виділяється однаково для всіх чисел.

Для спрощення опису алгоритмів будемо використовувати другий варіант.

Так як максимальну кількість цифр довгого числа або задано в постановці завдання, або його неважко оцінити, то оголосимо константу MaxN і будемо зберігати довге число в масиві з розміром [1…MaxN].

Однак це не означає, що потрібно заповнити всі незайняті елементи нулями й надалі всі арифметичні дії використовувати зі всіма MaxN цифрами, не відрізняючи зайняті від незайнятих. Часто виявляється, що, виконуючи дії тільки над потрібними розрядами, можна істотно виграти в часі роботи програми (наприклад, якщо при порівнянні чисел в одному з них більше знаків, то воно й буде більше - можна навіть не дивитися на цифри).

Потрібно також вирішити, що робити з незайнятими старшими елементами масиву: розміщати там примусово нулі або вважати, що там можуть бути будь-які числа. Звичайно розумніше допускати будь-які числа, оскільки багаторазові заповнення всіх MaxN розрядів нулями потребує багато ресурсів. Тому потрібно не забувати заповнювати нулями окремі цифри або діапазони там, де без цього виникає ризик прийняти некоректні числа за реальне значення.

Отже доцільно представляти довге ціле не просто масивом, а записом із додатковими полями: масивом і цілочисельною змінною — кількістю реально зайнятих елементів масиву. Також доцільно в окремому елементі масиву зберігати знак числа (наприклад 1 позначає від'ємне число, 0 додатне) та положення коми в числі.

Отже в остаточному варіанті наше довге число (наприклад число -18 446 744 073 709 551 615,1) буде записане в масиві у вигляді (див. таблицю I):

ТАБЛИЦЯ II. ПРИКЛАД ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДЕСЯТИЧНОГО ЧИСЛА ЯК МАСИВУ ЧИСЕЛ

Номер елемента масиву					
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***
3	1	1	95516151	467440737	184
Розмір числа	Знак числа	Положення коми	1	2	3

В цьому представленні в 1-й елемент масиву записується розмір числа; в 2-й елемент масиву записується знак числа (1 – від'ємне, 0 – додатне); в 3-й елемент масиву записується положення коми в числі; в 4,5 та 6-й елемент масиву – саме число з основою системи числення 1 000 000 000, при цьому число записується навпаки, тобто в першому елементі масиву зберігається молодша цифра (кількість одиниць), у другому – передостання по старшинству (кількість "десятків" системи числення) і т.д.

A. Зміст алгоритму вводу довгого числа

В розробленому алгоритмі: A – масив вхідного числа, що представлено як масив з елементами типу long довжиною по 4 байти розмірністю в 100 елементів. В змінній inStroka з типу AnsiString представлене вхідне число. В алгоритмі передбачено введення змінних i, j, lenOsn, startPos, endPos, PozZnaka описаних як дані цілого типу int довжиною 4 байти. Проміжний масив buf в алгоритмі представлено як масив з елементами типу char довжиною по 1 байту, розмірністю в 10 елементів. В алгоритмі введено процедуру Pos(subStr), що повертає індекс першого символу входу в рядок inStroka підрядка subStr. Процедура Delete(index, count) видаляє з рядка inStroka, починаючи з позиції index кількість символів, що дорівнює count. Процедура Length() повертає кількість символів в рядку inStroka. Результатом роботи алгоритму є масив довгого двійково-десятичного числа записаний у вигляді представленому в таблиці I.

B. Зміст алгоритму виводу довгих чисел

Проблема виводу довгих чисел полягає в тому, що виводити число необхідно з кінця масиву, так як в кінці масиву зберігаються старші розряди числа. Крім того виводити необхідно фіксоване число розрядів (залежить від основи системи обчислення), за винятком першого виведеного елемента.

Для виводу числа з кількістю цифр меншою від основи СЧ необхідно його попередньо доповнити нулями зліва, при цьому цифри необхідно спочатку записати у деякий буфер, а потім вивести у довге число.

Отже загальні кроки алгоритму виводу можна визначити наступним чином:

- вивести останній елемент масиву,
- для всіх елементів від передостаннього до першого,
- якщо число розрядів менше, доповнити елемент нулями ліворуч,
- вивести поточний елемент масиву,
- Якщо число раціональне, вставити в отримане число кому,
- визначити та вивести знак числа,
- вивести отримане довге число.

В даному алгоритмі A – масив вхідного числа представлений як масив з елементами типу long довжиною по 4 байти розмірністю в 100 елементів. В змінну Stroka з типом AnsiString записується вихідне число. Змінні i, j, k len, DovChys, KilCykl описані як дані цілого типу int довжиною 4 байти. Змінна tmp типу AnsiString використовується як масив проміжних результатів. Метод Length() повертає кількість символів в рядку inStroka. Метод Insert (str, index) вставляє в рядок Stroka підрядок str, починаючи з індексу index.

C. Алгоритм порівняння довгих чисел з врахуванням знаку числа

Складність порівняння довгих чисел полягає в тому, що раціональні числа можуть мати різну кількість знаків після коми, що в сою чергу унеможливлює порівняння окремих елементів масиву кожного числа. Для вирішення цієї проблеми пропонується метод нормалізації порівнювальних чисел, який полягає у приведенні дрібної частини числа до однакового розміру. Завжди нормалізується число з меншою кількістю знаків після коми шляхом добавлення до нього нулів справа.

Загальні кроки алгоритму порівняння чисел можна визначити наступним чином:

- порівнюється знак чисел, якщо знаки різні, одразу повернути результат порівняння й вийти,
- проводиться нормалізація чисел,
- якщо довжини чисел не рівні, відразу повернути результат порівняння й вийти,
- для всіх елементів від останнього до першого якщо поточні розряди не рівні повернути результат порівняння,
- вийти з алгоритму,
- повернути признак рівності чисел.

В даному алгоритмі A і B – масиви вхідних чисел представлені як масиви з елементами типу long довжиною по 4 байти розмірністю в 100 елементів. Змінні i, Roz_A, Roz_B, Kil описані як дані цілого типу int довжиною 4 байти. Змінна tmp типу AnsiString використовується як масив проміжних результатів. Метод Length() повертає кількість символів в рядку. Результатом роботи функції є числа -1, 0 та 1, де 0 – числа рівні, 1 – число A більше числа B, -1 – число B більше числа A.

D. Алгоритм порівняння довгих чисел без врахуванням знаку числа

Порядок порівняння довгих чисел без врахування знаку числа такий самий як і при порівнянні довгих чисел з врахування знаку числа. Різниця полягає лише в тому, що знаки числа при порівнянні не враховуються.

Загальні кроки алгоритму порівняння довгих чисел без врахуванням знаку числа можна визначити наступним чином:

- проводиться нормалізація чисел,
- якщо довжини чисел не рівні, відразу повертається результат порівняння й вийти,
- для всіх елементів від останнього до першого якщо поточні розряди не рівні повертається результат порівняння,
- вихід,
- повертання признаку рівності чисел.

Результатом роботи функції є числа -1, 0 та 1, де 0 – числа рівні, 1 – число A більше числа B, -1 – число B більше числа A.

E. Зміст алгоритму нормалізації довгих чисел

Додатковою функцією довгої арифметиці є проведення нормалізації двох довгих чисел.

Алгоритм нормалізації двох чисел наступний:

- порівнюється кількість знаків до коми двох чисел. якщо кількість знаків однакова – вихід,
- якщо кількість знаків різна – знаходиться різниця кількості знаків двох чисел,
- менше число доповнюється нулями справа,
- встановлюється положення коми в коротшому з двох чисел.

F. Додавання довгих чисел без врахування знаку числа

При додаванні двох довгих чисел реалізуємо добре відоме додавання "в стовпчик", в якому складаються окремі цифри, починаючи з молодших. Якщо сума більше основи системи числення, то відбувається перенос у наступний розряд. Для вирішення складності додавання двох різновеликих чисел з різною кількістю значущих знаків після коми перед додаванням проводиться нормалізація чисел.

Загальні кроки алгоритму додавання довгих чисел без врахуванням знаку числа можна визначити наступним чином:

- нормалізація чисел,
- вибір довжини числа-суми як максимум з довжин першого й другого числа,
- прохід від 1 до довжини числа – суми,
- підсумовування поточного розряду двох доданків,
- якщо сума більше або дорівнює основи системи обчислення, то робиться перенос у старший розряд,
- якщо був перенос із останнього розряду числа-суми, то збільшується на 1 довжина числа-суми.

В алгоритм додавання передаються три параметри: перші два задають доданки, третій — суму. A, B і C - масиви з елементами типу long довжиною по 4 байти розмірністю в 100 елементів. Змінні i , carry описані як дані типу long довжиною 4 байти.

G. Алгоритм обрахунку різниці довгих чисел без врахування знаку числа

При реалізації алгоритмів віднімання довгих чисел необхідно врахувати, що при відніманні кількість цифр результату може бути набагато меншою кількості цифр зменшуваного (наприклад, 10000-9999 = 1). Крім того, необхідно враховувати знаки чисел, та ситуацію коли зменшуване може бути менше від'ємника.

При відніманні двох довгих чисел реалізуємо віднімання в стовпчик, в якому віднімаються окремі цифри, починаючи з молодших. Якщо різниця в поточному розряді менше нуля, то відбувається займ числа зі старшого розряду. Для вирішення складності віднімання двох великих чисел з різною кількістю значущих знаків після коми перед відніманням проводиться нормалізація чисел.

Загальні кроки алгоритму віднімання довгих чисел без врахуванням знаку числа можна визначити наступним чином:

- проводиться нормалізацію чисел,

- віднімається від більшого числа менше для чого попередньо реалізується алгоритм порівняння двох довгих чисел,
- обирається довжина числа-різниці як максимум з довжин першого і другого числа,
- для проходу від 1 до довжини числа-різниці обчислюється різницю в поточному розряді,
- якщо різниця в поточному розряді менше нуля, то робиться позику із старшого розряду,
- визначається довжина числа-результату.

В алгоритм віднімання передаються три параметри: перші два задають зменшуване та від'ємник відповідно, третій — різницю. A, B і C – масиви з елементами типу long довжиною по 4 байти розмірністю в 100 елементів. Змінні i та carry описані як дані типу long довжиною 4 байти.

H. Алгоритми додавання та віднімання довгих чисел з врахуванням знаку числа

Для реалізації згаданих алгоритмів потрібно врахувати наявність варіантів співвідношень чисел, що представлено в таблиці 2.

ТАБЛИЦЯ III. ВАРІАНТИ СПІВВІДНОШЕНЬ ЧИСЕЛ ДЛЯ АЛГОРИТМІВ ДОДАВАННЯ ТА ВІДНІМАННЯ ДОВГИХ ЧИСЕЛ З ВРАХУВАННЯМ ЗНАКУ ЧИСЛА

Варіант	**Вхідні дані**	**Дія, що виконується**	**Вихідні дані**
1.	A, B>0; A>B;	додавання	C>0
2.	A, B>0; A<B;	додавання	C>0
3.	A>0; B<0; |A|>|B|;	віднімання	C>0
4.	A>0; B<0; |A|<|B|;	віднімання	C<0
5.	A<0; B>0; |A|>|B|;	віднімання	C<0
6.	A<0; B>0; |A|<|B|;	віднімання	C>0
7.	A<0; B<0; |A|<|B|;	віднімання	C<0
8.	A<0; B<0; |A|>|B|;	додавання	C<0

В даних алгоритмах як допоміжні використовуються три алгоритми:

- порівняння довгих чисел без врахуванням знаку числа;
- додавання довгих чисел без врахування знаку числа;
- віднімання довгих чисел без врахування знаку числа.

VII. ВИСНОВКИ

В роботі наведено опис алгоритмів деяких операцій у випадку згаданого представлення чисел.

Задачі прогнозування стану вирішуються за даними експериментальних досліджень, значення яких завжди є сумішшю: шум, помилка вимірювання. Вже при шумі в 5% неможлива реалізація гарантоздатного програмного забезпечення прогнозування стану СТС [1, 4, 9].

Використання описаних в роботі алгоритмів довгої арифметики показує можливість гарантованого прогнозу для ступеню зашумлення до 7% (в деяких випадках 9%) [12].

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Блинов А.П, Левин С.Ф. Научно-методическое обеспечение гарантированности решения метрологических задач вероятностно-статистическими методами // Измерительная техника. – 1988. – № 12. – С. 8 – 10.

[2] Левин С.Ф. Гарантированность программ обеспечения эксплуатации техники. – Киев: Знание. 1989. – 23 с.

[3] Левченко А.О., Войтенков Р.М. Витоки втрати працездатності систем діагностики ОВТ другого роду з представленням чисел з плаваючою комою // Сб. науч. труд. Sword. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – Вип. № 1(38) Том 3. С. 4 – 11

[4] Левин С.Ф. Погрешности измерений и вычислений как причина «катастрофического феномена 1985–1986 годов» в авиационной и ракетно-космической технике. – Контрольно-измерительные приборы и системы. – 2000. – № 3. – С. 21-25

[5] Левченко А.О., Войтенков Р.М. Метод представлення чисел для програмних засобів інформаційних систем//Збірник 3-го науково-технічного семінару "Геоінформаційні системи в військових задачах". – Львів: АСВ, 2012. – С. 114-120

[6] Левченко А.О., Войтенков Р.М. Метод представлення чисел для програмних засобів гарантоздатних інформаційних технологій систем підтримки прийняття рішень для керування станом ОВТ//Збірник тез доповідей 19-ї науково-практичної конференції "Проблеми створення, розвитку та застосування інформаційних систем спеціального призначення". – Житомір: ЖВІ НАУ, 2012. – С. 142-143.

[7] Абрамов О.В., Розенбаум А.Н. Прогнозирование состояния технических систем. – М.: Наука, 1990. – 126 с.

[8] Левин С.Ф. Математическая теория измерительных задач. Ч. 1-10. – Контрольно-измеритель-ные приборы и системы. – 1999-2006.

[9] С.Ф. Левин. Об основаниях теории измерительных задач [Online]. Available:http://pribory-si.ru/publication/index.php?ELEMENT_ID=5119

[10] Левченко А.О. Структура інформаційної технології гарантованого розв'язання задачі прогнозу стану системи озброєння. //Проблеми створення, випробовування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем/Збірник наукових праць. ЖВІ НАУ. – 2010.– №3. – С. 96 – 110

[11] Левченко А.О. Теоретические вопросы моделирования и оценки качества систем обеспечения эксплуатации сложных технических комплексов// Системи озброєння та військової техніки. – Х.: ХУПС, 2007. – Випуск 3(11). – С. 119 – 124.

[12] .Левченко А.О., Войтенков Р.М. Результати моделюючого експерименту перевірки працездатності обчислювальної системи з представленням чисел з плаваючою комою// Збірка тез доповідей 3-го науково-технічного семінару "Перспективні шляхи розвитку інформаційних систем прицілювання та самонаведення високоточного озброєння РВіА"– Львів: АСВ, 2012. – С. 119.

[13] Левченко А.О. Граничні точності обчислень в інформаційних системах з представленням чисел із плаваючою комою // Збірник наукових праць ВА (м. Одеса), Випуск № 2 (2), 2014 р., С.157-161

Тестування Методу Скінченних Сум Фур'є для Реконструкції 2D Зображень з Обчисленням Коефіцієнтів за Допомогою Проекцій

Олег М. Литвин
кафедра вищої та прикладної математики
Українська інженерно-педагогічна академія
Харків, Україна
academ_mail@ukr.net

Олександра Литвин
кафедра прикладної математики
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
litvinog@ukr.net

Марк Бобков
студент магістр
кафедра прикладної математики
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
mark.bobkov@nure.ua

Testing of the Method Finite Sums Fourier for Reconstruction of 2D Images with Calculation of Coefficients by Projections

Oleg M. Lytvyn
Department of High and Applied Mathematics
Ukrainian engenering-pedagogical academy
Kharkiv, Ukraine
academ_mail@ukr.net

Oleksandra Lytvyn
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
litvinog@ukr.net

Mark Bobkov
Master's student
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
mark.bobkov@nure.ua

***Анотація* — Досліджується метод обчислення коефіцієнтів Фур'є функцій двох змінних за допомогою проекцій, які поступають з комп'ютерного томографа. Ці коефіцієнти Фур'є використовуються в скінченних сумах Фур'є для наближення вказаних функцій, що описують внутрішню структуру 2D зображення. Наведено результати тестування методу**

***Abstract* — The method of calculating the Fourier coefficients of the functions of two variables using projections coming from a computer tomograph is explored. These Fourier coefficients are used in finite Fourier sums to approximate the specified functions that describe the internal structure of a 2D image. The results of testing the method are given**

Ключові слова — комп'ютерна томографія; реконструкція; зображення; розривна функція; сума Фур'є

Keywords — computer tomography; reconstruction; image; discontinuous function; sum Fourier

I. Вступ

У 1917 році І. Радоном було доведено, що кожну функцію n змінних можна однозначно визначити не тільки за її значеннями в окремих точках, але і за допомогою інтегралів вздовж системи ліній ($n \geq 2$) або системи площин ($n \geq 3$), тобто за допомогою проекцій.

У 1979 році А. Кормаку і Г. Хаунсфілду була присуджена Нобелівська премія за створення комп'ютерного томографа. Такий томограф дозволяє на основі оберненого перетворення Радона наближено відновлювати внутрішню структуру тіла за відомими проекціями – даними Радона.

У роботах [3, 4] досліджувався метод наближеного представлення функції двох змінних скінченими сумами Фур'є, у якому коефіцієнти Фур'є знаходяться за допомогою проекцій з використанням прямого і оберненого перетворення Радона.

Цей метод відомий під назвою прямий метод ($n \geq 2$) (DFM). Для отримання експериментальних даних в методі DFM використовується паралельна схема сканування. Основна ідея DFM методу полягає у знаходженні перетворення Фур'є проекцій p і використання їх для знаходження перетворення Фур'є функції f, що описує досліджуваний образ. Чисельна реалізація включає в себе дискретне перетворення Фур'є p та обернене дискретне

перетворення функції f з використанням швидкого перетворення Фур'є.

Тому, для відновлення образу $N \times N$ метод DFM попадає в число дуже швидких методів, з числом арифметичних операцій пропорційним $N^2 \log N$. Але існує дві проблеми, що виникають при його чисельній реалізації. Перша проблема полягає в необхідності виконувати процедуру інтерполяції в Фур'є просторі, що є непростою процедурою. Автори DFM методу стверджують, що всі поліноміальні методи інтерполяції не підходять для цієї мети. Тому вони пропонують інший метод інтерполяції, побудований за допомогою рядів Фур'є та теореми про центральний перетин (Sampling Theorem).

Друга проблема полягає в тому, що на практиці контури образів мають загострення, кутові точки, що приводить до появи розривів у функції *f*. Добре відомо, що при наближенні такої функції скінченними сумами Фур'є, виникає явище Гіббса. Воно породжує осциляції, яких оригінал не має.

Автори методу DFM стверджують, що вони дослідили кілька методів боротьби з явищем Гіббса і в результаті запропонували два різних шляхи усунення великої частини осциляцій. Перший з них є простим застосуванням експоненціального фільтра для коефіцієнтів Фур'є. Другий шлях використовує той факт, що амплітуда осциляції пропорційна стрибку функції *f*. Стрибки мають різні величини для типових застосувань. Наприклад, череп людини має більшу щільність ніж мозок всередині, що приводить до найбільшого стрибка функції f біля поверхні черепа. Тому частина проекцій, що відповідають черепу видаляється перед обчисленням образу. Тести підтверджують великі можливості пропонованого методу. Крім того у працях Готліба і Густавсона [3, 4] наведені також різні методи побудови скінченних сум Фур'є. Зокрема, коефіцієнти Фур'є помножаються на визначені відповідним чином множники. Це дає зменшення впливу явища Гіббса на кінцевий результат.

У 2000 році О. М. Литвин [1] запропонував метод обчислення коефіцієнтів Фур'є функцій двох змінних за допомогою проекцій – інтегралів від наближуваної функції вздовж заданої системи базових прямих. Розміщення цих прямих визначається індексами в коефіцієнтах Фур'є. Для отримання експериментальних даних-проекцій в цьому методі також використовується паралельна схема сканування. Пропонується шукати наближений розв'язок двовимірної задачі радонівської комп'ютерної томографії у вигляді скінченних сум Фур'є. Але для знаходження коефіцієнтів Фур'є за допомогою проекцій, що поступають з комп'ютерного томографа, не використовуються властивості перетворення Радона. Використовується лише означення проекції, як інтеграла вздовж прямої, що перетинає об'єкт дослідження.

Цей новий метод відновлення двовимірних образів за допомогою проекцій та скінченних сум Фур'є більш ефективний ніж вказаний вище метод з обчислювальної точки зору. Але вимагає спеціального вибору множини базових прямих, вздовж яких отримуються експериментальні дані Тобто пропонується використовувати нову схему сканування.

Наведений метод досліджувався в [2, 5–9] та інших роботах.

Як відомо [2, 3, 4], наближення розривних функцій однієї і багатьох змінних скінченними сумами Фур'є призводить до явища Гіббса. Це явище виникає також в комп'ютерній томографії [3, 4, 5].

В даній роботі основна увага приділяється тестуванню розглядуваного методу скінченних сум Фур'є [1] для неперервних та диференційовних функцій. Для випадку розривних функцій для ілюстрації виникаючих проблем використовується метод скінченних сум Фур'є і метод скінченних сум Фейєра, що має згладжувальний ефект.

Далі коротко для повноти та систематичності викладення матеріалу буде наведено основні аспекти та формули досліджуваного методу.

II. Основні твердження методу О. М. Литвина для обчислення коефіцієнтів Фур'є функцій двох змінних за допомогою проекцій

Проблема обчислення коефіцієнтів Фур'є за допомогою проекцій виникає зокрема, в комп'ютерній томографії, при неруйнівному контролі на митниці тощо.

Теоретичні положення методу обчислення коефіцієнтів Фур'є за допомогою проекцій методом О. М. Литвина наведено в [1]. Наводимо цю інформацію і ілюструємо застосування методу при розв'язанні задач комп'ютерної томографії.

Задача реконструкції зображень полягає у відновленні функції $f(x,y)$ за відомими проекційними даними – значеннями інтегралів γ_μ вздовж прямих L_μ, які перетинають об'єкт дослідження:

$$\int_{L_\mu} f(x,y)\,dl = \gamma_\mu,\ \mu = \overline{1,Q}, \qquad (1)$$

Надалі будемо вважати, що об'єкт дослідження належить квадрату $D = [0,1]^2$. Цю задачу можна інтерпретувати як задачу відновлення функції $f(x,y)$ – коефіцієнта поглинання рентгенівських променів. Або як задачу дослідження щільності $f(x,y)$ всередині деякого тіла на площині Oxy методами рентгенівської комп'ютерної томографії. Проекційні дані, які є експериментальними даними, надходять з комп'ютерного томографа.

Згідно з [1], наближення для функції $f(x,y)$ шукається у вигляді скінченної суми Фур'є або Фейєра відповідно:

$$f(x,y) \approx \sum_{k=-N}^{N} \sum_{l=-N}^{N} F_{k,l} e^{i2\pi(kx+ly)}. \qquad (2)$$

$$f(x,y) \approx \sum_{k=-N}^{N} \sum_{l=-N}^{N} \left(1-\frac{|k|}{N+1}\right)\left(1-\frac{|l|}{N+1}\right) F_{k,l} \cdot e^{i2\pi(kx+ly)}. \qquad (3)$$

Коефіцієнти Фур'є обчислюються за формулою:

$$F_{k,l} = \iint_D f(x,y) e^{-i2\pi(kx+ly)} dxdy. \qquad (4)$$

Особливістю і перевагою розробленого методу є те, що в ньому використовуються явні формули для наближеного обчислення коефіцієнтів Фур'є функції двох змінних через значення проекцій, які отримані автором. Це звело розв'язання задачі до обчислення інтегралів. Вибір системи прямих, вздовж яких задаються проекційні дані, обумовлений значеннями індексів k та l у сумі Фур'є. Отже, і вигляд інтегралів, і вигляд формул для їх обчислення, також обумовлений значеннями індексів k та l у сумі Фур'є.

Далі для обчислення коефіцієнтів Фур'є $F_{k,l}$ за допомогою проекцій розглядаємо окремо випадки щодо знаків k та l. Зокрема, для випадку $k>0$ і $l>0$ робимо заміну змінних:

$$kx+ly=t,\ -lx+ky=v,$$

$$x=x(t,v)=\frac{kt-lv}{k^2+l^2},\ y=y(t,v)=\frac{lt+kv}{k^2+l^2}.$$

У результаті область інтегрування D розіб'ється на три підобласті D_1, D_2, D_3, коли $k>l$ або $k<l$, та на дві підобласті D_1 та D_3, якщо $k=l$. Ці випадки відображені на рис. 1.

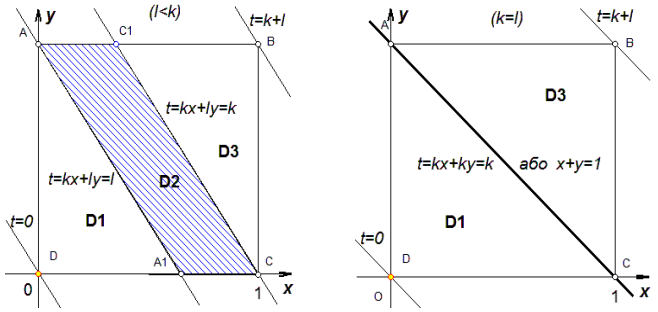


Рис. 1. Розбиття області D на підобласті D_1, D_2, D_3

Тоді:

$$F_{k,l} = I_1 + I_2 + I_3.$$

Інтеграл I_1 по області D_1 для випадку, коли $k>l>0$, зводиться до вигляду:

$$I_1 = \iint_{D_1} f(x,y) e^{-i2\pi(kx+ly)} dxdy =$$

$$= \iint_{\tilde{D}_1} f\left(\frac{kt-lv}{k^2+l^2}, \frac{lt+kv}{k^2+l^2}\right) e^{-i2\pi t} |J| dtdv =$$

$$= \int_0^l \frac{e^{-i2\pi t}}{k^2+l^2} dt \int_{-\frac{lt}{k}}^{\frac{kt}{l}} f\left(\frac{kt-lv}{k^2+l^2}, \frac{lt+kv}{k^2+l^2}\right) dv.$$

Тут враховано значення якобіана:

$$|J| = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial t} & \frac{\partial x}{\partial v} \\ \frac{\partial y}{\partial t} & \frac{\partial y}{\partial v} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{k}{k^2+l^2} & \frac{-l}{k^2+l^2} \\ \frac{l}{k^2+l^2} & \frac{k}{k^2+l^2} \end{vmatrix} = \frac{1}{k^2+l^2},$$

Аналогічно визначаються інтеграли I_2, I_3.

Зауважимо, що у внутрішньому інтегралі інтегрування проводиться вздовж ліній $kx+ly=t$. Тобто, ці інтеграли можуть інтерпретуватися як проекції вздовж заданої лінії, що надходять з комп'ютерного томографа при кожному фіксованому t. Знайдені таким чином коефіцієнти Фур'є підставляємо в суму Фур'є або Фейера для наближення функції $f(x,y)$.

В основі чисельної реалізації запропонованого методу наближеного обчислення коефіцієнтів Фур'є лежить заміна під знаком інтеграла періодичної експоненціальної функції $e^{-i2\pi t}$ кусково-сталими періодичними сплайнами $Cp(m,2\pi t)$, $Sp(m,2\pi t)$.

$$e^{-i2\pi t} = \cos 2\pi t - i \sin 2\pi t \approx Cp(m,2\pi t) - iSp(m,2\pi t).$$

У цій формулі m – кількість інтервалів розбиття чверть періоду функцій $\cos 2\pi t$ та $\sin 2\pi t$ на підінтервали. В цих підінтервалах відповідні періодичні функції $\cos 2\pi t$ та $\sin 2\pi t$ замінюються сталою величиною найкращого рівномірного наближення вказаних функцій.

Наводимо оцінку похибки, яка при цьому виникає:

$$|\cos(2\pi t) - Cp(m,2\pi t)| \le 0{,}5m^{-1},$$

$$|\sin(2\pi t) - Sp(m,2\pi t)| \le 0{,}5m^{-1}.$$

Тоді інтеграл I_1 замінюється інтегралом:

$$\tilde{I}_1 = \iint_{D_1} f(x(t,v), y(t,v)) \times$$
$$\times (Cp(m,2\pi t) - iSp(m,2\pi t)) \cdot |J| \cdot dtdv.$$

Аналогічно інтеграли I_2, I_3 замінюються інтегралами $\tilde{I}_2, \tilde{I}_3$. Тобто $F_{k,l} \approx \tilde{I}_1 + \tilde{I}_2 + \tilde{I}_3 = \tilde{I}$.

Вважаємо, що при кожному фіксованому $t = t_\mu$ інтеграли по змінній v є проекціями.

$$\gamma_\mu = \int_{-\frac{lt_\mu}{k}}^{\frac{lt_\mu}{k}} f\left(x\left(t_\mu, v\right), y\left(t_\mu, v\right)\right) dv, \ \mu = \overline{1,Q}.$$

Аналогічні твердження справедливі і для інтегралів $\tilde{I}_2, \tilde{I}_3$.

Вважаємо, що загальна кількість проекцій, які надходять з комп'ютерного томографа дорівнює Q. Це означає, що вони є інтегралами вздовж прямих $kx + ly = t_\mu = (\mu - 0{,}5) h_{k,l}$, $h_{k,l} = \dfrac{k+l}{Q}$, $\mu = \overline{1,Q}$.

Обчислюємо $\tilde{I}$ за формулою центральних прямокутників за змінною t. Позначимо отриманий інтеграл через:

$$I^*_{k,l} = \sum_{\mu=1}^{Q} \left[\left[Cp\left(m, 2\pi t_\mu\right) - iSp\left(m, 2\pi t_\mu\right) \right] \gamma_\mu \right] h_{k,l} |J|.$$

При цьому виникає похибка:

$$\left| \tilde{I} - I^*_{k,l} \right| = \varepsilon_1 = O\left(h^r_{k,l}\right), \ r = 1,2.$$

Визначимо співвідношення між порядком N сум Фур'є диференційовних функцій та кількістю Q проекцій, необхідних для забезпечення потрібної точності.

Загальна похибка, яка виникає при заміні $F_{k,l}$ числом $I^*_{k,l}$ визначається наступною нерівністю:

$$\left| F_{k,l} - I^*_{k,l} \right| = \left| \left(F_{k,l} - \tilde{I} \right) + \left(\tilde{I} - I^*_{k,l} \right) \right| \le 0{,}5m^{-1} + \varepsilon_1.$$

Використаємо наступну оцінку для похибки наближення функції:

$$f(x,y) \in C^r(D), r \ge 1, D = [0,1]^2:$$

$$\max_{(x,y) \in D} \left| f(x,y) - S_N f(x,y) \right| = O\left(N^{-r}\right).$$

Теорема. Між величинами m, Q та N справедливе співвідношення:

$$N^{-r} = 0{,}5m^{-1} + \max_{-N \le k,l \le N} h_{k,l} \frac{M_2}{24}.$$

Тут

$$h_{k,l} = \frac{k+l}{Q}, \ M_2 = \max_{(x,y) \in D} \left| f^{(2)}(x,y) \right|.$$

Звертаємо увагу на взаємозв'язок між точністю наближення диференційовних функцій, порядком N суми Фур'є та кількістю Q проекцій для обчислення коефіцієнтів Фур'є $F_{k,l}$ [6].

III. Тестування методу для функцій неперервних і диференційовних

Розглядаємо застосування методу скінченних сум Фур'є для відновлення функцій заданих в областях, що є об'єднанням областей спеціального вигляду. З цією метою введемо тестові функції з носіями в областях однакової структури. На основі цих функцій будуть побудовані інші тестові функції з носіями в областях різних типів. Присутність в наведених нижче формулах параметра p дозволяє отримувати набори тестових функцій неперервних і диференційовних. При $p = 1$, отримуємо неперервні функції, при $p = 2$, один раз диференційовні функції, при $p = 3$, двічі диференційовні функції:

1) *функція з носієм у* $K = K_\varphi$ *кругах:*

$$\varphi(x,y) = \begin{cases} \left[\sum_{i=1}^{K} \left[-\left[\dfrac{(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 - r^2}{r^2} \right] \right] \right]^p, \\ \quad \text{якщо } (x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 \le r^2; \\ 0, \text{ у противному разі}; \end{cases}$$

2) *функція з носієм у* $K = K_\rho$ *квадратах:*

$$\rho(x,y) = \begin{cases} \left[\sum_{i=1}^{K} \left[\dfrac{\left(a^2 - (x-a_i)^2\right)\left(a^2 - (y-b_i)^2\right)}{a^4} \right] \right]^p, \\ \quad \text{якщо } |x-a_i| < a \wedge |y-b_i| < a; \\ 0, \text{ у противному разі}; \end{cases}$$

3) *функція з носієм у* $K = K_\omega$ *еліпсах:*

$$\omega(x,y) = \begin{cases} \left[\sum_{i=1}^{K} \left[-\left[\dfrac{(x-a_i)^2}{\sigma_1^{\,2}} + \dfrac{(y-b_i)^2}{\sigma_2^{\,2}} - 1 \right] \right] \right]^p, \\ \quad \text{якщо } \dfrac{(x-a_i)^2}{\sigma_1^{\,2}} + \dfrac{(y-b_i)^2}{\sigma_2^{\,2}} \le 1; \\ 0, \text{ у противному разі}. \end{cases}$$

Тут r – радіус круга; σ_1, σ_2 – півосі еліпса; a – довжина половини сторони квадрата; a_i, b_i – координати центра кола, еліпса і квадрата. Параметр p вказує, до якого класу функцій відносяться тестові функції. Далі формуються функції з носіями, які є обєднаннями M зазначених областей різної природи (круги, еліпси,

квадрати), що належать квадрату $[0,1]\times[0,1]$, для функцій неперервних або диференційовних.

В якості прикладу розглядаємо функцію з носієм у області, що є об'єднанням $M = 5$ областей:

$$f(x,y) = \varphi(x,y) + \rho(x,y) + \omega(x,y),\ \ K_\varphi = 3,\ K_\rho = 1,\ K_\omega = 1.$$

$$M = K_\varphi + K_\rho + K_\omega = 5.$$

Далі наводяться графічна ілюстрація та кількісні характеристики для оцінки точності зображення.

Графічні ілюстрації подані на рис. 2, 3.

Далі в табл. 1 наводиться кількісні характеристики, тобто отримані похибки при відтворені функції, а саме:

1) *максимальна по модулю похибка:*

$$\delta_1 = \max_{i\in[1,n]} |x_i - \tilde{x}_i|;$$

2) *середня квадратична похибка:*

$$\delta_2 = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \tilde{x}_i)^2\right)^{\frac{1}{2}};$$

3) *середня абсолютна похибка:*

$$\delta_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|x_i - \tilde{x}_i|.$$

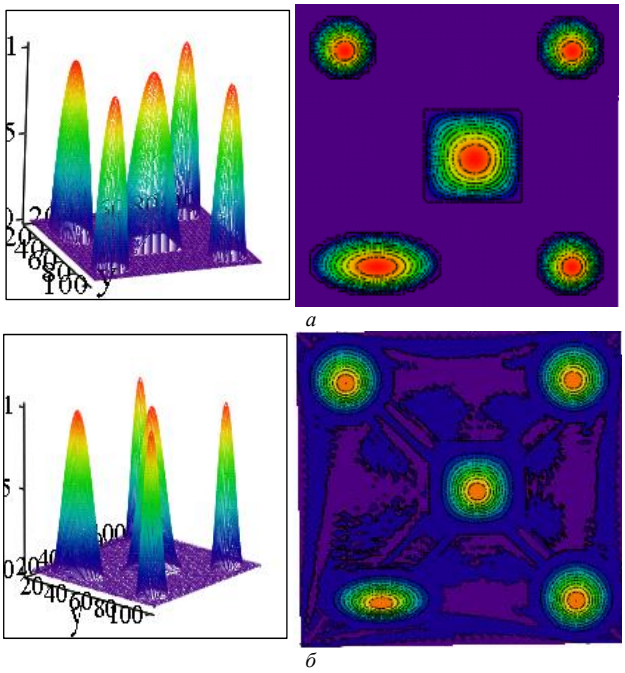


Рис. 2. Задане зображення функції і її лінії рівня (*а*); відтворене зображення функції і її лінії рівня при $N = 32$ (*б*)

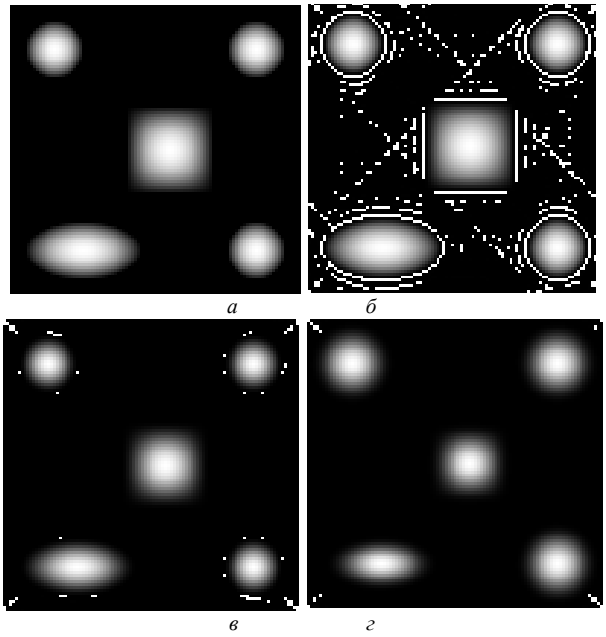


Рис. 3. Напівтонові зображення: *а* – заданої функції; *б* – неперервної функції при $N = 32$; *в* – диференційовної функції при $N = 32$; *г* – двічі диференційовної при $N = 32$

ТАБЛИЦЯ IV. ПОРІВНЯЛЬНА ТАБЛИЦЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Функція (з носієм у трьох кругах, у одному квадраті і в одному еліпсі)	***N* = 32**		
	δ_1	δ_2	δ_3
Неперервна функція $p = 1$	0,035	0,004	0,002
Диференційовна функція $p = 2$	0,01	0,0006	0,0004
Двічі диференційовна функція $p = 3$	0,009	0,0005	0,0002

Результати наведені у табл. 1 підтверджують той факт, що для подвійних рядів Фур'є справедливим є твердження про те, що коли $f(x,y), \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}$ є неперервними функціями, то тригонометричний ряд Фур'є функції збігається до цієї функції в кожній точці.

Аналіз результатів показує, що при збільшенні числа *N*, відповідного верхній межі в сумі Фур'є, похибки зменшуються. Це характерно для всіх видів похибок. Час реалізації алгоритму зростає зі збільшенням числа N та залежить також від складності області. Чим складніше область, тим більше часу для реалізації алгоритму. Порівняння результатів для неперервних та диференційовних функцій показали, що результати відновлення краще для диференційовних функцій. Цей факт видно з таблиць і ілюструється графічно. Особливо показово в цьому сенсі напівтонове зображення функцій.

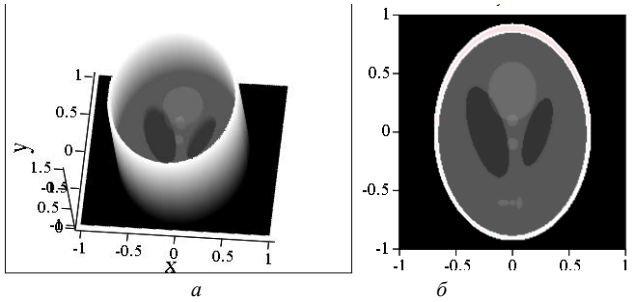
IV. Тестування методу для фантома Шеппа-Логана

Фантом Шеппа-Логана є стандартним тестовим зображенням, створеним Ларрі Шеппом і Бенджаміном Ф. Логаном у 1974 році. Його створено таким чином, що він представляє собою подібну структуру людського мозку у спрощеному вигляді. Його можна описати за допомогою десяти еліпсів з різними центрами і різними півосями і різними щільностями. Еліпси в даному випадку представляють собою сімейство таких функцій:

$$el(x,y,x_c,y_c,a,b,\alpha,p)=\begin{cases} p, \\ \text{якщо } (\tilde{x},\tilde{y}) \in 1-\dfrac{\tilde{x}^2}{a^2}-\dfrac{\tilde{y}^2}{b^2}\geq 0, \\ 0, \text{ в іншому випадку.} \end{cases}$$

де a,b – півосі еліпсів; $(\tilde{x},\tilde{y})$ – координати точки у новій системі координат, повернутої на кут α з центром у точці (x_c,y_c); p – значення щільності у еліпсі.

Зображення відновлюваної функції та лінії рівня наведено на рис. 4.



а *б*

Рис. 4. Ілюстрація відновлюваної функції: *а* – зображення функції; *б* – лінії рівня

Враховуючи, що відновлювана функція є розривною, на результат суттєво впливає явище Гіббса, яке полягає в осциляціях функції в точках розриву або на лініях розриву.

Згідно з [1], наближення для функції $f(x,y)$ шукається у вигляді скінченної суми Фур'є (2) або Фейєра (3), де коефіцієнти обчислюються за формулою (4).

Наведено аналіз обчислювального експерименту, в якому досліджувалось вплив кількості доданків у скінченних сумах Фур'є та Фейєра на результати відновлення.

Розглянемо для тестування функцію – фантом Шеппа-Логана. Візьмемо усі 10 еліпсів, у якості щільності (Gray Level) беремо сталі значення, що наведені у табл. 2. Кількість проекцій візьмемо $M=120$.

У табл. 3 наведено інформацію про порядок суми Фур'є N, кількість членів у ряді Фур'є $(2N+1)^2$, похибки та час відновлення (роботи програми).

ТАБЛИЦЯ V. Значення щільності фантома Шеппа-Логана

Еліпс	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Щільність	1,5	0,98	0,2	0,2	0,1
Еліпс	6	7	8	9	10
Щільність	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

ТАБЛИЦЯ VI. Похибки відновлення функції

Метод	***N*; (*2N+1*)^2**	**Похибки у різних метриках**			**Час (хв.)**
		δ_1	δ_2	δ_3	
Фур'є	8; 289	0,736	0,140	0,067	40,3
Фейєр		0,769	0,162	0,077	
Фур'є	16; 1039	0,604	0,108	0,049	156
Фейєр		0,712	0,139	0,059	

На рис. 5, 6 наведено напівтонові зображення при $N=8$ та $N=16$ відповідно, задане та відновлене двома методами зображення.

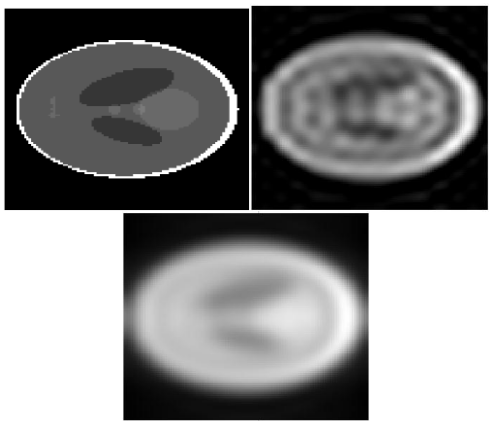
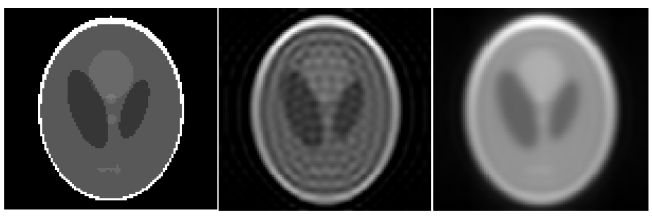


Рис. 5. Відновлена функція (при $N=8$): *а* – задане зображення; *б* – метод Фур'є; *в* – метод Фейєра

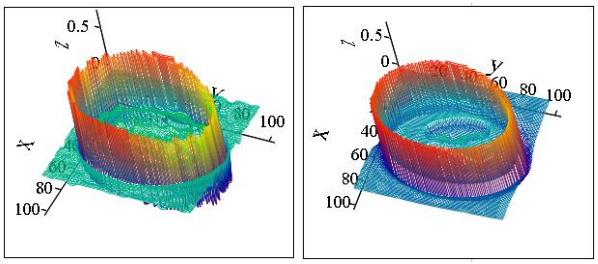


а *б* *в*

Рис. 6. Відновлена функція (при $N=16$): *а* – задане зображення; *б* – метод Фур'є; *в* – метод Фейєра

Порівняння результатів отриманих двома методами показали, що зображення, отримані методом Фейєра, виглядають більш якісними та згладженими.

Це ілюструється також графіками похибок, наведених на рис. 7.



а *б*

Рис. 7. Графіки похибок: *а* – метод Фур'є; *б* – метод Фейєра

З обчислювального експерименту видно що кількість членів у скінченних сумах Фур'є або Фейєра впливає на точність, але й час обчислень значно зростає.

V. Висновки

1. Для тестування використовувались набори неперервних, диференційовних та двічі диференційовних функцій, для яких суми Фур'є з точно обчисленими коефіцієнтами Фур'є збігаються, тестування дало очікуванні результати. Наступний результат в цьому напрямку повинен бути пов'язаний з оптимізацією обчислень, необхідних для наближення функцій із наперед заданою точністю.

2. Наведений для тестування приклад функції, яка є фантомом Шеппа-Логана, підтвердив відоме твердження про те. що наближення розривних функцій скінченними . сумами Фур'є приводить до явища Гіббса, тобто не дає збіжності на лініях розриву. Це явище виникає незалежно від того чи коефіцієнти Фур'є обчислюються точно, чи наближено Тому в майбутньому планується провести тестування методу для наближення розривних функцій окремо [8, 9].

3. Планується також отримати відповідні результати для функцій трьох змінних і провести відповідні тестування [10].

Література References

[1] О. М. Литвин, «Періодичні сплайни і новий метод розв'язання плоскої задачі рентгенівської комп'ютерної томографії», *Системний аналіз, управління і інформаційні технології*: *Вісник Харківського держ. політех. ун-ту*. Збірка наукових праць. Випуск 125, Харків: ХДПУ, 2000, с. 27–35.

[2] О. М. Литвин, «Підвищення точності розкладання в ряд Фур'є розривних функцій однієї та двох змінних», *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Збірник наукових праць. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. Харків: НТУ «ХПІ», 2016, № 6(1178), с. 43–46.

[3] D. Gottlieb, C. W. Shu, «On the Gibbs Phenomenon and its Resolution», *SIAM Review*, 1997, 39, № 4, pp. 644–668.

[4] B. Gustafsson, «Mathematics for Computer Tomography», *Physica Scripta*, 1996, T. 61, pp. 38–43.

[5] О. М. Литвин, О. Г. Литвин, «Реконструкція зображень з використанням скінченних сум Фур'є та Фейєра», *Інформатика та системні науки* (ІСН-2016): матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю, (м. Полтава, 10–12 березня 2016 р.), Полтава: ПУЕТ, 2016, с. 186–189.

[6] О. М. Литвин, О. Г. Литвин, «Оптимізація кількості експериментальних даних у методі обчислення коефіцієнтів Фур'є за допомогою проекцій», *Інформатика та системні науки* (ІСН-2017): матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю (м. Полтава, 16–18 березня 2017 р.); за ред. Ємця О. О. Полтава: ПУЕТ, 2017, с. 175–179.

[7] О. М. Литвин, Інтерлінація функцій та деякі її застосування, Харків: Основа, 2002, 544 с.

[8] О. М. Литвин, О. Г. Литвин, «Метод відновлення розривних функцій спеціального вигляду з використанням проекцій і скінченних сум Фур'є», *7 Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні системи та технології ІСТ-2018»*, 10–15 вересня 2018 р., Харків-Коблеве, с. 120–122.

[9] О. М. Литвин, О. Г. Литвин, «Про один підхід до наближення розривних функцій з використанням проекцій і скінченних сум Фур'є», *Обчислювані методи і системи перетворення інформації*: зб. пр..V-ї наук.-техн. конф., 4–5 жовтня 2018 р., Львів: ФМІ НАНУ, 2018, 176 с., с. 8–11.

[10] Oleg M. Lytvyn, Oleksandra G. Lytvyn, Oleg O. Lytvyn, «Method of Calculating Fourier Coefficients of Three Variable Functions Using Tomogram», *Advanced Computer Information Technologies*, Ceske Budejovice, CZECH REPUBLIC, 5–7 June 2019, pp. 125–128.

Конструктивні Методи Розв'язання Одного Класу Крайових Задач для Нелінійних Еліптичних Рівнянь

Володимир Луханін
кафедра прикладної математики
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
volodymyr.lukhanin@nure.ua

Constructive Methods of Solving One Class of Boundary Value Problems for Nonlinear Elliptic Equations

Volodymyr Lukhanin
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.lukhanin@nure.ua

***Анотація* — Робота присвячена розробці конструктивних методів знаходження додатних розв'язків одного класу крайових задач для нелінійних еліптичних рівнянь та знаходженню умов, яким мають задовольняти параметри задачі, щоб гарантувалися існування та єдиність розв'язку, а також збіжність відповідного ітераційного процесу.**

***Abstract* — The paper is devoted to the development of constructive methods of searching positive solutions of one class of boundary value problems for nonlinear elliptic equations and finding the conditions that the parameters of the problem must satisfy in order to guarantee the existence and uniqueness of the solution as well as the convergence of the corresponding iterative process.**

Ключові слова — функція Гріна; квазіфункція Гріна; двобічні наближення; інваріантний конусний відрізок; угнутість; псевдоугнутість; монотонний оператор; антитонний оператор; гетеротонний оператор

Keywords — Green's function; Green's quasifunction; two-sided approximations; invariant conical interval; concavity; pseudoconcavity;, monotone operator, antitone operator, heterotone operator

I. Вступ

У сучасній науці спостерігається велика зацікавленість у процесах, що відбуваються в нелінійних середовищах. Математичними моделями таких процесів зазвичай є нелінійні крайові задачі математичної фізики, найчастіше з параметрами.

У більшості випадків знайти точний розв'язок таких задач практично неможливо, а тому важливу роль відіграють наближені методи розв'язання. Серед них особливе місце займають двобічні обчислювальні методи, які дають зручну апостеріорну оцінку обчислюваної похибки. Обгрунтування та розвиток двобічні методи розв'язання операторних рівнянь у напівупорядкованих просторах із конусом набули в роботах відомого радянського математика М.О. Красносельського [2] та його учнів [3, 4].

Для розв'язання таких задач у областях складної геометрії, для яких точний вигляд функції Гріна невідомий, академіком НАН України В.Л. Рвачовим розроблено метод квазіфункцій Гріна [5], який разом із застосуванням апарату теорії R-функцій дозволяє звести вихідну задачу до еквівалентного лінійного інтегрального рівняння.

Метою досліджень є розробка конструктивних методів знаходження додатних розв'язків одного класу крайових задач для нелінійних еліптичних рівнянь та знаходження умов, яким мають задовольняти параметри задачі, щоб гарантувалася двобічна збіжність відповідного ітераційного процесу.

II. Постановка задачі та основні результати

У роботі досліджено можливість побудови двобічних наближень до розв'язків дев'яти крайових задач для нелінійних еліптичних рівнянь вигляду

$$-\Delta u = f(\mathbf{x},u(\mathbf{x}),\lambda) \quad \forall \mathbf{x}\in\Omega\subset\mathbf{R}^m, \tag{1}$$

$$u>0, \quad u\big|_{\partial\Omega}=0, \tag{2}$$

де $f(\mathbf{x},u(\mathbf{x}),\lambda)\geq 0$, $\mathbf{x}\in\Omega$, $\lambda=(\lambda_1,\ldots,\lambda_k)$ – числові параметри.

Нехай $G(\mathbf{x},\mathbf{s})$ є функцією Гріна оператора Лапласа для першої крайової задачі в області Ω. У класі неперервних функцій задача (1), (2) еквівалентна інтегральному рівнянню

$$u(\mathbf{x})=\int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})f(\mathbf{s},u(\mathbf{s}),\lambda)\,d\mathbf{s}, \tag{3}$$

де $\mathbf{x}=(x_1,\ldots,x_m)$, $\mathbf{s}=(s_1,\ldots,s_m)$.

Вважаємо, що простір $C(\overline{\Omega})$ напівупорядкований конусом K невід'ємних функцій. Тоді інтегральне рівняння (3) розглядаємо як операторне рівняння $u=Tu$, де оператор T визначається наступним чином

$$Tu=\int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})f(\mathbf{s},u(\mathbf{s}),\lambda)\,d\mathbf{s}, \quad D(T)=K. \tag{4}$$

Розглянемо задачу Ліувілля-Гельфанда [6]

$$-\Delta u=\lambda e^u \quad \forall \mathbf{x}\in\Omega\subset\mathbf{R}^m, \tag{5}$$

$$u>0 \quad \forall \mathbf{x}\in\Omega, \quad u\big|_{\partial\Omega}=0, \quad \lambda>0 \quad (\lambda=const). \tag{6}$$

Еквівалентним інтегральним рівнянням з монотонним оператором є

$$u(\mathbf{x})=\lambda\int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})e^{u(\mathbf{s})}d\mathbf{s}. \tag{7}$$

Будуємо ітераційний процес для задачі (5), (6) за схемою

$$v_n(\mathbf{x})=\lambda\int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})e^{v_{n-1}(\mathbf{s})}d\mathbf{s}, \quad n=1,2,\ldots, \tag{8}$$

$$w_n(\mathbf{x})=\lambda\int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})e^{w_{n-1}(\mathbf{s})}d\mathbf{s}, \quad n=1,2,\ldots, \tag{9}$$

де $v_0=0$, $w_0=\beta$, $\beta=const\geq 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 1. Ітераційний процес (8), (9) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^*\in\langle v_0,w_0\rangle$ рівняння (7), якщо параметри λ та β задовольняють умови $\max\limits_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}}\int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})\,d\mathbf{s}\leq\dfrac{\beta}{\lambda e^\beta}$, $\beta<1$. При цьому маємо

$$0=v_0\leq v_1\leq\ldots\leq v_n\leq\ldots\leq u^*\leq\ldots\leq w_n\leq\ldots\leq w_1\leq w_0=\beta.$$

Стосовно задачі, яка зводиться до операторного рівняння $u=T(\lambda,u)$, доводиться наступна теорема, висновки якої можуть бути застосовані й до інших задач вигляду (1), (2).

Теорема 2. Нехай оператор $T(\lambda,u)$ для кожного $\lambda>0$ є монотонним та угнутим, для кожного $u\in K$ монотонно зростає за λ та задовольняє умову

$$T(t\lambda,u)\leq\frac{1}{t}T(\lambda,u), \quad t\in(0,1].$$

Нехай u_1 та u_2 – додатні розв'язки рівняння $u=T(\lambda,u)$, що відповідають двом різним значенням λ_1 та λ_2, $\lambda_1<\lambda_2$. Тоді $u_1<u_2$.

Розглянемо крайову задачу для рівняння Лане-Емдена [1]

$$-\Delta u=u^q \quad \forall \mathbf{x}\in\Omega\subset\mathbf{R}^m, \tag{10}$$

$$u>0 \quad \forall \mathbf{x}\in\Omega, \quad u\big|_{\partial\Omega}=0, \quad q>0. \tag{11}$$

Еквівалентним інтегральним рівнянням з монотонним оператором є

$$u(\mathbf{x})=\int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})u^q(\mathbf{s})\,d\mathbf{s}. \tag{12}$$

Якщо для побудови конусного відрізку $\langle v_0,w_0\rangle$ покласти $u_1=v_0=0$, то лівий кінець відрізку при використанні схеми послідовних наближень $u_{n+1}=Tu_n$, $n=1,2,\ldots$, залишається нерухомим, тому що для $f(u)=u^q$ маємо $f(0)=0$, тобто замість двобічних наближень отримуємо лише наближення зверху. Ми пропонуємо покласти $v_0(\mathbf{x})=\varepsilon\omega(\mathbf{x})$, $\varepsilon=const>0$, а функція $\omega(\mathbf{x})$ визначається наступним чином: $\omega(\mathbf{x})>0$ в Ω, $\omega(\mathbf{x})=0$ на $\partial\Omega$. При цьому функція $\omega(\mathbf{x})$ із вказаними властивостями може бути побудована з використанням конструктивного апарату теорії *R*-функцій для області Ω досить довільної геометрії. Ітераційний процес для задачі (10), (11) будуємо за схемою

$$v_n(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, v_{n-1}^q(\mathbf{s})\, d\mathbf{s}, \quad n = 1,2,\ldots, \tag{13}$$

$$w_n(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, w_{n-1}^q(\mathbf{s})\, d\mathbf{s}, \quad n = 1,2,\ldots, \tag{14}$$

де $v_0 = \varepsilon\omega$, $w_0 = \beta$, $\beta = const > 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 3. Ітераційний процес (13), (14) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_0, w_0 \rangle$ рівняння (12), якщо параметри q, ε, β задовольняють умови

$$\max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \omega^2(\mathbf{x}) \le \varepsilon^{2(q-1)} \int_\Omega \omega^{2q}(\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int_\Omega G^2(\mathbf{x},\mathbf{s}) d\mathbf{s},$$

$$\max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \le \beta^{1-q}, \quad 0 < q < 1.$$

При цьому маємо

$$\varepsilon\omega = v_0 \le v_1 \le \ldots \le v_n \le \ldots \le u^* \le \ldots \le w_n \le \ldots \le w_1 \le w_0 = \beta.$$

Розглянемо крайову задачу зі степеневою нелінійністю та двома параметрами [10]

$$-\Delta u = \lambda + u^p \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \subset \mathbf{R}^m, \tag{15}$$

$$u > 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega, \; u\big|_{\partial\Omega} = 0, \; p > 1, \; \lambda > 0 \; (p, \lambda - const). \tag{16}$$

Еквівалентним інтегральним рівнянням з монотонним оператором є

$$u(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(\lambda + u^p(\mathbf{s})\right) d\mathbf{s}. \tag{17}$$

Будуємо ітераційний процес для задачі (15), (16) за схемою

$$v_n(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(\lambda + v_{n-1}^p(\mathbf{s})\right) d\mathbf{s}, \quad n = 1,2,\ldots, \tag{18}$$

$$w_n(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(\lambda + w_{n-1}^p(\mathbf{s})\right) d\mathbf{s}, \quad n = 1,2,\ldots, \tag{19}$$

де $v_0 = 0$, $w_0 = \beta$, $\beta = const > 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 4. Ітераційний процес (18), (19) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_0, w_0 \rangle$ рівняння (17), якщо параметри λ, p, β задовольняють умови

$\max\limits_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int\limits_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \le \dfrac{\beta}{\lambda + \beta^p}$, $\lambda > max\left\{\beta^p(p-1); \dfrac{\beta^p(t_* - t_*^p)}{1 - t_*}\right\}$, де $t_* \in (0,1)$ – корінь рівняння $1 + t^p(p-1) = p\,t^{p-1}$. При цьому маємо

$$0 = v_0 \le v_1 \le \ldots \le v_n \le \ldots \le u^* \le \ldots \le w_n \le \ldots \le w_1 \le w_0 = \beta.$$

Розглянемо крайову задачу зі степеневою нелінійністю та трьома параметрами [7]

$$-\Delta u = \lambda u^q + u^p \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \subset \mathbf{R}^m, \tag{20}$$

$$u > 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega, \; u\big|_{\partial\Omega} = 0, \; 0 < q < 1 < p, \; \lambda > 0. \tag{21}$$

Еквівалентним інтегральним рівнянням з монотонним оператором є

$$u(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(\lambda u^q(\mathbf{s}) + u^p(\mathbf{s})\right) d\mathbf{s}. \tag{22}$$

Будуємо ітераційний процес для задачі (20), (21) за схемою

$$v_n(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(\lambda v_{n-1}^q(\mathbf{s}) + v_{n-1}^p(\mathbf{s})\right) d\mathbf{s}, \quad n = 1,2,\ldots, \tag{23}$$

$$w_n(\mathbf{x}) = \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(\lambda w_{n-1}^q(\mathbf{s}) + w_{n-1}^p(\mathbf{s})\right) d\mathbf{s}, \quad n = 1,2,\ldots, \tag{24}$$

де $v_0 = \varepsilon\omega$, $w_0 = \beta$, $\varepsilon = const > 0$, $\omega(\mathbf{x}) > 0$ в Ω, $\omega(\mathbf{x}) = 0$ на $\partial\Omega$, $\beta = const > 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 5. Ітераційний процес (23), (24) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_0, w_0 \rangle$ рівняння (22), якщо параметри λ, q, p, ε, β задовольняють умови

$$\max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \omega^2(\mathbf{x}) \le \varepsilon^{2(q-1)} \int_\Omega \left(\lambda\omega^q(\mathbf{s}) + \varepsilon^{p-q}\omega^p(\mathbf{s})\right)^2 d\mathbf{s} \max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int_\Omega G^2(\mathbf{x},\mathbf{s}) d\mathbf{s},$$

$$\max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int_\Omega G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \le \frac{\beta}{\lambda\beta^q + \beta^p},$$

$$\lambda > max\left\{\beta^{p-q}\frac{1-p}{q-1}, \beta^{p-q}\frac{t_* - t_*^p}{t_*^q - t_*}\right\},$$

де $t_* \in (0,1)$ – корені рівняння

$$\left(1 - pt^{p-1}\right)\left(t^q - t\right) - \left(qt^{q-1} - 1\right)\left(t - t^p\right) = 0.$$

При цьому маємо

$$\varepsilon\omega = v_0 \le v_1 \le \ldots \le v_n \le \ldots \le u^* \le \ldots \le w_n \le \ldots \le w_1 \le w_0 = \beta .$$

Розглянемо крайову задачу з експоненціальною нелінійністю та двома параметрами [8]

$$-\Delta u = \lambda\left(e^{u} + e^{\gamma u}\right) \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \subset \mathbf{R}^m , \tag{25}$$

$$u > 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega , \; u\big|_{\partial\Omega} = 0 , \; \lambda > 0 , \; \gamma > 0 \; (\lambda, \gamma - const). \tag{26}$$

Еквівалентним інтегральним рівнянням з монотонним оператором є

$$u(\mathbf{x}) = \lambda \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\left(e^{u(\mathbf{s})} + e^{\gamma u(\mathbf{s})}\right) d\mathbf{s} . \tag{27}$$

Будуємо ітераційний процес для задачі (25), (26) за схемою

$$v_n(\mathbf{x}) = \lambda \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\left(e^{v_{n-1}(\mathbf{s})} + e^{\gamma v_{n-1}(\mathbf{s})}\right) d\mathbf{s} , \quad n = 1,2,\ldots , \tag{28}$$

$$w_n(\mathbf{x}) = \lambda \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\left(e^{w_{n-1}(\mathbf{s})} + e^{\gamma w_{n-1}(\mathbf{s})}\right) d\mathbf{s} , \quad n = 1,2,\ldots , \tag{29}$$

де $v_0 = 0$, $w_0 = \beta$, $\beta = const \ge 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 6. Ітераційний процес (28), (29) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_0, w_0 \rangle$ рівняння (27), якщо параметри λ, γ, β задовольняють умови

$$e^{\tau\beta} + e^{\gamma\tau\beta} - \tau e^{\beta} - \tau e^{\gamma\beta} > 0 \quad \forall \tau \in (0,1),$$

$$\max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \le \frac{\beta}{\lambda\left(e^{\beta} + e^{\gamma\beta}\right)} .$$

При цьому маємо

$$0 = v_0 \le v_1 \le \ldots \le v_n \le \ldots \le u^* \le \ldots \le w_n \le \ldots \le w_1 \le w_0 = \beta .$$

Розглянемо крайову задачу з експоненціальною нелінійністю та трьома параметрами

$$-\Delta u = \lambda |\mathbf{x}|^{2\alpha} \left(e^{u} + e^{\gamma u}\right) \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \subset \mathbf{R}^2 , \tag{30}$$

$$u > 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega , \; u\big|_{\partial\Omega} = 0 , \; \lambda > 0 , \; \gamma > 0 \; (\lambda, \alpha, \gamma - const). \tag{31}$$

Еквівалентним інтегральним рівнянням з монотонним оператором є

$$u(\mathbf{x}) = \lambda \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s}) |\mathbf{s}|^{2\alpha} \left(e^{u(\mathbf{s})} + e^{\gamma u(\mathbf{s})}\right) d\mathbf{s} . \tag{32}$$

Задача (30), (31) є більш загальним випадком задачі (25), (26) у просторі $\mathbf{R}^2$.

Будуємо ітераційний процес для задачі (30), (31) за схемою

$$v_n(\mathbf{x}) = \lambda \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s}) |\mathbf{s}|^{2\alpha} \left(e^{v_{n-1}(\mathbf{s})} + e^{\gamma v_{n-1}(\mathbf{s})}\right) d\mathbf{s} , \; n = 1,2,\ldots , \tag{33}$$

$$w_n(\mathbf{x}) = \lambda \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s}) |\mathbf{s}|^{2\alpha} \left(e^{w_{n-1}(\mathbf{s})} + e^{\gamma w_{n-1}(\mathbf{s})}\right) d\mathbf{s} , \; n = 1,2,\ldots , \tag{34}$$

де $v_0 = 0$, $w_0 = \beta$, $\beta = const \ge 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 7. Ітераційний процес (33), (34) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_0, w_0 \rangle$ рівняння (32), якщо параметри λ, γ, α, β задовольняють умови $\max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} |\mathbf{x}|^{2\alpha} \max_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \le \frac{\beta}{\lambda\left(e^{\beta} + e^{\gamma\beta}\right)}$, $\beta \le 1$, $\gamma \le 1$. При цьому маємо

$$0 = v_0 \le v_1 \le \ldots \le v_n \le \ldots \le u^* \le \ldots \le w_n \le \ldots \le w_1 \le w_0 = \beta .$$

Розглянемо лінійну крайову задачу з двома параметрами

$$-\Delta u = a u + b \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \subset \mathbf{R}^m , \tag{35}$$

$$u > 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega , \; u\big|_{\partial\Omega} = 0 , \; b \ge 0 , \; a = const . \tag{36}$$

Еквівалентним інтегральним рівнянням з монотонним оператором є

$$u(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\left(a u(\mathbf{s}) + b\right) d\mathbf{s} . \tag{37}$$

Будуємо ітераційний процес для задачі (35), (36) за схемою

$$v_n(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\left(a v_{n-1}(\mathbf{s}) + b\right) d\mathbf{s} , \quad n = 1,2,\ldots , \tag{38}$$

$$w_n(\mathbf{x}) = \int_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\left(a w_{n-1}(\mathbf{s}) + b\right) d\mathbf{s} , \quad n = 1,2,\ldots , \tag{39}$$

де $v_0 = 0$, $w_0 = \beta$, $\beta = const \ge 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 8. Ітераційний процес (38), (39) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного

невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_0, w_0 \rangle$ рівняння (37), якщо параметри a, b, β задовольняють умови $a > 0$, $\max\limits_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int\limits_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \le \dfrac{\beta}{a\beta + b}$. При цьому маємо

$$0 = v_0 \le v_1 \le \ldots \le v_n \le \ldots \le u^* \le \ldots \le w_n \le \ldots \le w_1 \le w_0 = \beta .$$

Розглянемо крайову задачу зі степеневою нелінійністю та одним параметром

$$-\Delta u = \frac{1}{u^p} \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \subset \mathbf{R}^m , \tag{40}$$

$$u > 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega , \; u\big|_{\partial\Omega} = 0 , \quad p > 0 . \tag{41}$$

еквівалентним інтегральним рівнянням з антитонним оператором є

$$u(\mathbf{x}) = \int\limits_{\Omega} \frac{G(\mathbf{x},\mathbf{s})}{u^p(\mathbf{s})}\, d\mathbf{s} . \tag{42}$$

Будуємо ітераційний процес для задачі (40), (41) за схемою

$$w_n(\mathbf{x}) = \int\limits_{\Omega} \frac{G(\mathbf{x},\mathbf{s})}{w_{n-1}^p(\mathbf{s})}\, d\mathbf{s} , \quad n = 1,2,\ldots , \tag{43}$$

де $w_0 = \beta$, $\beta = const > 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується виконанням наступної теореми.

Теорема 9. Ітераційний процес (43) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_0, w_0 \rangle$ рівняння (42), якщо параметри p та β задовольняють умови $\max\limits_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int\limits_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \le \beta^{1+p}$, $0 < p < 1$. При цьому маємо

$$v_0 = w_1 \le w_3 \le \ldots \le w_{2n-1} \le \ldots \le u^* \le$$
$$\le \ldots \le w_{2n} \le \ldots \le w_2 \le w_0 = \beta .$$

Розглянемо крайову задачу зі степеневою нелінійністю та чотирма параметрами [9]

$$-\Delta u = a u^{-q} + b u^p \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \subset \mathbf{R}^m , \tag{44}$$

$$u > 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega , \; u\big|_{\partial\Omega} = 0 , \; a > 0 , \; b > 0 , \; p,q > 0 . \tag{45}$$

еквівалентним інтегральним рівнянням з гетеротонним оператором є

$$u(\mathbf{x}) = \int\limits_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(a u^{-q}(\mathbf{s}) + b u^p(\mathbf{s}) \right) d\mathbf{s} . \tag{46}$$

Будуємо ітераційний процес для задачі (44), (45) за схемою

$$v_n(\mathbf{x}) = \int\limits_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(a\, w_{n-1}^{-q}(\mathbf{s}) + b\, v_{n-1}^p(\mathbf{s}) \right) d\mathbf{s} , \quad n = 1,2,\ldots , \tag{47}$$

$$w_n(\mathbf{x}) = \int\limits_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s}) \left(a\, v_{n-1}^{-q}(\mathbf{s}) + b\, w_{n-1}^p(\mathbf{s}) \right) d\mathbf{s} , \quad n = 1,2,\ldots , \tag{48}$$

де $v_0 = \varepsilon$, $w_0 = \beta$, $\varepsilon = const > 0$, $\beta = const > 0$.

Тоді збіжність ітераційного процесу гарантується наступною теоремою.

Теорема 10. Ітераційний процес (47), (48) двобічно збігається за нормою простору $C(\overline{\Omega})$ до єдиного невід'ємного розв'язку $u^* \in \langle v_1, w_0 \rangle$ рівняння (46), якщо параметри a, b, p, q, ε та β задовольняють умови $0 < p < 1$, $0 < q < 1$,

$$\begin{cases} a\beta^{-q} + b\varepsilon^p \ge \varepsilon \left(\max\limits_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int\limits_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \right)^{-1} , \\ a\varepsilon^{-q} + b\beta^p \le \beta \left(\max\limits_{\mathbf{x}\in\overline{\Omega}} \int\limits_{\Omega} G(\mathbf{x},\mathbf{s})\, d\mathbf{s} \right)^{-1} . \end{cases}$$

При цьому маємо

$$v_1 \le \ldots \le v_n \le \ldots \le u^* \le \ldots \le w_n \le \ldots \le w_1 \le w_0 = \beta .$$

Також у роботі розглянуто метод квазіфункцій Гріна, розроблений академіком Рвачовим В.Л. для розв'язання крайових задач для лінійних еліптичних рівнянь. Метод квазіфункцій Гріна з деякою модифікацією застосовано до розв'язання крайових задач для нелінійних еліптичних рівнянь вигляду (1), (2). Це дозволяє замінити задачу (1), (2) еквівалентним їй нелінійним операторним рівнянням

$$u(\mathbf{x}) = \int\limits_{\Omega} G_{\text{кв}}(\mathbf{x},\mathbf{s}) f(\mathbf{s}, u(\mathbf{s}), \lambda)\, d\mathbf{s} + \int\limits_{\Omega} K(\mathbf{x},\mathbf{s}) u(\mathbf{s})\, d\mathbf{s} , \tag{49}$$

при цьому вигляд $G_{\text{кв}}(\mathbf{x},\mathbf{s})$ та $K(\mathbf{x},\mathbf{s})$ залежить від вимірності простору, якому належить область Ω.

Нехай $\omega = 0$ є рівняння межі $\partial\Omega$, тобто $\omega(\mathbf{x}) = 0$, $\mathbf{x} \in \partial\Omega$, $\omega(\mathbf{x}) > 0$, $\mathbf{x} \in \Omega$. Позначимо $r = |\mathbf{x} - \mathbf{s}|$, $\Delta_{\mathbf{s}} = \sum\limits_{i=1}^{m} \dfrac{\partial^2}{\partial s_i^2}$, $\mathbf{s} \in \Omega \subset \mathbf{R}^m$. Тоді, якщо $\Omega \subset \mathbf{R}^2$, то

$$G_{\text{кв}}(\mathbf{x},\mathbf{s}) = \frac{1}{2\pi} \left(ln \frac{1}{r} - \zeta(\mathbf{x},\mathbf{s}) \right),$$

$$\zeta(\mathbf{x},\mathbf{s}) = -\frac{1}{2} ln\left(r^2 + 4\, \omega(\mathbf{x})\, \omega(\mathbf{s}) \right), \quad K(\mathbf{x},\mathbf{s}) = -\frac{1}{2\pi} \Delta_{\mathbf{s}} \zeta(\mathbf{x},\mathbf{s}),$$

якщо $\Omega \subset \mathbf{R}^3$, то

$$G_{\text{кв}}(\mathbf{x},\mathbf{s}) = \frac{1}{4\pi}\left(\frac{1}{r} - \zeta(\mathbf{x},\mathbf{s})\right),$$

$$\zeta(\mathbf{x},\mathbf{s}) = \left(r^2 + 4\,\omega(\mathbf{x})\,\omega(\mathbf{s})\right)^{-\frac{1}{2}}, \quad K(\mathbf{x},\mathbf{s}) = -\frac{1}{4\pi}\Delta_{\mathbf{s}}\zeta(\mathbf{x},\mathbf{s}).$$

Для побудови наближеного розв'язку рівняння (49) використовуємо метод послідовних наближень, що приводить до послідовності лінійних інтегральних рівнянь

$$u_n(\mathbf{x}) - \int_{\Omega} K(\mathbf{x},\mathbf{s})\,u_n(\mathbf{s})\,d\mathbf{s} = \int_{\Omega} G_{\text{кв}}(\mathbf{x},\mathbf{s})\,f(\mathbf{s},u_{n-1}(\mathbf{s}),\lambda)\,d\mathbf{s}, \quad (50)$$

де покладено $u_1(\mathbf{x}) = const$, $n = 2,3,\ldots$.

Кожне з рівнянь (50) може бути розв'язане за допомогою методу Бубнова-Гальоркіна. В цьому випадку ми отримаємо послідовність наближених розв'язків

$$u_{n,k}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{k} c_{n,i}\,\phi_i(\mathbf{x}), \quad (51)$$

при цьому $u_{1,k}(\mathbf{x}) = u_1(\mathbf{x})$, $\{\phi_i(\mathbf{x})\}_{i=1}^{k}$ – координатна послідовність, $c_{n,i}$ ($i = \overline{1,k}$, $n = 2,3,\ldots$) – розв'язок системи лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\sum_{i=1}^{k} c_{n,i}\left[\int_{\Omega}\phi_i(\mathbf{x})\,\phi_j(\mathbf{x})d\mathbf{x} - \iint_{\Omega\Omega} K(\mathbf{x},\mathbf{s})\,\phi_i(\mathbf{s})\,\phi_j(\mathbf{x})\,d\mathbf{s}d\mathbf{x}\right] =$$
$$= \iint_{\Omega\Omega} G_{\text{кв}}(\mathbf{x},\mathbf{s})\,f(\mathbf{s},u_{n-1,k}(\mathbf{s}),\lambda)\,\phi_j(\mathbf{x})\,d\mathbf{s}d\mathbf{x}, \quad j = \overline{1,k}, \quad n = 2,3,\ldots.$$

III. Висновки

В роботі розроблено конструктивні методи знаходження додатних розв'язків одного класу крайових задач для нелінійних еліптичних рівнянь та знайдено умови, яким мають задовольняти параметри задачі, щоб гарантувалася двобічна збіжність відповідного ітераційного процесу.

Розглянуті методи можуть бути використані для відшукання розв'язків прикладних задач, математичними моделями яких є крайові задачі для нелінійних еліптичних рівнянь.

Література References

[1] Е.И. Галахов, "Положительные решения квазилинейного эллиптического уравнения", *Математические заметки*, т. 78, № 2, С. 202–211, 2005.

[2] М.А. Красносельский, Положительные решения операторных уравнений. Главы нелинейного анализа, М.: Физматгиз, 1962.

[3] В.И. Опойцев, Т.А. Хуродзе, Нелинейные операторы в пространствах с конусом, Тбилиси: Изд-во Тбилисского ун-та, 1984.

[4] В.И. Опойцев, "Обобщение теории монотонных и вогнутых операторов", *Труды Моск. матем. общества*, т. 36, С. 237–273, 1978.

[5] В.Л. Рвачев, Теория R-функций и некоторые ее приложения, К.: Наук. думка, 1982.

[6] Д.А. Франк-Каменецкий, Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике, Долгопрудный: Интеллект, 2008.

[7] A. Ambrosetti, H. Brezis, G. Cerami, "Combined effects of concave and convex nonlinearities in some elliptic problems", *Journal of Functional Analysis*, vol. 122, no. 2, pp. 519–543, 1994.

[8] S. Baraket, D. Ye, "Singular limit solutions for two-dimensional elliptic problems with exponentially dominated nonlinearity", *Chinese Annals of Mathematics. Series B*, vol. 22, no. 03, pp. 287–296, 2001.

[9] J. Shi, M. Yao, "Positive solutions for elliptic equations with singular nonlinearity", *Electronic Journal of Differential Equations*, vol. 2005, no. 04, pp. 1–11, 2005.

[10] P. Zhao, C. Zhong, J. Zhu, "Positive Solutions for a Nonhomogeneous Semilinear Elliptic Problem with Supercritical Exponent", *J. Mathematical Analysis and Application*, vol. 254, pp. 335–347, 2001.

Використання Грід-графів Комбінаторних Конфігурацій для Розв'язування Задач Комбінаторної Оптимізації

Олена Двірна
Кафедра документоведення та інформаційної діяльності у економічних системах
Полтавський університет економіки і торгівли
Полтава, Україна
lenadvirna@gmail.com

The Using of Combinatorial Configurations' GRID-Graphs for Solving Combinatorial Optimization Problems

Olena Dvirna
Department of Documentation and Information Activity in Economic Systems
Poltava University of Economics and Trade
Poltava, Ukraine
lenadvirna@gmail.com

***Анотація*–Сформульована постановка задачі багатокритеріальної оптимізації на комбінаторних конфігураціях. Дано означення грід-графу множини комбінаторних конфігурацій, досліджено властивості лінійної функції на ньому. Запропоновано метод розв'язування задачі багатокритеріальної оптимізації з використанням грід-графів.**

***Abstract*–The multicriterial optimization's problem on combinatorial configurations is formulated. The grid graph of combinatorial configuration's set is given, and the properties of a linear function on it are investigated. It is proposed the method for solving multicriterial optimization problem with grid graphs using.**

Ключові слова-—багатокритеріальна оптимізація; грід-граф множини комбінаторних конфігурацій; властивості грід-графу; метод розв'язування.

Keywords–multicriteria optimization; grid graph of combinatorial configurstions'set;grid graph's properties; solving method.

I. Вступ

Задачі одночасної оптимізації кількох функцій виникають при дослідженні теоретичних та прикладних задач [1-7], прикладами яких є задачі проектування економічних та технічних систем, технологічних пристроїв, планування та керування виробництвом та інші. Багатокритеріальна оптимізації пропонує ряд методів для знаходження ефективного розв'язку, проте важливим фактором є врахування специфіки множини, на якій розглядається та чи інша задача.

З огляду на це цікавими є задачі на комбінаторних конфігураціях [8-14], що мають враховувати їх властивості при використанні та пошуку методів їх розв'язування. Комбінаторні властивості множини допустимих розв'язків подані в класичних задачах, таких як, наприклад, задача комівояжера.

Поєднання багатокритеріальної оптимізації із комбінаторним характером множини є цікавим з практичної точки зору. Приклади моделей таких задач наведені в роботах [3, 4, 7].

II. Постановка задачі

Перш за все визначимо комбінаторну конфігурацію згідно [8] як відображення $\chi: B \to A$, що задовольняє деякому комплексу обмежень Λ. Нехай Π - множина комбінаторних конфігурацій, тоді при зануренні в евклідів простір множини Π одержуємо множину евклідових комбінаторних конфігурацій (e-конфігурацій)[8], тобто

$$E = \psi(\Pi) \subset R^N.$$

Нехай $X \subseteq R^m$ множина евклідових комбінаторних конфігурацій у просторі R^m, а $D \subseteq X$ – множина допустимих значень e-конфігурацій, що виділяється з X за допомогою деяких обмежень. Задані функції $f_i(x)$, що мають оптимізуватися. Тоді маємо задачу багатокритеріальної оптимізації на евклідових комбінаторних конфігураціях:

$$f_i(x) \to extr, i \in J_n \quad (1)$$

$$x \in D \subseteq X. \quad (2)$$

Умову (1) можна записати у такому вигляді:

$$F(x) = (f_1(x), f_2(x), ..., f_n(x)) \to extr .$$

За умови, що усі функції $f_i(x)$ є лінійними, а множина $D \subseteq X$ описується системою лінійних обмежень, задача (1), (2) набуде вигляду:

$$f_i(x) = \langle c_{ij} x_j \rangle \to extr, i \in J_n, j \in J_m, \quad (3)$$

$$x \in D \subseteq X, \quad (4)$$

де D формується обмеженнями вигляду

$$\langle a_{ij} x_j \rangle \le b_i, i \in N_k, j \in N_m. \quad (5)$$

Задачу (3)-(5) назвемо багатокритеріальною задачею лінійної оптимізації на e-конфігураціях.

Розв'язком задачі (3)-(5) є множина Парето-ефективних розв'язків $P(F, X)$, тобто таких, що не можуть бути покращені жодним іншим елементом із X.

Для адаптації методів векторної оптимізації для розв'язування задачі (3)-(5) важливим є використання властивостей множин e-конфігурацій, а також їх зв'язок з теорією графів, що описується, наприклад, у роботах [5, 9, 15, 16].

Введемо поняття грід-графу множини комбінаторних конфігурацій.

III. Грід-граф евклідової комбінаторної конфігурації

Якщо існує бієктивне відображення $\psi: X \to V$, де X – множина e-конфігурацій, а V – множина вершин деякого графу G^X, а також визначено Ψ – умови суміжності вершин, то G^X є графом множини e-конфігурацій X. Якщо Ψ визначає умови при яких суміжними є вершини, утворені однією транспозицією довільних елементів e-конфігурації або заміною одного елементу на елемент основи, що не входит до поточної e-конфігурації, то одержимо транспозиційний граф $G_{Tr}^X(V,U)$ множини e-конфігурацій.

Введемо необхідні поняття. Координатами вершини $v' \in V$ графу $G_{Tr}^X(V,U)$, де $V = \{v = x(x_1, x_2, ..., x_m) \mid x \in X\}$ називається вектор $(x_1', x_2', ..., x_m') \in X$, що їй відповідає. Типом вершини $v' \in V$ графу $G_{Tr}^X(V,U)$ називається v_t^i – порядок перших t координат, що визначається елементами множини перестановок без повторень P_t, $i \in J_{|P_t|}$. Наприклад, для $t = 3$ $P_3 = \{(1,2,3), (2,1,3), (1,3,2), (3,1,2), (2,3,1), (3,2,1)\}$

Закріпленими h координатами підграфу $\tilde{G}_{Tr}^X(\tilde{V}, \tilde{U}) \subset G_{Tr}^X(V,U)$ називаються такі координати з номерами $m-h+j$, $j \in J_h$, значення яких $x'_{m-h+1}, x'_{m-h+2}, ..., x'_m$ є незмінним для всіх вершин $v \in \tilde{V}$ підграфу $\tilde{G}_{Tr}^X(\tilde{V}, \tilde{U})$. Множину закріплених h координат позначимо через p^h. У транспозиційному графі G_{Tr}^X виділимо підграф $\tilde{G}_{Tr}^X(\tilde{V}, \tilde{U})$, що об'єднує усі вершини, які задовольняють набору умов Υ. Нехай Υ описується парою

$$\langle \tilde{v}_t^i, \tilde{p}^h \rangle, \tilde{v}_t^i \in V_t, \tilde{p}^h \in p^h, \quad (6)$$

тобто $\tilde{G}_{Tr}^X(\tilde{V}, \tilde{U})$ визначається певним порядком перших t координат та закріпленими h координатами. Координати вершин матимуть вигляд

$$(x_1, ..., x_t, x_{t+1}, ..., x_{m-h}, x'_{m-h+1}, ..., x'_m), \quad (7)$$

причому має виконуватись умова $t + h \le m$.

Вільними координатами вершин підграфу $\tilde{G}_{Tr}^X(\tilde{V}, \tilde{U})$, для якого виконуються умови (6), а координати вершин мають вигляд (7), назвемо множину $\tilde{X} = \{x_{t+1}, x_{t+2}, ..., x_{m-h}\}$. Кількість вільних координат вершин графу рівна $(m-t-h)$.

Нехай на підграфі $\tilde{G}_{Tr}^X(\tilde{V}, \tilde{U})$ визначено тип вершини $\tilde{v}_t^i \in V_t$ так, що для перших t координат виконується умова

$$x_{j_1} \le x_{j_2} \le ... \le x_{jt}, \text{ при } j_1 \le j_2 \le ... \le j_h, \quad (8)$$

а також закріплені h координат

$$\tilde{p}^h = \left\{x'_{m-h+j}\right\}, j \in J_h, \quad (9)$$

та для решти координат виконується умова

$$x_{t+1} \le x_{t+1} ... \le x_{m-h}. \quad (10)$$

Головною вершиною v_0 або витоком графу $\tilde{G}_{Tr}^X\left(\tilde{V},\tilde{U}\right)$, для якого виконуються умови (8)-(10), назвемо таку, що

$$x_{j_1} \le x_{j_2} \le ... \le x_{jt} \le x_{t+1} \le x_{t+1} ... \le x_{m-h},$$

$$j_1 \le j_2 \le ... \le \mathrm{j}_h. \quad (11)$$

Для генерації усіх вершин графу виконаємо послідовність транспозицій для кожної із вільних координат. Нехай i' – координата для якої здійснюється поточна транспозиція, $i' \in \left\{t+1, t+2, ..., m-h\right\}$. Здійснимо транспозицію відповідно такій послідовності кроків:

Крок 1. Покладемо $i' = m-h$, $k' = \left|\tilde{\mathrm{X}}\right| = \left(m-h-t\right)$, $v' = v_0$, $j' = 1$, $V'_{j'} = \left\{v'\right\}$ – множина вершин, для яких необхідно виконати послідовність транспозицій

Крок 2. Здійснимо послідовні транспозиції усіх $v \in V'_{j'}$:

$$x_{i'} \leftrightarrow x_{i'-1} \leftrightarrow ... \leftrightarrow x_{h+1} \leftrightarrow x_{j_t} \leftrightarrow \\ \leftrightarrow x_{j_{t-1}} \leftrightarrow ... \leftrightarrow x_{j_2} \leftrightarrow x_{j_1} \quad (12)$$

Таких транспозицій виконано $\left(i'-1\right)$, у результаті чого маємо $\left(i'-1\right)$ нових вершин, множину яких позначимо через $V'' = \left\{v_{\tilde{i}j'}, \tilde{i} \in J_{i'-1}\right\}$. Збільшимо j' на 1. Додамо одержані вершини до поточної множини вершин, тобто $V'_{j'} = V'_{j'-1} \cup V''$.

Крок 3. Зменшуємо i' на 1. Якщо $i' > t$, то переходимо на крок 1, інакше – генерація вершин завершена.

Визначимо суміжні вершини як такі, що з'єднують вершини, утворені транспозиціями вигляду (12), а ребра, що їх з'єднують позначимо через $\tilde{U}_s$.

Отже, грід-графом $Gr\left(X', \Upsilon\right)$ підмножини e-конфігурацій назвемо такий граф, вершини якого відповідають елементам множини $X' \subseteq X$ за умов Υ вигляду (6), для якого виконуються умови (7) – (12).

IV. Приклад побудови грід-графу множини e-конфігурацій

Нехай маємо підграф множини e-конфігурацій $\tilde{G}_{Tr}^X\left(\tilde{V},\tilde{U}\right)$, вершини якого містять 6 координат, причому $x_i \in J_6$, закріпимо останню координату – покладемо $x_6 = 4$, визначимо тип вершини для перших трьох координат $v_3^4 = \left(2,1,3\right)$, тобто $\Upsilon^* = \left\langle x_6 = 4, v_3^4 = \left(2,1,3\right)\right\rangle$, а підграф позначимо $\tilde{G}_{Tr}^X\left(\tilde{V},\tilde{U},\Upsilon^*\right)$. Координати головної вершини – $\left(2,1,3,5,6,4\right)$. Зобразимо грід-граф, що відповідає вказаним умовам на рисунку 1.

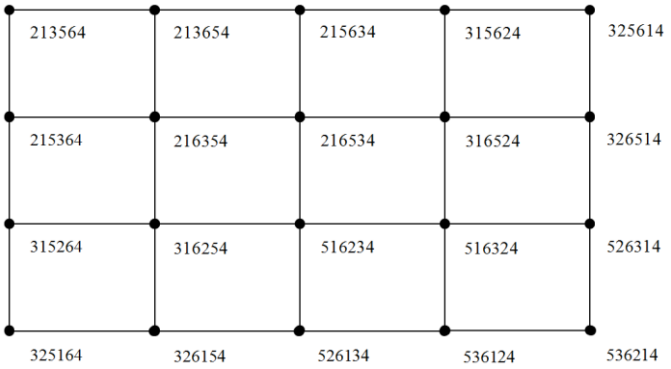


Рис. 1. Грід-граф $\tilde{G}_{Tr}^X\left(\tilde{V},\tilde{U},\Upsilon^*\right)$

V. Використання грід-графів для розв'язування задач на комбінаторних конфігураціях

Доцільність використання грід-графів при розв'язуванні задачі (3)-(5) пов'язана з тим, що більшість методів багатокритеріальної оптимізації зводяться до розв'язування низки скалярних задач, пов'язаних із аналізом поведінки функції на множині допустимих значень. За допомогою грід-графів можна проаналізувати значення лінійної функції, звузити область пошуку, визначити множину допустимих значень та ін.

Одна з властивостей грід-графів множин e-конфігурацій полягає тому, що лінійна функція із впорядкованими за зростанням коефіцієнтами спадає у напрямку транспозицій вигляду (12), що дає можливість стверджувати, що максимально свого значення вона набуває у головній вершині.

Нехай задано функцію $g\left(x\right) = \left\langle c_j x_j \right\rangle$, $j \in J_m$, для якої виконується умова $c_1 \le c_2 \le ... \le c_m$, і задане значення b. Необхідно знайти усі елементи множин e-конфігурацій, для яких $g\left(x\right) \le b$. Процес аналізу значення функції множна описати такими кроками:

Крок 1. Визначити параметри Υ розбиття множини на підмножини для побудови відповідних грід-графів. Для кожного із грід-графів виконати такі кроки.

Крок 2. Знайти значення $g(v_0)$. Якщо $g(v_0) \le b$, то усі вершини грід-графу задовольняють умові, тому необхідно перейти до розгляду наступного грід-графу, інакше – продовжити розгляд.

Крок 3. Послідовно виконуючи транспозиції вигляду (12) проводити аналіз значення функції. За умови, що у поточній вершині виконується умова $g(v') \le b$, пошук припиняється, оскільки усі наступні згенеровані вершини будуть задовольняти умові.

Описаний процес можна вдосконаленням аналізу мінімального значення функції на грід-графі, що оптимізує процес пошуку.

Методи з використанням прототипів грід-графів описані у роботах [19-20] та можуть бути вдосконалені з подальшим вивченням їх властивостей.

VI. Висновки

У статті означена векторна задача на евклідових комбінаторних конфігураціях, означено грід-граф множини e-конфігурацій, наведено приклад побудови грід-графу та означено шляхи його використання при розв'язуванні задач на комбінаторних конфігураціях. Властивості комбінаторних конфігурацій грають важливу роль при розробці методів розв'язування комбінаторних задач, тому подальші дослідження у цьому напрямку є доцільними.

Література References

[1] Sergienko I.V., Shilo V.P. Modern approaches to solving complex discrete optimization problems // Journal of Automation and Information Sciences. – 2016. – 48, №. 1. – P. 15–24.

[2] Sergienko I.V., Hulianytskyi L.F., Sirenko S.I. Classification of applied methods of combinatorial optimization //Cybernetics and Systems Analysis. – 2009. – 45, № 5. – P. 732–741.

[3] Семенова Н.В., Колєчкіна Л.М. Векторні задачі дискретної оптимізації на комбінаторних множинах: методи дослідження та розв'язання. — Київ: Наукова думка, 2009. – 266 с.

[4] Колєчкіна Л.М., Нагірна А.М. Комбінаторна математична модель багатокритеріальної оптимізації при побудові комп'ютерних мереж // Математичні машини і системи. – 2016. – № 6.– С. 26-41.

[5] Донець Г.П., Колєчкіна Л.М. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях. – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2011. – 309 с.

[6] Semenova N.V., Kolechkina L.N., Nagornay A.N. On Approach to Solving Vector Problems with Fractionally Linear Functions of the Criteria on the Combinatorial Set of Arrangements // Journal of Automation and Information Sciences. – 2010. – 42, № 2. – P. 67-80.

[7] Семенова Н. В., Колечкина Л. Н. , Нагорная А. Н. Подход к решению векторных задач дискретной оптимизации на комбинаторном множестве перестановок // Кибернетика и системный анализ – 2008. – № 3 – С. 158–172.

[8] Стоян Ю. Г., Яковлев С. В., Пичугина О. С.. Евклидовы комбинаторные конфигурации: монография. — Харьков : Константа, 2017. — 404 с.

[9] Стоян Ю. Г., Ємец О.О. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації. — Київ : Ін-т системн. дослідж. освіти, 1993. — 188 с.

[10] Korte B., Vygen J. Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms.– Berlin : Springer, 2018. – 698 p.

[11] Pardalos P.M., Du D-Z., Graham R.L. Handbook of combinatorial optimization. — New York : Springer, 2013. — 3409 p.

[12] Papadimitriou C. H., Steiglitz K. Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity. — Mineola: Dover Publications Inc., 2013. — 528 p.

[13] Stoyan Y.G., Yakovlev S.V. Configuration space of geometric objects // Cybernetics and Systems Analysis. – 2018. – 54, № 5. – P. 716-726.

[14] Pichugina O.S., Yakovlev S. V. Convex extensions and continuous functional representations in optimization, with their applications // J. Coupled Syst. Multiscale Dyn. – 2016. – 4, № 2. – P. 129-152.

[15] Донец Г.А., Колечкина Л.Н. Локализация значений линейной функции заданной на перестановках // Радиоэлектроника и информатика. – 2009. − № 1. – С. 50-61.

[16] Донец Г. А., Колечкина Л.Н. Построение гамильтонова пути в графах перестановочных многогранников // Кибернетика и системный анализ. – 2010. – № 1. – С. 10-16.

[17] Стецюк П.І., Слабоспицька О.О. Максимальні незалежні множини вершин графа та їх використання в керуванні проектами // Збірник наукових праць "Питання прикладної математики і математичного моделювання". – Киев: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Факультет комп'ютерних наук. – 2016. – Т. 7. – С. 151–162.

[18] Karin R. Saoub. A Tour through Graph Theory. – New York: Chapman and Hall/CRC, 2017. – 304 p.

[19] Koliechkina L. N., Dvirna O. A., Nagornaya A. N. Modified Coordinate Method to Solve Multicriteria Optimization Problems on Combinatorial Configurations // Cybernetics and Systems Analysis. – 2014. – 59, № 4. – P. 620–626.

[20] Koliechkina L. N., Dvirna O.A. Solving Extremum Problems with Linear Fractional Objective Functions on the Combinatorial Configuration of Permutations Under Multicriteriality // Cybernetics and Systems Analysis. – 2017. – 53, № 4. – P. 590-599.

Задача Квадратичной Оптимизации на Множестве Размещений

Алла Нагорная
Кафедра информатики
Национальный университет
“Киево-Могилянская академия”
Киев, Украина
naghirnaalla@ukr.net

Quadratic Optimization Problem on Placement Set

Alla Nahirna
Department of Informatics
National University of “Kyiv-Mohyla Academy”
Kyiv, Ukraine
naghirnaalla@ukr.net

***Аннотация* — В статье представлена математическая модель задачи оптимизации на множестве размещений с квадратичной функцией цели. Представлен алгоритм решения данного типа задач.**

***Abstract* - The article presents a mathematical model of the optimization problem on a set of placements with a quadratic target function. An algorithm for solving this type of problem is presented.**

Ключевые слова — оптимизация, математическая модель, квадратичная функция, множество размещений, опорное решение, оптимальное решение.

Key words — optimization, mathematical model, quadratic function, placement set, support solution, optimal solution.

I. Введение

Современное развитие информационных технологий позволяет использовать компьютерное моделирование реального объекта исследования и постановки вычислительных экспериментов на этой модели. Естественно полагать, что процесс компьютерного моделирования включает в себя проектирование модели и ее применение для решения задачи оптимизации и проектирования технологических процессов на производстве. Все эти проблемы чрезвычайно сложны и включают в себя многочисленные элементы, переменные, параметры, ограничения и т. д. Такие проблемы могут быть смоделированы с помощью задач комбинаторной оптимизации [1-8].

Достаточной широкий круг практических задач моделируется комбинаторными моделями [1, 2, 5, 7, 9, 10-12, 20-29]. Как результат, в последнее время появилось много работ, в которых исследуются проблемы комбинаторной оптимизации и предлагаются подходы к их решению [8, 11-35].

Следует отметить, что класс задач нелинейного программирования значительно шире линейного и большое количество вопросов, практического характера, решается при моделировании определенных процессов нелинейными функциями. Значительное внимание заслуживает квадратичная функция, которая является частным случаем нелинейной, представленной в виде суммы линейной и квадратичной функций. Некоторые практические задачи технико-экономического содержания моделируются с квадратичными целевыми функциями и значительное количество квадратичных моделей возникают как вспомогательные или промежуточные, при решении ряда задач. По этому возникает необходимость оценить существующие методы решения и создать новые алгоритмы для решения задач комбинаторной оптимизации с нелинейными целевыми функциями [28-31].

В статье представлена модель задач оптимизации на комбинаторном множестве размещений, являющаяся моделью многих прикладных задач. Предлагается алгоритм решения задачи оптимизации с квадратичной целевой функцией.

При реализации метода находится первый опорный план и осуществляется проверка возможного его улучшения за счет сформулированных неравенств, налагаемы на элементы множества размещений.

II. Математическая модель

Определение 1. Пусть задано некоторое конечное множество A из n различных элементов. Из числа n элементов выбраны различные k $(n \geq k)$. Упорядоченный

набор из k различных элементов из некоторого множества из n различных элементов, называется размещением из n элементов по k и обозначается A_n^k [6, 7, 15].

Рассмотрим оптимизационную задачу вида:

$$Z(\Phi, A_n^k) : \max\{\Phi(a) \mid a \in A \subset A_n^k\} \quad (1)$$

Где A - некоторое подмножество комбинаторного множества размещений A_n^k.

Осуществим биективное отображение множества A_n^k в пространство R^n, поставив каждому элементу $a \in A_n^k$ в соответствие вектор $x \in R^n$. Образ множества A_n^k обозначим $E_K^n \subset R^n$. В результате имеем задачу комбинаторной оптимизации в евклидовой постановке:

$$Z(F, E_n^k) : \max\{F(a) \mid X \in D \subset E_n^k\} \quad (2)$$

где $\Phi(a) = F(x)$ при $a \in A_n^k$, $x \in E_k^n$,

$$F(x) = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_i x_j \quad (3)$$

Согласно теоремы 4.8 [6] многогранник размещений $M(A_n^k)$ при $(n > k)$ комбинаторно эквивалентен перестановочному многограннику размерности k $M(P_k)$. Тогда, X – непустое множество в R^n, которое будем обозначать следующим образом: $X = vertM(A_n^k)$, $M = convP_k$.

Эквивалентность многогранников позволяет рассчитать количество транспозиций в многограннике размещений [7]:

$$C_k^2 = \frac{k(k-1)}{2} \quad (4)$$

III. Алгоритм решения комбинаторной задачи с квадратичной функцией цели на множестве размещений

Алгоритм решения состоит из двух шагов.

Шаг 1. Нахождение первого опорного решения.

На начальном этапе определяем количество транспозиций за формулой (4).

Далее для каждой транспозиции составляется квадратичная функция цели (3) в виде произведения двух сомножителей:

$$F_{ij} = (x_i - x_j)(a_{ij}x_i + a_{ij}x_j + \ldots + a_k x_k) \quad (5)$$

Тогда квадратичные функции, которые формируются при транспозиции соответствующих элементов множества размещений будут иметь вид:

$$x_1 \leftrightarrow x_i, (i = 2,\ldots,k):$$

$$x_1 \leftrightarrow x_2: \; F_{12} = (x_1 - x_2)(a_{12}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{k2}x_k);$$

$$x_1 \leftrightarrow x_3: \; F_{13} = (x_1 - x_3)(a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{13}x_3 \ldots + a_{k3}x_k);$$

… … …

$$x_1 \leftrightarrow x_k: \; F_{1k} = (x_1 - x_k)(a_{1k}x_1 + a_{2k}x_2 + \ldots + a_{1k}x_k); \quad (6)$$

… … …

$$x_2 \leftrightarrow x_k, (i = 3,\ldots,k)$$
$$F_{2k} = (x_2 - x_k)(a'_{1k}x_1 + a'_{2k}x_2 + \ldots + a'_{2k}x_k);$$

… … …

$$x_{k-1} \leftrightarrow x_k,$$
$$F_{k-1k} = (x_{k-1} - x_k)(a'_{1k-1}x_1 + a'_{2k-1}x_2 + \ldots a'_{kk-1}x_{k-1} + a'_{kk-1}x_k).$$

Естественно полагать, что единственным решением для всех сомножителей вида $(x_i - x_j)$:

$$x_1 \leftrightarrow x_k, (i = 2,..,k): \; F'_{12} = (x_1 - x_2);$$

… … …

$$x_2 \leftrightarrow x_k, (i = 3,\ldots,k): F'_{2k} = (x_2 - x_k); \quad (7)$$

… … …

$$x_{k-1} \leftrightarrow x_k, \; F'_{k-1} = (x_{k-1} - x_k).$$

квадратичных функций (6) является: $(x_1, x_2, \ldots, x_k, \ldots, x_m, \ldots, x_n)$, при условии $(x_1 > x_2 > \ldots > x_n)$. Данное решение будем называть первым опорным решением.

Далее, осуществляем проверку первого опорного решения в каждом сомножителе вида $(a_{ij}x_i + a_{ij}x_j + \ldots + a_k x_k)$ квадратичных функций (6):

$$x_1 \leftrightarrow x_2: \; F''_{12} = (a_{12}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{k2}x_k);$$

$$x_1 \leftrightarrow x_3: \; F''_{13} = (a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{13}x_3 \ldots + a_{k3}x_k);$$

… … …

$$x_1 \leftrightarrow x_k: \; F''_{1k} = (a_{1k}x_1 + a_{2k}x_2 + \ldots + a_{1k}x_k); \quad (8)$$

… … …

$$x_2 \leftrightarrow x_k, (i = 3,\ldots,k)\ F''_{2k} = (a'_{1k}x_1 + a'_{2k}x_2 + \ldots + a'_{2k}x_k);$$

… … …

$$x_{k-1} \leftrightarrow x_k,\ \ F''_{k-1k} = (a'_{1k-1}x_1 + a'_{2k-1}x_2 + \ldots a'_{kk-1}x_{k-1} + a'_{kk-1}x_k).$$

Подставляем первое опорное решение $(x_1, x_2, \ldots, x_k, \ldots, x_m, \ldots, x_n)$ в F''_{12}. Если $F''_{12} > 0$, то первое опорное решение оставляем без изменений.

В случае $F''_{12} < 0$ необходимо осуществить перестановку элементов x_k на x_m, где $x_k > x_m$, при которой функция F''_{12} возрастает. Тогда первое опорное решение будет иметь вид: $(x_1, x_2, \ldots, x_m, \ldots, x_k, \ldots, x_n)$.

Необходимо осуществит проверка всех функций (8). Если все функции выполняются, то найдено оптимальное решение.

В противном случае, на этапе не выполнения условий формируются необходимые неравенства для элементов множества размещений:

$$\begin{cases} x_1 > (<) x_2, \\ x_1 > (<) x_3, \\ \ldots \\ x_1 > (<) x_k, \\ x_2 > (<) x_3, \\ \ldots \\ x_{k-1} < (>) x_k \end{cases} \qquad (9)$$

Система (9) формулирует необходимые условия нахождения каждого элемента множества размещений в оптимальном решении.

Шаг 2. Улучшение опорного решения.

После выполнения (9), получаем первое опорное решение. Поскольку множество размещение учитывает порядок следования элементов, то следует полагать, что найденное решение может не являться оптимальным. Для проверки оптимальность необходимо осуществить перебор имеющихся элементов множества размещений в порядке возрастания точки многогранника размещений, с учетом выполнения системы (9).

Если при рассмотрении таких элементов функция цели возрастает, то необходимо осуществлять дальнейшую проверку, в противном случае, последнее найденное опорное решение будет оптимальным.

IV. Заключение

В статье рассмотрена оптимизационная задача на множестве размещений с квадратичной целевой функцией и предложен алгоритм ее решения.

Представленный алгоритм состоит из двух шагов. На первом шаге осуществляется поиск опорного решения, на основании сформированной системы для элементов множества размещений (9). Данная системы формируется с учетом построения квадратичной функции на основе транспозиций соответствующих элементов множества (6).

На втором шаге происходит поиск оптимального решения, который заключается в переборе не входящих в опорное решение элементов множества размещений, при обязательном выполнении системы (9).

Естественно полагать, что при возрастании функции цели возникает надобность в дальнейшем поиске оптимального решения, в ином случае, найдено оптимальное решение.

Дальнейшие исследования будут направлены на адаптацию данного алгоритм на других комбинаторных множествах с учетом дополнительных ограничений.

Література References

[1] Korte, B., Vygen, J.: Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms. Springer, New York (2018)

[2] Pardalos, P.M., Du, D.-Z., Graham, R.L. (Eds.).: Handbook of combinatorial optimization. Springer, New York (2013)

[3] Bernhard, K., Jens, V.: Combinatorial Optimization, Theory and Algorithms. Springer-Verlag, Berlin (2012)

[4] Karin, R., Saoub, A.: Tour through Graph Theory. Chapman and Hall/CRC, New York (2017)

[5] Berge, C.: Principes de combinatoire. Dunod, Paris (1968)

[6] Yemelichev, V.A., Kovalev, M.M., Kravtsov, M.K.: Polytopes, graphs and optimisation. Cambridge University Press, Cambridge (1984)

[7] Стоян, Ю.Г., Яковлев С.В.: Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. Нук. думка, Киев (1986)

[8] Hulianytskyi, L., Riasna, I.: Formalization and classification of combinatorial optimization problems. Springer Optimization and its Applications. 130: pp. 239-250 (2017)

[9] Yakovlev, S.V., Grebennik, I.V.: Localization of solutions of some problems of nonlinear integer optimization. Cybernetics and Systems Analysis. 29(5): pp. 727-734 (1993)

[10] Schrijver, A.: Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency. Springer Science & Business Media, Berlin (2012)

[11] Balakrishnan, R., Sridharan, S.: Foundations of Discrete Mathematics with Algorithms and Programming. Chapman and Hall/CRC, New York (2018)

[12] Bona, M.: Combinatorics of Permutations, Second Edition. Chapman and Hall/CRC, New York (2012)

[13] Shor, N.Z., Stetsyuk, P.I.: Modified r-algorithm to find the global minimum of polynomial functions Cybernetics and Systems Analysis. 33(4): pp.482-497 (1997)

[14] Emets, O.A., Koliechkina, L. N.: Solution of optimization problems with fractional-linear objective functions and additional linear constraints on permutations. Cybernetics and Systems Analysis. 40(3): pp. 329-339 (2004)

[15] Donec, G. A., Kolechkina, L. M.: Method of ordering the values of a linear function on a set of permutations. Cybernetics and Systems Analysis. 45(2): 204-213 (2009)

[16] Sergienko, I.V., Volkovich, O.V., Roshchin, V.A.: Models and methods of solution of quadratic integer programming problems. Cybernetics. 23(3): 289-305 (1987)

[17] Semenova, N.V., Kolechkina, L.N., Nagornaya, A.N.: On Approach to Solving Vector Problems with Fractionally Linear Functions of the Criteria on the Combinatorial Set of Arrangements. Journal of Automation and Information Sciences. 42(1): pp. 67-80 (2010)

[18] Yakovlev, S.V.: The theory of convex continuations of functions on vertices of convex polygons. Computational Mathematics and Mathematical Physics. 34: pp. 959-965 (1994)

[19] Yakovlev, S.: Convex extensions in combinatorial optimization and their applications. Springer Optimization and its Applications. 130: pp. 567-584 (2017)

[20] Yakovlev, S.V.: Bounds on the minimum of convex functions on Euclidean combinatorial sets. Cybernetics. 25(3): pp. 385-391 (1989)

[21] Pichugina, O.S., Yakovlev, S.V.: Continuous representations and functional extensions in combinatorial optimization. Cybernetics and Systems Analysis. 52(6): pp. 921-930 (2016)

[22] Yakovlev, S.V.: The method of artificial space dilation in problems of optimal packing of geometric objects. Cybernetics and Systems Analysis. 53(5): pp. 725-732 (2017)

[23] Stoyan, Y.G., Yakovlev, S.V.: Configuration space of geometric objects. Cybernetics and Systems Analysis. 54(5): 716-726 (2018)

[24] Yakovlev, S.V.: On some classes of spatial configurations of geometric objects and their formalization. Journal of Autom and Information Sciences . 50(9): 38-50 (2018)

[25] Stoyan, Yu.G., Sokolovskii, V.Z., Yakovlev, S.V.: Method of balancing rotating discretely distributed masses. Energomashinostroenie. 2: pp. 4-5 (1982)

[26] Stoyan, Y., Romanova, T., Pankratov, A., Kovalenko, A., Stetsyuk, P.: Balance layout problems: mathematical modeling and nonlinear optimization. Springer Optimization and its Applications. vol. 114, pp. 369-400 (2016)

[27] Gulianitsky, L.F. Sergienko, I.V.: Meta-evolutionary method of deformed polyhedron in combinatorial optimization. Cybernetics and system analysis. 44(6): pp. 70-79 (2007)

[28] Stoyan, Y.G., Yakovlev, S.V., Parshin, O.V.: Quadratic optimization on combinatorial sets in Rn. Cybernetics and Systems Analysis. 27(4): pp. 561–567 (1991)

[29] Yakovlev, S.V., Valuiskaya, O.A.: Optimization of linear functions at the vertices of a permutation polyhedron with additional linear constraints. Ukrainian Mathematical Journal. 53(9): pp. 1535-1545 (2001)

[30] Pichugina, O.S., Yakovlev, S.V.: Functional and analytic representations of the general permutations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 1(4): pp. 27-38 (2016)

[31] Pichugina, O., Yakovlev, S.: Convex extensions and continuous functional representations in optimization, with their applications. Journal of Coupled Systems and Multiscale Dynamics. 4(2): pp. 129–152 (2016)

[32] Yakovlev, S.V., Pichugina, O.S.: Properties of combinatorial optimization problems over polyhedral-spherical sets. Cybernetics and Systems Analysis. 54(1): pp. 99-109 (2018)

[33] Koliechkina, L. N., Dvirna, O. A., Nagornaya, A. N.: Modified Coordinate Method to Solve Multicriteria Optimization Problems on Combinatorial Configurations. Cybernetics and Systems Analysis. 59(4): pp. 620-626 (2014)

[34] Koliechkina, L. N., Dvirna, O. A.: Solving Extremum Problems with Linear Fractional Objective Functions on the Combinatorial Configuration of Permutations Under Multicriteriality. Cybernetics and Systems Analysis. 53(4): pp. 590-599 (2017)

[35] Kolechkina, L. M., Dvirna, O. A.: Solving extremum problems with linear fractional objective functions on the combinatorial configuration of permutations under multicriteriality. Cybernetics and Systems Analysis. 53(4): pp. 590-599 (2017)

Вплив Властивостей Геометрії Області на Генерацію Сітки

Лариса Халанчук
кафедра вищої математики і фізики
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Мелітополь, Україна
larisavh2201@gmail.com

Сергій Чопоров
кафедра програмної інженерії
Запорізький національний університет
Запоріжжя, Україна
s.choporoff@znu.edu.ua

Influence of Area Geometry Properties on Grid Generation

Larysa Khalanchuk
dept. of Further Mathematics and Physics
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University
Melitopol, Ukraine
larisavh2201@gmail.com

Serhii Choporov
dept. of Software Engineering
Zaporizhzhya National University
Zaporizhzhya, Ukraine
s.choporoff@znu.edu.ua

***Анотація* — Даний рукопис є результатом дослідження генерації структурованих дискретних моделей (сіток) для розв'язку крайових задач на прикладі еліптичного диференціального рівняння Пуассона. Розглянуто властивості сіток та вимоги до програм їхньої генерації. Чисельний розв'язок рівняння Пуассона виконано методом Зейделя на чотирикутній області для двох варіантів початкової сітки. Емпіричним методом було підтверджено вплив опуклості та вгнутості області на згущення комірок сітки та досліджено цей вплив на швидкість утворення сітки і залежність цієї швидкості від початкового вигляду сітки. Комп'ютерне моделювання проводилось на базі пакету програм Scilab.**

***Abstract* — This manuscript is the result of a study of the generation of structured discrete models for the solution of boundary value problems using the Poisson elliptic differential equation. The properties of the grids and the requirements for their generation programs are considered. The numerical solution of the Poisson equation is made by the Seidel method on a quadrilateral region for two variants of the initial grid. The effect of convexity and concavity of the area on the thickening of the grid cells was confirmed by empirical method and the effect on the velocity of the grid formation and the dependence of this velocity on the initial appearance of the grid was investigated. Computer simulation was based on the Scilab software package.**

Ключові слова — структурована дискретна модель; сітка; рівняння Пуассона; опуклість; вгнутість; трансфінітна інтерполяція; рівномірна сітка; чисельний розв'язок; метод Зейделя; комп'ютерне моделювання

Keywords — structured discrete model; grid; the Poisson equation; convexity; concavity; transfinite interpolation; uniform grid; numerical solution; the Seidel method; computer simulation

I. Вступ

Розв'язування багатьох прикладних задач виконується за допомогою чисельних алгоритмів, найбільш поширені серед них використовують ідею розбиття області, в якій досліджуються деякі процеси, на дуже маленькі стандартні комірки (криволінійні трикутники, чотирикутники, тетраедри, призми і т. ін.). Сукупність таких комірок утворює структуровану дискретну модель (сітку), а їхні вершини – вузли сітки. Комірки сітки та їх вузли дискретно моделюють геометрію досліджуваної області і є основою, на якій відбувається заміна математичних моделей досліджуваних процесів на систему алгебраїчних рівнянь. Чисельний розв'язок цих рівнянь дає наближене значення необхідних характеристик досліджуваних явищ.

Одним з найважливіших етапів обчислювальних методів є створення алгоритмів, що дискретно моделюють фізичні закони у вузлах та комірках сітки. Об'єктами застосування таких методів є задачі з простими областями, де різницева сітка може бути отримана у явному вигляді аналітично за допомогою трансфінітної інтерполяції.

При розв'язках задач в складних областях зі складною конфігурацією зон особливостей фізичних величин найбільш складним є етап побудови сіток, які повинні адаптуватися до межі області розрахунків і до особливостей розв'язків задачі. Наприклад, комірки сітки не повинні сильно деформуватися, але водночас повинні

згущуватися в зонах швидких змін характеристик досліджуваних явищ. Побудову таких сіток можливо виконати за допомогою еліптичних, варіаційних та неструктурованих методів. При цьому налагодження сучасних програм побудови сіток може займати декілька тижнів, а час розрахунку самої сітки можна порівняти з часом розрахунку задачі. Тому поруч з чисельним алгоритмом не менш важливим елементом обчислювального процесу є технологія побудови сіток, за допомогою якої можна більш успішно та економічно розв'язувати прикладні задачі. Тому дослідження з проблеми створення універсальних технологій генерації сіток є одними з найбільш пріоритетних і затребуваних в сучасній прикладній математиці, оскільки на їх основі можуть бути розроблені автоматизовані уніфіковані комп'ютерні програми побудови сіток, які будуть допомагати при розв'язанні актуальних прикладних задач. Ці програми також актуальні для впровадження в науково-дослідницьких організаціях, фірмах, корпораціях і закладах вищої освіти, що займаються розробкою передових технологій на основі чисельних розрахунків рівнянь, що описують фізичні, хімічні та біологічні процеси [1].

Розробкою технологій і комп'ютерних програм автоматичної побудови сіток найбільш активно почали займатися в університетах США ще з початку 90-х років [2] в рамках глобальної національної ініціативи зі створення потужних комп'ютерних центрів і автоматизованих комп'ютерних технологій чисельного розв'язку прикладних задач [3]. Ці технології ґрунтуються на чисельному розв'язанні звернених рівнянь Пуассона для генерації структурованих сіток та на фронтальному і Делоне методах для неструктурованих сіток. Огляд сучасних методів генерації структурованих дискретних моделей (сіток) для розв'язку крайових задач було виконано в праці [4].

II. Основна частина

- Основними властивостями сіток, що враховуються в прикладних задачах і повинні бути реалізовані в технологіях їх побудови, є:

  - Регулярність (наближеність до ортогональності ліній сітки, невиродженість і мала деформація);
  - Гладкість (малі відмінності за формою та розмірами сусідніх комірок);
  - Згущення вузлів і комірок сітки в зонах великих змін функції;
  - Згущення вузлів в зонах необхідних значень функції (зони більших похибок апроксимації чи інтерполяції);
  - Узгодженість граней комірок з векторними полями.

Природніми вимогами ефективності, що пред'являються до комп'ютерних програм побудови сіток, є наступні:

- Надійність (простота, зручність);
- Універсальність (реалізація всіх необхідних властивостей сіток, можливість бистрої та уніфікованої їх побудови для най різноманітних додатків в досліджуваних областях);
- Автоматизація (мінімальне використання ручної праці при налагодженні програм побудови сіток, якщо виникає необхідність перейти до нової області чи задачі);
- Інваріантність (забезпечення незалежності розподілу вузлів сіток від параметризації фізичної геометрії).

Щоб забезпечити вищеперераховані вимоги до програм та якості сіток, необхідна ефективна базисна математична модель, яка дозволила б уніфіковано забезпечити індивідуальні та збалансовані властивості сіток.

Для побудови сіток в фізичній геометрії з довільною межею широке застосування отримали диференціальні методи, що ґрунтуються на розв'язанні еліптичних та параболічних рівнянь. Такі рівняння мають багато переваг, а саме:

- Вони дозволяють отримати гладкі сітки;
- Вони враховують розподіл вузлів сітки на межі фізичної геометрії, не розповсюджують всередину особливості на межі;
- Для них існує менша небезпека перехрещення комірок сітки;
- Їх можна ефективно розв'язувати різними існуючими методами.

Застосування параболічних та еліптичних систем дозволяє отримувати близькі до ортогональних лінії. Еліптичні рівняння також використовуються для згладжування неструктурованих сіток або сіток, що отримані алгебраїчними чи гіперболічними методами.

Найбільш відомими еліптичними рівняннями є узагальнені рівняння Пуассона.

У найпростішому двовимірному випадку використовується рівняння Пуассона у вигляді системи

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} = P(\xi, \eta), \\ \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} = Q(\xi, \eta), \end{cases}$$

де P і Q – деякі функції, що використовуються для контролю згущення внутрішніх точок сітки. Розв'язок цієї системи в розрахунковій області системи координат (ξ,η) отримує вигляд

$$g_{22}\frac{\partial^2 x}{\partial \xi^2} - 2g_{12}\frac{\partial^2 x}{\partial \xi \partial \eta} + g_{11}\frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2} + g\left(P\frac{\partial x}{\partial \xi} + Q\frac{\partial x}{\partial \eta}\right) = 0,$$

$$g_{22}\frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2} - 2g_{12}\frac{\partial^2 y}{\partial \xi \partial \eta} + g_{11}\frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2} + g\left(P\frac{\partial y}{\partial \xi} + Q\frac{\partial y}{\partial \eta}\right) = 0,$$

де

$$g_{11} = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \xi}\right)^2, \qquad g_{12} = \frac{\partial x}{\partial \xi}\frac{\partial x}{\partial \eta} + \frac{\partial y}{\partial \xi}\frac{\partial y}{\partial \eta},$$

$$g_{22} = \left(\frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \eta}\right)^2, \qquad g = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi}\frac{\partial y}{\partial \eta} - \frac{\partial y}{\partial \xi}\frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2.$$

У загальному випадку вказані рівняння розв'язуються чисельно, використовуючи, наприклад, різницеві схеми.

Для розв'язання диференціального рівняння за допомогою різницевих схем можна використовувати методи простих ітерацій, Зейделя тощо, враховуючи, що вказані рівняння не є лінійними. Оскільки метод Зейделя має кращу збіжність відносно простих ітерацій, тому для досліджень було обрано метод Зейделя.

Можливими способами побудови початкової дискретної моделі є, наприклад, рівномірна сітка та сітка, отримана в результаті трансфінітної інтерполяції.

Раніше було вивчено [1], що опуклість і вгнутість досліджуваної області впливають на згущення комірок сітки, а саме: вузли сітки, що побудовано на двовимірній поверхні, мають згущення біля вгнутої частини межі області і розріджуються біля опуклої частини межі, причому опуклість та вгнутість розуміють в сенсі геометрії поверхні.

Постає питання: чи може опуклість чи вгнутість поверхні впливати на інші особливості під час генерації сітки? Для відповіді на це питання було проведено емпіричне дослідження.

Побудова сітки виконана на чотирикутній області, в якій дві протилежні сторони були прямими, а дві інші визначалися кривими Безьє. Було змодельовано 11 різних випадків, які відрізнялися властивостями форми області (опуклість, угнутість), для кожного з яких досліджено по 5 різних випадків кількості точок розбиття *N*.

Критерієм вибору оптимального розбиття була швидкість збіжності методу за умови квадратичного відхилення по x і y не більшого, ніж 0,001.

При дослідженні для опуклої області було згенеровано сітку (Рис. 1) та отримано дані про кількість кроків циклу (Табл. I) для побудови цієї сітки, якщо початкову сітку було зроблено за допомогою рівномірного розбиття та трансфінітної інтерполяції. Це дало змогу порівняти вплив початкового вибору сітки на швидкість генерації результативної сітки за вказаними умовами збіжності.

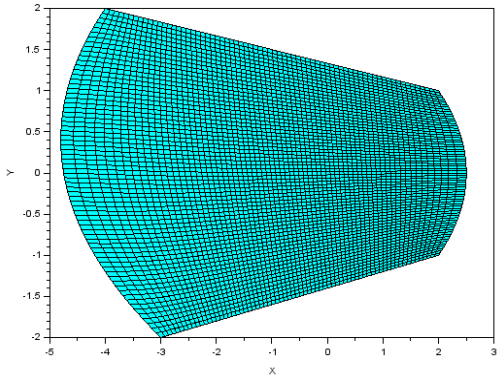


Рис. 1. Результат генерації сітки для опуклої області

ТАБЛИЦЯ I. КІЛЬКІСТЬ КРОКІВ ЦИКЛУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ СІТКИ ОПУКЛОЇ ОБЛАСТІ, КОЖНА СТОРОНА ЯКОЇ РОЗДІЛЕНА НА N ТОЧОК

N	Рівномірне розбиття	Трансфінітна інтерполяція
31	472	639
41	768	1045
51	1113	1524
61	1503	2068
71	1932	2670

Аналогічні дослідження (Табл. II) були проведені для вгнутої області (Рис. 2).

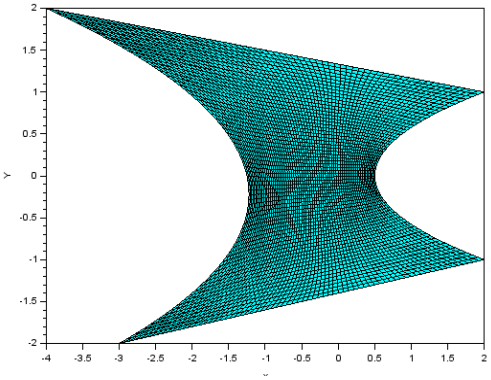


Рис. 2. Результат генерації сітки для вгнутої області

ТАБЛИЦЯ II. КІЛЬКІСТЬ КРОКІВ ЦИКЛУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ СІТКИ ВГНУТОЇ ОБЛАСТІ, КОЖНА СТОРОНА ЯКОЇ РОЗДІЛЕНА НА N ТОЧОК

N	Рівномірне розбиття	Трансфінітна інтерполяція
31	368	184
41	622	287
51	932	403
61	1292	532
71	1700	672

Також була розглянута область, де одна сторона була опуклою, а інша вгнутою (Рис. 3). Результати наведені в табл. III.

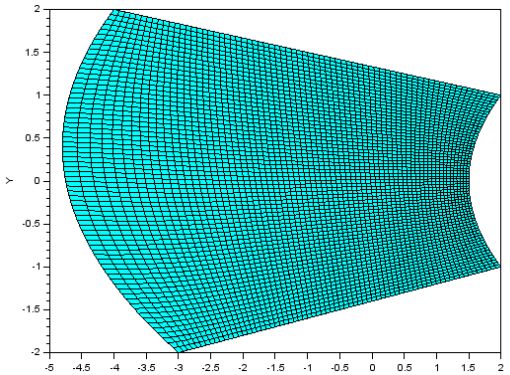


Рис. 3. Результат генерації сітки для області, що має опуклу та ввігнуту сторони

ТАБЛИЦЯ III. КІЛЬКІСТЬ КРОКІВ ЦИКЛУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ СІТКИ ОПУКЛОЇ ТА ВГНУТОЇ ОБЛАСТІ, КОЖНА СТОРОНА ЯКОЇ РОЗДІЛЕНА НА N ТОЧОК

N	Рівномірне розбиття	Трансфінітна інтерполяція
31	541	804
41	872	1336
51	1254	1973
61	1679	2707
71	2140	3530

Реалізація розв’язку на базі скінченних різниць методу простих ітерацій виконана за допомогою пакету програм Scilab.

III. Висновки

Емпіричне дослідження дозволило зробити висновок, що вибір початкової моделі залежить від форми області: рівномірна сітка є кращою для опуклої, а трансфінітна інтерполяція – для вгнутої областей, за наявності однієї опуклої та однієї вгнутої сторони перевагу отримала рівномірна сітка.

Аналізуючи дані кількості кроків циклу для отримання сітки (Табл. I, Табл. II, Табл. III), можна зробити висновок про швидкість побудови сітки, яка залежить від форми області, але є спільною для двох запропонованих початкових сіток (рівномірна та побудована за допомогою трансфінітної інтерполяції): найшвидшою була побудова для вгнутої області, повільнішою для опуклої, найповільнішою для комбінованого варіанту.

Наочним є підтвердження (Рис. 1, Рис. 2, Рис. 3) властивості згущення сітки у вгнутій частині області та розрідження в опуклій частині.

Отримані результати можна використовувати при комп’ютерній автоматизації побудови структурованих дискретних моделей (сіток) для розв’язання крайових задач з урахуванням властивостей геометрії досліджуваної області.

Література References

[1] В. Д. Лисейкин. Разностные сетки. Теория и приложения. Монография. Новосибирск, 2014.

[2] J. F. Tompson. A reflection on grid generation in the 90s: trends, needs influences: Numerical Grid Generation in CFD. Mississippi State University, 1996. Vol. 1, pp 1029-1110.

[3] H. J. Raveche, D. H. Lawrie, A. M. Despain. A National Computing Initiative. SIAM. Philadelphia, 1987.

[4] Khalanchuk L.V., Choporov S.V. Review of discrete models of geometric objects generation methods. Visnyk of Zaporizhzhya National University. Physical and Mathematical Sciences. Zaporizhzhya: ZNU. №1. pp. 139-152. 2018.

Модель Прогнозування Напружено-Деформованого Стану Прямокутної Пластини з Круглим Вирізом

Сегій Чопоров
кафедра програмної інженерії
Запорізький національний університет
Запоріжжя, Україна
s.choporoff@znu.edu.ua

Андрій Лісняк
кафедра програмної інженерії
Запорізький національний університет
Запоріжжя, Україна
andrey.lisnyak@gmail.com

Оксана Чопорова
кафедра програмної інженерії
Запорізький національний університет
Запоріжжя, Україна
o.choporova@gmail.com

Model for Marking Predictions of the Stress-Strain State of a Rectangular Plate with a Circular Cut Out

Serhii Choporov
dept. of Software Engineering
Zaporizhzhja National University
Zaporizhzhia, Ukraine
s.choporoff@znu.edu.ua

Andrey Lisnyak
dept. of Software Engineering
Zaporizhzhja National University
Zaporizhzhia, Ukraine
andrey.lisnyak@gmail.com

Oksana Choporova
dept. of Software Engineering
Zaporizhzhja National University
Zaporizhzhia, Ukraine
o.choporova@gmail.com

***Анотація*—Метою роботи є дослідження особливостей використання методів машинного навчання для прогнозування напружено-деформованого стану прямокутної пластинки з круглим вирізом. Для машинного навчання використано методи бібліотек мови програмування Python: sklearn і Keras. Побудовано моделі навчання на базі штучних нейронних мереж.**

***Abstract*— This article is devoted to prediction the stress-strain state of a rectangular plate with a circular cut out using machine learning. The article shows how to use machine learning calculate for square isotropic plate with circular cut out. The dataset has been generated using the analytical formula and the finite element model.**

Ключові слова— машинне навчання, штучна нейронна мережа, напружено-деформований стан, пластинка, прогнозування.

Keywords— machine learning, artificial neural network, stress-strain state, plate, prediction.

I. Вступ

Потреба у дослідженні поведінки інженерних конструкцій виникає у різноманітних галузях, таких як будівництво, автомобілебудування, ракетобудування, тощо. Натурні експерименти є вартісними та трудомісткими. Водночас машинне навчання дозволяє отримати моделі для миттєвої (відносно, наприклад, методу скінченних елементів) оцінки параметрів стану об'єкта. Отже, розробка методів машинного навчання для прогнозування поведінки інженерних конструкцій є актуальною.

Автоматизоване проектування об'єктів сучасної техніки пов'язане з необхідністю швидкого прогнозування їх стану або поведінки у залежності від геометричних і/або фізико-механічних параметрів. Класичні методи математичного моделювання дозволяють роботи такі прогнози з необхідною точністю. Проте підготовка адекватних математичних моделей та проведення відповідних обчислювальних експериментів можуть бути тривалими за часом. Можливою альтернативою є розробка методів і моделей машинного навчання, які дозволять робити швидкі оцінки необхідних параметрів стану об'єкту. Методи машинного навчання дозволяють адаптувати свою структуру шляхом обробки вибірки даних. Вони дозволяють розширити можливості математичного моделювання за допомогою врахування результатів обчислювальних і натурних експериментів. З практичної точки зору моделі машинного навчання для прогнозування значень параметрів стану конструкції

можуть слугувати як інтерактивні асистенти у процесі проектування.

У авіаційні техніці та кораблебудуванні поширене використання призматичних тіл з отвором, у яких один розмір (товщина) значно менший інших двох. Такі тіла можна моделювати пластинами. Моделі, засновані на мережах штучних нейронів повинні враховувати геометричні та фізико-механічні параметри тіла, а також умови закріплення його граней.

II. Аналіз стану проблеми

Останнім часом зі зростанням популярності штучних нейронних мереж збільшується кількість досліджень щодо розробки моделей та застосування їх можливостей у задачах механіки деформованого твердого тіла. Наприклад, у роботі [2] для навчання нейронної мережі прогнозувати можливі зони руйнування балок використано дані 64 обчислювальних експериментів та 3 натурних. У роботі [3] розглянуто нейрону мережу, яка базується на фільтрі Калмана (англ. Kalman filter), для прогнозування руйнування швидкісної дороги на мосту шляхом обробки даних про температуру та коливання. У роботі [4] для прогнозування руйнування за даними про вібрації розроблено модель на основі самоорганізаційної карти Кохонена (англ. Self-organizing map).

У роботі [5] досліджено можливості нейронних мереж для прогнозування максимальних переміщень у залізничних балках. Модель нейронної мережі побудовано як функцію двох змінних: фрикційного параметру та швидкості навантаження. Для навчання використано 663 точки, що дозволило отримати максимальну похибку відносно скінченно-елементної моделі у 5,4%.

У роботі [6] досліджено модель нейронної мережі для прогнозування критичного навантаження (у контексті втрати стійкості) двотаврової балки з отворами. Розроблена модель враховує сім геометричних параметрів і дозволяє обчислити критичне навантаження з точністю у межах від 3,7% до 0,4% за час, менший однієї мілісекунди.

Розроблено у роботі [8] покроковий алгоритм донавчання нейронної моделі, який дозволяє розв'язувати задачі динаміки будівельних конструкцій. Алгоритм дозволяє прогнозувати напружено-деформований стан конструкції, яка знаходиться під дією тривалого або короткочасного навантаження.

У роботі [9] для оптимального проектування будівельних конструкцій використовують генетичні алгоритми. У роботі [10] запропоновано метод розв'язання нелінійних крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку, який застосовує генетичні алгоритми для знаходження оптимальних значень параметрів наближених розв'язань. Проте його практичне застосування пов'язане з необхідністю емпіричного підбору деяких параметрів та великою кількістю ітерацій для отримання прийнятного результату.

Отже, аналіз останніх досліджень і публікацій дозволяє зробити висновок про актуальність розробки моделей на базі нейронних мереж для прогнозування напружено-деформованого стану. Можливості нейронних мереж для прогнозування стану оболонкових конструкцій потребують дослідження.

III. Мета дослідження

Мета дослідження – розробка моделі прогнозування напружено-деформованого стану прямокутної ізотропної пластини з круглим вирізом. Пластина має такі параметри: ширину *width*, висоту *height*, радіус круглого вирізу *r*, з центром кола (x_0, y_0), рівномірною товщиною *h*, модулем Юнга *E*, відношенням Пуассона *v*. Пластина навантажена поперечно розподіленим навантаженням *q* на одиницю площі. На краях пластини можлива довільна комбінація таких крайових умов: затиснення (заборонені переміщення та обертання), шарнірне закріплення (заборонені переміщення, обертання дозволені) або вільні. Можлива будь-яка комбінація граничних умов, виключаючи ситуації, які можуть обумовлювати відсутність розв'язку: з чотирма вільними ребрами або одним шарнірно закріпленим ребром та трьома вільними ребрами.

IV. Модель прогнозування напружено-деформованого стану пластинки з круглим вирізом

Для побудови моделі прогнозування прогину квадратної пластини з круглим вирізом необхідно розділити вхідні данні на дві частини – числові дані та дані категорій. До числових даних відноситься 9 параметрів пластини, що генеруються випадковим чином з наступними обмеженнями:

- $width \in [0.1; 10]$ (м);
- $height \in [0.1; 10]$ (м);
- $r \in [3s; 12a-3s]$ (м), де s – розмір фонової комірки у сітці (для рівномірної сітки можна вважати s = max(width, height) / n, де n^2 кількість комірок), a = min(width, height);
- $x_0 \in [0; 1/2a-r-3s]$ (м);
- $y_0 \in [0; 1/2a-r-3s]$ (м);
- $h \in [1/80a; 1/5a]$ (meters);
- $E \in [50000; 300000]$ (МПа);
- $\nu \in [0; 0,45]$
- $q \in [0.01; 0.1]$ (МПа).

Дані категорій – всі можливі поєднання граничних умов, що також генеруються випадковим чином, в даному випадку їх буде 75. Можлива будь-яка комбінація граничних умов, виключаючи ситуації з чотирма вільними ребрами або одним підтримуваним ребром та трьома вільними. Позначимо граничні умови на краю $x=-width/2$ як c_0, на краю $y=-height/2$ як c_1, на краю $x=width/2$ як c_2 та на краю $y=height/2$ як c_3. Якщо ми також позначимо вільний край на 0, підтримуваний край на 1, затиснутий край на 2, то отримаємо таке обмеження: $c1+c2+c3+c4 \geq 2$.

Для прогнозування поведінки пластинки розроблено модель, яка має декілька шарів нейронів. По-перше, шари вхідних нейронів (окремо для числових параметрів і умов закріплення). Нейрони вхідних шарів поєднується з прихованим шаром нейронів. Далі зовнішній шар нейронів з лінійною функцією активації формує регресійну оцінку вектору, що описує напружено-деформований стан пластинки.

Процес навчання здійснюється на навчальній вибірці, що складається з 2000 епох. Навчальна вибірка включає вхідні значення і відповідні їм вихідні значення набору даних. У процесі навчання нейронна мережа знаходить залежності вихідних полів від вхідних.

Необхідною умовою в процесі навчання є чистка даних, тобто потрібно виключити всі неіснуючі варіанти. Чистку даних робимо за такими умовами: *1.0E-5 < data.w_max, data.w_max < 0.1 * data.h.*

У результаті обробки даних середня похибка складає 20% для навчальної множини значень і 30% для тестової множини (рис. 1, 2). Можливим способом підвищення точності результатів є збільшення розміру навчальної вибірки.

V. Висновки

Отже, основним результатом дослідження є модель мережі штучних нейронів для прогнозування напружено-деформованого стану прямокутної пластини з круглим отвором. Перевагою розробленої моделі є можливість швидкої оцінки параметрів стану пластинки. Передумовою такої оцінки є навчання на моделі на підготовлених даних. У результаті дослідження виявлено, що у результаті 2000 епох навчання, середня похибка становить 30%, а подальше збільшення кількості епох не зменшує похибку суттєво. Перспективи подальших дослідження пов'язані з визначення оптимального розміру навчальної вибірки, а також параметрів моделі.

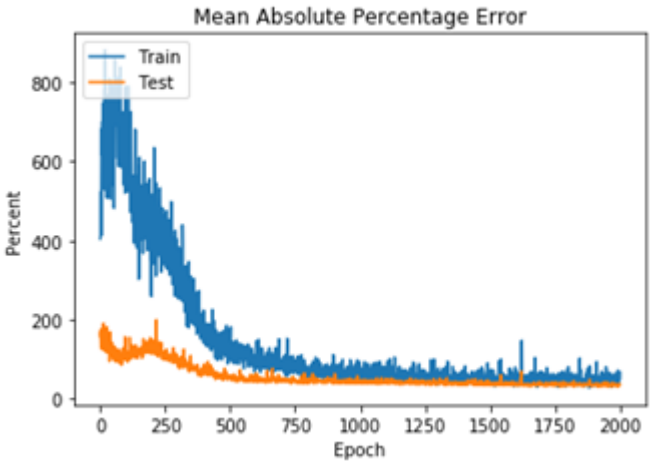


Рис. 1. Середня абсолютна відсоткова похибка

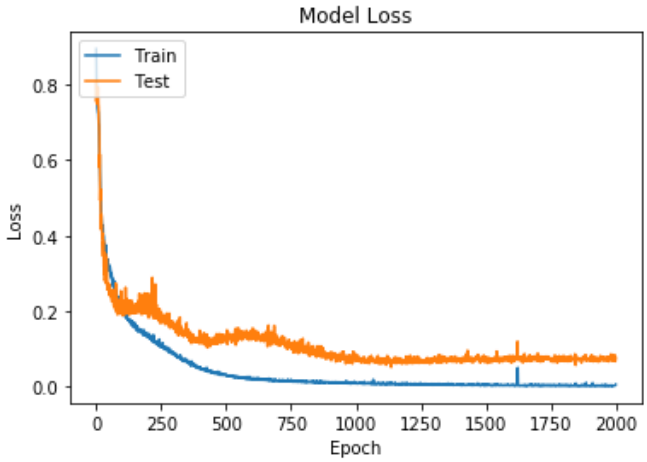


Рис. 2. Середнє квадратичне відхилення

Література References

[1] Abambres M., Marcy M., Doz G. Potential of Neural Networks for Structural Damage Localization // engrXiv. 2018. [Online] Available: https://engrxiv.org/rghpf. DOI: 10.31224/osf.io/rghpf.

[2] Damage detection of a highway bridge under severe temperature changes using extended Kalman filter trained neural network / C. Jin, S. Jang, X. Sun [et. al] // Journal of Civil Structural Health Monitoring. 2016. Vol. 6, Iss. 3, P. 545–560.

[3] Onur Avci P. O., Abdeljaber A. O. Self-Organizing Maps for Structural Damage Detection: A Novel Unsupervised Vibration-Based Algorithm // Journal of Performance of Constructed Facilities. 2016. Vol. 30, Iss. 3. P. 1–11.

[4] Potential of neural networks for maximum displacement predictions in railway beams on frictionally damped foundations / M. Abambres, R. Corrêa, A. P. da Costa, F. Simões // engrXiv. 2019.[Online] Available: https://engrxiv.org/m3b7j. DOI: 10.31224/osf.io/m3b7j

[5] Neural Network-based formula for the buckling load prediction of I-section cellular steel beams / M. Abambres, K. Rajana, K. Tsavdaridis, T. Ribeiro // engrXiv. 2018. [Online] Available: https://engrxiv.org/wg7hd. DOI: 10.31224/osf.io/wg7hd

[6] D. Zelentsov, Neyronnyie seti kak sredstvo povyisheniya tochnosti i effektivnosti resheniya zadach optimizatsii, in *Kompiuterne modeliuvannia: analiz, upravlinnia optymizatsiia*. 2018. № 2. С. 18–26.

[7] O. Maksimova, Razvitie i primenenie neyrosetevyih tehnologiy dlya zadach mehaniki i stroitelnyih konstruktsiy in *Vestnik IrGTU*. 2013. № 8 (79). С. 81–88.

[8] R. Lesovik, Optimalnoe proektirovanie stroitelnyih konstruktsiy na osnove geneticheskogo algoritma in *Stroitelnaya mehanika inzhenernyih konstruktsiy i sooruzheniy*. 2010. С. 20–24.

[9] L. Vakal, Henetychni alhorytmy yak instrument rozviazannia neliniinykh kraiovykh zadach in *Kompiuterni zasoby, merezhi ta systemy*. 2015. № 14. С. 16–23.

[10] D. Kingma, J. Ba, Adam: A Method for Stochastic Optimization in *arXiv*. 2014. [Online] Available: https://arxiv.org/abs/1412.6980

[11] K. Du, M. Swamy Neural Networks and Statistical Learning. London: Springer, 2014. DOI: 10.1007/978-1-4471-5571-3

Структурные Модели Бизнес-Процесса и Бизнес-Операции

Ирина Оксанич
Кафедра автоматизации и информационных систем
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
Кременчуг, Украина
oksirena2017@gmail.com

Игорь Шевченко
Кафедра автоматизации и информационных систем
Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
Кременчуг, Украина
ius.shevchenko@gmail.com

Structural Models of a Business Process and Business Operations

Iryna Oksanych
Department of Automation and Information Systems
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
Kremenchuk, Ukraine
oksirena2017@gmail.com

Igor Shevchenko
Department of Automation and Information Systems
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
Kremenchuk, Ukraine
ius.shevchenko@gmail.com

***Аннотаци*—Предложено формальное описание, отображающее логические связи множества бизнес-процессов и множества бизнес-операций в операционном пространстве организационно-технической системы.**

***Abstract*—A formal description is proposed that displays the logical connections of many business processes and many business operations in the operational space of the organizational and technical system.**

Ключевые слова—бизнес-процесс, бизнес-операция, операционное пространство, информационная модель.

Keywords—business process, business operation, operating space, information model.

I. Введение

Автоматизация бизнес-процессов в организационно-технических системах (ОТС), где происходит совместное выполнение бизнес-операций человеком-оператором и b-агентом (ботом), вызывает проблему моделирования операционного пространства, в котором сочетаются бизнес-процессы (БП), бизнес-операции (БО) и автоматизированные рабочие места (АРМ). Моделирование БП обычно проводится при помощи известных графических нотаций, таких как DFD, IDEF0, IDEF3 [1]. Эти методологии ориентированы на аналитиков, работающих над реинжинирингом БП. Широко распространена также методология ARIS – продукт компании IDS Scheer для моделирования бизнес-процессов [2]. В методологии ARIS для описания бизнес-процессов используется большое количество типов графических моделей, каждая из которых описывает тот или иной аспект. Нужно упомянуть также язык BPEL (Business Process Execution Language) – язык на основе XML для формального описания бизнес-процессов и протоколов их взаимодействия между собой [3]. BPEL расширяет модель взаимодействия веб-служб и включает в эту модель поддержку транзакций. Перечисленные нотации не соответствует требованиям математической формализации, необходимой для строгого описания операционного пространства ОТС.

II. Теоретико-множественная модель бизнес-процесса и бизнес-операции

Будем полагать, что операционное пространство БП содержит установленный набор классов БО – C^{BP}_{BO}. Атрибутами каждого БП являются: граф выполнения БП – G_{BP}, регламенты выполнения БП – SO_{BP}, квалиметрическая модель – QM_{BP}, включающая требования по качеству, количеству и срокам выдачи продукта, а также цена задержки выполнения БП – CD_{BP}, устанавливаемая экспертным методом. С учетом сказанного, модель БП опишем кортежом

$$BP = < C^{BP}_{BO}, G_{BP}, SO_{BP}, QM_{BP}, CD_{BP} >. \quad (1)$$

В свою очередь модель БО представлена выражением:

$$BO=<C_{BO},CodeBO,R_{BO},MO_{BO},S_{MO},CA_{BO},KB_{BO},TO_{BO},$$

$$V_{BO},Q_{BO},CD_{BO}>, \quad (2)$$

где $C_{BO} \in CO_{BO}$ – класс БО из множества классов CO_{BO}; $CodeBO$ – код БО, включающий принадлежность к БП и

номер этапа БП; R_{BO} – множество ресурсов, необходимых для выполнения операции класса C_{BO}; MO_{BO} – подмножество микроопераций (МО), необходимых для выполнения операции класса C_{BO}; S_{MO} – последовательность выполнения МО; CA_{BO} – множество алгоритмических блоков, задействованных для выполнения операций класса C_{BO}; KB_{BO} – база знаний (компетенция) b-агента, выполняющего БО совместно с оператором-пользователем; TO_{BO} – нормированное время выполнения операции класса C_{BO}; V_{BO} – нормированная стоимость выполнения операции класса C_{BO}; Q_{BO} – показатель качества БО; CD_{BO} – цена задержки выполнения БО.

Таким образом, множество бизнес-операций разбито на I независимых подмножеств-классов C_{BO1}, $CO_{BO2},....,CO_{BOn}$, где $C_{BOi} \in CO_{BO}$, $C_{BOi} \cap C_{BOi}=0$, $i,j=1,2,...,I$, $i \neq j$. В каждом классе сгруппированы функционально однородные БО, такие, как «управление запасом», «контроль» и т.п.

Поскольку каждая БО состоит из множества МО, определим состав и структуру МО:

$$MO = < N, C_{MO}, X, P, E, CX, CE, D, C >, \quad (3)$$

где N – название микрооперации; C_{MO} – класс микрооперации; X – входные данные микрооперации; P – входные условия микрооперации; E – множество результатов микрооперации; CX – ограничения на входные данные; CE – ограничения на выходе; D – нормированная продолжительность выполнения МО; C – нормированная стоимость МО.

Далее опишем пространство признаков БО вектором $F_{BO}=\{f_{BOk}\}$, $k=\overline{1,K}$. Алфавит призов БО, в котором можно определить класс БО, включает в себя:

- принадлежность к определенному классу БП;
- краткое название БО;
- характер БО – производственная, обслуживания, контрольная и т.д.;
- потребность в контроле данных или других ресурсов на входе и на выходе;
- потребность в контроле ресурсов в процессе выполнения;
- потребность в контроле показателей качества БО.
- Каждый класс БО содержит подклассы. Например, класс «контроль» содержит подклассы:
- контроль очередей заявок;
- контроль факта поставки ресурса или продукта (на входе/на выходе);
- контроль движения;
- контроль исполнения микрооперации;
- контроль параметра в трубке ограничений.

III. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МНОГОФАЗНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЯВОК

Данная модель должна отображать статические связи (отношения) между объектами операционного пространства ОТС. Модель БП опишем выражением

$$BPMM=<SMBP,AM,E(t),B(t),TM,EC,CM,PEM>, \quad (4)$$

где $SMBP$ – главная матрица формализованного описания БП. Каждая строка матрицы соответствует одному этапу БП, то есть, одной БО. Каждый столбец несёт данные про элементарные операции, входящие в БО, а также норму времени выполнения БО, отметки выполнения, результат контроля по времени, адреса получателей сообщений. таким образом, каждая строка матрицы $SMBP$ содержит формализованное описание БО; AM – матрица смежности графа выполнения БП, каждая строка указывает на переходы к параллельным операциям; $E(t)$ – матрица выполнения, устанавливает взаимосвязь между переменными, относящимися к АРМ, и переменными, относящимися к БП и БО. Каждая строка матрицы соответствует номеру заявки на обслуживание по выполнению БО, каждый столбец соответствует номеру функционального узла (АРМ). Значение 0 означает, что данная БО не выполняется на данном узле; значения 1,2,3... означают номер в очереди к узлу; 1 – идет обработка заявки; $B(t)$ – матрица-строка для сбора и фиксации данных про окончания времени обработки заявок на узлах; TM – матрица норм времени обработки всех заявок на всех узлах; EC – матрица стоимости выполнения операций на существующих функциональных узлах. CD – матрица цены задержек БО по всем актуальным БП; CM – матрица компетенций – элементы CM содержат вероятности успешного и своевременного выполнения i-й БО на n-м АРМ; PEM – матрица оценок эффективности выполнения БО.

IV. Выводы

Предложено формальное статическое описание операционного пространства организационно-технической системы с отображением связей бизнес-процессов, бизнес-операций и их классов, что дает возможность построения динамического модельного отображения и согласования динамики смены состояний множества бизнес-процессов и бизнес-операций.

Литература References

[1] Дроздов А. Использование средств описания процессов при внедрении корпоративных информационных систем / А. Дроздов, А. Коптелов // Проблемы теории и практики управления. – 2006. – №10. – С. 54 – 70.

[2] Марка Д., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. – Режим доступа: http:/www.marathon.ru/IDEF/ooad.asf.ru/standarts/idef/sadt/index.shtml

[3] Business Process Execution Language for Web Services version 1.1. – Режим доступа: http://www.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-bpel

О Классификации Зон и Ситуаций при Мониторинге Транспортных Операций

Павел Тытюк
Кафедра автоматизации и информационных систем
Кременчугский национальный университет имени
Михаила Остроградского
Кременчуг, Украина
koshpavel@gmail.com

Игорь Шевченко
Кафедра автоматизации и информационных систем
Кременчугский национальный университет имени
Михаила Остроградского
Кременчуг, Украина
ius.shevchenko@gmail.com

On the Classification of Zones and Situations When Monitoring Transport Operations

Pavel Tytyuk
Department of Automation and Information Systems
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
Kremenchuk, Ukraine
koshpavel@gmail.com

Igor Shevchenko
Department of Automation and Information Systems
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
Kremenchuk, Ukraine
ius.shevchenko@gmail.com

***Аннотация*—Рассмотрена задача классификации ситуаций и географических зон при мониторинге транспортных операций через несколько государств. Разработано пространство признаков ситуаций, а также модель определения критичности ситуации и подход к классификации зон.**

***Abstract*—The problem of classifying situations and geographical areas when monitoring transport operations through several states is considered. A space of signs of situations, as well as a model for determining the criticality of a situation and an approach to the classification of zones are developed.**

Ключевые слова—международные перевозки, ситуации, зоны, классификация, распознавание.

Keywords—international transport, situations, zones, classification, recognition.

I. Введение

Управление в транспортных системах большой размерности затруднено тем, что при большом количестве транспорта и маршрутов возрастает степень неопределенности и даже неосведомленности руководства о ситуации с каждой отдельной машиной, соответственно, менеджмент перевозок представляет трудности с точки зрения планирования [1]. Определению активности грузовых автомобилей по зарегистрированным данным траектории посвящена работа [2]. Для эффективного визуального мониторинга в статье предлагаются два этапа обработки данных. На первом этапе производится сегментация маршрутов в значимые участки, в то время как на втором этапе происходит автоматическое отображение участков маршрута в классах активности транспортных средств. Метод сегментации маршрута основан на пространственно-временных особенностях траектории. Указатели на обнаруженные действия и маневры в данных траектории могут использоваться для целей индексации. Работа [3] посвящена сбору, обработке и составлению отчетов о транспортных средствах в частности для их классификации. Обсуждаются требования, которым должна соответствовать программа классификации транспортных средств, частота сеансов мониторинга, доступное оборудование для сбора данных, программа испытаний оборудования.

Анализ найденных публикаций показал, что, во первых, задачи разработки средств и методов мониторинга функционирования транспорта на межрегиональных перевозках являются актуальными, а во вторых, практически не найдено работ, в которых бы ставились задачи разработки математического обеспечения информационных технологий анализа и распознавания ситуаций и проблемных зон на маршрутах движения транспорта.

Целью данной работы является разработка подхода к созданию модели классификации проблемных ситуаций и зон на транспортных маршрутах.

II. Теоретико-множественная модель распознавания ситуаций

Для распознавания проблемных ситуаций необходимо разработать пространство признаков ситуаций. Анализ типовых этапов и ситуаций показывает, что множество классов проблемных и штатных ситуаций характеризуется сочетанием следующих данных:

- множество географических категорий *GC={C, CT, B, LUA},* где C – государство, по территории которого пролегает маршрут, CT – город, B – граница, LUA – зона погрузки-разгрузки. Географические данные легко получить через систему GPS;
- код этапа транспортной операции *SC*;
- отклонение от средней скорости *DQ*, определенное на основании распределения частот скоростей движения F^{VT} по времени суток;
- отклонение от среднего времени прибытия *DA*, определенное на основании распределения частот времени прибытия F^{A} по известным зонам;
- отклонение от среднего времени убытия *DD*, определенное на основании распределения частот времени убытия F^{D} по известным зонам;
- отклонение от штатного времени пребывания *DS* , определенное на основании распределения частот времени пребывания F^{S} в известной зоне.

Шкалы числовых значений отклонений должны быть интерпретированы в нечетких лингвистических значениях. Заметим, что в зависимости от кода этапа транспортной операции некоторые их перечисленных признаков могут отсутствовать.

Пространство ситуаций выразим кортежом:

$$S3 = SC \times GC \times DQ \times DA \times DD \times DS. \quad (1)$$

Любое значительное (выраженное в нечеткой шкале) отклонение из множеств *DQ, DA, DD, DS* для любой ситуации и множества *S3* переводит данную ситуацию в множество проблемных ситуаций *PS*:

$$PS = SC \times GC \times (DQ' \cup DA' \cup DD' \cup DS'), \quad (2)$$

где $DQ' \in DQ$, $DA' \in DA$, $DD' \in DD$, $DS' \in DS$ – значительные отклонения на множестве нечетких значений отклонений соответствующих величин.

III. НЕЧЕТКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПРИЗНАКОВ КРИТИЧЕСКИХ И НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЗОН

Распознавание ситуации предполагает определение степени ее критичности. Ситуации по степени критичности разделены на три класса – штатная, критическая, нештатная. На первом этапе для каждого частотного признака *xi* фиксируется значение x_i^* как расстояние от точки номинального значения признака до текущей рабочей точки. На втором этапе вычисляется степень критичности как взвешенная сумма значений признаков:

$$K_s = \sum_{i=1}^{n_s} \alpha_i x_i^* \quad (3)$$

где α_i – весовой коэффициент значимости признака с точки зрения критичности ситуации. Для уточнения значимости признаков в конкретных ситуациях может использоваться метод парных сравнений.

На третьем этапе для лингвистической оценки используется лингвистическая переменная с тремя значениями: «Малая»; «Средняя»; «Высокая». В случае, если степень истинности утверждения «Средняя» выше порогового значения (в экспериментах принято 0.45), фиксируется наличие критической ситуации. Если степень истинности утверждения «Высокая» выше указанного значения, фиксируется наличие нештатной ситуации.

Проблемная зона возникает в тех местах, где частота возникновения определенных проблемных ситуаций велика. Обозначим общее количество ситуаций в некоторой географической зоне *NS*. Обозначим общее количество проблемных ситуаций в некоторой географической зоне *NP*. Тогда относительная частота (в дальнейшем – частота) возникновения проблемных ситуаций $p_j^3 \in P3$ в некоторой j-й географической зоне $f_j = NP/NS$. Введем порог T_f для определения истинности высказывания «ситуация проблемная». Обозначив предикат условия критичности ситуации в зоне $P_{\text{кс}}$, запишем его в виде

$$P_{\text{êñ}} = \begin{cases} 1 \; if \;\; f_j \ge T_f \\ 0 \;\; \text{otherwise} \end{cases}. \quad (4)$$

Таким образом, классификация зон основана на двух основных признаках – географических координатах зоны и частоте возникновения определённых критических ситуаций $p_j^3 \in P.$ из алфавита ситуаций.

IV. Выводы

Сформированы формальные модели классификации ситуаций и проблемных зон, отличающиеся использованием частотных распределений значений времен и скоростей, а также географических данных, получаемых через систему GPS, что дает возможность синтеза системы мониторинга и распознавания проблемных ситуаций и проблемных зон на маршрутах.

Для обнаружения критических и нештатных ситуаций используется нечеткий интерпретатор степени критичности ситуации.

Литература References

[1] Самойленко М.І. Кобець А.О. Транспортні системи великої вимірності: монографія / за ред. М. І. Самойленка. Харьків: Харківська національна академія міського господарства,. 2010. – 212 с.

[2] Zoltán Fazekas, Péter Gáspár, Roland Kovács. Determining Truck Activity from Recorded Trajectory Data. – Procedia Social and Behavioral Sciences 20 (2011) 796–805.

[3] Traffic Monitoring Guide May 1, 2001. http://web.ewu.edu/groups/cbpanwattap/ttaptraining/trafficmonitoringguide/TMGsection4.pdf

Секція 3.
Інформаційні технології сталого розвитку.
Геоінформаційні системи та технології.

Section 3.
Information technologies of sustainable development.
Geo-information systems and technologies.

Розробка Алгоритмів Формування Оптимальних Планів Інвестицій в Енергозбереження

Анна Бакурова
кафедра системного аналізу і обчислювальної математики
Національний ун-т «Запорізька політехніка»
Запоріжжя, Україна
abaka111060@gmail.com

Олеся Юськів
завод «Дніпроспецсталь»
Запоріжжя, Україна
yuskivolesya@rambler.ru

Development of Formation Algorithms Optimum Plans For Investment in Energy Saving

Anna Bakurova
Department of System Analysis
and Calculus Mathematics
National University "Zaporizka Polytechnic"
Zaporizhzhia, Ukraine
abaka111060@gmail.com

Olesya Yuskiv
PJSC "Dniprospetsstal"
Zaporizhzhia, Ukraine
yuskivolesya@rambler.ru

***Анотація* — запропонований алгоритм побудови інвестиційного портфеля енергозберігаючих заходів, який дозволить ідентифікувати і ранжувати можливі заходи по мірі їх релевантності та формувати інвестиційний портфель в межах доступного бюджету капіталовкладень. Запропонований підхід є актуальним для промислових підприємств з великим енергоспоживанням, де для енергозберігаючих проектів характерні висока капіталомісткість і фактор ризику, а також тривалі терміни окупності.**

***Abstract* — an algorithm for constructing an investment portfolio of energy-saving measures is proposed, which will allow identifying and ranking possible measures by the degree of their relevance and forming an investment portfolio within the available investment budget. The proposed approach is relevant for industrial enterprises with high energy consumption, where energy-saving projects are characterized by high capital intensity and risk factor, as well as long payback periods**

Ключові слова — енергозбереження; інвестиції; цільові показники; фактор ризику; ефективність металургійного виробництва; енергоємність.

Keywords — energyconservation; investments; targets; riskfactor, metallurgicalproductionefficiency, energyintensity.

I. Вступ

Енергозберігаючі проекти спрямовані насамперед на зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів та підвищення енергоефективності виробництва [1]. Однак результати цих проектів не повинні досягатися за всяку ціну, крім економії ресурсів також необхідно враховувати ефективність вкладення коштів. Тому проекти енергозбереження переважно розглядаються як проекти інвестиційні, які є метою отримання фінансової вигоди в майбутньому [2]. Об'єктом інвестиційних проектів з підвищення енергоефективності на промислових підприємствах, як правило, є обладнання, яке використовується для передачі, розподілу енергоресурсів.

Основні критерії оцінки цих проектів наведені на рис. 1. Енергозберігаючі заходи можуть бути як спеціалізованими, спрямованими тільки на зниження енергоспоживання, так і сумісними, коли завдання енергозбереження вирішується шляхом планового капітального ремонту та заміною обладнання на нове, енергоефективне.

Інвестиції в енергозбереження найчастіше досить великі, і це робить актуальним завдання оптимізації капітальних вкладень для досягнення максимальної ефективності. Розробка методики за рішенням задачі оптимізації планування інвестицій для досягнення необхідної економії важлива не тільки з точки зору виконання вимог закону, а й з метою її практичного використання керівництвом підприємств і організацій для стратегічного планування політики енергозбереження, підвищення енергоефективності, оптимізації інвестицій, в кінцевому підсумку зниження собівартості продукції, що випускається [3].

На вибір заходів щодо формування оптимальних планів енергозбереження впливають такі фактори, як цільові показники енергоспоживання, фінансові та виробничі можливості, результати енергодослідження, резерви енергозбереження і т. п. (рис. 2) [1].

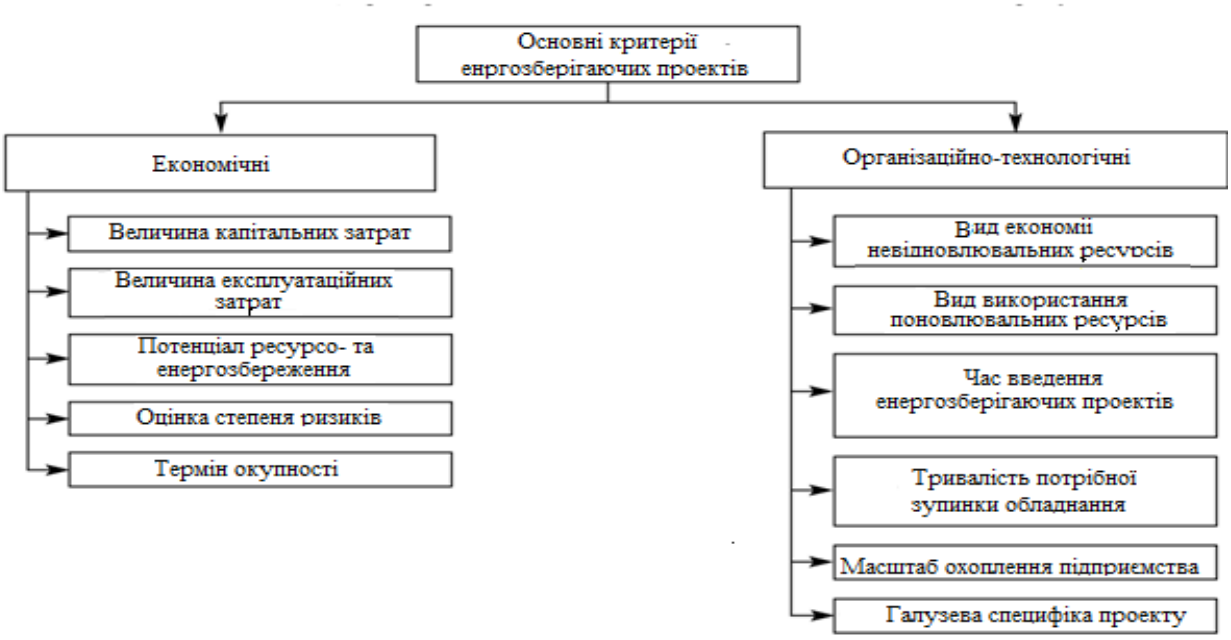


Рис. 1. Основні критерії оцінки енергозберігаючих проектів

Рис. 2. Фактори що визначають формування оптимальних планів інвестицій в енергозбереження

Розглянемо постановку задачі мінімізації інвестицій для досягнення необхідної економії енергоресурсів [6]. Будемо шукати рішення задачі методом повного перебору.

Методика побудови оптимального плану енергозберігаючих заходів (ОПЕСМ) залежить від прийнятої стратегії. Розглянемо алгоритм формування п'ятирічного (Т = 5) ОПЕСМ для наступної стратегії.

Мінімізація сумарних інвестиційних (капітальних) та експлуатаційних витрат при досягненні заданого обсягу економії енергоресурсів, розподіленого по роках реалізації плану. Ризики невиконання, термін окупності, ефективність енергозберігаючих заходів не враховуються. Обмеження на обсяг фінансування відсутні.

Даний алгоритм є базовим. Його модифікації дозволять моделювати різні стратегії, які враховують ризики невиконання, терміни окупності, вимоги ефективності енергозберігаючих заходів, обмеження фінансування, інфляційні очікування та ін. Узагальнена схема алгоритму покрокового формування ОПЕСМ представлена на рис. 3.

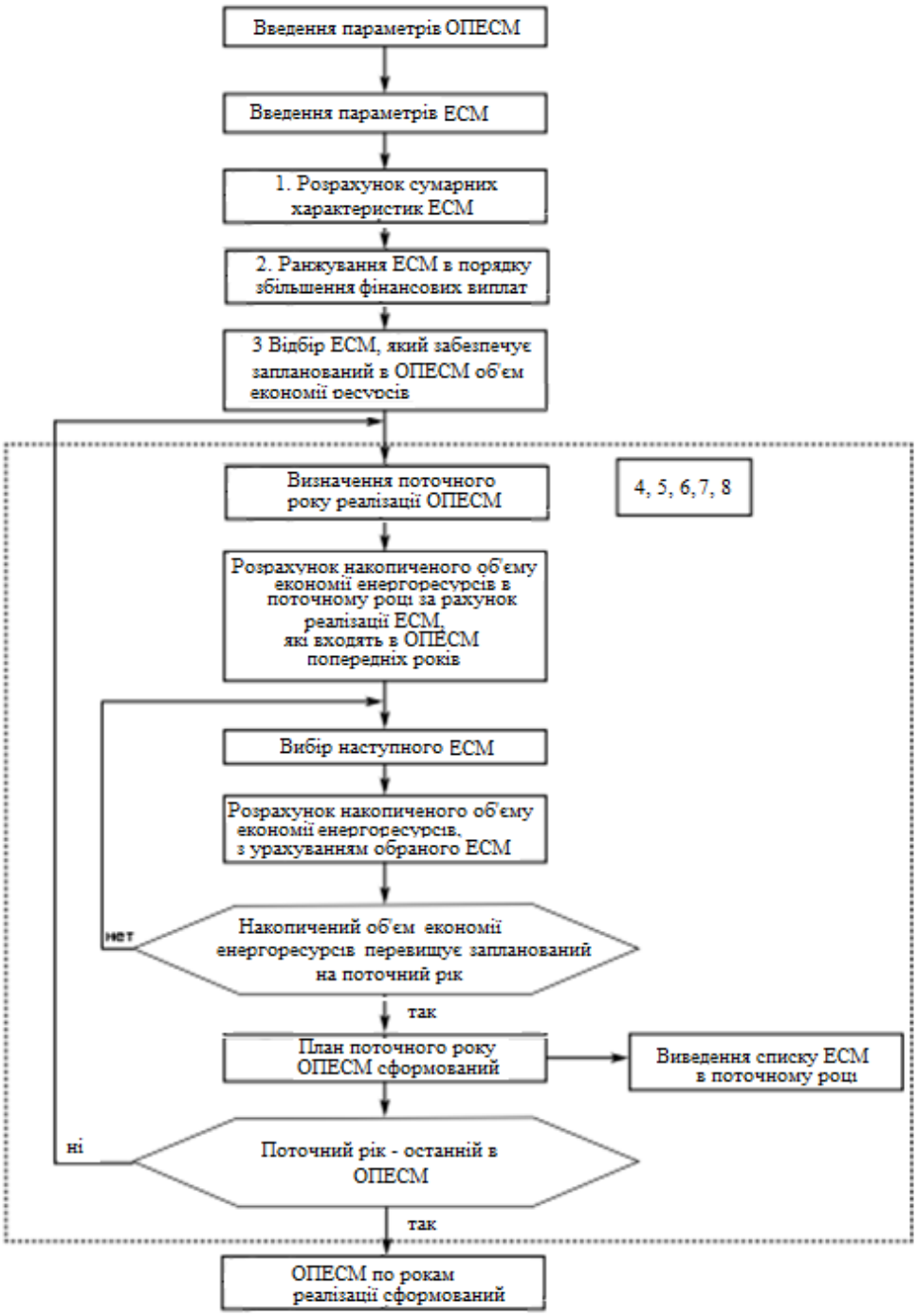


Рис. 3. Узагальнена схема алгоритму формування ОПЕСМ

Перші два блоки задають параметри плану енергозберігаючих заходів (ПЕСМ).

Вводяться параметри плану енергозберігаючих заходів:

T – число років (тривалість) ПЕСМ;

t – номер року реалізації ПЕСМ (t=1,T);

$Э_t$ – обсяг економії енергоресурсів в t-му році;

Э – сумарний обсяг економії енергоресурсів за Т років:

$$Э = \sum_{t=1}^{T} Э_t \qquad (1)$$

Ті – срок реалізації (число років);

τ – номер року реалізації;

Kit – обсяг інвестицій (капітальні витрати) в t-му році;

Зit – експлуатаційні витрати в t-му році;

Эit – обсяг економії енергоресурсів в t-му році, досягнутий за рахунок реалізації t -го етапу ЕСМi.

1 блок. Для кожного енергозберігаючого заходу ЕСМi (i=1,n)визначаються:

сумарний обсяг інвестицій

$$K_i = \sum_{r=1}^{T_i} K_{it} \qquad (2)$$

сумарні експлуатаційні витрати

$$З_i = \sum_{r=1}^{T_i} З_{it} \qquad (3)$$

сумарні фінансові витрати

$$Ф_i = K_i + З_i \qquad (4)$$

сумарний обсяг економії енергоресурсів

2 блок. Енергозберігаючі заходи ЕСМi ранжуються в порядку зростання фінансових витрат $Ф_i$:

$$Ф_1 \geq Ф_2 \geq Ф_3 \geq ... \geq Ф_j \geq ... \qquad (5)$$

3 блок. У ПЕСМ відбираються перші N заходів, для яких накопичений сумарний обсяг економії енергоресурсів не менш планового

$$\sum_{j=1}^{N} э_j \geq \overline{Э} \qquad (6)$$

Далі відбувається формування ПЕСМ по роках.

4 блок. В план заходів першого року (t = 1) входять всі п'ятирічні ЕСМj ($j \leq N$) с сумарним об'ємом економії енергоресурсів Эі| Ti=5.

Решта ЕСМj черзі включаються в план першого року в порядку зростання $Ф_j$ до тих пір, поки накопичений обсяг економії енергоресурсів, досягнутих в результаті їх реалізації в першому році, не перевищить запланованого на рік:

$$Э_1 | T_i = 5 + \sum_j Э_{j1} \geq \overline{Э}_1 \qquad (7)$$

5, 6, 7, 8 блоки. В план заходів t-го року (t = 2, 3, 4, 5) входять п'ятирічні, чотирирічні і дворічні $ЕСМ_j$, включені в плани попередніх років. Для них накопичений обсяг економії енергоресурсів становить $Э_t$.

В ПЕСМ t-горокувключаютьсявсі заходи з t_1-річним терміномреалізації($t_1 = T – t + 1$).

Для них $Э_1 \big|_{T_j = t1}$.

Решта $ЕСМ_j$ черзі включаються в план t-го року в порядку зростання $Ф_j$ до тих пір, поки накопичений обсяг економії енергоресурсів не перевищить запланованого на рік:

$$Э_t + Э_1 | T_j = t1 + \sum_j Э_{j1} \geq \overline{Э}_1 \qquad (8)$$

II. Висновки

Запропонований оптимальний план енергозберігаючих заходів для обраної стратегії з розбивкою енергозберігаючих заходів по роках реалізації.

Сформований план передбачає часткову компенсацію зростаючих інвестиційних витрат наростаючою в часі економією енергоресурсів, яка виникає в результаті реалізації енергозберігаючих заходів. Запропонована методика дозволяє планувати енергозберігаючу політику підприємства на перспективу з урахуванням можливості фінансування, а також враховувати різні цільові показники та виробничо-економічні фактори, у тому числі ступінь невизначеності та ризику.

Запропонований підхід до формування оптимальних планів енергозбереження є досить актуальним для промислових підприємств з великим енергоспоживанням, для енергозберігаючих проектів яких характерні висока капіталомісткість і ступінь ризику, а також тривалі терміни окупності. Розробка ефективної системи планування та управління енергозбереженням з урахуванням оптимального використання фінансових ресурсів є невід'ємною частиною питання вдосконалення організаційно-економічного механізму на енергоємних промислових підприємствах.

Література References

[1] Ковалев И. Н. Особенности оценки экономической эффективности долгосрочных инвестиций в энергосберегающие мероприятия / / Энергосбережение. – 2013. – № 3.

[2] Карпенко С. М., Карпенко М. С. Оптимизация плана инвестиций в энергосбережение на основе экономико-математического моделирования / / Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014. – № 2

[3] Bettinger, D. Efficient Energy Use Pays Off /D. Bettinger, F. Hartl // Metals & Mining. – 2016. – № 2. – P. 5–7.

[4] [4] Semko, I. B. (2016) Osoblyvostiupravlinnyaproektamy v enerhetychniyhaluzi [Features of project management in the energy industry]. Shidno-Evropejs'kyj zhurnal peredovyh tehnologij, 1.49, 46–47.

[5] Energy conservation in metallurgy," Inform. yull.Mezhdunarod.Soyuz. Metallurgov, No. 9, 1–2 (2015).

[6] A. A. Zlobin, V. N. Kuryatov, A. P. Mal'tsev, and G. A. Romanov, "The most important concepts in energy conservation at factories in ferrous metallurgy," ESKO — Elektron. Zh. Energoservisnoi Kompanii Ekologicheskie sistemy, No. 5 (2016).

Система Керування Температурним Режимом Зброджування Енергетичних Культур у Бататомодульних Біогазових Комплексах

Юрій Гунченко
кафедра системного програмного забезпечення та технологій дистанційного навчання
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна
gunchenko@onu.edu.ua

Сергій Шворов
кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І.Мартиненка
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
sosdok@i.ua

Тарас Давиденко
кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І.Мартиненка
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
davidenkotaras009@gmail.com

Temperature Control System for the Fermentation of Energy Crops in the Multi-module Biogas Complexes

Yurii Gunchenko
dept. of the System Software and Technologies of Distance Learning
Odessa I. I. Mechnikov National University
Odessa, Ukraine
gunchenko@onu.edu.ua

Sergey Shvorov
dept. of automation and robotic systems it. Acad. I.I. Martynenko
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
sosdok@i.ua

Taras Davydenko
dept. of automation and robotic systems it. Acad. I.I. Martynenko
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
davidenkotaras009@gmail.com

***Анотація*—Одним із важливіших завдань на сьогоднішній день є розробка та реалізація перспективних технологій промислового виробництва біометану для заміщення природного газу. Вирішення цього завдання у великих промислових масштабах передбачає розробку та застосування адаптивних систем керування процесами зброджування енергетичних культур (ЕК) у багатомодульних біогазових комплексах (БГК). Мета досліджень полягає в розробці методичних засад побудови адаптивної системи керування процесами зброджування енергетичних культур у БГК. Для досягнення поставленої мети проаналізовані та визначені характеристики об'єкта управління; розроблена математична модель адаптивної системи з нечітким керуванням температурним режимом в установках для виробництва біогазу; синтезовано цифрові регулятори, працюючі на базі нечіткої логіки в залежності від температури субстрату, що завантажується.**

Abstract—**One of the most important tasks today is the development and implementation of promising technologies for the industrial production of biomethane for the replacement of natural gas. The solution to this problem on a large industrial scale involves the development and applying of adaptive systems for controlling the processes of fermentation of energy crops in multi-module biogas complexes. The purpose of the research is to develop methodological foundations for constructing an adaptive system for controlling the processes of fermentation of energy crops in biogas complexes. To achieve this goal, the characteristics of the control object are analyzed and determined; a mathematical model of an adaptive system with fuzzy temperature control in biogas plants has been developed; synthesized digital controllers operating on the basis of fuzzy logic depending on the temperature of the substrate is loaded.**

Ключові слова—біогаз, багатомодульні біогазові комплекси, адаптивна система керування, зброджування енергетичних культур, нечітке керування

Keywords—biogas, multi-module biogas complexes, adaptive control system, fermentation of energy crops, fuzzy control

I. Вступ

На даний час велика увага приділяється розробці і використанню альтернативних джерел видобутку енергії. Одним із шляхів доповнення і часткової заміни традиційних видів палива є використання біогазу. Біогаз – це газ, який виділяється при розкладанні органічних речовин. Його, на відміну від природного газу, можна отримувати в промислових умовах шляхом зброджування органічних відходів і спеціально вирощених енергетичних рослин. Склад біогазу: 50-70% метану (CH4) і 50-30% вуглекислого газу (CO2).

Будучи близьким природному газу за характеристиками, біогаз може використовуватися для виробництва електроенергії, тепла, як автомобільне паливо і т.п., а при належній мірі очищення стає ідентичним йому за складом. Актуальність цього напрямку дослідження полягає в зменшенні техногенного навантаження на довкілля, альтернативному енергозабезпеченні тваринницьких ферм, виготовленні високоякісних органічних добрив, утилізації органічних відходів, зменшенні здатності до проростання насіння бур'янів, переробці органічних відходів та іншому.

Аналіз останніх досліджень показує, що незважаючи на досить велику кількість публікацій, присвячених питанням створення та використання біогазових установок, наприклад [1-3], у даний час не в повній мірі розроблені адаптивні системи керування (АСК) температурним режимом зброджування ЕК в установках для виробництва біогазу. У зв'язку з постійно зростаючою актуальністю досліджень даної теми, мета роботи полягає в розробці методичних засад побудови адаптивної системи керування процесами зброджування енергетичних культур у БГК.

II. Проблема дослідження

Основним завданням, яке постає перед конструкторами при створенні системи керування біогазовою установкою, є підтримання постійної температури у всій місткості біореактору. В залежності від температури субстрату метаногенні бактерії бувають: псіхофільні (можуть жити при температурі від +5 °С до +20 °С), мезофільні (живуть при температурі від +30 °С до +42 °С), термофільні (живуть при температурі від +54 °С до +56 °С). Розмножуються метаногенні бактерії дуже повільно і не виносять різких перепадів температури [7]. Будь-які різкі зміни температури впливають негативно на процес бродіння. Для кожного режиму зброджування допустимі коливання температур, наприклад, для мезофільного ±3°С, а для термофільного ±1°С. Метаболічна активність анаеробних бактерій знаходиться в прямій залежності від температури середовища. Згідно з останніми дослідженнями, зі зростанням температури вихід газу і розкладання органіки збільшується. Зі спаданням температури до 15 °С процес бродіння повністю припиняється [3-4]. Різке зменшення температур у біореакторі спостерігається при завантаженні нового субстрату, особливо в зимовий період року. Виходячи з цього виникає необхідність у створені адаптивної системи керування температурою в біореакторі в залежності від температури субстрату, що завантажується.

Для розробки адаптивної системи керування температурою в біореакторі необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати та визначити характеристики об'єкта управління;
- розробити математичну модель адаптивної системи з нечітким регулятором в установках для виробництва біогазу;
- синтезувати цифрові регулятори, що працюють на базі нечіткої логіки, для побудови адаптивної системи керування температурним режимом у БГК.

III. Аналіз та визначення характеристик об'єкта управління

Технічних варіантів реалізації метаногенеза біомаси достатньо багато, починаючи з конструктивно простих і закінчуючи технологічно досконалими установками довгочасної безперервної дії з використанням адаптивних систем. Типова промислова установка для виробництва та використання біогазу, незалежно від способу проведення ферментації, включає наступне технічне обладнання: резервуари для збирання і підготовки сировини; камери ферментації з обігрівальними пристроями; резервуари для біогазу та газові установки разом з обладнанням для очистки та обліку кількості виробленого газу; резервуари для зберігання біомаси, що перебродила.

Оптимальна температура для мезофільної ферментації біомаси складає близько 35°С. Цю температуру неможливо отримати навіть влітку, тому всі біогазові установки, як правило, мають обігрівальні пристрої. Найчастіше застосовуються водяні нагрівачі, а іноді – теплообмінники. Витрати тепла для підтримання процесу ферментації залежать від ефективності метанової ферментації, а також конструкційного вирішення ферментаційного резервуару (теплова ізоляція). Для підігрівання води замість виробленого біогазу іноді використовують електричну енергію, отримуючи її з мережі або від вітрової електростанції. У даному біогазовому реакторі використовуються внутрішні обмінники (у формі циліндрів або спіралей, розміщених у центральній частині камери ферментаційного резервуару), причому, незалежно від типу обмінника, температура води, яка протікає в них, не повинна перевищувати 80°С, що зберігає біологічний процес ферментації.

Температуру біомаси у розглянутому біореакторі регулюють за рахунок зміни кількості гарячої води в теплообміннику калорифера. У цьому випадку біореактор, як об'єкт регулювання температури в якості регулюючого органу, буде мати кран в магістралі подачі гарячої води від водогрійного котла до калорифера. При постійній температурі гарячої води, забезпечуваної АСК водогрійного котла, відкриття крана призводить до збільшення руху гарячої води через калорифер і збільшення кількості тепла, яке підводиться до біореактору і навпаки. Керуюча дія формується регулятором температури у виді повороту заслінки крана на кут m.

Основними збурюючими діями на об'єкт управління, які викликають зміну температури біомаси в реакторі при постійному значенні управляючого впливу $m = const$, є зовнішні та внутрішні (F) впливи (температура, вологість, тиск і т.п.)

Керованою величиною даного об'єкта є температура біомаси всередині біореактора x.

Для об'єкта управління в АСК біореакором біогазової установки можна використовувати аналоговий або цифровий ПІ – регулятори. Дослідження системи з такими регуляторами показує, що перехідні процеси у системі мають вельми велике перерегулювання (до 50%) і великий час регулювання (до 100 с) [8]. Тому більш доцільно при реалізації мезофільного режиму бродіння використовувати нечіткі регулятори.

Математичний опис динаміки теплових процесів побудовано на основі рівнянь теплового балансу і теплопередачі при таких припущеннях:

- температура субстрату і теплоносія змінюється тільки у напрямку руху;
- коефіцієнт теплообміну і теплопередачі не залежить від температури і в часі не змінюється;
- теплофізичні властивості субстрату і теплоносія не залежать від температури і на протязі перехідного процесу є сталими величинами.

IV. Математичний опис теплових процесів у біореакторі

Моделюємий об’єкт складається із чотирьох ємностей, здатних акумулювати теплоту (корпус резервуара, біомаса, теплоносій, поверхневий підігрівач) і має бути описаний рівнянням четвертого порядку [6].

Для пониження порядку диференційних рівнянь приймаємо такі спрощення і припущення:

- теплоємність стінки нагрівача можна розподілити порівну між теплоносієм і субстратом (одну половину додати до ємності субстрату, другу – ємності теплоносія);
- теплову ємність стінки корпусу також можна віднести до субстрату, враховуючи масу останнього.

Біореактор можна представити як двоємнісний об’єкт і описати його двома диференціальними рівняннями [6]:

$$\begin{cases} Mc\cdot Cc\cdot\dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}+Cc\cdot Gc\cdot H\dfrac{\partial\theta}{\partial x}=\alpha\cdot f\cdot(t-\theta)-K\cdot F\cdot(\theta-t_3); \\ Mt\cdot Ct\cdot\dfrac{\partial t}{\partial\tau}+Ct\cdot Gt\cdot H\dfrac{\partial t}{\partial x}=\alpha\cdot f\cdot(t-\theta), \end{cases} \quad (1)$$

де *Θ, t, t_3* – температура субстрату, теплоносія і зовнішнього середовища, *Mc·Cc*, *Mt·Ct* – теплова ємність субстрату і теплоносія, *Cc·Gc, Ct·Gt* – тепловий еквівалент субстрату і теплоносія, α, *K* – коефіцієнти тепловіддачі від теплоносія до субстрату і теплопередачі крізь стінку корпуса, *f, F* – поверхня нагрівача і корпуса.

Оскільки для стабілізації температури теплоносія і субстрату як регулюючі параметри використовують їхні вихідні значення (tвих, θвих), то приймаючи мінімальне значення змінення температури t і θ в напрямку руху, тобто $\frac{\partial\theta}{\partial x}\cong\frac{\Delta\theta}{\Delta x}=\frac{\theta_2-\theta_1}{H}$; $\frac{\partial t}{\partial x}\cong\frac{\Delta t}{\Delta x}=\frac{t_2-t_1}{H}$, систему (1) можна представити у вигляді:.

$$\begin{cases} Mc\cdot Cc\cdot\dfrac{d\theta_2}{d\tau}=Cc\cdot Gc\cdot(\theta_1-\theta_2)+Kt\cdot Ft\cdot(\bar{t}_T-\bar{\theta}c)-K\kappa\cdot F\kappa\cdot(\bar{\theta}-t_3); \\ Mt\cdot Ct\cdot\dfrac{dt_2}{d\tau}=Ct\cdot Gt\cdot(t_1-t_2)-Kt\cdot Ft\cdot(\bar{t}_T-\bar{\theta}c), \end{cases} \quad (2)$$

де *Mc, Gc* – маса субстрату і пропускна здатність реактора (відповідно кг, кг/с); *Mt, Gt* – маса теплоносія в теплообміннику і його витрати (кг, кг/с); *Cc, Ct* – питома теплоємність субстрату і теплоносіїв, *Kt, Kк* – коефіцієнт теплопередачі теплообмінника і корпуса (Вт/м·˚С); *Ft, Fк* – поверхня теплообміну теплообмінника і корпуса (м2, t2); θ_2 – температура теплоносія і субстрату на виході (˚С); t_3 – температура зовнішнього середовища (˚С); $\bar{t}_T=0.5\cdot t_1+0.5\cdot t_2$; $\bar{\theta}c=0.5\cdot\theta_1+0.5\cdot\theta_2$ – середні значення температур (˚С).

Розв’язавши систему рівнянь (2) відносно t2 і θ2 отримаємо:

$$A\frac{d^2t_2}{d\tau^2}+B\frac{dt_2}{d\tau}+C\cdot t_2=D_1; \quad (3)$$

$$A\frac{d^2\theta_2}{d\tau^2}+B\frac{d\theta_2}{d\tau}+C\cdot\theta_2=D. \quad (4)$$

Розв’язок рівняння (3) і (4) отримаємо у вигляді залежностей *t(τ)* і *θ(τ)*:

$$t(\tau)=\frac{t_{20}\cdot C-D_1}{C\cdot(r_1-r_2)}(r_1\cdot e^{r2\tau}-r_2\cdot e^{r1\tau})+\frac{D_1}{C}; \quad (5)$$

$$A\frac{d^2\theta_2}{d\tau^2}+B\frac{d\theta_2}{d\tau}+C\cdot\theta_2=D. \quad (6)$$

де $r_{1,2}=\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4\cdot A\cdot C}}{2\cdot A}$ – корені характеристичного рівняння;

$A = T_1\cdot T_2$; $B = a_1\cdot T_2 + a_2\cdot T_1$; $C = (a_1\cdot a_2 - 1)$;

$T_1=\frac{Mc\cdot Cc}{0.5\cdot Kt\cdot Ft}$; $T_2=\frac{Mt\cdot Ct}{0.5\cdot Kt\cdot Ft}$;

$D = (a_1\cdot b_1+1)t_1+(a_1+b_1)\cdot\theta_1+K\kappa\cdot F\kappa\cdot t_3$;

$D_1 = (a_2+b_2)\cdot t_1+(a_1\cdot b_1+1)\cdot\theta_1+a_2\cdot K\kappa\cdot F\kappa\cdot t_3$;

$a_1=\frac{Gc\cdot Cc+0.5(Kt\cdot Ft+K\kappa\cdot F\kappa)}{0.5\cdot Kt\cdot Ft}$;

$$a_2 = \frac{Gt \cdot Ct + 0.5 \cdot Kt \cdot Ft}{0.5 \cdot Kt \cdot Ft};$$

$$b_1 = \frac{Gc \cdot Cc - 0.5(Kt \cdot Ft + K\kappa \cdot F\kappa)}{0.5 \cdot Kt \cdot Ft};$$

$$b_2 = \frac{Gt \cdot Ct - 0.5 \cdot Kt \cdot Ft}{0.5 \cdot Kt \cdot Ft}.$$

Функціональна схема системи адаптивного керування складається з пристрою порівняння, нечіткого регулятора (НР), об'єкта управління (ОУ) і зворотнього зв'язку.

Нечіткий регулятор (фаззі-регулятор, fuzzy-controler) складається із трьох основних блоків (рис. 1) – блоку фаззифікації (fuzzyfication), блоку формування логічного рішення (inference) та блоку дефаззифікації (defuzzyfication) [5].

Нечіткий регулятор (НР) працює в дискретному режимі, тому адаптивна система керування з таким регулятором (рис. 1) містить пристрої сполучення мікроконтролера з об'єктом управління – аналого-цифровий перетворювач (АЦП) та цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП).

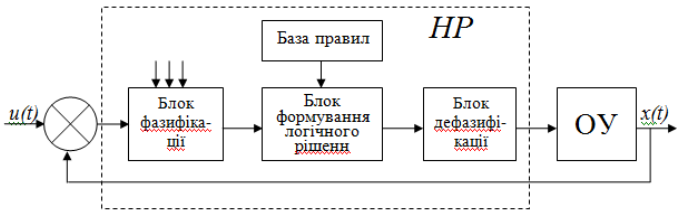


Рис. 4. Функціональна схема системи адаптивного керування

АЦП квантує безперервну помилку $\theta(t) = u(t) - x(t)$ з кроком квантування h. В якості першої і другої похідних від помилки зазвичай вираховують першу і другу відмінність за формулами: $\dot{\theta}(k) = \left[\theta(k) - \theta(k-1)\right] / h$;

$\ddot{\theta}(k) = \left[\dot{\theta}(k) - \dot{\theta}(k-1)\right] / h = \left[\theta(k) - 2\theta(k-1) + \theta(k-2)\right] / h^2$ – квантована помилка на вході АЦП. ЦАП являє собою, як правило, фіксатор нульового порядку з передаточною функцією $H(s) = (1 - e^{-hs}) / s$.

Слід зазначити деякі особливості НР. Нечіткий регулятор працює в дискретному режимі, тому на кожному кроці квантування h він повинен опрацьовувати всі вхідні змінні, які характеризують процеси в об'єкті керування та забезпечувати адаптивне керування температурним режимом у БГК. Система з НР зазвичай стійка у співвідношенні зміни параметрів об'єкта керування, що пов'язано з нечіткою природою правил функціонування. Традиційні методи описання регуляторів, наприклад, за допомогою передаточних функцій, для НР не підходять. Особливістю НР є реалізація процесу керування за допомогою лінгвістичних правил.

Нечіткі регулятори реалізуються на практиці, як правило, програмним забезпеченням високого рівня, що надає гнучкість при їх налаштуванні [6]. При цьому за результатами моделювання і випробувань системи керування, яка містить нечіткий регулятор в замкнутому контурі, можливо змінювати кількісні діапазони лінгвістичних змінних, функції належності і модифікувати систему правил з метою отримання очікуваного результату керування.

Нечіткі регулятори застосовуються в першу чергу для керування об'єктами, які або не піддаються, або піддаються формалізованому опису з великими труднощами. Виходячи із цього, нечіткі регулятори часто переважають інші тому, що дозволяють отримати більш високу якість (менші помилки у перехідних і встановлених режимах) автоматичного керування.

V. Висновки

В роботі теоретично обгрунтовано можливість вдосконалення системи керування температурою в біореакторі біогазової установки на базі нечіткого регулятора та розроблені методичні засади побудови адаптивної системи керування процесами зброджування енергетичних культур у БГК. З метою підвищення продуктивності біогазових реакторів з переробки ЕК у біореакторах на базі теорії нечіткої логіки та лінгвістичної змінної розроблено математичну модель керування температурним процесом. Використання цієї моделі дозволяє враховувати вплив кількісних та якісних факторів на процес термостабілізації анаеробних процесів. Встановлено, що завдяки впровадженню в біогазову установку нечіткого регулятора, вихід біогазу зросте більше ніж на 15%.

Література References

[1] Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А. Энергетический потенциал биомассы в Украине // Промышленная теплотехника. 1998. – № 4. – С. 52–55.

[2] Соуфер С., Заборски О. Биомасса как источник энергии. /Пер. з англ. М.: Мир, 1985. – 368 с.

[3] Мовсесов Г.Е. Биогазовые установки для переработки органических отходов фермерских хозяйств // Сотрудничество для решения проблем отходов. Материалы IV Международной конференции. – Х.: ЭкоИнформ, 2007. – С. 176 – 179.

[4] Сербін В.А. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії в системах ТГВ: Навч. посібник – Макіївка: ДонДАБА, 2003. – 153 с.

[5] Гостьев В.И. Система регулирования температуры теплоносителя на выходе смесителя нечеткими регуляторами // Радиоэлектроника. Информатика. Управление.- 2005.-№2. – С.26-29.

[6] Ротштейн А.П. Интелектуальные технологии индентификации. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети – Винница: УНІВЕРСУМ–Вінниця. 1999. – 320 с.

[7] Панцхава Е.С., Кошкин Н.Л. Биоэнергетические установки по конверсии органических отходов в топливо и органические удобрения. // Теплоэнергетика. – 1993. – № 4. – С. 20–23.

[8] Ратушняк Г.С., Джеджула В.В. Підвищення продуктивності біогазового реактора управлінням параметрами вільноконвективних процесів теплообміну // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – №2. – С. 29–32

Використання OWA-оператора Ягера з Нечіткими Квантифікаторами в ГІС-орієнтованих Багатокритеріальних Моделях Прийняття Рішень

Світлана Кузніченко
кафедра інформаційних технологій
Одеський державний екологічний університет
Одеса, Україна
skuznichenko@gmail.com

Ірина Бучинська
кафедра інформаційних технологій
Одеський державний екологічний університет
Одеса, Україна
buchinskayaira@gmail.com

Людмила Коваленко
кафедра інформаційних технологій
Одеський державний екологічний університет
Одеса, Україна
l.b.kovalenko@ukr.net

Using OWA Operator With Fuzzy Quantifiers in GIS-oriented Multicriteria Decision-making Models

Svitlana Kuznichenko
dept. of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine
skuznichenko@gmail.com

Iryna Buchynska
dept. of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine
buchinskayaira@gmail.com

Ludmila Kovalenko
dept. of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine
l.b.kovalenko@ukr.net

***Анотація* — В роботі розглянуті причини виникнення нечіткості інформації в багатокритеріальних моделях прийняття рішень. Запропоновані підходи до формалізації та обробки нечіткої інформації із застосуванням OWA-оператора Ягера. Показано, що використання OWA оператора Ягера з нечіткими квантифікаторами дозволяє створювати різні стратегії прийняття рішення та більш повно відображати особливості системи переваг ОПР, що в свою чергу дозволяє підвищити адекватність і обґрунтованість прийнятих рішень та отримати комбіновані карти з широким діапазоном результатів. Формалізація процедури нечіткого багатокритеріального аналізу рішень запропонована для растрової моделі даних ГІС.**

***Abstract*—The paper considers the causes of fuzzy information in multi-criteria decision-making models. The approaches to formalization and processing of various types of fuzzy information using OWA operator Yager was proposed. It is shown that the use of the Yager OWA operator with fuzzy quantifiers allows you to create different decision strategies and more fully reflect the characteristics of the DM preference system, which in turn allows you to increase the adequacy and validity of the decisions made and get combined cards with a wide range of results. The formalization of the fuzzy multi-criteria decision analysis procedure is proposed for the raster GIS data model.**

Ключові слова* — *геоінформаційні системи; багатокритеріальний аналіз рішень; теорія нечітких множин; OWA оператор Ягера; нечіткі квантифікатори

Keywords — geographic information systems; multiple-criteria decision analysis; fuzzy set theory; OWA operator; fuzzy quantifiers

I. Вступ

Багатокритеріальна модель прийняття рішень може бути представлена в наступному формалізованому вигляді:

$$\langle A,C,F,P;D\rangle, \qquad (1)$$

де $A=\{a_1,a_2,\ldots,a_m\}$ – кінцева множина альтернатив; $C=\{C_1,C_2,\ldots,C_n\}$ – набір критеріїв, за якими оцінюються альтернативи; F – процедура критеріального оцінювання; P – система переваг особи, що приймає рішення (ОПР), містить інформацію про оцінки альтернатив за кожним критерієм; D – вирішальне правило, задає процедуру виконання потрібної дії над множиною альтернатив (відбір, ранжування, сортування альтернатив).

В географічному контексті модель (1) включає набір географічно визначених альтернатив (наприклад, земельні ділянки) і набір критеріїв оцінки, представлених у вигляді шарів карти. Багатокритеріальний аналіз рішень (БКАР) полягає в комбінуванні шарів критеріїв відповідно до атрибутів критеріїв та переваг ОПР, використовуючи правило прийняття рішення (правило комбінування).

Нехай шари критеріїв представляються в растровій моделі даних, яка має вигляд двовимірної дискретної

прямокутної сітки x×y. Кожна комірка растру є альтернативою, яка описується своїми просторовими даними (географічними координатами) та атрибутивними даними (значеннями критеріїв). Запишемо множину альтернатив A, що оцінюються за критеріями C_j [1]:

$$A = \left\{ a_{ij} \mid i = \overline{1,m},\ \ j = \overline{1,n} \right\}, \qquad (2)$$

.

де a_{ij} – значення атрибуту альтернативи, тобто значення атрибуту за j-им критерієм і за i-ою альтернативою; n – кількість критеріїв; $m = m_x \cdot m_y$ – кількість альтернатив (комірок растру).

Переваги ОПР щодо оцінки критерію визначаються через призначення ваг критеріїв w_j, де j = 1, 2,..., n. Будемо вважати, що переваги ОПР є просторово однорідними, тобто кожному критерію C_k призначена одна вага w_k.

Шари критеріїв, як правило, мають різні діапазони чи шкали значень атрибутів, тому потребують перетворення в порівнянні одиниці. Процедура стандартизації дозволяє виконати масштабування атрибутів у шкалу [0, 1]. Після стандартизації атрибутів виконується згортка оцінок критеріїв відповідно заданому правилу прийняття рішення. Для цього в середовищі ГІС зазвичай використовуються різні оператори агрегування: мінімум, максимум, середнє арифметичне, зважена сума, OWA оператор Ягера.

II. Причини виникнення та способи представлення нечіткої інформації в БКАР

Одною з причин виникнення нечіткості інформації в БКАР є невизначеність переваг ОПР. Це, по-перше, стосується визначення відносної важливості (ваг) критеріїв та, по-друге, допустимої для ОПР форми компромісу між оцінками альтернатив за різними критеріями для можливості побудови комбінованого показника оцінки альтернатив. Виникнення нечіткості ваг критеріїв часто обумовлюється їх виразом у словесній формі, а також складністю або неможливістю точно та однозначно оцінити значення відповідних параметрів. Форма компромісу між оцінками визначає допустиму, з точки зору ОПР, ступінь компенсації більш низьких оцінок більш високим та найчастіше виражається словесно за допомогою суджень виду «альтернатива повинна мати високу оцінку за більшістю (за всіма, за кількома, не менш ніж за половиною) критеріїв». Ці судження також мають нечіткий характер.

Таким чином, актуальним є використання в БКАР методів, що враховують нечіткість інформації про ваги критеріїв та допустиму форму компромісу між оцінками альтернатив за різними критеріями. Як правило, подібні методи ґрунтуються на математичному апараті теорії нечітких множин, який застосовується для формалізації невизначених, якісних понять, які мають словесну форму виразу. На основі нечітких змінних формуються більш складні структури – лінгвістичні змінні.

Нечітка змінна визначається кортежем параметрів $\left\langle \alpha,\ \mathrm{U}, \tilde{A} \right\rangle$, де α – найменування нечіткої змінної, U={u} – область визначення змінної α, $\tilde{A} = \left\{ \mu_A(u) \mid u \right\}$ – нечітка множина, що описує можливі значення змінної α [2].

Лінгвістична змінна – це множина нечітких змінних, яка задається кортежем [1]:

$$ЛЗ = \langle \beta, U, T, M, G \rangle, \qquad (3)$$

де β – назва лінгвістичної змінної, U – універсальна множина, T – множина значень лінгвістичної змінної, кожне з яких є нечіткою змінною на U, M – синтаксична процедура, що дозволяє отримувати (формувати) нові значення лінгвістичної змінної, G – семантичне (смислове) правило, що дозволяє інтерпретувати нові значення лінгвістичної змінної.

Терм-множина – це множина всіх можливих значень лінгвістичної змінної. Терм – будь-який елемент терм-множини. У теорії нечітких множин терм формалізується нечіткою множиною за допомогою функцій належності. Наприклад, лінгвістична змінна «Відстань» може приймати значення з терм-множини T = {«близько», «недалеко», «далеко»}, кожне з яких визначається відповідною функцією належності (рис. 1).

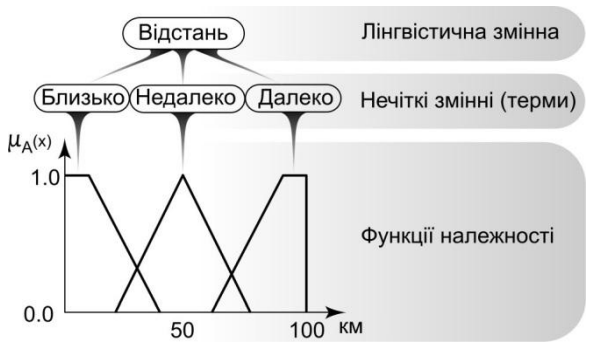


Рис. 5. Приклад лінгвістичної змінної «Відстань»

III. OWA-оператор Ягера з нічіткими квантифікаторами

Звернемося до формалізованого запису багатокритеріальної моделі прийняття рішень (1). Нехай оцінки альтернатив $a_i \in A$ за кожним критерієм $C_j \in C$ виражені в числовій формі, і приймають значення на відрізку [0,1]. Система переваг ОПР може бути представлена у вигляді: $P = \langle C, W, Q \rangle$, де C={$C_1, C_2, ..., C_n$} – набір критеріїв, за якими оцінюються альтернативи A={$a_1, a_2, ..., a_m$}; W – інформація про відносну важливість критеріїв, яка задається набором ваг $0 \le w_j \le 1$, де $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$; Q – інформація про допустиму форму компромісу між оцінками за різними критеріями. Для формалізації інформації Q можна скористатися поняттям нечіткого квантифікатору [3].

Нечіткі квантифікатори є розширенням класичного набору логічних квантифікаторів: ∃ («існує») та ∀ («для всіх»), за рахунок введення нечітких понять «майже для

всіх», «приблизно для половини» та ін. Нечітка множина Q, що задана на одиничному відрізку, називається пропорційним нечітким квантифікатором. Функцію належності даного нечіткого квантифікатора будемо позначати як $Q(r)$, де r – змінна, що показує долю елементів деякої множини U, що володіє властивістю S (наприклад, r=0,25, означає, що властивістю S володіють 25% елементів множини U). Приклади функцій належності різних нечітких квантифікаторів наведені на рис.2 [4].

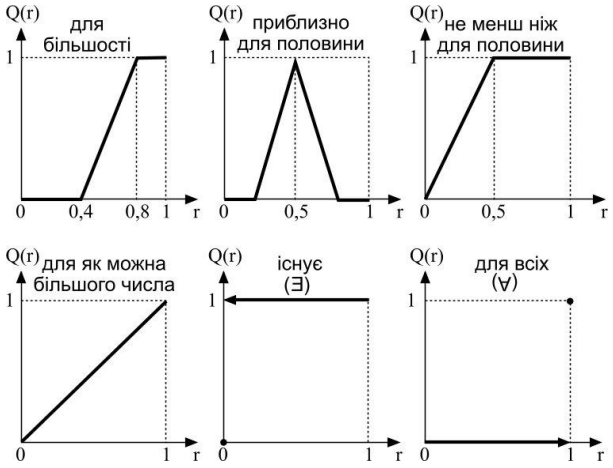


Рис. 6. Приклади функцій належності нечітких квантифікаторів

Застосуємо оператор OWA (Ordered Weighted Averaging,), запропонований Р.Ягером [3] в якості правила прийняття рішення для моделі (1).

OWA оператор Ягера дозволяє комбінувати шари карти, зв'язуючи з шарами карти два типи ваг: набір ваг критеріїв $w_1, w_2,\ldots, w_n$, $0\le w_j\le 1$, де $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$ та набір ваг порядку $\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_n$, $0\le\lambda_j\le 1$, де $\sum_{j=1}^{n}\lambda_j = 1$. Формалізований запис OWA оператора Ягера в даному випадку має наступний вигляд:

$$V(a_i^{'}) = \sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\lambda_j w_j^b}{\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_j^b}\right) b_{ij}, \qquad (7)$$

де $V(a_i^{'})$ – загальна оцінка i-ої альтернативи; $b_{i1}\ge b_{i2}\ge\ldots\ge b_{in}$ – елементи вектору $A=(a_1,a_2,\ldots,a_n)$ впорядковані за зменшенням; w_j^b – ваги критеріїв, впорядковані у відповідності зі значенням атрибуту b_{ij}.

Можна показати, що у випадку, коли $\lambda_1=\lambda_2=\ldots=\lambda_n=1/n$, OWA-оператор повністю ідентичний зваженій сумі. За рівнянням (3) можна отримати широкий спектр операторів агрегування шляхом вибору відповідного вектора ваг порядку λ_j: від логічного AND (у випадку, коли $\lambda_1=\lambda_2=\ldots=\lambda_{n-1}=0$, $\lambda_n=1$), до OR (у випадку, коли $\lambda_1=1$, $\lambda_2=\ldots=\lambda_n=0$). Оператори AND і OR є екстремальними випадками оператора OWA.

Важливим питанням залишається розрахунок ваг порядку та спрощення обчислювальної складності процедури розрахунку для можливості практичної реалізації в середовищі ГІС.

Нехай є вектор ваг порядку $(\tilde{\lambda}_1,\tilde{\lambda}_2,\ldots,\tilde{\lambda}_n)$, де $0\le\tilde{\lambda}_j\le 1$ і $\sum_{j=1}^{n}\tilde{\lambda}_j = 1$, тоді запишемо (4) у вигляді:

$$V\left(a_i^{'}\right) = \sum_{j=1}^{n}\tilde{\lambda}_j b_{ij}. \qquad (5)$$

де $V(a_i^{'})$ – загальна оцінка i-ої альтернативи; $b_{i1}\ge b_{i2}\ge\ldots\ge b_{in}$ – елементи вектору $A=(a_1,a_2,\ldots,a_n)$ впорядковані за зменшенням. Важливим аспектом даного підходу є те, що вага порядка $\tilde{\lambda}_j$ пов'язана з позицією елементів в упорядкованому за зменшенням векторі таким чином, що $\tilde{\lambda}_1$ відповідає найбільшому значенню b_j, а $\tilde{\lambda}_n$ – найменшому.

У випадку, коли для критеріїв заданий набір ваг w_1, $w_2,\ldots, w_n$, вектор ваг порядку $\tilde{\lambda}_j$ задається у вигляді:

$$\tilde{\lambda}_j = Q\left(\sum_{i=1}^{j} w_i^b\right) - Q\left(\sum_{i=1}^{j-1} w_i^b\right). \qquad (6)$$

Розглянемо приклад обчислення згортки оцінок альтернативи за 5 критеріями (табл.1) в узагальнений комбінований показник за допомогою OWA-оператора Ягера з нечітким квантифікатором «для більшості» (рис.2).

ТАБЛИЦЯ I. ЗНАЧЕННЯ ОЦІНОК АЛЬТЕРНАТИВИ ЗА КРИТЕРІЯМИ

C_i	C1	C2	C3	C4	C5
w_i	0.22	0.1	0.35	0.23	0.1
a_i	0.8	0.2	0.3	0.4	0.1

Впорядкуємо за зменшенням значень атрибутів альтернативи ваги критеріїв: W^b = {0.22, 0.23, 0.35, 0.1, 0.1}. Розрахуємо ваги порядку $\tilde{\lambda}_j$ за формулою (6):

$$\lambda\sim_1 = 0;\ \lambda\sim_2 = \Theta(0.22+0.23) - \Theta(0.22) = 0.125$$

$$\lambda\sim_3 = \Theta(0.22+0.23+0.35) - \Theta(0.22+0.23) = 0.875$$

$$\lambda\sim_4 = \lambda\sim_5 = 0.$$

Виконаємо агрегування оцінок альтернативи в єдиний показник формулою (5) використовуючи отриманий вектор Λ={0, 0.125, 0.875, 0, 0}:

$$\varsigma(\alpha)=0\cdot 0.8+0.125\cdot 0.4+0.875\cdot 0.3+0+0=0.3125.$$

Як можна побачити, алгоритм агрегування OWA-оператором Ягера в такій інтерпретації є не дуже зручним для реалізації в середовищі ГІС. Більш простий алгоритм може бути отриманий на основі кванторів RIM.

Розглянемо сімейство кванторів RIM (рис.3) [5,6]:

$$Q_\alpha(r) = r^\alpha, \alpha \geq 0. \quad (7)$$

Змінюючи параметр α, можна генерувати різні типи квантіфікаторов від «для всіх» до «принаймні для одного», які наближуються до форми квантифікаторів, наведених на рис.2. Характеристики квантіфікаторов RIM наведені у табл.1.

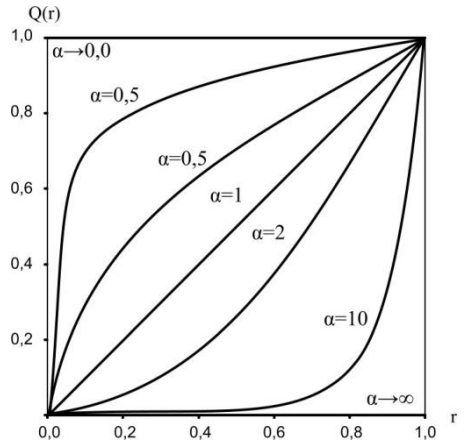


Рис. 7. Сімейство RIM квантифікаторів

Вибір конкретного значення α можна інтерпретувати в контексті схильності ОПР до ризику при прийнятті рішення, тобто є рішення оптимістичним чи песимістичним.

ТАБЛИЦЯ II. ХАРАКТЕРИСТИКИ RIM КВАНТИФІКАТОРІВ

Параметр α	**Нечіткий квантифікатор (Q)**	**Ставлення ОПР до ризику**
$\to 0$	принаймні для одного	надзвичайно оптимістичне (прийняття ризику)
0.1	принаймні для декількох	оптимістичне
0.5	для декількох	помірно оптимістичне
1.0	ідентичність	нейтральне
2.0	для більшості	помірно песимістичне
10.0	для майже всіх	песимістичне
$\to \infty$	для всіх	надзвичайно песимістичне (відмова від ризику)

Параметр α можна використовувати для розрахунку набору ваг порядку $\tilde{\lambda}_j$ [6]:

$$\tilde{\lambda}_j = \left(\sum_{i=1}^{j} w_i^b \right)^\alpha - \left(\sum_{i=1}^{j-1} w_i^b \right)^\alpha, \quad (8)$$

де w_i^b – вага критерію w_i, упорядкована відповідно до значення атрибута b_{ij}.

Розрахуємо ваги порядку $\tilde{\lambda}_j$ для значень, наведених в табл.1, за формулою (8):

$$\lambda\sim_1 = 0.0484; \ \lambda\sim_2 = (0.22+0.23)^2 - (0.22)^2 = 0.1541$$

$$\lambda\sim_3 = (0.22+0.23+0.35)^2 - (0.22+0.23)^2 = 0.4375$$

$$\lambda\sim_4 = (0.22+0.23+0.35+0.1)^2 - (0.22+0.23+0.35)^2 = 0.17$$

$$\lambda\sim_5 = (0.22+0.23+0.35+0.1+0.1)^2 - (0.22+0.23+0.35+0.1)^2 = 0.19;$$

Виконаємо агрегування оцінок альтернативи в єдиний показник за формулою (5), використовуючи отриманий вектор Λ={0.0484, 0.1541, 0.4375, 0.17, 0.19}:

$$\varsigma(\alpha)=0.0484\cdot 0.8+0.1541\cdot 0.4+0.4375\cdot 0.3+0.17\cdot 0.2+ 0.19\cdot 0.1= 0.2846.$$

IV. ВИСНОВКИ

Для агрегування атрибутів альтернатив за різними критеріями в роботі пропонується OWA-оператор Ягера з лінгвістичними квантифікаторами, який дозволяє більш повно відображати особливості системи переваг ОПР і таким чином підвищувати адекватність і обґрунтованість прийнятих рішень та отримувати комбіновані карти з широким діапазоном результатів. OWA-оператор є універсальним оператором агрегування, що має здатність реалізовувати широкий спектр комбінування шарів критеріїв: від логічного AND (коли λ1=λ2=…=λn-1=0, λn=1), до OR (коли λ1=1, λ2=…=λn=0). У випадку коли лінгвістичні квантифікатори задаються функціями належності (рис.2), розрахунок ваг порядка $\tilde{\lambda}_j$ виконується за формулою (6). Для спрощення розрахунку ваг порядку $\tilde{\lambda}_j$ з використанням параметру α, можуть бути застосовані RIM квантифікатори (рис. 3) і рівняння (8).

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] С. Кузніченко, Ю. Гунченко, І. Бучинська, “Нечітка модель обробки геопросторових даних в мультикритеріальному аналізі придатності територій”. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ, № 61. 2018. с. 90-103.

[2] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets” in *Information and Control*, vol. 8, No. 3, 1965, pp. 338–353.

[3] R. Yager “On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making”, IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, 1988. Vol. 18. P. 183–190.

[4] В. Аверченков, А. Лагерев, А.Подвесовский. “Представление и обработка нечеткой информации в многокритериальных моделях принятия решений для задач управления социально-экономическими системами” .Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. № 2 (34). 2012. с. 97-104.

[5] R.Yager “Quantifier guided aggregation using OWA operators”. International Journal of Intelligent Systems, 11(1). 1996. P.49–73.

[6] Malczewski, J. (2006b). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8(4), 270–277.

Аналітична Підсистема Оптимального Управління Розвитком і Функціонуванням Систем Водопостачання

Андрій Тевяшев
кафедра прикладної математики
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
tad45ua@gmail.com

Ольга Матвієнко
кафедра прикладної математики
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
olga_mat@ukr.net

Гліб Нікітенко
заступник директора департамента
інформаційних технологій
Комунальне підприємство
«Харківводоканал»
Харків, Україна
gvnikitenko@gmail.com

Analytical Subsystem of Optimal Management of Development and Operation of Water Supply Systems

Andrei Tevyashev
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
tad45ua@gmail.com

Olga Matviyenko
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
olga_mat@ukr.net

Glib Nikitenko
deputy director
Department of Information
Technology Municipal Enterprise
«KharkivVodokanal»
Kharkiv, Ukraine
gvnikitenko@gmail.com

***Анотація*—Дана робота присвячена розробці інструментальних засобів і методик їх використання для розв'язання комплексу задач оптимального управління розвитком і функціонуванням систем водопостачання та водовідведення.**

***Abstract*—This work is devoted to the development of tools and techniques for using them to solve the complex tasks of optimal management of the development and operation of water supply and drainage systems.**

Ключові слова—система водопостачання, гідравлічне моделювання, стохастична модель, оптимальне управління.

Keywords—water supply system, hydraulic modeling, stochastic model, optimal control.

I. Бізнес-вимоги до гідравлічного моделювання режимів роботи систем водопостачання

Бізнес – вимоги до гідравлічних моделей

Математичною основою розроблюваних інструментальних засобів є математичні моделі технологічних елементів систем водопостачання та процесів водовідведення стічних вод і скидів.

- Базова детермінована модель сталого потоку розподілу (СПР) у водопровідній мережі (ВМ) [1], на основі якої розроблені практично всі відомі комплекси гідравлічного моделювання потокорозподілу в системах водопостачання (СВ) забезпечує адекватність розрахунків потокорозподілу ВМ тільки для фіксованого моменту часу t, при точно заданих детермінованих значеннях граничних умов -напорів і витрат у вузлах ВМ, і при точно відомих

детермінованих значеннях параметрів технологічного обладнання ВМ (параметрів насосних агрегатів (НА), параметрів ділянок трубопроводів (ДТ), регулюючої (РА) і відтинаючої арматури (ВА), параметрів резервуарів чистої води (РЧВ), водопровідних насосних станцій (НС) і приймальних резервуарів каналізаційних насосних станцій (КНС)). Гідравлічне моделювання потокорозподілу у ВМ на основі моделі СПР використовується при вирішенні задач проектування та реконструкції водопровідних мереж та КНС, які працюють на напірні трубопроводи.

- Стохастична модель квазістаціонарних режимів (СМКР) роботи ВМ [2] є більш адекватною математичною моделлю фактичних режимів роботи ВМ і каналізаційних мереж (КМ) на деякому інтервалі часу, на якому випадкові процеси споживання води у ВМ та припливу стічних вод у КМ є стаціонарними. У цих моделях фактичні параметри технологічного обладнання ВМ замінюються їх оцінками, отриманими в результаті обробки експериментальних даних за вибірками кінцевої довжини, і розглядаються як випадкові величини з відомими математичними сподіваннями і дисперсіями. Ці моделі використовуються для вирішення задач оперативного планування режимів роботи систем водопостачання і водовідведення з упередженням 24 години (1 доба), а також для тестування проектних рішень.

- Детерміновані моделі несталого потокорозподілу (НПР) у ВМ і КМ дозволяють адекватно описувати перехідні процеси (гідравлічні удари) у водопровідних мережах і на КНС в аварійних ситуаціях, пов'язаних з розривами напірних трубопроводів, некерованим відключенням НА унаслідок їх відмови, або відключення електроенергії. Ці моделі використовуються для налаштування і тестування систем захисту від гідравлічних ударів ВМ, НС і КНС.

Бізнес–вимоги до моделей процесів водоспоживання у СВ

Основним цільовим призначенням СВ є забезпечення населення і підприємств міст і населених пунктів необхідними обсягами питної води, що подаються під необхідними напорами, якість якої має відповідати вимогам СНІП. Відомо [3], що процеси водоспоживання різними категоріями споживачів є випадковими процесами, що залежать від трьох основних груп факторів: хронологічних (час доби, день, тиждень); метеорологічних (температура навколишнього середовища, опади); організаційних (тарифи на воду, територіальна структура та план її розвитку (забудова), планово-профілактичні та ремонтно-відновлювальні роботи).

Вплив усіх цих факторів на процеси водоспоживання різними категоріями споживачів істотно відрізняється, проте, в загальному випадку, їх комплексний вплив призводить до їх нестаціонарності, тобто до наявності у них поліноміальних, полігармонічних і стохастичних трендів. Відомо [1], що найбільш адекватний опис цих процесів можна отримати в класі взаємопов'язаних мультиплікативних моделей авторегресії проінтегрованого змінного середнього (АРПЗС). Ці моделі дозволяють отримати найбільш адекватні значення прогнозів фактичного водоспоживання і дисперсії прогнозів. Для оперативного управління прогнози обчислюються з упередженням 24 години (на одну добу), для управління розвитком СВ - з упередженням 12 місяців (на один рік). Наявність таких моделей і їх використання для обчислення прогнозів водоспоживання є необхідною умовою побудови систем оптимального управління розвитком і функціонуванням СВ [3].

Бізнес–вимоги до методів гідравлічного моделювання

Детермінована модель СПР у ВМ будується на основі детермінованих моделей технологічних елементів СВ і являє собою систему нелінійних алгебраїчних рівнянь в одній із наступних модифікацій моделі у вигляді:

- моделі вузлових потенціалів;
- моделі контурних потоків.

У моделі вузлових потенціалів кількість рівнянь збігається з кількістю вузлів ВМ, що для реальних ВМ міст і населених пунктів може становити десятки тисяч.

У моделі контурних потоків кількість рівнянь моделі СПР збігається з кількістю незалежних циклів ВМ, яка, як правило, на порядки менша за кількість її вузлів.

Час розв'язання системи управління моделі СПР, як правило, пропорційний кількості розв'язуваних рівнянь. Тому, для гідравлічного моделювання потокорозподілу у ВМ з урахуванням детермінованої моделі СПР доцільно використовувати її в формі моделі контурних потоків.

Для розв'язання системи рівнянь моделі СПР у ВМ повинні бути задані наступні оперативні дані:

Варіант 1. У всіх вузлах ВМ, до яких підключені споживачі, повинні бути задані чисельні значення витрат води, а також значення мінімально допустимих напорів.

Варіант 2. У кожному вузлі ВМ має бути задано чисельне значення або витрати, або напору води, при цьому хоча б в одному з вузлів ВМ обов'язково повинно бути задано чисельне значення напору.

Варіант 3. У всіх вузлах ВМ, до яких підключені споживачі, повинні бути задані чисельні значення витрат води, і в одному з вузлів ВМ (як правило, на одному із входів ВМ) задано чисельне значення напору.

В результаті розв'язання системи рівнянь моделі СПР за варіантом 1, отримуємо:

1. місце розташування «диктуючих точок» (ДТ) ВМ, де ДТ — це вузол, в якому розрахунковий напір строго дорівнює мінімально допустимому напору (у всіх інших вузлах ВМ він буде більше);

2. чисельні значення витрат і перепади напорів на кожній ділянці ВМ;

3. напрямок та швидкість руху води на кожній ділянці;

4. чисельні значення надлишкового тиску в кожному вузлі ВМ;

5. чисельні значення надлишкового тиску і витрати води на кожному вході ВМ.

У результаті розв'язання системи рівнянь моделі СПР за варіантом 2 отримуємо чисельні значення змінних, що характеризують потокорозподіл у ВМ, що зазначені в пунктах 2 — 5 для варіанту 1. При цьому чисельні значення надлишкових тисків пункту 4 можуть бути від'ємними.

Для розв'язання системи рівнянь моделі СПР у ВМ з активними елементами і приймальними РЧВ, повинні бути задані:

- у всіх вузлах ВМ, до яких підключені споживачі, - чисельні значення витрат води;
- на входах НС — рівень води в приймальному резервуарі кожної НС, що працює на ВМ;
- кількість, типи, обороти приводу всіх включених НА, ступінь відкриття регулюючих засувок на кожній з НС, що працюють на ВМ.

У результаті розв'язання системи рівнянь моделі СПР з активними елементами отримуємо:

1. чисельні значення змінних, що характеризують СПР у ВМ, що зазначені в пунктах 2 — 5 для варіанту 1. При цьому чисельні значення надлишкових тисків у пункті 4 можуть бути від'ємними.

2. чисельні значення подачі (витрати) води, ККД НА, миттєвої потужності кожного НА, ККД і миттєві значення витраченої електроенергії на кожному електроприводі НА, а також сумарне значення обсягів подачі води і напору на кожному виході кожної НС, що працює на ВМ.

Стохастична модель квазістаціонарних режимів роботи ВМ

Розв'язання задач оперативного планування режимів роботи СВ на заданому інтервалі часу [0, Т] з використанням детермінованих моделей СПР вимагає точного завдання значень оцінок усіх параметрів математичних моделей технологічного обладнання СВ і точного завдання значень граничних умов. Отримуване оптимальне рішення в точності відповідає тільки цим оцінкам і граничним умовам. Для реальних СВ параметри моделей технологічного обладнання СВ апріорі невідомі, а оцінки цих параметрів по вибірках експериментальних даних кінцевої довжини самі є випадковими величинами. Більш того, основними збуджуючими факторами СВ є стохастичні процеси споживання води різними категоріями споживачів. Ці процеси є нестаціонарними випадковими процесами, які мають надзвичайно складну кореляційний структуру і залежать від трьох основних груп факторів: хронологічних, метеорологічних і організаційних. При розв'язанні завдань оперативного планування режимів роботи СВ значення прогнозів процесів водоспоживання використовуються як граничні умови. Це призводить до того, що навіть незначні варіації параметрів моделей або граничних умов не тільки істотно змінюють оптимальне рішення, але можуть вивести його з допустимої області. Природньо, що такі «оптимальні» розв'язки не можуть бути використані диспетчерськими службами для ефективного управління режимами роботи СВ. Для постановки і ефективного розв'язання задач оперативного планування режимів роботи СВ необхідно використовувати стохастичні моделі квазістаціонарних режимів роботи СВ, які більш адекватно і в більш широкому діапазоні описують фактичні режими. Стохастична модель квазістаціонарних режимів роботи СВ дозволяє представити реальний, істотно нестаціонарний режим роботи СВ у вигляді послідовності квазістаціонарних режимів, параметри яких змінюються стрибкоподібно кінцеве число разів на заданому інтервалі часу [0,Т] [4, 5].

Стохастична модель квазістаціонарних режимів роботи ВМ будується на основі стохастичних технологічних елементів СВ, які отримані з детермінованих моделей шляхом заміни в них всіх параметрів і змінних на випадкові величини. Передбачається, що всі випадкові величини, що входять в моделі, мають нормальний розподіл з відомими статистичними характеристиками - математичними сподіваннями (МС) і дисперсіями (ДИС).

При гідравлічному моделюванні квазістаціонарних режимів роботи СВ для стохастичної моделі будується її детермінований еквівалент у вигляді системи нелінійних алгебраїчних рівнянь в формах, аналогічних моделі СПР в СВ, в якій невідомі параметри замінені їх оцінками — МС і ДИС. Граничні умови також задаються у вигляді випадкових величин, що мають нормальний розподіл, і також задаються своїми параметрами — МС напорів або витрат води на входах і виходах ВМ і їх ДІС. Таке завдання граничних умов дозволяє звести рішення системи рівнянь математичної моделі до розрахунку статистичних характеристик (МО і ДІС) залежних змінних в залежності від статистичних властивостей параметрів і незалежних змінних стохастичної моделі.

Детерміновані моделі несталого потокорозподілу (НПР) у ВМ

При проектуванні, реконструкції та аналізі аварій у СВ і напірних трубопроводах необхідно мати інструментальні засоби, що дозволяють проводити розрахунок зміни тиску і швидкості руху води в напірних трубопроводах при гідравлічному ударі, який часто є однією з основних причин виникнення аварійних ситуацій в СВ. Гідравлічні удари відбуваються при закритті і відкритті засувок, клапанів, відтинаючих кранів, а також при нештатних режимах пуску і зупинки НА. Відомо, що гідравлічний удар є причиною пошкодження труб і насосів, а тривалі коливання тиску при гідравлічному ударі поступово руйнують стикові з'єднання і порушують показання вимірювальних приладів. При гідравлічному ударі і деяких умовах, тиск в напірних трубопроводах може знижуватися до вакуумметричного, що викликає процес інфільтрації і засмоктування всередину трубопроводів різних забруднень через свищі, нещільності в стиках труб,

внаслідок чого погіршується якість води, що транспортується. Гідравлічний удар, що супроводжується зниженням тиску нижче атмосферного, являє собою найбільш складний розрахунковий випадок. Оскільки при подальшому зниженні тиску в трубопроводі може відбутися утворення в них кавітаційної каверни, що в свою чергу веде до розривів суцільності потоку води в одній або в декількох точках по довжині трубопроводу.

На магістральних водоводах гідравлічні удари найчастіше відбуваються внаслідок відключення електроенергії, що живить електродвигуни НА. Часто результатом таких збоїв електропостачання є гідравлічний удар, що супроводжується зниженням тиску нижче атмосферного в усьому трубопроводі або в будь-якій його частині. У таких випадках величина максимального ударного тиску в більшій мірі залежить від характеру падіння величини тиску у насоса при його поступової зупинці і від профілю трубопроводу. На ліквідацію наслідків зазначених аварій витрачаються величезні кошти.

Для захисту трубопроводів від гідравлічних ударів вирішальне значення мають досконалі методи гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів і надійна конструкція протиударних пристроїв, а також правильна їх експлуатація. Метод розрахунку гідравлічних ударів в напірних трубопроводах повинен дозволяти отримати досить точні значення ударних тисків на протязі всього трубопроводу.

Детермінована модель несталого потокорозподілу в СВ, що дозволяє досить адекватно описувати процеси поширення хвиль стиснення і розрядження в напірних трубопроводах, описується двома взаємопов'язаними системами рівнянь: системою диференціальних рівнянь першого порядку в приватних похідних для кожної ділянки трубопроводу і системою лінійних алгебраїчних рівнянь, що визначає умови узгодження параметрів потоків води у всіх вузлах ВМ. Для розв'язання цих систем вони довизначаються початковими і граничними умовами. В якості вихідних умов використовуються результати моделювання СПР в нульовий момент часу, а в якості граничних умов повинні бути задані чисельні значення зміни напорів і витрат як функцій часу на всіх входах і виходах ВМ. В якості методу вирішення отриманих систем використовуються методи кінцевих елементів або кінцевих різниць.

II. Бізнес–вимоги до функціональності аналітичної підсистеми

Аналітична підсистема використовує статичну інформацію геоінформаційної та динамічну інформацію SCADA- системи для вирішення функціонально повного комплексу наступних задач.

1. Комлекс задач прогнозування процесів водоспоживання та збросу стічних вод:

- побудова стохастичних моделей процесів водоспоживання різними категоріями споживачів ВМ в залежності від хронологічних, метеорологічних, організаційних факторів;
- побудова стохастичних моделей процесів збросу стічних вод різними категоріями споживачів в системах водовідведення в залежності від хронологічних, метеорологічних, організаційних факторів;
- оперативне прогнозування процесів водоспоживання (збросу стічних вод) з упередженням 24 години (доба);
- стратегічне прогнозування процесів водоспоживання (збросу стічних вод) з упередженням 12 місяців (рік).

2. Комлекс задач побудови та сертифікації гідравлічних моделей:

- побудова та сертифікація гідравлічної розрахункової моделі СПР у ВМ за технологічними схемами та експериментальними даними;
- побудова та сертифікація стохастичної гідравлічної моделі квазістаціонарних режимів роботи ВМ за технологічними схемами та експериментальними даними;
- побудова та сертифікація стохастичної гідравлічної моделі квазістаціонарних режимів роботи ВМ з прихованими витоками.

3. Комлекс задач використання гідравлічних моделей для реконструкції та розвитку ВМ:

- багатоваріантне гідравлічне моделювання потокорозподілу у ВМ на основі детермінованої моделі СПР і визначення «вузьких місць» для фіксованих моментів часу;
- гідравлічне моделювання та повірочні розрахунки ВМ на основі стохастичної гідравлічної моделі квазістаціонарних режимів роботи ВМ на заданому інтервалі часу;
- обчислення оцінок технічних та економічних показників фактичних режимів роботи технологічного обладнання систем водопостачання та водовідведення;
- конструкторський гідравлічний розрахунок систем водопостачання та водовідведення та обчислення оцінок потенціалу ресурсо- та енергозбереження;
- багатоваріантне гідравлічне моделювання потокорозподілу у ВМ та видача технічних умов на підключення нових абонентів, розрахунок резерву пропускної здатності ВМ;
- багатоваріантне гідравлічне моделювання потокорозподілу у ВМ, аналіз варіантів зонування ВМ та видача рекомендацій щодо встановлення регуляторів тиску;
- розробка технічних завдань на реконструкцію ВМ та заміну обладнання;

- формування обґрунтування для інвестиційних програм на заміну ділянок трубопроводів або обладнання.

4. Комлекс задач використання гідравлічних моделей для управління планово-упереджувальними та аварійно-відновлювальними роботами:

- побудова ефективних рекомендацій з оперативної локалізації аварійних ділянок ВМ та КМ з урахуванням технічного стану запірної арматури; організація служби аварійно-відновлювальних робіт та планово попереджувальних робіт;
- планування та контроль виконання планово-упереджувальних робіт;
- побудова та сертифікація детермінованої моделі нестаціонарних режимів транспорту води та її використання для систем захисту від гідравлічного удару.

5 Комлекс задач оперативно-диспетчерського управління режимами роботи систем водопостачання та водовідведення:

- оперативне планування режимів подачі та розподілу води у ВМ з упередженням 24 години (доба);
- стабілізація вільних напорів у «диктуючих точках» ВМ для кожного контрольованого моменту часу.

6. Комлекс задач візуалізації результатів:

- візуалізація п'єзометричних профілів і поверхонь вільних напорів у ВМ для будь-якого моменту часу;
- візуалізація результатів гідравлічних розрахунків систем водопостачання та водовідведення.

III. Бізнес–вимоги до інструментальних засобів

Інструментальні засоби аналітичної підсистеми мають вигляд взаємопов`язаної системи стандартизованих програмних комплексів на американському стандарті EPANET та на наступних стандартах організації України (СОУ):

- СОУ Системи водопостачання. Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж;
- СОУ Системи водопостачання. Гідравлічний розрахунок багатониткових магістральних водоводів;
- СОУ Системи водопостачання. Зонування водопровідних мереж;
- СОУ Системи водопостачання. Оперативне планування режимів роботи систем водопостачання;
- СОУ Системи водопостачання. Стабілізація напорів в «диктуючих» точках водопровідної мережі;
- СОУ Системи водопостачання. Прогнозування процесів водоспоживання різними категоріями споживачів в залежності від хронологічних, метеорологічних, організаційних факторів.

Література References

[1] Евдокимов А. Г. Оперативное управление потокораспределением в инженерных сетях / А. Г. Евдокимов, А. Д. Тевяшев. – Харьков: Вища школа, 1980. – 144 с.

[2] Teviashev A. D. About One Approach to Solve the Problem of Management of the Development and Operation of Centralized Water-Supply Systems / A. D. Teviashev, O. I. Matvienko / Econtechmod. An International Quarterly Journal. – 2014. – Vol. 3, № 3. – P. 61–76.

[3] Tevyashev A. About one Problem of Optimal Stochastic Control of the Modes of Operation of Water Mains / A. Tevyashev, O. Matviyenko // Econtechmod. An International Quarterly Journal. – 2015. –Vol. 4, № 3. – P. 3–12.

[4] Tevyashev A. Optimal Stochastic Control of the Modes of Operation of the Sewage Pumping Station / A. Tevyashev, G. Nikitenko, O. Matviyenko // Econtechmod. An International Quarterly Journal. – 2015. – Vol. 4, № 3. – P. 47–55.

[5] Tevyashev A. About One Class of the Problems of Optimal Stochastic Control of Hybrid Dynamical Systems / A. Tevyashev, O. Matviyenko // Econtechmod. An International Quarterly Journal. – 2016. –Vol. 5, № 3. – P. 3–10.

Концептуальні Основи Створення Порталу Відкритих Даних Регіону

Володимир Ткаченко
Завідувач кафедри медіасистем та технологій
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
volodymyr.tkachenko@nure.ua

Микола Губа
Старший викладач
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
mykola.huba@nure.ua

Олександр Зелений
Старший викладач
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
okeksandr.zeleniy@nure.ua

Conceptual Principles for Creating a Region Open Data Portal

Volodymyr Tkachenko
Head of the Department of Media Systems and Technologies
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukrain
volodymyr.tkachenko@nure.ua

Mykola Guba
Senior Lecturer
Kharkiv National University Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
mykola.huba@nure.ua

Oleksandr Zeleniy
Senior Lecturer
Kharkiv National University Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
okeksandr.zeleniy@nure.ua

***Анотація* — Розглядаються принципи створення порталу відкритих даних регіону із застосуванням геоінформаційних технологій. Окреслено мету та завдання створення порталу відкритих даних. Пропонується підхід щодо побудови порталу на основі сервіс-орієнтованої моделі архітектури. Розглянуто принципи формування просторових даних на основі єдиної цифрової просторової моделі регіону і принципи їх актуалізації.**

***Abstract* — The principles of creation of the region's open data portal using geoinformation technologies are considered. The goal and tasks of creating an open data portal are outlined. An approach is proposed to build a portal based on a service-oriented architecture model. The principles of spatial data formation based on a single digital spatial model of the region and principles of their actualization are considered.**

Ключові слова: електронне урядування, відкриті дані, WEB – портал, WEB-сервіс, геоінформаційні технології, геопросторові дані, сервіс-орієнтована архітектура.

Keywords: e-governance, open data, WEB portal, WEB service, geoinformation technologies, geospatial data, service oriented architecture.

I. Вступ

В умовах децентралізації, поглиблення процесів демократизації, підвищення контролюючої ролі громади та посилення прозорості інститутів регіонального управління, обумовлюється необхідність появи у відкритому доступі таких даних регіонального рівня, доступ до яких раніше був суттєво обмежений. Йдеться про поточні дані щодо діяльності державних органів та органів місцевого самоврядування, а також даних про стан та ефективність використання регіональних ресурсів, таких як: об'єкти нерухомості, земельні ділянки, лісові масиви, сільськогосподарські землі, корисні копалини, водні ресурси, транспортні мережі та ін. Переважна більшість цих даних пов'язана з відповідними просторовими об'єктами, які мають географічні координати свого місцезнаходження, геометричну форму, розміри і можуть відображатись на відповідних електронних картах.

II. Постановка проблеми

Закон України «Про доступ до публічної інформації» № 2939-VI від 13.01.2011[1] регламентує питання відкритих даних наступним чином:

Публічна інформація у формі відкритих даних — це публічна інформація у форматі, що дозволяє її автоматизоване оброблення електронними засобами, вільний та безоплатний доступ до неї, а також її подальше використання.

Розпорядники інформації зобов'язані надавати публічну інформацію у формі відкритих даних на запит, оприлюднювати і регулярно оновлювати її на єдиному державному веб-порталі відкритих даних та на своїх веб-сайтах. Публічна інформація у формі відкритих даних є дозволеною для її подальшого вільного використання та поширення.

Будь-яка особа може вільно копіювати, публікувати, поширювати, використовувати, у тому числі в комерційних цілях, у поєднанні з іншою інформацією або шляхом включення до складу власного продукту, публічну інформацію у формі відкритих даних з обов'язковим посиланням на джерело отримання такої інформації.

Отже, сутність поняття відкритості даних полягає у наданні користувачам «вільного та безоплатного доступу» до цих даних та можливості її «автоматизованого оброблення електронними засобами».

Де-факто, складається ситуація, коли у кожному регіоні існує досить багато організацій, які є розпорядниками тих чи інших відкритих даних, і вже створили, або створюють відповідні інформаційні ресурси. Очевидно, що ці ресурси не є узгодженими ні по контенту, ні по структурам ні по способам організації і доступу до цих даних. Виникає проблема створення певної віртуальної бази відкритих даних яка обслуговується сукупністю діючих інформаційних ресурсів регіону.

З точки зору пересічного користувача це має бути зрозуміла логічна структура відкритих даних, зручна для формування різноманітних запитів безвідносно до того на якому конкретному ресурсі ці дані знаходяться.

Найбільш логічним шляхом такої інтеграції інформаційних ресурсів є інтеграція на основі принципу порталу, або «геопорталу», оскільки йдеться про використання просторових даних.

Під порталом відкритих даних регіону будемо розуміти комплексну інформаційну систему, що забезпечує єдиний Web-доступ до сукупності відкритих даних (у тому числі просторових), які публікуються на різноманітних інформаційних ресурсах регіону, з метою надання користувачам вільного та безоплатного доступу до цих даних та можливістю їх подальшого використання та поширення.

З організаційної точки зору Портал – це єдиний вузол доступу (технологія, технічне й програмне забезпечення) до визначеної категорії «відкритих» даних незалежно від їх місцеположення, формату і структури.

Портал використовується постачальниками відкритих даних (державними, комунальними й приватними організаціями) для розміщення формалізованого опису даних (метаданих) про наявність, зміст, формати та місця розташування даних, що надає можливості швидкого та змістовного пошуку інформації, та коректного її надання кінцевим користувачам в узгоджених форматах, у тому числі й картографічних.

Користувачі використовують Портал для пошуку і отримання необхідної інформації (у тому числі геопросторової) та доступу до сервісів, що надаються в межах Порталу.

Портал створюється з метою:

- об'єднання інформаційних ресурсів органів державної влади, органів місцевого самоврядування і організацій для забезпечення доступу до відкритих даних (у тому числі просторових), що знаходяться в різних інформаційних системах і базах даних;
- збільшення прозорості в діяльності органів влади, підвищення ступеню залученості і довіри громадян до діяльності органів влади;
- підвищення інвестиційної привабливості регіону за рахунок подання актуальної та достовірної комплексної інформації про просторові об'єкти регіону і наявні регіональні ресурси.

Створення і функціонування Порталу сприятиме:

- впровадженню принципів суспільно-приватного партнерства у сфері управління розвитком регіону та місцевих громад регіону за рахунок використання відкритих даних Порталу для моніторингу громадянським суспільством діяльності органів державної влади і місцевого самоврядування, отримання від громадськості оцінок цієї діяльності та пропозицій щодо прийняття нових управлінських рішень;
- подоланню відомчої роз'єднаності та дублювання робіт за рахунок інтеграції даних різних джерел, визначення ступенів їх взаємопов'язаності і використання для моделювання можливих сценаріїв розвитку для прийняття найбільш ефективних управлінських рішень; а також за рахунок розробки та реалізації на основі даних Порталу інтегральних проектів, здатних спричинити мультиплікативний, системний ефект на розвиток різних секторів економіки та населення на регіональному та місцевому рівнях;
- скороченню витрат місцевих бюджетів через підвищення ефективності управління ресурсами;
- прозорості в обґрунтуванні прийнятих управлінських рішень, що стане вирішальним чинником у боротьбі з корупцією;
- скороченню витрат органів державної влади та органів місцевого самоврядування на підготовку та розповсюдження інформації;
- нарощуванню доходів місцевих бюджетів за рахунок активізації розвитку ІТ-підприємств, які зможуть створювати власні інформаційні системи на основі даних Порталу;
- підвищенню інвестиційної привабливості регіону за рахунок відкритого доступу до даних, необхідних для маркетингових досліджень і розробки бізнес-планів, що поліпшить м'які фактори конкурентоспроможності регіону;
- реалізації якірного проекту «Розвиток електронного врядування та інформаційних систем надання публічних сервісів».

Портал повинен відігравати роль «єдиного вікна» доступу до відкритих даних регіону. Самі дані розміщуються на різноманітних ресурсах, а інформація про дані (метадані) та посилання на ресурси, де ці дані опубліковані розміщується на сторінках Порталу.

Користувачі, заходячи на Портал за допомогою будь-якого Інтернет-браузера, повинні перш за все мати доступ

до структурованих тематичних каталогів відкритих даних (ВД) з описом їх змісту, та можливістю їх відображення у користувача.

Якщо дані для відображення потребують відповідних сервісів (наприклад, картографічних), Портал повинен автоматично забезпечувати їх підключення для коректного відображення і надання необхідної функціональності у Web-інтерфейсі користувача, незалежно від їх місцеположення, формату і структури.

Для обслуговування відкритих даних їх постачальниками (редагування, поновлення та ін.), у випадках, коли ці дані розміщуються безпосередньо на ресурсах Порталу, передбачається авторизований доступ постачальників до своїх ресурсів з правами редагування і поновлення, а також з можливістю редагування метаданих. Якщо дані поновлюються і публікуються постачальником автономно, то редагуються лише метадані або у відповідному інтерфейсі Порталу, або шляхом відправки XML- файлу узгодженої структури з метаданими.

Система тематичних каталогів відкритих даних (реєстр ВД) має деревоподібну структуру і є відкритою для її поповнення з боку авторизованих користувачів. Для цього постачальник заповнює електронну форму (запит) на відкриття відповідної теми по якій він зобов'язується періодично надавати відкриті набори даних і формує попередні метадані про майбутній ресурс. З боку Порталу служба модерації аналізує задекларований зміст ресурсу і, якщо він не суперечить законодавству, правилам і регламентам Порталу, він реєструється у каталозі відкритих даних і стає доступним для користувачів.

Служба модерації Порталу контролює поточний стан і зміст усіх відкритих даних, слідкуючи за їх відповідністю заявленій тематиці, чинному законодавству та попиту на цей ресурс з боку користувачів. Дані,що не користуються попитом, можуть бути видалені з реєстру ВД.

Організаційно, Портал – це технологія й програмне забезпечення Web-доступу для пошуку, передачі й використання будь-яких наборів даних (у тому числі просторових (геоданих)) і сервісів у будь-якому пункті мережі Інтернет, а також для розміщення інформації про наявність цих даних (метаданих) у вигляді структурованих тематичних каталогів (реєстрів).

Оскільки доступ користувачам надаватиметься за технологією «тонкого» клієнта, уся необхідна функціональність повинна буде реалізовуватись відповідними сервісами, зареєстрованими у Порталі. Передбачається, що на Порталі будуть доступні базові сервіси, які забезпечать максимальний комфорт роботи користувачів незалежно від форматів просторових даних і картографічних матеріалів. Але Портал буде відкритим і для будь-яких нових високорівневих сервісів, які здатні розширити функціональність для користувачів у сенсі візуалізації, маніпулювання даними, статистичної обробки, або аналізу відкритих даних. Можливість застосування нових сервісів здійснюватиметься, аналогічно новим відкритим даним, тобто через їх відповідну реєстрацію у реєстрі сервісів, тестування і включення до реєстру сервісів Порталу.

Технологія Порталу повинна забезпечити вирішення трьох важливих завдань:

- створення єдиного простору відкритих даних (у тому числі просторових) на основі їх класифікації, каталогізації та організації єдиного пункту доступу;
- забезпечення пошуку/доступу до необхідної інформації за допомогою Web-інтерфейсу, без додаткових інсталяцій спеціалізованих програмних засобів та необхідності навчання;
- впорядкування відкритих даних (у тому числі просторових) у формі структурованих каталогів, що забезпечує швидкий та зручний пошук необхідних даних.

Підтримка геопросторових рішень Порталу повинна здійснюватись на основі регіональної інфраструктури геопросторових даних (ІПД), яка повинна бути постачальником узгодженої системи картографічних матеріалів і просторових даних регіону [2].

Портал створюється як розподілена інформаційна система з сервіс-орієнтованою архітектурою. В доповіді наведено узагальнену структуру Порталу до складу якої входять: Web-сервер, сервер метаданих, сервер семантичних даних, сервер просторових даних, картографічний сервер (Map-сервер), сервер додатків. Для спрощення викладення матеріалу показано, що усі компоненти Порталу об'єднані у спільну локальну мережу. Насправді, кожен з цих компонентів може бути реалізований або як програмно-технічний комплекс у складі локальної мережі, або як сукупність інформаційних ресурсів даної категорії у мережі Інтернет.

Базовими компонентами Порталу є лише Web-сервер і сервер метаданих, які власне і визначають реальну конфігурацію Порталу, бо містять дані про місцезнаходження, склад і функціональні можливості інших інформаційних ресурсів. Тобто, інші компоненти теоретично можуть бути реалізовані як розподілені Інтернет–ресурси і розміщені в мережі Інтернет за різними адресами. Таким чином, у майбутньому, Портал, завдяки концепції метаданих і сервіс-орієнтованій архітектурі, може використовувати ресурси багатьох картографічних серверів, серверів просторових даних, баз даних і серверів додатків з розміщеними на них сервісами.

Центральним компонентом Порталу є Web-сервер, який забезпечує єдину точку доступу до порталу через мережу Інтернет, незалежно від платформи (Windows чи Linux), типу комп'ютера (Laptop, Desktop, Server, тощо) користувачів. Web-сервер організує сеанси взаємодії з користувачами, підтримує Web-інтерфейс користувача, навігацію по Web-сторінкам Порталу, обслуговує запити користувачів до баз даних або сервісів, зареєстрованих на Порталі.

Технічно це виглядає так, що користувач, знаходячись на Web-сторінках Порталу, обирає запропоновані на рівні інтерфейсу користувача дії, які призводять до автоматичного формування відповідних запитів до зареєстрованих на Порталі сервісів і баз даних. Результати цих запитів перетворюються Web-сервером у зрозумілі для Web-браузера формати даних (HTML-, XML-тексти та зображення). Таким чином, для роботи з Порталом

користувач не потребує ніяких додаткових інсталяцій програмного забезпечення на своєму комп'ютері, а лише стандартний Web-браузер, Інтернет і необхідний рівень доступу до Порталу.

Сервер метаданих містить інформацію про відкриті дані (Реєстр ВД) яка надається користувачеві як в узагальненому вигляді у формі структурованого тематичного каталогу, з загальним описом їх змісту, так і у деталізованому вигляді по кожному обраному ресурсу. До складу ВД входять також відомості і про набори просторових даних, які містяться на серверах просторових даних.

Набори відкритих даних, відповідно до опису у метаданих, можуть розміщуватись як на ресурсах постачальника ВД, так і безпосередньо на ресурсах Порталу – на сервері баз даних.

Сервер просторових даних зберігає сукупність оброблених і актуалізованих геоінформаційних даних регіону, що створюють єдину цифрову картографічну основу (ЄЦКО), та різноманітні набори просторових об'єктів – тематичні шари.

Функції Порталу. Відповідно до свого призначення, Портал повинен реалізувати наступні групи функцій:

- функції користувача;
- функції управління контентом;
- функції адміністрування (управління користувачами, управління конфігурацією Порталу, управління додатками і сервісами, управління інформаційною безпекою Порталу).

До функцій користувача відноситься наступний набір функцій:

- надання доступу до каталогу метаданих для його перегляду;
- забезпечення пошуку у каталозі метаданих за ключовими словами, тематикою та іншим критеріями;
- аналіз знайдених ресурсів за їх деталізованим описом;
- перехід до запропонованих ресурсів, або доступ до перегляду даних через посилання, що містяться у метаданих;
- картографічна візуалізація просторових об'єктів;
- можливість доступу до семантичних даних виділеного на карті просторового об'єкту.

До функцій управління контентом відноситься наступний набір функцій:

- редагування структури каталогу метаданих про відкриті дані Порталу (додавання, редагування, видалення тематик каталогу);
- редагування змісту конкретного набору метаданих про інформаційний ресурс (редагування, поновлення, видалення);
- редагування змісту наборів відкритих непросторових даних, розміщених безпосередньо на ресурсах Порталу;
- редагування змісту відкритих просторових даних, розміщених безпосередньо на ресурсах Порталу;

До функцій адміністрування відносяться наступні групи функцій:

- управління повноваженнями користувача (реєстрація, управління правами доступу до ресурсів Порталу);
- управління конфігурацією Порталу (системне конфігурування і адміністрування програмно-технічних засобів і баз даних Порталу);
- забезпечення працездатності Порталу(моніторинг поточного стану; антивірусні заходи, регламентні роботи);
- управління додатками і сервісами (інсталяція, налаштування і тестування нових сервісів і додатків);
- управління інформаційною безпекою Порталу (організація резервного копіювання важливих даних Порталу, налаштування системи швидкого відновлення даних і програмного забезпечення у випадках відмов технічного обладнання Порталу).

Система управління геопорталом повинна мати універсальну модульну архітектуру та включати відповідні модулі для забезпечення необхідних функцій адміністрування.

III. Висновки

Результатом розміщення державними органами та органами місцевого самоврядування інформації про свою діяльність у мережі «Інтернет» у формі порталу відкритих даних має стати:

- підвищення прозорості та підзвітності діяльності органів державної влади, розвиток громадянського суспільства через можливість контролю та моніторингу діяльності державних органів, зміцнення довіри громадян до органів влади;
- формування ринку додатків і сервісів, що функціонують на основі інформації в мережі «Інтернет» у формі відкритих даних, економія бюджетних витрат при розробці суспільно-корисних сервісів, підтримка бізнесу індустрії управління знаннями;
- створення інформаційної основи для реалізації в Україні концепції електронного врядування;
- розширення інформаційної бази та сервісів для аналізу та використання бізнес-структурами, науково-дослідними організаціями, навчальними закладами, громадянами їх можливостей в інтересах своєї діяльності;
- створення додаткових можливостей для інформаційної взаємодії між органами державної влади, ОМС, бізнес-середовищем та громадянами;
- підвищення інвестиційної привабливості регіону.

Література References

[1] Закон України «Про доступ до публічної інформації» № 2939-VI від 13.01.2011. Available: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17

[2] Тевяшев А.Д., Ткаченко В.П., Губа М.І., Манакова Н.О. Геоінформаційні системи: Навч. Посібник. – Харків: ТОВ «Оберіг», 2014, -272 с.

Система Управления Двухосной Солнечной Батареей

Олександр Шумейко
кафедра програмного забезпечення
Дніпровський державний технічний університет
Кам'янське, Україна
shumeikoalex@gmail.com

Геннадій Шевченко
Scientific centre
Noosphere
Дніпро, Україна
nikk.gena@gmail.com

Дмитро Кравцов
Scientific centre
Noosphere
Дніпро, Україна
kravtsov.dmytro.v@gmail.com

Biaxial solar panel control system

Oleksandr Shumeiko
dept. of Software
Dniprovsk State Technical University
Kamianske, Ukraine
shumeikoalex@gmail.com

Gennadiy Shevchenko
Scientific centre
Noosphere
Dnipro, Ukraine
nikk.gena@gmail.com

Dmytro Kravtsov
Scientific centre
Noosphere
Dnipro, Ukraine
kravtsov.dmytro.v@gmail.com

***Аннотация* — В статье рассмотрена задача управления линейными актуаторами двухосных солнечных батарей. Для моделирования движения штоков актуаторов использованы параболические регрессионные сплайны. Проведенные исследования показали, что даже при малом числе разбиений сплайна получаемая ориентация панели удовлетворяет требуемым условиям.**

***Abstract* — The problem of controlling the linear actuators of biaxial solar panels was considered in the article. Parabolic regression splines were used for actuator rods movement calculation. Conducted research has shown that even for a small number of partitions of splines the obtained orientation of the panel satisfies the required conditions.**

Ключевые слова—солнечная энергетика; управление солнечной батареей; линейные актуаторы; сплайны

Keywords—solar power; solar panel control; linear actuators; splines

I. Введение

Солнечная энергетика получает все большее развитие в современном мире, она характеризуется максимальной простотой использования, наибольшими ресурсами, экологической чистотой и повсеместным распространением. Эти обстоятельства определяют гелиоэнергетику как одно из наиболее перспективных направлений развития возобновляемой энергетики [1].

По оценкам экспертов, использование всего 0.0125% солнечного излучения могло бы обеспечить все текущие потребности мировой экономики, а за один час на Землю поступает солнечной энергии больше, чем ее потребляет все человечество в течение года.

В мире наблюдается экспоненциальный рост количества солнечных электростанций. Европейская ассоциация солнечной энергетики SolarPower Europe опубликовала прогноз развития мировой фотоэлектрической солнечной энергетики до 2023 года (рис.1) [2].

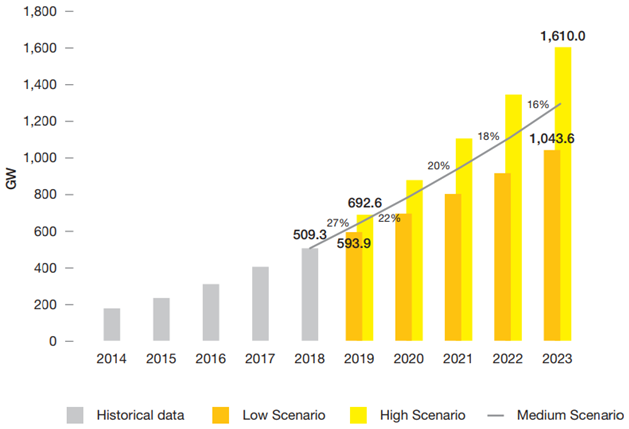


Рис. 1. Темпы развития солнечной энергетики

Украина занимает достойное место среди стран, активно развивающих солнечную энергетику. Так, в 2012 году в Украине запущена последняя, пятая, 20-мегаваттная очередь солнечного парка в Перово, в результате чего его суммарная установленная мощность возросла до 100 МВт. Солнечный парк Перово в составе пяти очередей на то время стал крупнейшим парком в мире по показателям установленной мощности. За ним следовали канадская электростанция Sarnia (97 МВт), итальянская Montalto di Castro (84,2 МВт) и немецкая Finsterwalde (80,7 МВт). Замыкала мировую пятерку

крупнейших фотоэлектрических парков — 80-мегаваттная электростанция Охотниково в Сакском районе Крыма [3].

К сожалению, эти солнечные парки оккупированы Россией, но, тем не менее, это не остановило развитие солнечной энергетики. Так, 19 апреля 2019 года, вблизи села Старозаводское Никопольского района Днепропетровской области открыли самую большую солнечную электростанцию в Украине, которая теперь входит в тройку крупнейших в Европе, в ней около 750 тысяч панелей. Производительность станции – около 200 МВт [4].

II. Эффективность применения систем солнечного слежения

Продуктивность работы солнечных панелей напрямую зависит от количества получаемой солнечной энергии. Величиной, оказывающей влияние на интенсивность облучения панели, является угол падения солнечных лучей на её поверхность. Применение систем слежения позволяет изменять угол в зависимости от положения Солнца, что увеличивает объем пришедшей мощности на поверхность солнечной панели. Максимального значения генерация электричества достигает в тот момент, когда рабочая поверхность солнечных модулей (пластин) располагается перпендикулярно потоку солнечного излучения.

Для реализации функции слежения за солнцем обычно устанавливают подвижную платформу, которая может поворачиваться вслед за перемещением Солнца в одной или двух плоскостях. Трекер – это динамическая система, в состав которой входят:

- Несущая конструкция – фиксированная и подвижная части, на последней непосредственно монтируются солнечные панели.
- Система ориентации – состоит из электромеханических приводов, позволяющих изменять ориентацию панели солнечной батареи вслед за перемещением солнца.
- Система управления – программное обеспечение и блок управления, которые позволяют осуществлять управление трекером, контролировать и обслуживать энергосистему.

Установка трекерной системы позволяет добиться увеличения выработки электроэнергии на 30-40% по сравнению с солнечными электростанциями, использующими неподвижно закрепленные солнечные батареи [5].

Понятно, что двухосные платформы, в сравнении с одноосными, сложнее в использовании и дороже в производстве, но даже изменение угла наклона одноосной станции (что приведено на рис. 2) дает существенный выигрыш [6]. Именно этот факт стимулировал развитие двухосных солнечных станций.

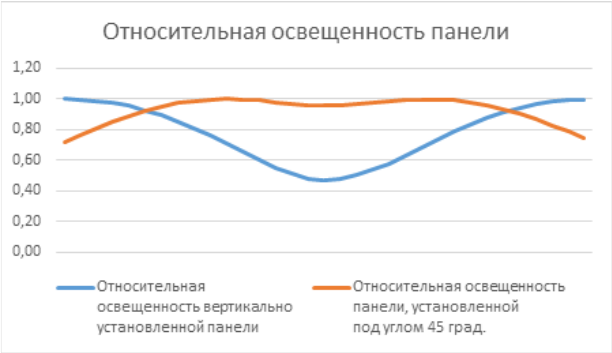


Рис. 2. Сравнение освещенности панели одноосной солнечной станции.

III. Основной результат

Управляющая конструкция солнечной панели состоит из двух автономных линейных актуаторов, нижний из которых реализует вращение вокруг вертикальной оси, верхний – горизонтальной (рис. 3). Таким образом, позиционирование солнечной панели в соответствии с азимутом солнца и его высотой, проводятся независимо друг от друга. Этот факт существенно упрощает задачу управления.

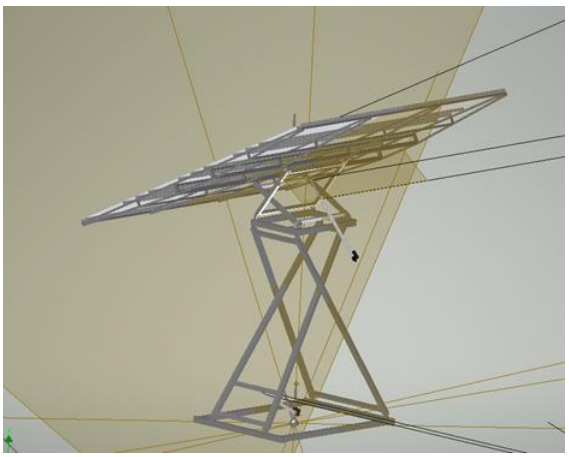


Рис. 3. Схема двухосной солнечной батареи.

С одной стороны, в каждую единицу солнечного времени легко определить азимут и высоту нашего светила. С другой, нужно в день летнего солнцестояния (когда как интервал изменения азимута Солнца, так и его высота принимают максимальное значение) провести градуировку батареи, то есть определить те положения верхнего и нижнего штоков линейных актуаторов, которые будут соответствовать строго перпендикулярному положению солнечной панели относительно солнечного потока (рис. 4, 5).

Наличие полученной градуировочной шкалы (метрологической таблицы) позволяет для каждого фиксированного положения светила получить те значения штоков, которые позволяют ориентировать панель перпендикулярно световому потоку.

Рис. 4. График изменения азимута и высоты Солнца в день летнего солнцестояния.

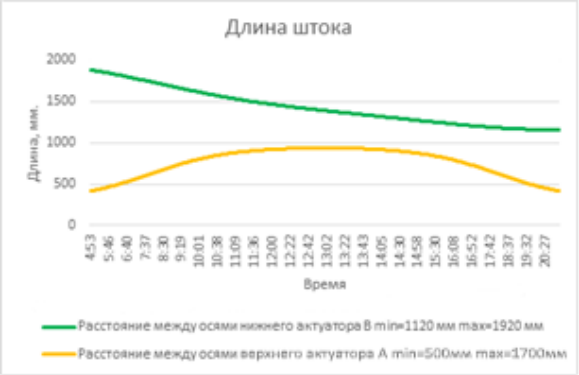


Рис. 5. Графики результата градуировки актуаторов.

Приведем формализацию этого факта. Пусть есть таблица исходных данных (табл. 1).

ТАБЛИЦЯ I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

T_1	T_2	T_3	…	T_{n-1}	T_n
A_1	A_2	A_3	…	A_{n-1}	A_n
H_1	H_2	H_3	…	H_{n-1}	H_n
a_1	a_2	a_3	…	a_{n-1}	a_n
h_1	h_2	h_3	…	h_{n-1}	h_n

Здесь A_1, A_2, …, A_n – значения азимута Солнца в день летнего солнцестояния и H_1, H_2, …, H_n – соответственные значения высоты в моменты времени T_1, T_2, …, T_n и соответствующие положения штока a_1, a_2, …, a_n нижнего актуатора и h_1, h_2, …, h_n – верхнего.

При наличии достаточно полных и точных исходных данных и при отсутствии ограничений на объем памяти используемой системы управления, задача получения требуемых положений штока в любой другой день и час солнечного времени решается достаточно просто.

Пусть в требуемый момент времени известны координаты Солнца – его азимут A^* и высота H^*. Тогда пусть $i\in[1,n]$ – такое значение индекса, что $A_i \le A^* \le A_{i+1}$ и $j\in[1,n]$ – такое значение индекса, что $H_j \le H^* \le H_{j+1}$. Положим $\alpha = \dfrac{A^* - A_i}{A_{i+1} - A_i}$ и $\eta = \dfrac{H^* - H_j}{H_{j+1} - H_j}$ Тогда положение штока нижнего актуатора будет равно $a^* = a_i + \alpha(a_{i+1} - a_i)$, а значение штока верхнего актуатора – $h^* = h_j + \eta(h_{j+1} - h_j)$.

Проблема данной задачи состоит в том, что для управления солнечными батареями используют микроконтроллеры с весьма ограниченными ресурсами, поэтому использование градуировочной шкалы для получения текущих положений штоков актуаторов не реально. Таким образом, нужно получить аппроксимации градуировочной шкалы и работать с ними.

Пусть $a(t)$, $t\in[T_1,T_n]$ – некоторая аппроксимация положения штока нижнего линейного актуатора, полученная на основе таблицы 1 и, соответственно, $h(t)$, $t\in[T_1,T_n]$ – аппроксимация положения штока верхнего актуатора. Кроме того, пусть $A(t)$, $t\in[T_1,T_n]$ – значение азимута и, соответственно, $H(t)$, $t\in[T_1,T_n]$ – значение высоты Солнца в любой произвольный момент $t\in[T_1,T_n]$. Пусть, как и ранее, в требуемый момент времени известны координаты Солнца: его азимут A^* и высота H^*. Найдем такие значения времени t^A и t^H, что $A(t^A) = A^*$ и $H(t^H) = H^*$. Тогда требуемые значения штоков актуаторов будут равны $a(t^A)$ и $h(t^H)$.

Остается только найти подходящие аппроксимации.

Попытки использовать полиномиальные аппроксимации до шестой степени включительно давали погрешность ориентирования до 2° (рис. 6), что привело к необходимости использования более сложных аппроксимаций. Для этой цели было принято решение использовать регрессионные сплайны или близкие к ним модели.

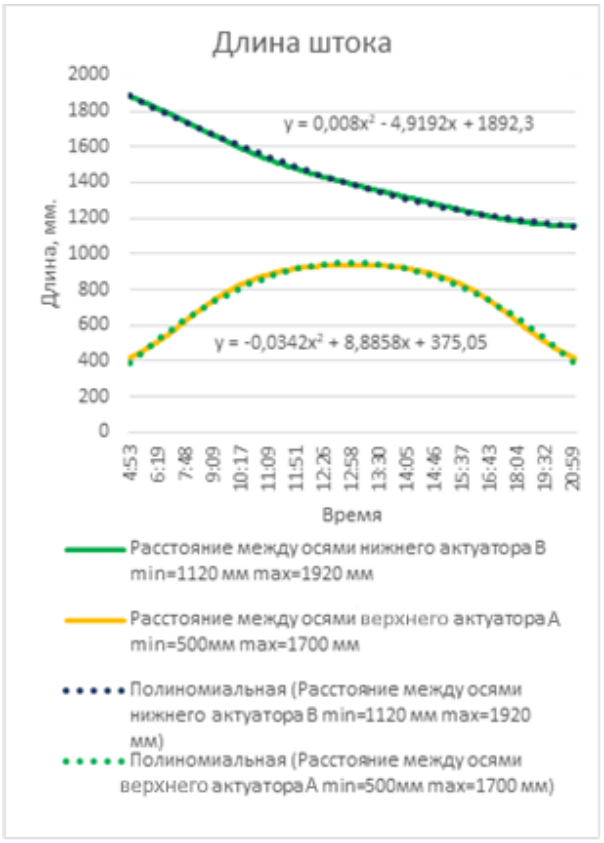


Рис. 6. Графики изменения штоков актуаторов и их полиномиальные аппроксимации.

В работе [7] доказано следующее утверждение:

Пусть $x(t)$ – функция, ограниченная на промежутке $[a,b]$. Если $X(t)$ – третья первообразная $x(t)$, причём такая, что $X''(a) = 0$, $X'(a) = 0$ и $X(a) = 0$, то для фиксированного разбиения $\bar{\Delta}_n = \{a + ih\}_{i=0}^{n-1}$ и множества $\{X_i\}_{i=0}^{n}$ (где $X_i = X(t_i)$) параболический "почти" регрессионный сплайн (то есть сплайн, совпадающий с регрессионным сплайном с точностью до асимптотики более высокой степени) будет иметь вид

$$\bar{s}_2\left(x,\bar{\Delta}_n,t\right)=\sum_{i=-2}^{n+2}\left(X_i-\frac{1}{4}\Delta^2 X_i+\frac{13}{240}\Delta^4 X_i\right)B_{5,h}^{(3)}\left(t-a-ih\right),$$

где $\Delta^{2k+2}f_i = \Delta^2(\Delta^{2k}f_i)$, $\Delta^2 f_i = f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}$,

$$B_{5,1}^{(3)}(t)=\begin{cases}0, & t<-3,\\ \frac{1}{2}(t+3)^2, & t\in[-3,-2],\\ -\frac{15}{2}-9t-\frac{5}{2}t^2, & t\in[-2,-1],\\ 6t+5t^2, & t\in[-1,0],\\ 6t-5t^2, & t\in[0,1],\\ \frac{15}{2}-9t+\frac{5}{2}t^2, & t\in[1,2],\\ -\frac{1}{2}(t-3)^2, & t\in[2,3],\\ 0, & t>3\end{cases}$$

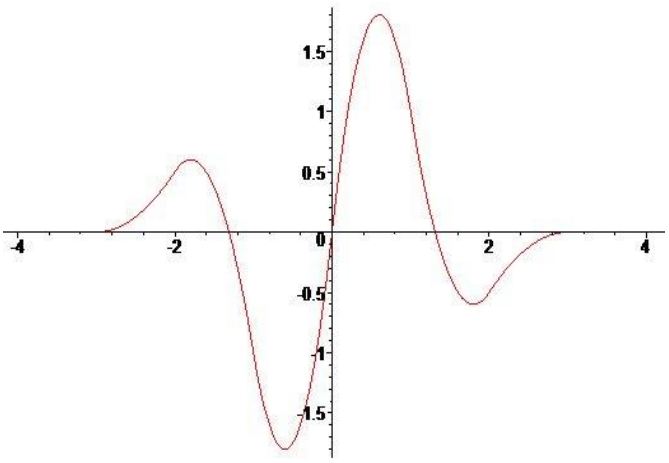


Рис. 7. B-сплайн $B_{5,h}^{(3)}(t)$.

IV. Алгоритмизация

Приведем полученный алгоритм. Пусть имеются исходные данные (табл. 2).

ТАБЛИЦЯ II. Исходные данные алгоритма.

T_1	T_2	T_3	…	T_{n-1}	T_n
x_1	x_2	x_3	…	x_{n-1}	x_n

Положим

$$X_0^1 = 0, X_i^1 = X_{i-1}^1 + x_i, i = 1,...,n,$$

$$X_0^2 = 0, X_i^2 = X_{i-1}^2 + X_i^1, i = 1,...,n,$$

$$X_0 = 0, X_i = X_{i-1} + X_i^2, i = 1,...,n,$$

Для заданного фиксированного числа m узлов сплайна, определим разбиение

$$\tau_i = T_1 + i\delta, \delta = \frac{T_n - T_i}{m}, i = 0,1,...,m.$$

Тогда аппроксимацией исходных табличных данных $\{x_i,T_i\}$, $i = 1,\ldots,n$ будет сплайн (рис. 8)

$$s_2\left(\{x_i\}_{i=1}^n,\{\tau_i\}_{i=0}^m,t\right)= \\ =\sum_{i=-2}^{m+2}\left(X_i-\frac{1}{4}\Delta^2 X_i+\frac{13}{240}\Delta^4 X_i\right)\cdot B_{5,\delta}^{(3)}\left(t-T_1-i\delta\right) \quad (1)$$

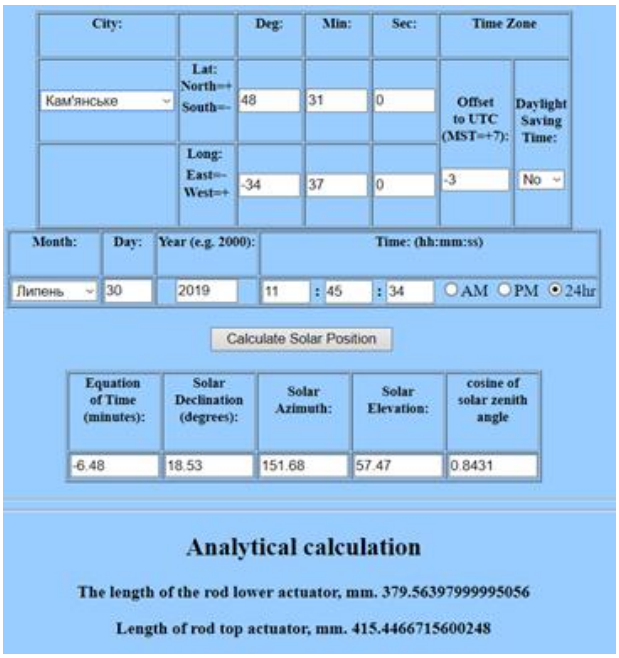


Рис. 8. Пример расчета значений штоков актуаторов.

Рассмотрим другой тип солнечной батареи – на основе антипараллелограммов (рис. 9).

Рис. 9. Солнечная батарея на основе антипараллелограммов.

Для данной конструкции изменение положения одного штока ведет к повороту как по азимуту, так и по высоте. Таким образом, движение панели нельзя разбить на две независимые составляющие. Для построения аппроксимации движения штоков рассмотрим два

крайних случая – в день летнего и зимнего солнцестояния (рис. 10).

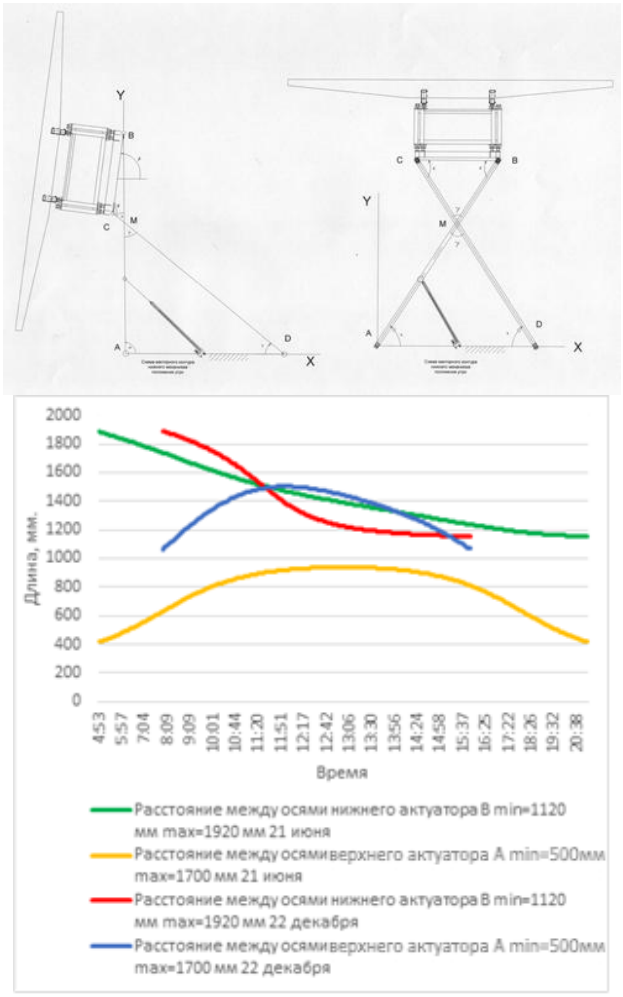


Рис. 10. Значения длин штоков актуаторов в дни солнцестояния.

Для моделирования значений штоков построим линейчатые поверхности Кунса (Steven Coons) [8] (рис. 11). Пусть $\rho_1(u)$ – аппроксимация положения штока в день летнего солнцестояния и $\rho_2(u)$ – аппроксимация положения штока в день зимнего солнцестояния, тогда все положения штока описываются поверхностью, натянутой на кривоугольный четырехугольник, ограниченный противолежащими кривыми $\rho_1(u)$ и $\rho_2(u)$, соединёнными двумя отрезками прямых, каждая точка которых соответствует определенному дню года.

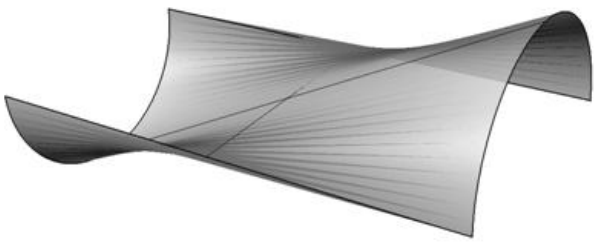


Рис. 11. Линейчатая поверхность Кунса.

Уравнение поверхности имеет вид:

$$\Pi(u,v) = (1-u)\cdot v\cdot \rho_1(u) + v\cdot \rho_2(u) + (1-u)\cdot \rho_3(v) + u\cdot \rho_4(u) - \\ -(1-u)\cdot(1-v)\cdot \rho_1 - u\cdot(1-v)\cdot \rho_2 - (1-u)\cdot v\cdot \rho_3 - u\cdot v\cdot \rho_4, \quad (2)$$

где $0 \le u, v \le 1$,

ρ_1, ρ_2, ρ_3, ρ_4 – угловые точки,

$\rho_3(v) = (1 - v)\,\rho_1 + v\rho_3$, $\rho_4(v) = (1 - v)\,\rho_2 + v\rho_4$.

Тогда изменение штока для каждого конкретного дня соответствует кривой сечения поверхности (2) при $v=v_{день}$.

Предложено в качестве аппроксимаций $\rho_1(u)$ и $\rho_2(u)$ использовать сплайны (1).

V. Выводы

Использование в качестве аппроксимации регрессионного параболического сплайна даже с малым числом узлов m∈[3,10] позволило получить программу управления солнечной батареей с удовлетворительной точностью ориентирования.

Література References

[1] Китаева М.В., Юрченко А.В., Скороходов А.В., Охорзина А.В. Системы слежения за Солнцем. Вестник науки Сибири. 2012. № 3 (4)б с. 61-67.

[2] M. Schmela, et al. "Global Market Outlook For Solar Power / 2019 - 2023." SolarPower Europe, [online document], p.19, August, 2019. Available: SolarPower Europe, www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2019/05/SolarPower-Europe-Global-Market-Outlook-2019-2023.pdf. [Accessed Aug. 2, 2019].

[3] Солнечная энергетика [Электронный ресурс] // Wikipedia.org — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_энергетика. — Дата обращения: 02.08.2019.

[4] В Днепропетровской области начала работу крупнейшая солнечная электростанция в Украине [Электронный ресурс] // Информатор. — Режим доступа: https://nikopol.informator.ua/2019/04/24/v-dnepropetrovskoj-oblasti-nachala-rabotu-krupnejshaya-solnechnaya-elektrostantsiya-v-ukraine/. — Дата обращения: 14.08.2019.

[5] Аржанов К.В. Двухкоординатная система наведения солнечных батарей на солнце. Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324. № 4 с.139-146.

[6] Бирюлин В.И., Куделина Д.В. Автоматизированная система управления небольшой солнечной электростанцией. Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2017. № 3 (15), с.1-6.

[7] Шумейко А.А., Искандарова-Мала А.О. О построении параболической сплайн-регрессионной модели. Інформаційні системи та технології ІСТ-2018. Матеріали 7-ої Міжнародної науково-технічної конференції, Коблеве-Харків, 2018, с.154-158.

[8] Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. Радио и связь. М., 1986. 399 с.

Секція 4.
Розпізнавання образів, цифрова обробка зображень і сигналів.

Section 4.
Pattern recognition, digital processing of images and signals.

Трансферное обучение в задаче классификации летательных аппаратов

Валентин Есилевский
кафедра прикладной математики
Национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, Украина
yes_v_s@ukr.net

Андрей Тевяшев
кафедра прикладной математики
Национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, Украина
andrew.teviashev@nure.ua

Антон Колядин
кафедра прикладной математики
Национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, Украина
anton.koliadin@nure.ua

Transfer Learning In Aircraft Classification

Valentyn Yesilevskyi
Department of Applied Mathematics
National University of Radioelectronics
Kharkiv, Ukraine
yes_v_s@ukr.net

Andrew Teviashev
Department of Applied Mathematics
National University of Radioelectronics
Kharkiv, Ukraine
andrew.teviashev@nure.ua

Anton Koliadin
Department of Applied Mathematics
National University of Radioelectronics
Kharkiv, Ukraine
anton.koliadin@nure.ua

***Аннотация* — В статье представлен способ решения задачи классификации летательных аппаратов по цифровому изображению с использованием глубоких нейронных сетей, подготовленных на основе трансферного обучения**

***Abstract* — The article presents a method of aircraft classification by digital image using deep neural networks with transfer learning**

Ключевые слова — летательные аппараты; классификация изображений; глубокие нейронные сети; трансферное обучение

Keywords — aircrafts; image classification; deep neural networks; transfer learning

I. Введение

Системы обнаружения и распознавания различных типов летательных аппаратов (ЛА) в последнее время претерпевает сильные изменения. Это связано, во-первых, с применением стелс-технологий, маскирующих характеристики ЛА в радиолокационной области обнаружения. И, во-вторых, в связи с революционными успехами в области применения искусственного интеллекта для обработки изображений и относительной дешевизной необходимых аппаратных средств. Дополнение или даже замена систем радиолокационного обнаружения ЛА системами оптического обнаружения предоставляет новые возможности в определении характера воздушной обстановки. Поэтому задача повышения надежности распознавания типов ЛА по цифровому видеоизображению существенно возрастает.

Обработку видеоизображения наземными средствами слежения за воздушной обстановкой можно разбить на ряд задач. Среди них можно выделить следующие задачи: обнаружение подвижного летящего объекта; определение характеристик объекта (дальность, размер, скорость, маневренность и т.п.); определение типа ЛА. Эти задачи могут решаться как поэтапно, так и одновременно. Это может быть обнаружение всех объектов на одном кадре с определением их типа и последующим их сопровождением в последовательности видеокадров или обнаружение движущихся объектов по видеоряду с последующей идентификацией объектов на каждом кадре. В предлагаемом подходе мы предполагаем, что движущийся объект или объекты сначала будут обнаружены и локализованы на видеоизображении, а затем будет решаться задача отнесения каждого объекта к определенному классу.

В области распознавания образов на изображении принята следующая устойчивая терминология для определения задач [1], представленных на рис. 1.

а б в

Рис. 1. Различные задачи распознавания образов на изображении: а) классификация, б) классификация с локализацией, в) детектирование

Детектирование – определение класса каждого объекта на изображении. Классификация – определение класса одного объекта на изображении. Классификация с локализацией – классификация одного объекта и указание его места на изображении.

Таким образом, в этой терминологии мы будем обсуждать методы решения задачи классификации ЛА на цифровом изображении.

II. Анализ состояния проблемы и задачи исследования

Классические методы распознавания ЛА, применяемые до появления глубоких нейронных сетей, были основаны на сравнении неизвестного изображения с библиотекой известных. Сложность решения такой задачи заключается в правильном определении неизвестного ЛА независимо от его ориентации. Для преодоления этой трудности используется подход с вычислением численных значений (моментов), инвариантных к повороту изображения на плоскости. К этим характеристикам относятся моменты Ху, моменты Зернике и Вейвлет-моменты [2,3].

При этом задача классификации решалась методами машинного обучения, как правило, с использованием классических нейронных сетей прямого распространения с небольшим количеством скрытых слоев [2].

Этот подход давал неплохие результаты для распознавания самолетов на аэрокосмических снимках аэродромов, где вариации положения объекта относились к повороту на плоскости. Для распознавания летящего самолета эти методы менее приспособлены. Для такого рода задач используются различные методы распознавания трехмерных объектов [4,5].

Революционные успехи в области анализа изображений были достигнуты после применения глубоких сверточных нейронных сетей обученных на тестовом наборе изображений ImageNet [6]. Модификации подходов, связанных с глубокими нейронными сетями, были использованы и для решения задачи идентификации типов самолетов [7].

При обучении глубоких нейронных сетей решению задачи классификации с нуля возникает ряд проблем. Прежде всего - необходимость создания большого обучающего набора размеченных изображений, включающего миллионы изображений как в ImageNet. И сложной технической проблемой является подключение больших вычислительных ресурсов, включающих в себя кластеры графических видеокарт, чтобы закончить обучение в приемлемое время.

Решением описанных проблем определения типа летательного аппарата является трансферное обучение глубоких нейронных сетей, позволяющий использовать предварительно обученную (даже для других классов объектов) сеть для построения классификаторов изображений ЛА.

Исследованию этого подхода посвящена данная работа. В разделе 3 предложено решение для задачи создания обучающего набора изображений. В разделе 4 описана процедура обучения предварительно подготовленной модели для классификации нескольких типов ЛА. В разделе 6 обсуждаются полученные результаты.

III. Теоретические предпосылки трансферного обучения

Существуют в открытом доступе как модули для встраивания в собственное программное обеспечение версии глубоких нейронных сетей, хорошо себя зарекомендовавших для решения задач искусственного интеллекта от распознавания изображений до обработки естественной речи. Эти модели предлагают не только готовую архитектуру сети, но и это очень важно – весовые коэффициенты предварительно натренированной сети. Используемая в данной работе сеть Inception v3 [9] натренирована на одной из крупнейших баз данных изображений ImageNet с более чем 10 миллионами изображений, аннотированных для 1000 классов объектов.

Современные модели распознавания изображений – это глубокие сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Network, CNN) с многочисленными слоями. Нижние слои такой CNN-сети отвечают за распознавание низкоуровневых элементарных признаков, таких как края, контуры и части изображения. Средние слои обеспечивают распознавание групп низкоуровневых признаков, которые в свою очередь являются элементарными признаками для последующих слоев. Последний слой определяет категорию изображения.

Трансферное обучение в случае классифицирования изображений ЛА позволяет повторно натренировать последний слой такой CNN-сети с помощью собственного набора изображений в приемлемое время, не изменяя веса других слоев и достигая необходимую точность.

Еще одно преимущество трансферного обучения – это то, что для дополнительной тренировки последнего слоя CNN-сети необходимо не такое большое количество данных, как при тренировке с нуля, так как требуется настроить меньшее количество весов.

IV. Генерация изображений для обучения

Для генерации исходных изображений ЛА были использованы сеточные трехмерные модели ЛА как на рис. 2.

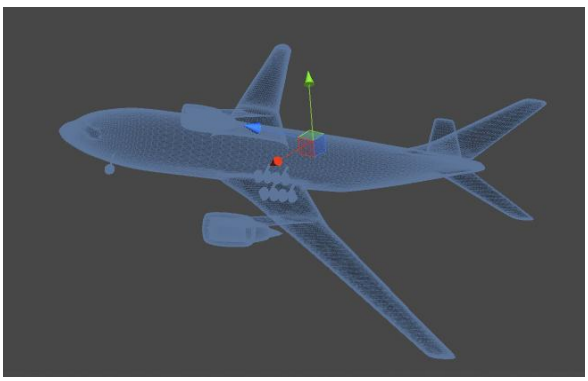


Рис. 2. Сеточная трехмерная модель самолетам

Для данной задачи использовались модели для определения одного из классов: самолет, БПЛА, вертолет, квадрокоптер (рис. 3). Были использованы различные вида ЛА для каждого класса.

Рис. 3. Трехмерные модели основных типов ЛА для классификации

Эти модели для анимации были включены в проект для Unity — среды разработки компьютерных игр. Программное управление положением ЛА в игровой среде позволило подготовить несколько сотен изображений под разными углами. Эти наборы были дополнены реалистическими изображениями из Интернета.

V. Обучение нейросетевого классификатора

Решением описанных проблем определения типа летательного аппарата является трансферное обучение глубоких нейронных сетей, позволяющий использовать предварительно обученную (даже для других классов объектов) сеть для построения классификаторов изображений ЛА. В качестве базовой предобученной сети использовалась сеть Inception v3.

Трансферное обучение предполагает решение двух задач: изменение архитектуры НС и обучение измененной сети. Изменение архитектуры заключалось в замене последнего классифицирующего слоя на слой с 4 элементами (по числу типов ЛА). Числовое значение выходов последнего слоя определяет вероятность отнесения входного изображения соответствующему классу.

В процессе обучения были «заморожены» веса всех нейронов предварительно обученной на изображениях ImageNet модели кроме нейронов последнего, слоя. 4000 эпох обучения позволили получить решение задачи классификации. Процесс оценки качества классификации и ошибки в ходе обучения приведены на рис. 4.

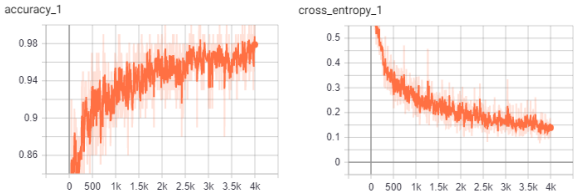


Рис. 4. График оценки качества классификации и ошибки в процессе обучения

Результаты работы классификатора на реальных изображениях на рис 5.

Программное обеспечение для проекта разработано в части трехмерного моделирования на C# в Unity. Программы обучения сети и ее использования для классификации написаны на Python с использованием библиотеки TensorFlow.

Рис. 5. Результаты работы классификатора на реальных изображениях

VI. Выводы

Предложенный подход позволяет получить решение поставленной задачи с достаточно высокой степенью точности на модельных данных. Для решения задачи в реальных условиях этот способ может быть предложен как один из методов, который вместе с другими методами (например, определения динамических характеристик полета по видеоряду изображений) позволит получить правильное решение поставленной задачи.

Литература References

[1] Dharti Dhami «Object Detection/Localization Algorithms» Nov 25, 2018 [Online]. Available: ·https://medium.com/@dhartidhami/object-detection-localization-algorithms-e55b19259cbf

[2] Huihui Li, Xing Jin , Ning Yang , Zhe Yang The recognition of landed aircrafts based on PCNN model and affine moment invariants/ Pattern Recognition Letters 2015 / 01 Vol. 51

[3] Rong, Hai-Jun, Jia, Ya-Xin, Zhao, Guang-She “Aircraft recognition using modular extreme learning machine” Neurocomputing 2014 / 03 Vol. 128

[4] Li W, Bebis G, Bourbakis NG. “3D object recognition using 2D

[5] Views”./ IEEE Trans Image Process 2008;17(11):2236–54.

[6] Wei, Zhenzhong, Liu, Chang, Li, Nan “Weighted Marginal Fisher Analysis with Spatially Smooth for aircraft recognition”/ Volume: 27 Journal: Chinese Journal of Aeronautics, February, 2014

[7] Krizhevsky, Alex & Sutskever, Ilya & E. Hinton, Geoffrey. (2012).” ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks.”/ Neural Information Processing Systems. 25. 10.1145/3065386.

[8] Mash, Robert, Becherer, Nicholas, Woolley, Brian, Pecarina, John ” Toward aircraft recognition with convolutional neural networks”/ [IEEE 2016 IEEE National Aerospace and Electronics Conference (NAECON) and Ohio Innovation Summit (OIS) - Dayton, OH, USA (2016.7.25-2016.7.29)]

[9] “How to Retrain an Image Classifier for New Categories” 2018 [Online]. Available: https://www.tensorflow.org/hub/tutorials/image_retraining

[10] Szegedy, Christian, Vanhoucke, Vincent, Ioffe, Sergey, Shlens, Jon, Wojna, Zbigniew ” Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision”/ [IEEE 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) - Las Vegas, NV, USA (2016.6.27-2016.6.30)] 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)

Застосування Трійкового Симетричного Ортогонального Перетворення для Діагностування та Контролю Параметрів Процесів і Середовищ

Артем Ізмайлов
кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем
Прикарпатський національний університет імені В. Стефаника
Івано-Франківськ, Україна
artem.v.izmailov@gmail.com

Application of Symmetric Ternary Orthogonal Transform for Diagnostics and Monitoring of Parameters of Processes and Environments

Artem Izmailov
dept. of Computer Science and Information Systems
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
artem.v.izmailov@gmail.com

***Анотація*—У роботі запропоновано засіб дискретного трійкового симетричного ортогонального перетворення. За допомогою запропонованого засобу досліджено ефективність застосування перетворення у системах обліку та контролю параметрів передачі газу для зменшення обсягів пам'яті, необхідних для зберігання даних. Доведено, що запропоноване перетворення забезпечує кращі показники ущільнення даних у таких системах, у порівнянні з ортогональними перетвореннями Уолша та Хаара.**

***Abstract*—In this paper the device for discrete symmetric ternary orthogonal transform was introduced. The proposed device was used to perform the effectiveness analysis of application of the described transform in systems of gas accounting and transmission control in order to reduce the amount of memory required for data storage. It was proved that the introduced transform ensures better data compression in such systems in comparison with Walsh and Haar orthogonal transforms.**

Ключові слова—цифрова обробка інформації; дискретне ортогональне перетворення; трійкові симетричні функції; зменшення обсягів пам'яті

Keywords—digital information processing; discrete orthogonal transform; symmetric ternary functions; memory reduction

I. Вступ

Стрімкий розвиток різних галузей економіки зумовив необхідність у створенні комп'ютеризованих систем діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ, у яких застосовуються компоненти цифрової обробки інформації [1 – 9]. Ефективність функціонування таких компонентів безпосередньо пов'язана із ефективністю перебігу відповідних економічних, у тому числі виробничих, процесів, що забезпечує актуальність досліджень, пов'язаних із удосконаленням існуючих та розробкою нових методів та засобів цифрової обробки інформації (ЦОІ).

Актуальним завданням ЦОІ є ущільнення даних, що у випадку систем діагностування та контролю параметрів процесів та середовищ забезпечує ефективне використання доступних обсягів пам'яті для зберігання даних, які у більшості випадків не перевищують значень відповідних показників для мобільних пристроїв [1 – 6, 8].

Ефективне використання пам'яті забезпечує підвищення точності процесів моніторингу стану обладнання та середовища за рахунок зберігання більшої кількості даних, на основі яких здійснюється моніторинг [1 – 3, 5, 6]. Одним із способів ущільнення даних є застосування декореляційних властивостей ортогональних перетворень (ОП) [2 – 4, 6]. При цьому, зниження рівня кореляції вхідних даних забезпечує нерівномірність розподілу їх енергії між коефіцієнтами перетворення, що забезпечує близькість до нуля частини коефіцієнтів [2 – 4, 6]. Такі коефіцієнти покладаються рівними нулю, що призводить до незначних втрат інформації у випадку відновлення послідовності вхідних даних за відповідними їм коефіцієнтами перетворення [2 – 4, 6]. Регулюванням порогових значень коефіцієнтів, які відкидаються, досягають допустимих значень похибок відновлення у залежності від області застосування [2, 4, 6].

Аналіз останніх досліджень у галузі ортогональних перетворень вказує на те, що дослідження щодо застосування ортогонального перетворення на основі трійкових симетричних функцій у системах діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ не проводились [3 – 7]. Водночас, доведена ефективність застосування трійкового симетричного ортогонального перетворення для ущільнення даних на основі його декореляційних властивостей [8, 9]. Для запропонованого перетворення успішно синтезовано відповідне швидке перетворення, яке забезпечує його ефективну імплементацію у засобах ЦОІ [7].

Метою дослідження є оцінювання ефективності застосування засобів дискретного трійкового симетричного ортогонального перетворення для зменшення обсягів пам'яті, необхідних для зберігання даних, у комп'ютеризованих системах діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в успішному проведенні оцінки ефективності застосування засобів дискретного трійкового симетричного ортогонального перетворення для зменшення обсягів пам'яті, необхідних для зберігання даних, у комп'ютеризованих системах діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ, яка становить 44÷66% у порівнянні з існуючими засобами та в залежності від типу даних.

II. Дискретне трійкове симетричне ортогональне перетворення

Дискретне трійкове симетричне ортогональне перетворення (ТСОП) задане наступним виразом [7]

$$Y = T_N X \,, \tag{1}$$

де $Y=[Y(0),Y(1),\ldots,Y(N-1)]^T$ – N-компонентний вектор коефіцієнтів ТСОП, $N=3^n$, $n=0,1,\ldots$, T_N – матриця перетворення розміру $N\times N$, $X=[X(0),X(1),\ldots,X(N-1)]^T$ – N-компонентний вектор дискретних значень вхідного набору даних, для якого здійснюється перетворення.

Матриця ТСОП T_N побудована на основі матриці значень ортогоналізованих добутків трійкових симетричних функцій (інформацію щодо цієї системи функцій можна знайти у [8]), кожен з рядків якої помножений на відповідний нормуючий коефіцієнт (інформацію щодо вказаних коефіцієнтів можна знайти у [7]) з метою ортогоналізації матриці перетворення. З урахуванням властивості ортогональності матриць T_N обернене ТСОП визначене у наступному вигляді [7]

$$X = (T_N)^{\mathrm{T}} Y \,. \tag{2}$$

Матриця перетворення T_9 ТСОП розміру 9 задана наступним виразом

$$T_9 = \frac{1}{\sqrt{9}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -\sqrt{3/2} & -\sqrt{3/2} & -\sqrt{3/2} & 0 & 0 & 0 & \sqrt{3/2} & \sqrt{3/2} & \sqrt{3/2} \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ -3/2 & 0 & 3/2 & 0 & 0 & 0 & -3/2 & 0 & 3/2 \\ 3/2 & 0 & -3/2 & 0 & 0 & 0 & -3/2 & 0 & 3/2 \\ 0 & 0 & 0 & -3/\sqrt{2} & 0 & 3/\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 1/\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ -\sqrt{3/2} & \sqrt{3} & -\sqrt{3/2} & 0 & 0 & 0 & \sqrt{3/2} & -\sqrt{3} & \sqrt{3/2} \\ 1/2 & -1 & 1/2 & -1 & 2 & -1 & 1/2 & -1 & 1/2 \end{pmatrix}. \tag{3}$$

У загальному випадку, для реалізації перетворення (1) (прямий метод обчислення) необхідно $N(N-1)$ операцій додавання/віднімання та N^2 операцій множення двох елементів, що еквівалентно прямому обчисленню матричного добутку у виразі перетворення. У зв'язку з цим, у роботі [7] запропоновано швидкий метод обчислення ТСОП.

Метод швидкого ТСОП передбачає множення результатів операцій додавання/віднімання на відповідні коефіцієнти, які задані наступним аналітичним виразом

$$C_N(i-1) = (T_N)_i^k \,,\ k = \underset{j\in NZ(N,i)}{\operatorname{argmin}}\left(\left|(T_N)_i^j\right|\right), \tag{4}$$

де $(T_N)_i^j$ – елемент матриці ТСОП T_N, який знаходиться у i-ому рядку та j-ому стовпці, $NZ(N,i)$ – множина номерів стовпців ненульових елементів i-ого рядка матриці T_N, i=1,2,…,N.

Застосування коефіцієнтів (4) дозволило мінімізувати кількість операцій множення у схемі перетворення (1). Схема реалізації швидкого ТСОП розміру 9 (на основі матриці перетворення (3)) наведена на рисунку 1.

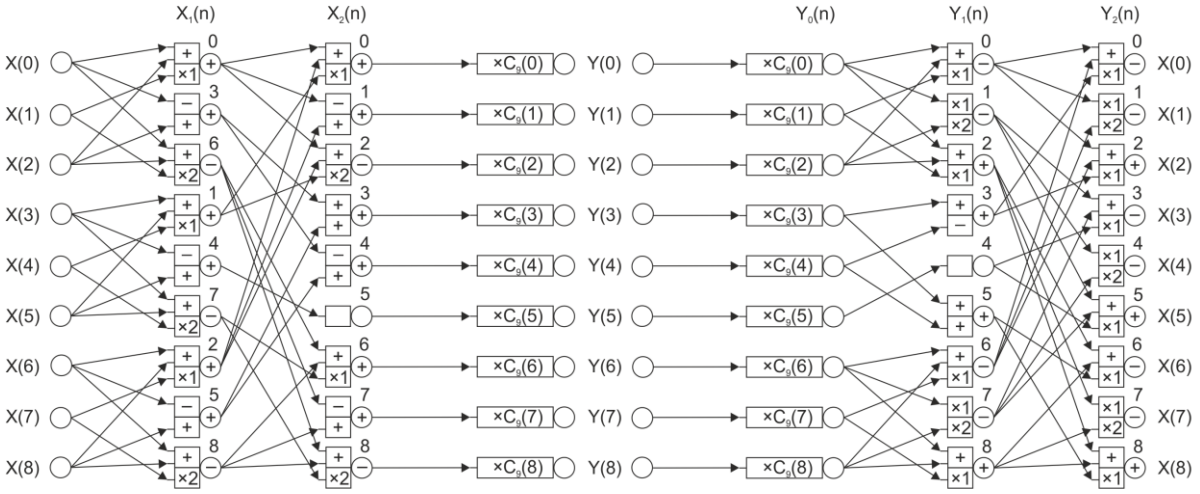


Рис. 6. Схема швидкого ТСОП розміру N=9, реалізованого за принципом divide-and-conquer

У схемі перетворення, наведеній на рисунку 1, застосовано операційні блоки, які представлені на рисунках 2-10.

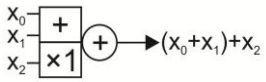


Рис. 7. Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0, x_1, x_2)=(x_0+x_1)+x_2$

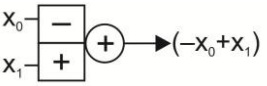


Рис. 8. Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0, x_1)=(-x_0+x_1)$

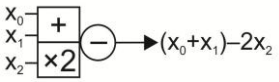


Рис. 9. Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0, x_1, x_2)=(x_0+x_1)-2x_2$

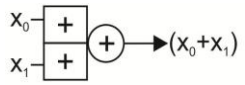


Рис. 10.Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0, x_1)=(x_0+x_1)$

Рис. 11.Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0)=(x_0)$ (повторювач)

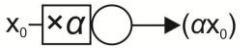


Рис. 12.Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0)=(\alpha x_0)$ (помножувач на константу)

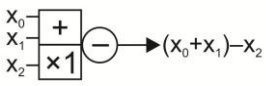


Рис. 13.Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0, x_1, x_2)=(x_0+x_1)-x_2$

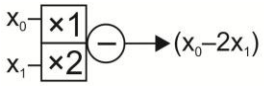


Рис. 14.Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0, x_1)=(x_0-2x_1)$

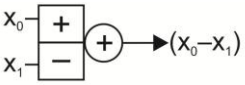


Рис. 15.Операційний блок, який реалізує функцію $f(x_0, x_1)=(x_0-x_1)$

Наведені операційні блоки (рис. 2-10) спрощують імплементацію схеми на рисунку 1 у засобах ЦОІ. При цьому, наведена схема у випадку реалізації засобами ПЛІС (програмована логічна інтегральна схема) забезпечує максимальну швидкодію при обчисленні ТСОП і може, з деяким наближенням, бути застосована у системах із ЦОІ на основі ОП у режимі реального часу.

Проте, з точки зору апаратних затрат, наведена схема (рис. 1) є надлишковою і, особливо, у випадку масштабування на більші розміри перетворення, потребує додаткових фінансових затрат на потужніші моделі ПЛІС. Це спонукає до пошуку компромісного варіанту між апаратними затратами (кількістю обчислювальних блоків) та швидкодією для систем ЦОІ, у яких реалізація ТСОП не є процесом, реалізованим у реальному часі. Наприклад, у системах, у яких здійснюється діагностування значень параметрів процесів і середовищ, отриманих на протязі проміжків часу, які вимірюються десятками хвилин, задача ефективного зберігання накопичених для аналізу даних потребує першочергового вирішення, у порівнянні із задачею підвищення швидкодії процесів ЦОІ. Для таких систем запропоновано структуру засобу ТСОП, яка у випадку реалізації на ПЛІС, забезпечує нижчу швидкодію у порівнянні з реалізацією на основі схеми швидкого перетворення (рис. 1), але, водночас, вимагає суттєво

нижчих, у порівнянні з останньою, апаратних затрат на реалізацію.

Аналіз схеми швидкого ТСОП, наведеної на рисунку 1, вказав на те, що для реалізації перетворення (1) застосовуються лише дві групи операційних блоків. Це група, яка складається з блоків на рисунках 2-4 та група, яка складається з блоків на рисунках 3, 5 та 6. Додатковими елементами, які потребують уведення, у порівнянні зі схемою на рисунку 1, є система комутації між кожною із груп обчислювальних блоків та запам'ятовуючий пристрій для зберігання результатів проміжних обчислень. Уведення вказаних компонентів істотно не підвищує апаратної складності засобу ТСОП і не зменшує ефекту вивільнення апаратних ресурсів за рахунок зменшення кількості обчислювальних блоків. Реалізація оберненого перетворення забезпечується зміною комутації виходів та входів для відповідних груп та зміною схеми перемикання потоку даних між ними.

Структурну схему засобу ТСОП, реалізованого за схемою на основі двох груп обчислювальних блоків наведено на рисунку 11.

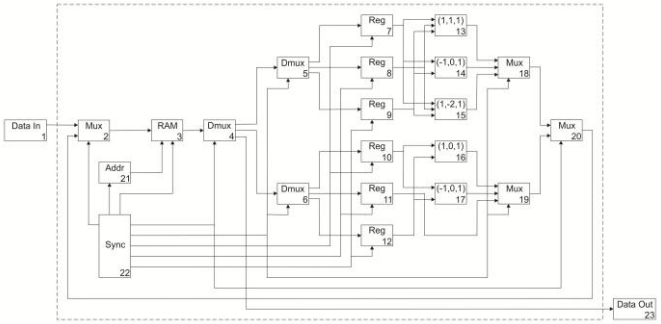


Рис. 16.Структурна схема засобу ТСОП, реалізованого на основі двох груп обчислювальних блоків

У якості компонентів запропонованого засобу використано оперативний запам'ятовуючий пристрій (3), регістри пам'яті (7-12), мультиплексори (2, 18-20), демультиплексори (4-6), генератор адрес (21), блок синхронізації (22) та операційні блоки: $f(x_0, x_1, x_2)=(x_0+x_1)+x_2$ (13), $f(x_0, x_1)=(-x_0+x_1)$ (14, 17), $f(x_0, x_1, x_2)=(x_0+x_1)-2x_2$ (15), $f(x_0, x_1)=(x_0+x_1)$ (16).

Розмір перетворення у запропонованому засобі визначено рівним 9. При цьому, його можна змінити шляхом зміни структури та алгоритму роботи генератора адрес і блоку синхронізації.

Запропонований засіб забезпечує застосування декореляційних властивостей ТСОП [9] для зменшення обсягів пам'яті, необхідних для зберігання даних. На його основі оцінено ефективністю застосування ТСОП у системах діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ, у яких процеси ЦОІ не потребують виконання у режимі реального часу.

III. Ефективність застосування трійкового симетричного ортогонального перетворення

Для порівняння ефективності застосування ТСОП для зменшення обсягів пам'яті, необхідних для зберігання даних, застосовано ОП Уолша та Хаара, як такі, що мають подібну структуру породжуючих функцій [2, 4, 9, 10]. Результати досліджень декореляційних властивостей ТСОП вказали на залежність ступеня декореляції від довжини вхідного вектора, причому, спостерігається зниження значень показника ступеня декореляції зі збільшенням довжини вхідного вектора [9]. У зв'язку з цим, у системах ЦОІ застосовуються ОП невеликого (N<10) числа відліків вхідних даних [2, 4, 10]. Цим, також, пояснюється розмір вхідного набору даних для більшості засобів ОП Уолша та Хаара, який становить $N=2^3=8$ [2, 4, 10]. Відповідно, для дослідження ефективності застосування ТСОП у системах ЦОІ запропоновано засіб ТСОП для розміру вхідного набору даних $N=3^2=9$.

Згідно результатів досліджень декореляційних властивостей ТСОП встановлено, що максимальна ефективність запропонованого перетворення у порівнянні з перетвореннями Уолша та Хаара досягається для послідовностей даних із високим рівнем автокореляції [9]. У зв'язку з цим, ефективність застосування запропонованого засобу оцінена для пристроїв комплектації вузлів обліку та контролю параметрів передачі газу. Характеристики таких пристроїв дозволяють віднести їх до категорії мобільних, особливістю яких є невеликий обсяг пам'яті для зберігання даних, а також, з огляду на однотипність виконуваних операцій, невелика обчислювальна потужність. Зокрема, оцінено ефективність застосування розробленого засобу ТСОП у якості компонента пристроїв ОЕ-22ЛА (обчислювач об'єму газу) та ТЕМР-ОЕ (лічильник газовий роторний з електронним відліковим пристроєм) [11].

Перелічені пристрої дозволяють архівувати значення показників, які отримані з їх допомогою, та передавати ці значення на вузли контролю з метою подальшого аналізу [11]. Для пристроїв обліку та контролю параметрів передачі газу допустима похибка відновлення даних визначена на рівні 5% [12], що встановлює допустимі межі ущільнення даних. При оцінюванні зменшення обсягу пам'яті, необхідного для зберігання даних, яке забезпечується ТСОП та ОП Уолша і Хаара, вимірювання похибки відновлення даних для забезпечення необхідної точності функціонування пристроїв обліку та контролю параметрів передачі газу здійснено за допомогою значень середньої абсолютної похибки у відсотках *MAPE* (mean absolute percentage error) відновлення даних [10]

$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}\frac{\left|X(i)-X_r(i)\right|}{X(i)}\cdot 100\%, \qquad (5)$$

де N – кількість відліків у вхідному наборі даних X, $X(i)$ – вхідні дані, $X_r(i)$ – відновлені після ущільнення дані.

Для зберігання коефіцієнтів перетворення, одержаних для записів пристроїв обліку та контролю параметрів передачі газу за допомогою засобів ОП, у загальному випадку, необхідно виділяти 4 байти пам'яті. Для зберігання у пам'яті номерів коефіцієнтів, які покладені рівними нулю, у результаті ущільнення, достатньо виділення 1 байту для кожного номера, у випадку архівів, які містять менше 256 записів (даних) та 2 байтів – для архівів з кількістю записів, яка перевищує 256. Відповідно, кількість байтів, яка необхідна для зберігання N коефіцієнтів ОП, з яких N_Z рівні нулю, обчислюється наступним чином:

$$B_O = 4 \cdot (N - N_Z) + L \cdot N_Z , \quad (6)$$

де L – кількість байтів, необхідних для зберігання номера відкинутого коефіцієнта.

Ступінь зменшення обсягу пам'яті для зберігання даних обчислюється за допомогою співвідношення:

$$R_{Dec}^{O} = \frac{4N - B_O}{4N} \cdot 100\% . \quad (7)$$

Обчислені згідно **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) середні значення показників ступеня зменшення обсягу пам'яті, необхідного для зберігання даних, які забезпечені ТСОП (Ter) та ОП Уолша (Wal) і Хаара (Har) у випадку різних архівів пристроїв обліку та контролю параметрів передачі газу наведено у таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ І. СЕРЕДНІ ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СТУПЕНЯ ЗМЕНШЕННЯ ОБСЯГУ ПАМ'ЯТІ, НЕОБХІДНОГО ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ, ПРИСТРОЯМИ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕДАЧІ ГАЗУ

№	Шифр пристрою	Тип архіву	Кількість записів у архіві	R_{Dec}^{O}, %		
				Ter	Wal	Har
1	ОЕ-22ЛА	Хвилинний	760	44,54	44,01	44,01
2		Годинний	1530	44,51	44,02	44,02
3		Добовий	64	66,80	65,63	65,63
4	ТЕМР-ОЕ	Хвилинний	60	66,25	63,75	63,75
5		Годинний	150	67	65,5	65,5
6		Добовий	126	66,07	66,00	66,00
7		Місячний	31	60,48	60,03	63,21

Результати проведеного аналізу ефективності (табл. 1) застосування запропонованого засобу швидкого ТСОП у якості компонента пристроїв обліку та контролю параметрів передачі газу вказали на зменшення обсягу пам'яті, необхідного для зберігання даних, на рівні 44÷66%. При цьому, застосування ТСОП забезпечує, у порівнянні з ОП Уолша та Хаара, перевагу до 2,5% в залежності від довжини набору даних та рівня їх взаємної кореляції. У випадку пристроїв, для яких здійснювався аналіз, це зумовило відповідне збільшення часу автономного функціонування та підвищення точності обліку, у зв'язку з можливістю зберігання та подальшого аналізу більшої кількості записів роботи пристрою, чим підвищено загальну ефективність функціонування відповідних комп'ютеризованих систем діагностування та контролю параметрів передачі газу.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження вказало на ефективне застосування декореляційних властивостей дискретного трійкового симетричного ортогонального перетворення у системах діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ. У таких системах застосування запропонованого перетворення забезпечило зменшення обсягів пам'яті, необхідних для зберігання даних, у порівнянні з перетвореннями Хаара та Уолша. Цим забезпечено підвищення точності діагностування, що підвищує надійність перебігу виробничих процесів. Подальші дослідження полягають у створенні засобів запропонованого перетворення, адаптованих для застосування у системах діагностування та контролю параметрів процесів і середовищ, відмінних від проаналізованих.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] E. Ifeachor, B. Jervis, Digital Signal Processing: A Practical Approach (2nd Edition), Pearson Education, 2002, P. 960.

[2] R. Wang, Introduction to Orthogonal Transforms with Applications in Data Processing and Analysis, Cambridge, 2010. P. 522.

[3] A. Thompson, The Cascading Haar Wavelet Algorithm for Computing the Walsh–Hadamard Transform / A. Thompson // IEEE Signal Processing Letters. – July 2017. – Vol. 24, No. 7. – P. 1020-1023. doi: 10.1109/LSP.2017.2705247

[4] L.P. Yaroslavsky, Fast Transforms in Image Processing: Compression, Restoration, and Resampling / L.P. Yaroslavsky // Advances in Electrical Engineering. – August 2014. – Vol. 2014. – Article ID 276241. – P. 23. doi: 10.1155/2014/276241

[5] Н.В. Превисокова, Аналіз ефективності методу кодування інформації на основі ортогонального перетворення Ґалуа / Н.В. Превисокова // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Інформатика та моделювання. – №21 (1193). – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – С. 92-101.

[6] Г.Н. Мальцев, А.В. Харченко и А.С. Гарагуля, "Границы повышения помехоустойчивости радиотехнических систем передачи информации при цифровой обработке сигналов с компенсацией помех," Информационно-управляющие системы. – 2014. – №4. – С. 111-116.

[7] А.В. Ізмайлов, Цифрова обробка інформації в розосереджених системах управління із застосуванням швидкого ортогонального перетворення на основі трійкових симетричних функцій / А.В. Ізмайлов, Л.Б. Петришин // Системи обробки інформації. – 2018. – № 3(154). – С. 79-89. https://doi.org/10.30748/soi.2018.154.11.

[8] A. Izmailov, L. Petryshyn, "Symmetric ternary functions and their application in orthogonal transforms," 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Kiev, 2017, P. 836-841. doi: 10.1109/UKRCON.2017.8100364

[9] А.В. Ізмайлов, Ефективність застосування ортогонального перетворення на основі трійкових симетричних функцій для цифрової обробки інформації / А.В. Ізмайлов // Методи та прилади контролю якості. – 2018. – № 1(40). С. 97-104.

[10] D. Salomon, Data Compression – The Complete Reference, Springer London, 2007, P. 1092.

[11] "ТОВ СЛОТ – Каталог продукції," ТОВ СЛОТ, 2019. [Online]. Available: http://www.slot.if.ua/catalog/. [Accessed 12 August 2019].

[12] ДП "Івано-Франківськстандартметрологія", Лічильники газу мембранні. Методика повірки. СМУК. 407369.014 ИС1. – Івано-Франківськ: ДП "Івано-Франківськстандартметрологія". – 2011.

Методи та Алгоритми Посекторного Сканування в Оптико-електронних Станціях Кругового Моніторингу Повітряного Простору

Андрій Тевяшев
завідувач кафедри прикладної математики
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
tad45ua@gmail.com

Антон Колядін
кафедра прикладної математики
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
antonkoliadin@gmail.com

Methods and Algorithms for Sectoral Scanning in Optical-electronic Stations of Circular Airspace Monitoring

Andrew Tevyashev
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
tad45ua@gmail.com

Anton Koliadin
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
antonkoliadin@gmail.com

***Анотація*—В даній роботі розглядається проблема розробки оптичного аналогу радіолокаційних станцій ближнього радіусу дії, алгоритми та методи посекторного сканування з використанням камер з широким кутом зору та камер з вузькоспрямованим полем видимості.**

***Abstract*—This paper reviews the problem of developing an optical analogue of short-range radars, algorithms and methods of sector scanning using wide-angle cameras and narrow-field cameras.**

***Ключові слова*—інформаційно-аналітична технологія, оптичний потік, дескриптори особливих точок, супровід повітряних об'єктів, тепловізійна камера.**

Keywords— opto-electronic system, monitoring, rdar system, aerial objects search, airspace security, sectoral scanning, thermal imager.

I. Вступ

Оптичні системи на перевагу від радіолокаційних мають набагато вищу точність через меншу довжину хвиль, більш низьку вартість та ширший круг вирішуваних задач. В оптичному діапазоні значно ускладнено використання технології зменшення помітності [4]. На відміну від РЛС виявлення та супровід можливо виконати у повністю пасивному режимі, якщо не використовувати лазерний далекомір та підсвітку [3].

Структура комплексу:

а) Опорно-поворотний пристрій на якому встановлені:

б) камера оптичного діапазону з об'єктивом високої кратності;

в) тепловізор з телеоб'єктивом;

г) лазерний далекомір;

д) GPS приймач для геодезичної прив'язки;

е) лазерний рівень горизонту для позиціонування опорно-поворотного пристрою;

й) інформаційно-аналітична система.

II. Переваги оптичної станції моніторингу

Переваги оптичної станції моніторингу і супроводу в порівнянні з радіолокаційними:

а) висока точність вимірювання,

б) можливість пасивного режиму роботи без можливості виявлення супроводжується об'єктом факту його виявлення,

в) нижче ціна компонентів,

г) нижче доступність технологій малопомітності в оптичних і інфрачервоних діапазонах,

д) можливість виявляти цілі з композитних матеріалів і малих лінійних розмірів.

недоліки:

а) сильна залежність якості роботи від погодних умов,

б) менші дальності роботи.

III. Проблема куту огляду відеокамер

Для моніторингу верхньої напівкулі повітряного простору стає актуальною проблема охоплення одночасно невеликої частки простору камерою. В для кута огляду камері 60 градусів ця величина становить близько 1/6, а при використанні 30 кратного оптичного зуму, що необхідний для виявлення та супроводу повітряних об'єктів на відстанях більше 1км 1/5400. Тому необхідне постійне сканування завдяки керування камерою. Траєкторія має розраховуватися в залежності від апріорної ймовірність знаходження об'єктів у кожній частині неба. Також необхідне постійне керування кратністю зуму, для отримання піраміди зображень з різним рівнем наближення [6].

IV. Основні методи

Для роботи в режимі кругового моніторингу найбільшу важливість мають алгоритми виявлення і захоплення об'єктів. Для це передбачається використовувати захоплення контрастних нагрітих цілей за допомогою тепловізора, розпізнавання типів об'єкта за допомогою рекурентної згорточної нейромережі та нейромереж глибокого навчання, методами аналізу динамічних змін фону [7].

Виявлення відбувається на піраміді зображень, отриманих з різним рівнем зуму камери, на кожному шарі уточнюючи положення цілі [8].

При переході в режим супроводу обраної цілі (вибір цілі може відбуватися автоматично на підставі типу та інформації про лінійні розміри і швидкість цілі), включається відпрацьована інформаційно-аналітична технологія високоточного супроводу повітряних об'єктів.

Інформаційно-аналітична система складається з обчислювальної машини (персональній комп'ютер архітектури x64) та програмного забезпечення, яке базується на інформаційно-аналітичній технології (ІАТ). ІАТ це впорядкована послідовність процедур отримання, обробки, аналізу відеоінформації, прийняття та реалізації рішень для досягнення заданої цілі в умовах високої апріорної невизначеності щодо поведінки об'єкта спостереження і навколишнього середовища. Програмна реалізація ІАТ представляє ієрархічно упорядкований комплекс бібліотек методів оптимальної обробки відеопотоку та керування. ІАТ представляє генералізацію для множини математичних моделей та алгоритмічних методів.

ІАТ складається з окремих блоків, що містять множину методів, кожен з яких виявляється оптимальним для окремого власного випадку поєднання параметрів навколишнього середовища та об'єкта супроводу.

Методи вибираються в залежності від:

а) траєкторії руху (лінійний рух, рух із зупинками, різкі зміни напрямку руху, обертання і повороти);

б) зашумленості картинки (власні шуми камери, хмари і об'єкти фону, зміни освітлення, контрасту);

в) можливості повного, часткового або тривалого виходу об'єкта за межі прямої видимості.

Для підвищення стійкості супроводу можливе використання паралельної роботи декількох методів та обирання найкращої апроксимації на кожному етапі обробки шляхом голосування або шляхом евристичної оцінки результатів обчислень.

Інформаційно-аналітична технологія моніторингу повітряного простору забезпечує отримання відеопотоків і управління камерами і лазерним далекоміром; фільтрацію зображення, автоматичне детектування, розпізнавання і класифікацію повітряних об'єктів; вибір конкретного об'єкта і точки супроводу на ньому; автоматичне обчислення параметрів траєкторій руху об'єкта і їх дисперсій; прогнозування координат точки супроводу; пошук втраченого об'єкта; аналіз дисперсії помилок супроводу.

Основні функціональні блоки ІАТ:

а) блок отримання зображення;

б) блок попередньої фільтрації зображення;

в) блок захоплення цілей;

г) блок пошуку зниклих об'єктів;

д) блок розташування точок супроводу на цілі;

е) блок супроводу цілей;

ж) блок фільтрації точок, які відстежуються;

з) блок прогнозування траєкторії;

к) блок апроксимації траєкторії в минулі моменти;

л) блок розрізнення перетинів цілей з іншими цілями та формами рельєфу;

м) блок аналізу похибок супроводу;

н) блок керування сервоприводами.

V. Області використання

Області застосування лазерної оптико-електронної системи моніторингу повітряного простору:

а) Моніторинг повітряного простору в видимому і інфрачервоному діапазонах.

1) Круговий огляд повітряного простору;
2) Моніторинг обраного сектора повітряного простору;
3) Детектування і розпізнавання повітряних об'єктів;
4) Високоточний супровід обраного об'єкта;
5) Обчислення і аналіз параметрів траєкторії повітряних об'єктів.

б) Системи наведення.

1) Виявлення об'єктів в повітряному просторі.
2) Множинне супровід групи цілей з тимчасовим поділом вимірювальних каналів.
3) Високоточне супровід обраного об'єкта.
4) Обчислення і прогнозування параметрів траєкторії вибраного об'єкту.
5) Передача цілевказань для інших бойових одиниць.
6) Побудова траєкторії об'єктів на топоснові.
7) Передача цілевказань для управління системами вогневого, лазерного, електромагнітного ураження повітряних цілей.
8) Наведення вузько засобів РЕБ для придушення каналів управління, зв'язку та систем позиціонування.

VI. Висновки

Запропонований підхід використання інформаційно-аналітичної технології для керування та обробки інформації у складі лазерної оптико-електронної системи моніторингу повітряного простору дозволяє об'єднати сукупність точних аналітичних методів та наближених чисельних до програмної реалізації складної багатомодульної системи.

Оптико-електронна система моніторингу повітряного простору в видимому та інфрачервоному діапазонах підходить для вирішення широкого кола завдань моніторингу повітряного простору; виявлення всіх рухомих об'єктів; автоматичного детектування і розпізнавання типу літального об'єкта; вибір конкретного об'єкта для супроводу; високоточне супровід повітряного об'єкта; автоматичне обчислення параметрів траєкторій в місцевій і глобальній системі координат; передачі отриманої інформації в місцеві навігаційні системи та бортове обладнання.

Література References

[1] Додонов А.Г. Построение информационно-аналитической системы научно-исследовательского испытательного полигона / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин, В.А. Валетчик // Управляющие системы и машины. – 2006. – № 4. – С. 3 – 14.

[2] Додонов А.Г. Наземные оптические, оптико-электронные и лазерно-телевизионные средства траекторных измерений / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин // Математичні машини і системи. — 2017. — № 4. — С. 30-56.

[3] Ming-Kuei Hu “Visual pattern recognition by moment invariants” in Information Theory, IRE Transactions, 1962, pp. 179–187.

[4] Система обработки информации материалов видеорегистрации при испыта-ниях образцов авиационной техники и вооружения / Митрофанов Е.И., Волотов Е.М., Ефимов Н.А., Митрофанов И.В. // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». Пенза: Пензенский государственный университет, 2014. Т.2. С.10-15.

[5] Волотов Е.М. Метод определения фокусного расстояния видеокамеры при оценке летно-технических характеристик летательного аппарата // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. Пенза: Пензенский государственный университет, 2012. №4. С.76-83.

[6] Волотов Е.М., Халютин С.П. Метод определения направлений на объект при использовании видеосредств // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - М.: Московский государственный технический университет гражданской авиации, 2012. №185(11). С. 69-76.

[7] Чупахин А.П., Савин М.Л. Оценка скорости полета малых летательный ап-паратов с помощью видеоаппаратуры // Известия Тульского государственного универ-ситета. Технические науки, 2014. Вып. 9. Ч. 1. С. 126-130.

[8] Додонов А.Г. Радиотехнические средства внешнетраекторных измерений / А.Г. Додонов, В.Г. Путятин // Математичні машини і системи. — 2018. — № 1.

Гібридний Метод Автоматичного Пошуку Зображень в Медіафайлах

Сергій Удовенко
кафедра Інформатики та комп'ютерної техніки
Харківський національний економічний університет
Харків, Україна
serhiy.udovenko@hneu.net

Лариса Чала
кафедра Штучного інтелекту
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
larysa.chala@nure.ua

Вадим Шергін
кафедра Штучного інтелекту
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
vadim.shergin@nure.ua

Hybrid Method of Automatic Search of Images in Mediafiles

Serhiy Udovenko
Informatics and Computer Engineering dept.
Kharkiv National University of Economics
Kharkov, Ukraine
serhiy.udovenko@hneu.net

Larysa Chala
Artificial Intelligence dept.
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkov, Ukraine
larysa.chala@nure.ua

Vadim Shergin
Artificial Intelligence dept.
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkov, Ukraine
vadim.shergin@nure.ua

***Анотація*—Запропоновано гібридний метод мультимодального пошуку зображень в медіафайлах за особливостями їх фрагментів та підрисункових текстів відповідно до запитів користувача пошукової системи. Метод передбачає реалізацію інтерактивного режиму пошуку, який передбачає можливість оперативного розширення користувачем запиту типу «текст / зображення».**

***Abstract*—A hybrid method of multimodal image search in mediafiles according to the features of their fragments and sketching texts according to the requests of the search engine user is offered. The method involves the implementation of an interactive search mode, which provides the possibility of rapid expansion of the user query type "text / image".**

Ключові слова— гібридний метод, мультимодальний пошук зображень, інтерактивний режим пошуку

Keywords— hybrid method, multimodal image search, interactive search mode

I. Вступ

Останнім часом набули розповсюдження цифрові технології, що сприяють стрімкому збільшенню кількості інформації, які зберігається в базах даних різного тематичного призначення, з метою швидкого доступ до слабо структурованих текстово-графічних електронних документів [1, 2]. Прогрес у методах зберігання даних і технологіях збору зображень дозволив створити великі бази даних з зображеннями, які використовуються в таких сферах, як техніка, торгівля, медицина, розваги, менеджмент, екологічний контроль тощо. Це викликає потребу розробки інформаційних систем для ефективного керування цими базами зображень та оперативного пошуку зображень за запитами користувачів. Відзначимо, що такі системи об'єднує необхідність аналізу подібності зображень для подальшого анотування або класифікації.

Для реалізації цих завдань зазвичай застосовуються дві основні групи методів: перша з них грунтується на текстових метаданих кожного зображення для здійснення пошуку за ключовими словами; друга група грунтується на аналізі змістовних характеристик кожного зображення для подальшого пошуку зображень, що відповідають запитам користувачів. Пошук за ключовими словами, як правило, забезпечує кращі результати, ніж пошук за змістом в термінах часу відгуку та точності. Однак цей підхід вимагає апріорі наявності анотацій в базах даних зображень, внаслідок чого завдання пошуку є дуже трудомістким і часто суб'єктивним. Пошук за змістовними характеристиками буває необхідним, коли текстові анотації відсутні або неповні. Крім того, пошук за контентом потенційно може бути більш якісним, навіть якщо текстові анотації попередньо існували, завдяки додатковому інформаційному внеску змісту зображень. Пошук зображень за запитами користувачів є одним з найбільш складних завдань інтелектуального аналізу web-даних.

У доповіді пропонується гібридний метод вирішення цього завдання, заснований на комплексному

використанні двох пошукових модулів. Перший модуль здійснює мультимодальний пошук зображень за особливостями їх фрагментів та підрисункових текстів (в разі їх наявності) відповідно до гібридних запитів користувача пошукової системи. Другий модуль передбачає реалізацію інтерактивного режиму пошуку, який передбачає можливість оперативного розширення або зміни користувачем запиту типу «текст / зображення».

II. Припущення пропонованого дослідження

База даних розроблюваної системи пошуку зображень корегується в режимі реального часу. Обсяг зображень цієї бази не є фіксованим, адже інформація про зображення постійно розвивається, в залежності від нових зовнішніх подій, які можуть виникнути в будь-який час. Зазначимо припущення, які є важливими для використання та розвитку нашої системи:

- – екземпляри зображень бази не завжди містять повну текстово-графічну інформацію;
- – загальна кількість зображень не є фіксованою і обробка нових зображень здійснюється в режимі реального часу;
- – база знань системи ґрунтується на анотаціях зображень, доповнених текстом, а також на його візуальних характеристиках (колір, текстура, форма. просторова диспозиція);
- – навчання є інтерактивним і може бути виконане шляхом використання методів навчання з підкріпленням. Взаємодія між користувачами та експертами системи має здійснюватися у простий спосіб, для фільтрації не релевантних запитам зображень під час пошуку;
- – кількість зображень, що використовуються на кожній інтеракції, є суттєво обмеженою (до 20 зразків);
- – анотування зображення має здійснюватися в режимі реального часу;
- – кількість анотацій для кожного зображення, є суттєво обмеженою (до 5).

З огляду на ці припущення, розглядатимемо три типи зображень в нашій системі: зображення без анотації; зображення з додатковою інформацією, наданою експертами (навчальна анотація); зображення з автоматично доданою інформацією (з «розширеними» анотаціями). Процес пошуку рішення для реалізації такої системи потребує використання інтерактивних методів підтримки прийняття рішень на основі напівавтоматичних анотацій зображень, а також використання комбінованого пошуку зображень на основі вмісту та зовнішньої інформації (наприклад, тексту, місцеположення, часу), та, нарешті, адаптації методів пошуку в базі даних зображень.

Доцільно розглянути такі проблеми: пошук зображень за вмістом в базах даних зображень з неповною індексацією або з декількома індексаціями на зображення; інтерактивне отримання знань (зокрема, для індексації) адаптивними методами типу релевантного зворотного зв'язку або підкріплення, спрямованого на більш тривалий термін; внутрішня організація багатовимірних даних з декількох джерел (внутрішніх або зовнішніх для зображення) у цьому контексті; візуалізація та формування бази даних зображень на основі внутрішньої та зовнішньої інформації. Це сприятиме створенню мультимодальної пошукової системи зображень (мультимодальний пошук відповідає комбінованому пошуку «текст / вміст / зовнішня інформація»).

З урахуванням можливої еволюції бази даних зображень і бази знань визначимо такі сценарії дослідження: сценарій 1, де зображення без анотації використовується як запит, призначений для знаходження бдизьких зображень з бази даних; сценарій 2, де набір слів використовується як запит; сценарій 3, де зображення та слова використовуються як запит. Проблема двох останніх сценаріїв є особливо актуальною, коли всі зображення або частина бази даних зображень не анотовані, що робить цю частину недоступною через текстові запити. В цьому випадку доцільно розглянути можливість використання зв'язку між текстовими словами та візуальними характеристиками для мультимодального дослідження та для анотування зображень.

III. Загальний опис системи пошуку зображень

Схема пошуку зображень, що пропонується, містить такі основні компоненти: індексацію, запит, шаблон пошуку., візуалізація, взаємодія та навчання. Розглянемо їх призначення. Індексація зображень – це операція, яка полягає у виділенні цифрового або текстового підпису зображення, що описує його семантичний вміст точним і лаконічним чином, для можливості ефективного пошуку у базі даних. Згідно з загальноприйнятою термінологією, індексація також інтегрує структурування даних у простір, в якому розглядаються зображення, з метою підвищення швидкості доступу до відповідної інформації (кластеризація, індексні структури тощо). Формування запитів – операція, що дозволяє представляти інтереси користувача. В схемі реалізуються процеси пошуку і порівняння, які порівнюють характеристики (ознаки) зображення та підписів. Візуалізація дозволяє користувачеві бачити зображення за допомогою відповідного інтерфейсу. Інтерактивна взаємодія передбачає інтеграцію користувача в процес пошуку зображень. Навчання використовується для підвищення продуктивності пошуку зображень.

В процедурах пошуку зображень враховуються такі характеристики зображень, як колір, текстура, форма та просторове розташування, що представляють найбільш поширені візуальні особливості. Візуальні функції розраховуються в режимі офлайн і зберігаються для кожного зображення. Ці характеристики вибираються на основі бази даних зображення і призначення системи. Для бази даних кольорових зображень використовується кольорова функція. Функція текстури використовується для основних шаблонів, супутникових зображень, медичних зображень або природних зображень тощо. Функція просторового

розташування адаптована для представлення та опису зображень вже сегментованих об'єктів.

Зображення можуть індексуватися за текстовими описами. Ця текстова інформація формується з використанням ручної або автоматичної анотації зображень. Крім того, в системі можна використовувати дескриптори, що мають спрощену структуру для ефективного пошуку зображень за текстуальними запитами. Нестача текстового опису викликає труднощі в процесі пошуку та порівняння зображень. Для пошуку зображення за допомогою тексту, індексація зображень з використанням слів, речень або повних текстів повинні здійснюватися в першу чергу. Завдання прив'язки тексту до зображень називатимемо анотацією зображень.

IV. Векторна модель визначення подібності текстово-графічних фрагментів

Розглянемо спочатку векторну модель визначення подібності текстово-графічних фрагментів за текстовими підписами (перший модуль системи) [3]. Текстову частину документа D, що має порівнюватися з текстовою частиною запиту Q, представимо як зважений вектор термінів: вигляді:

$$d_i = (w_{i,1}, w_{i,2}, ...w_{i,t}) \quad (1)$$

Для обчислення подібності між запитом Q і документом D визначається скалярний добуток між відповідними векторами:

$$S(d_i, q) = \sum_j w_{ij} \times w_{qj} S(d_i, q) = \sum_j w_{ij} \times w_{qj} \quad (2)$$

Різні методи оцінки вагових коефіцієнтів дозволяють створити чимало функцій ранжирування для моделі векторного простору. Розглянемо підхід з використанням класичної моделі TF-IDF та техніки зважування і нормалізації. Класична векторна модель обчислює вагу терміна в документі як добуток терміну частоти (TF) і зворотної частоти документів (IDF) [2]:

$$tf_{i,j} = \frac{n_{ij}}{\sum_k n_{k,j}}; \quad idf_i = \log \frac{N}{|\{d : t_i \in d\}|}, \quad (3)$$

де $n_{i,j}$ – число входжень розглянутих термінів t_i в документ d_j, а знаменник – сума числа входжень усіх членів документа d_j; N – загальна кількість документів в корпусі, $|\{d_j : t_i \in d\}|$ є числом документів, де з'являється термін t_i (який має $n_{i,j} = 0$).

Така модель дозволяє отримати функцію подібності між запитом Q і документом D у наступному вигляді:

$$S(d_i, q) = \frac{\sum_j D_i \times D_q}{|D_i||D_q|} S(d_i, q) = \frac{\sum_j D_i \times D_q}{|D_i||D_q|}, \quad (4)$$

де $D_k = tf_k \cdot idf_k$ та $|D_i|\,|D_q|$ – знаменник для стандартизації.

Розглянемо далі векторну модель визначення подібності текстово-графічних фрагментів за візуальними характеристиками зображень, автоматично витягнутих з візуального вмісту. Така модель залежить від функції подібності та використовуваних візуальних сигнатур, які можуть бути векторами ознак, регіональними характеристиками або узагальненими локальними характеристиками [2]. При цьому функція ранжирування залежить від використовуваних характеристик. Наприклад, подібність текстурних ознак зазвичай вимірюється за допомогою відстані Мінковського. Розглянемо два зображення, індексовані відповідними векторами $I = (I_1, I_2, ..., I_n)$ та $J = (J_1, J_2, ..., J_n)$. Оцінювання подібності між двома зображеннями полягає в обчисленні подібності між I і J. Метрики Мінковського L_p, які є найбільш поширеними геометричними відстанями, мають такий загальний вигляд:

$$L_p = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^{n} (I_i - J_i)^p}. \quad (5)$$

Розглянемо спочатку представлення загальної характеристики зображення у вигляді набору векторів ознак $((z_1, p_1), (z_2, p_2), ..., (z_n, p_n))$, де z_i – вектори ознак, а p_i – відповідні ваги цих ознак. Нехай ми маємо дві таких характеристики $I_m = ((z_1^m, p_1^m), (z_2^m, p_2^m), ..., (z_n^m, p_n^m))$, $m = 1, 2$. Природним підходом до визначення міри подібності є вимірювання подібності між z_i^1 та z_i^2 з подальшим об'єднанням відстаней між цими векторами та відстані між наборами векторів.

Застосуємо підхід до такого вимірювання, заснований на привласненні кожній парі z_i^1 та z_i^2 таких ваг $s_{i,j}$ ($1 \le i \le n$, $1 \le j \le n$), щоб вони відповідали на важливості асоціації між елементами цієї пари. Ваги мають відповідати таким обмеженням: $\sum_i S_{i,j} = p_j^2$; $\sum_j S_{i,j} = p_i^1$. Після визначення ваг відстань між I_1 та I_2 агрегується з відстаней між різними парами векторів:

$$D(I_1, I_2) = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} s_{i,j} d(z_i^{(1)}, z_j^{(2)}). \quad (6)$$

Розглянемо етап поєднання процесів порівняння текстово-графічних фрагментів електронних документів за характеристиками зображення та текстовими характеристиками.

Візуальна подібність V_d між запитом, пов'язаним з зображенням Q, та текстово-графічного зображення

I_i оцінюється за величиною скалярного добутку відповідних векторів:

$$V_d(\overline{I_i}, \overline{Q}) = \sum_j w_{ij} \times w_{qj} \ . \quad (7)$$

Текстова подібність S_d між запитом, пов'язаним з зображенням Q, та текстово-графічного зображення I_i розраховується наступним чином:

$$S_d(I_i, q) = \frac{\left|K_{i,q}\right|}{\left|K_q\right|}, \quad (8)$$

де $\left|K_{i,q}\right|$ – кількість однакових ключових слів для зображення Q та зображень I_i; $\left|K_q\right|$ – загальна кількість ключових слів ключових слів у зображенні Q.

Інтегроване значення подібності визначається наступною сумою:

$$S_{final} = r * S_q + (1-r) * V_d \quad S_{final} = r * S_q + (1-r) * V_d, \quad (9)$$

де r – ваговий коефіцієнт.

V. Інтерактивна взаємодія користувача з системою

Розглянемо алгоритм інтерактивної взаємодії користувача та системи пошуку, що реалізується на послідовному уточненні відповідних запитів.

Для руху точки запиту в пошуку зображень, використовуючи запит на прикладі, запит представляється однією або кількома точками в просторі характеристик і процес уточнення намагається переформулювати вектор ознак запиту таким чином, щоб він наближався до простору, що містить відповідні зображення.

В першій взаємодії користувача з системою початковий (одноточечний) запит замінюється запитом з декількома точками шляхом побудови локальних груп (етап групування). Для наступних взаємодій існує два способи поліпшення багатоточкового запиту. Перша можливість полягає в тому, щоб перемістити ці точки запиту до ідеальних точок на основі нових релевантних прикладів з наступних взаємодій. Цей метод припускає, що ми можемо прийти до ідеальних точок запиту з цих перших пунктів запиту. Оскільки локальні групи не перебудовуються, крок перегрупування виконується тільки один раз на початку (перша взаємодія), запит наступних взаємодій будується на основі декількох точок запиту першої ітерації. З іншого боку, друга можливість не ґрунтується на кількох точках запиту (етап групування першої ітерації), а полягає в повторному об'єднанні релевантних прикладів. Цей метод намагається додати релевантні точки запиту, видаляючи нерелевантні точки з одного і того ж запиту на основі всіх релевантних / нерелевантних прикладів з усіх взаємодій. Нижче наведено алгоритм, згідно з яким здійснюється групування на кожній ітерації для пропонованого методу.

Алгоритм взаємодії: введення: запит Q; вихід: список зображень

Початок.

Крок 1: Пошук схожих зображень у поточному запиті:

якщо це перша ітерація (запит з однією точкою), то обчислення відстаней між зображеннями та запитом Q;

якщо ні (багатоточковий запит), то обчислення відстаней між зображеннями та кожною точкою запиту з подальшим обчисленням повної відстані шляхом об'єднання всіх розрахованих відстаней.

Крок 2: Взаємодія з користувачем: представити N перших зображень користувачеві: якщо зображення I_i позначено як релевантне, воно додається до релевантного набору; якщо ні, до нерелевантного набору.

Крок 3: Групування: групувати зображення релевантного набору в с кластерів.

Крок 4. Класифікація: класифікувати зображення нерелевантного набору в кластери.

Крок 5: Переміщення запиту: створити запит з декількома точками за використанням рівняння (9) та перейти до кроку 1 для наступної ітерації.

Кінець.

При тестуванні розглянутої вище системи значення r приймались від 0,1 до 0,8 для різних типів текстово-графічних фрагментів При цьому було використано колекцію авторефератів дисертаційних робіт. Результати тестування запропонованого метода підтверджують доцільність його використання в системах аналізу електронних текстів. Перспективним розвитком системи є дослідження можливості використання модифікованої моделі KVR (Keyword Visual Representation), що дозволяє задати ключові сполучні елементи між зображенням і супровідним текстом. Така модель може бути також використана і для ефективного формування анотацій до нових мультимедійних документів, що містять як текстову частину, так і зображення.

Література References

[1] П. П. Лізунов, А. О. Білощицький, Л. Е. Чала, С.В. Білощицька, О. Ю. Кучанський, С. Г. Удовенко "Автоматичний аналіз подібностей схем та діаграм в електронних текстових документах", *Управління розвитком складних систем*, 2017, № 28, с. 147-156.

[2] D.F. Volosnyih (2010) "Using visual perception features component HSI color model in the search images by content", Proceedings of the International conference ROMIP 2010 access – http://romip.ru/ru/2010/

[3] С. Удовенко, Л. Чала, Є. Кушвід "Мультимодальна система порівняння текстово-графічних фрагментів в електронних документах" в *Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту:* Міжнародна наукова конференція (ISDMCI'2019)", Залізний Порт, 21 – 25.05. 2019,.с. 184-186.

Використання Повільних Нейтронів для Нейтронної Радіографії

Світлана Прохорець, Манап Хажмурадов
Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут"
Харків, Україна
khazhm@kipt.kharkov.ua

Use of slow neutrons for neutron radiography

Svitlana Prokhorets, Manap Khazmuradov
National Science Center "Kharkiv Institute of Physics and Technology"
Kharkiv, Ukraine
khazhm@kipt.kharkov.ua

Анотація—Розглянуто методи одержання повільних нейтронів для нейтронної радіографії (НР) . Найбільш перспективним є використання джерел нейтронів на базі прискорювачів протонів та електронів. Використання останніх має переваги через більш високу інтенсивність пучку електронів, відносно низьку вартість та можливість використання цієї ж установки для гамма-радіографії. Наведено результати моделювання потоку нейтронів на виході системи формування НР-установки та у місці розташування об'єкту дослідження.

Abstract—Methods of obtaining slow neutrons for neutron radiography (NR) are considered. The most promising is the use of neutron sources based on proton and electron accelerators. The use of the latter has advantages because of the higher intensity of the electron beam, the relatively low cost and the ability to use the same setup for gamma radiography. The results of modeling the neutron flux at the output of the HP-forming system and at the location of the research object are presented.

Ключові слова—нейтрон, нейтронна радіографія, математичне моделювання, метод Монте-Карло

Keywords—neutron, neutron radiography, mathematical modeling, Monte Carlo method

I. Вступ

В загальному випадку метод нейтронної радіографії (НР), який базується на застосуванні послаблення паралельного пучка нейтронів при проходженні його крізь різні матеріали [1,2], має достатню чутливість для усіх матеріалів, з якими інтенсивно взаємодіють нейтрони. Особливо ефективним є його застосування для дослідження обладнання, в якому використано декілька матеріалів, що сильно відрізняються один від одного за коефіцієнтом послаблення нейтронів.

Зокрема, перевага НР в порівнянні з рентгенівською та гамма-радіографією полягає в тому, що нейтрони інтенсивно взаємодіють з матеріалами з малими атомними номерами, та легко проникають в матеріали з важкими елементами. Це дозволяє отримувати контрастні зображення ділянок, що складаються з легких елементів, зокрема порожнин з матеріалами, що містять водень, в металах, корозії, флуктуації густини в кераміці. Застосування електронних методів візуалізації НР-зображень робить можливим вивчення динаміки потоків рідини – палива, охолоджуючих та змащувальних рідин у двигунах, хладагентів в теплообмінниках тощо. Для перевірки працездатності складних пристроїв з потоками рідини, газу та твердими речовинами можна використовувати трассування речовинами, що поглинають нейтрони. Ще одна важлива перевага НР – можливість застосування методу в інтенсивних полях гамма-випромінювання, що дозволяє використовувати метод для дослідження радіоактивних матеріалів.

Більшість з існуючих в світі НР-установок створено на базі реакторів. В Україні є тільки один такий реактор, який можна використовувати для НР-завдань. Це дослідницький реактор ВВР-М (Київ), який останні роки майже не експлуатується. До того ж, не всі зразки, що потребують дослідження, можливо фізично доставити до вихідних каналів реактору. Тому поряд з вирішенням питання про розвиток в Україні нейтронної радіографії на базі реакторів, доцільно розглядати й альтернативні варіанти, зокрема, створення мобільної НР-установки [3].

В деяких з НР-установок використовуються ізотопні джерела нейтронів. Однак в Україні такі джерела не виробляють, а постійно купувати їх за кордоном недоцільно через помітні фінансові витрати. Крім того, ізотопне джерело нейтронів є радіаційно-небезпечним об'єктом, у тому числі поза періодами експлуатації.

Найбільш перспективним є використання джерел нейтронів на базі прискорювачів. Найчастіше для цього використовують прискорювачі протонів та електронів. Використання останніх має переваги через більш високу інтенсивність пучку електронів, відносно низьку вартість, наявність в Україні (зокрема, в ННЦ ХФТІ) сильнострумних лінійних прискорювачів електронів, можливість використання цієї ж установки для гамма-радіографії.

II. Модель нейтронографічної установки

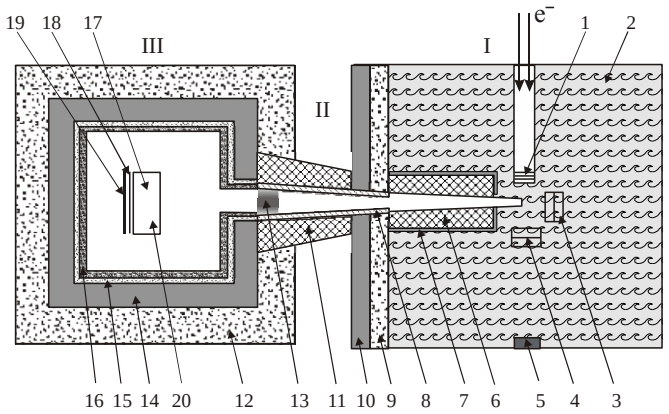


Рис. 1. Схема моделі НР-установки: I - нейтроноутворюча мішень, II - система формування пучка уповільнених нейтронів, III - нейтронографічна камера; 1 - мішень, 2 - бак з уповільнювачем, 3,4 - берилієві віддзеркалювачі, 5 - монітор пучку, 6 - коліматор, 7 - Pb -захист навколо коліматору, 8 - шар Cd, 9,12 - борований поліетилен, 10, 11, 14, - Pb, 13 - гамма-фільтр, 15 - Sn, 16 -Ni(Cr), 17 - ІЧП, 18 - Gd(Dy), 19 - рентгенівська плівка, 20 - ШД-1

Нейтронографічна установка (Рис. 1) складається із головних частин: джерело випромінювання(прискорювач, реактор, ізотопне джерело); система формування нейтронного потоку - нейтронів теплових, проміжних або високих енергій, γ - фільтр для зменшення кількості гамма-квантів, що потрапляють з мішені на досліджуваний зразок; детектор нейтронографічного зображення; допоміжні системи (системи охолодження, контролю температури та ін.).

Однією з найважливіших частин установки є система формування нейтронного потоку. Якісні переваги нейтронного пучку полягає в тому, що він дозволяє отримати більш якісне зображення багатьох зразків, наприклад, тепловиділяючих елементів

III. Результати моделювання

Усі нейтрони можна умовно поділити на декілька груп, кожна з яких відповідає певному енергетичному інтервалу. До повільних відносять нейтрони з енергіями до 1 кеВ. Їх зазвичай ділять на 3 підобласті: холодних, теплових та надтеплових нейтронів. Холодними є нейтрони з енергією, яка менша за 0,002 еВ. Їх особливістю є велика проникаюча здатність при проходженні крізь кристалічну речовину. Після холодних на шкалі енергій розташовані теплові нейтрони. До них належать нейтрони, енергія яких досягає 0,025 еВ, а спектр в уповільнювачі близький до максвелловської кривої. Ще до повільних нейтронів належать резонансні нейтрони (1 ~100 еВ), поглинання яких деякими ядрами характеризується вузькими максимумами при певній енергії нейтронів, що налітають на мішень.

α-Be джерела нейтронів - це спресована суміш альфа-активної речовини (88Ra226, 84Po210) з берилієм у порошкоподібному вигляді. Такі джерела дають нейтрони при використанні реакції Be9 (α, n)

Не менш важливими, ніж α-Be джерела, є фотонейтронні джерела. Вони мають вигляд ампул з джерелами гамма-випромінення, які розташовані в берилієвих сферах. А великими недоліками цих джерел є високий фон їх гамма-випромінення та великий енергетичній діапазон. Одним із найпоширеніших методів отримання нейтронів є використання нейтронів, що утворюються в реакторі, де відбувається керована реакція поділу ядер. Також, одним із поширених способів отримання нейтронів є отримання їх з використанням прискорювача електронів.

Розглянемо отримання нейтронів на виході із коліматору НР-установки.

Методом статистичних випробувань розраховувалася інтенсивність і енергетичний спектр пучка нейтронів після коліматора, який розглядався у вигляді циліндра з уповільнюючої речовини (поліетилену) з зовнішнім діаметром 40 см і внутрішнього каналу у вигляді порожнього циліндра з діаметром $d = 10$ см і довжиною, яка змінювалася в межах 20-400 см. Нейтроноутворююча мішень розташовувалася на відстані H = 10 см від передньої стінки коліматора (Рис. 2).

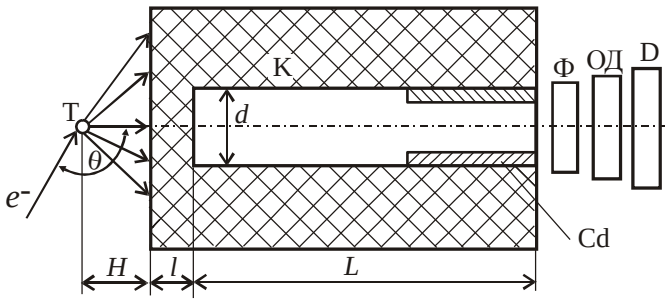


Рис. 2. Спрощена схема формування нейтронного пучка: Т – нейтроноутворююча мішень; К – коліматор; ОД – об’єкт дослідження; Ф – гамма-фільтр; D – детектор; Cd – вставка з кадмію.)

У процесі розрахунків визначалося вплив на параметри пучка товщини передньої стінки сповільнювача, довжини внутрішнього полого циліндра, відстані об'єкта досліджень від виходу коліматора і т.д.

На Рис. 3 наведено залежність кількості нейтронів в області енергій 0,025-0,1 еВ і в вихідному вікні полого циліндра коліматора з поліетилену від його довжини. Характерною особливістю цих залежностей є відносне збільшення кількості швидких нейтронів при збільшенні довжини внутрішнього циліндра

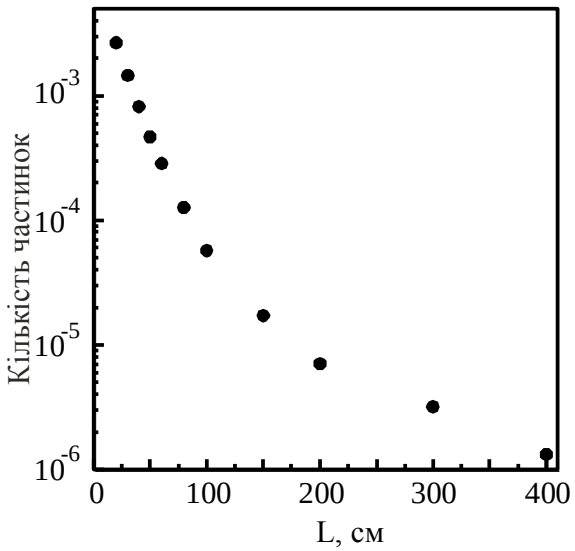


Рис. 3. Залежність інтенсивності нейтронів з енергіями 0,025-0,1 эВ від довжини полого цилиндра коліматору з поліетилену

Якщо розглянути аналогічний коліматор із графіту, то отримуємо залежність кількості частинок на виході коліматору від його довжини, зображену на Рис. 4

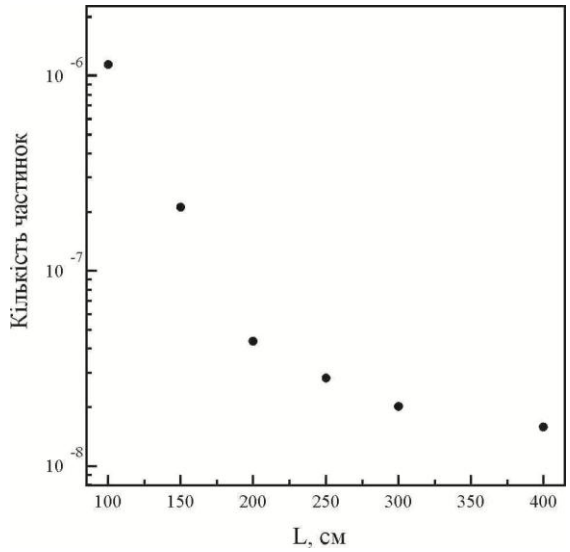


Рис. 4. Залежність інтенсивності нейтронів з енергіями 0,025–1 еВ від довжини полого цилиндра коліматору із графіту

Як слідує з Рис.4, на якому зображено залежність кількості нейтронів з енергіями 0,025–1 еВ у вихідному вікні порожнього циліндру коліматору із графіту від його довжини, остання суттєво впливає на потік нейтронів. До того ж, у випадку коліматору із графіту інтенсивність нейтронів значна менша, ніж у дослідженому раніше коліматору із поліетилену. Із цього можна зробити висновок, що для отримання нейтронів с низькими енергіями доцільніше використовувати коліматор із поліетилену. Тому далі при моделюванні ми розглядали саме такий коліматор.

На Рис. 5 наведено залежність інтенсивності нейтронів на передній стінці об'єкту дослідження від відстані об'єкта до вихідного вікна коліматору. Очевидно, що інтенсивність нейтронів падає доволі суттєво, тому бажано розташовувати об'єкт на відстані, що не перевищує 20-30 см.

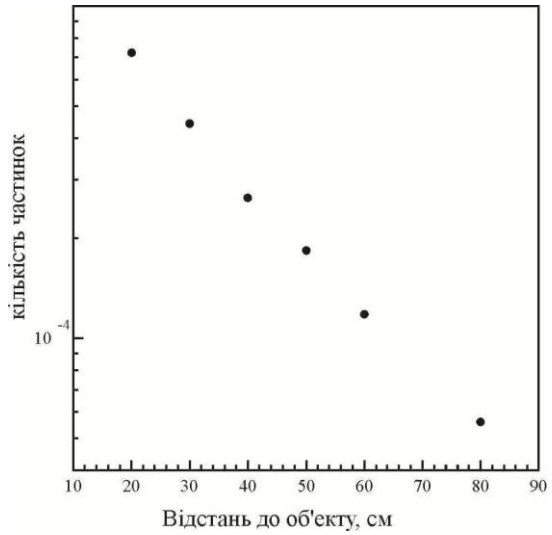


Рис. 5. Залежність інтенсивності нейтронів на передній стінці об'єкту дослідження від відстані об'єкта до вихідного вікна коліматору

На Рис. 6 зображено потік нейтронів через свинцеву пластину, розташовану на виході коліматору із поліетилену.

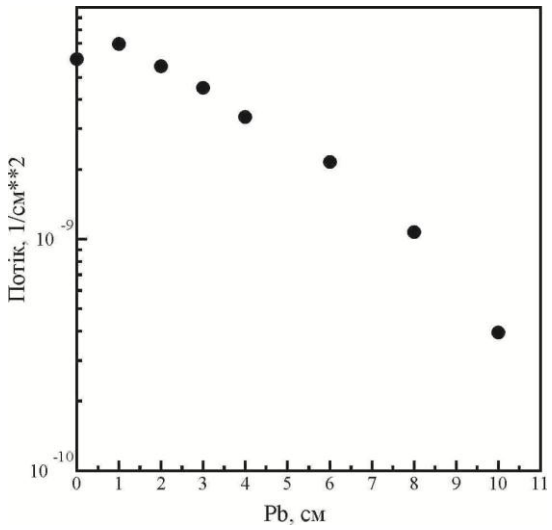


Рис. 6. Потік нейтронів через свинцеву пластину, розташовану на виході коліматору із поліетилену, для різних товщин пластини

Із Рис. 6 можна побачити, що потік суттєво падає, якщо товщина свинцевого фільтру перевищує 1 см

Результати моделювання потоку нейтронів на виході системи формування з поліетилену [4] було використано для подальшого отримання зображень об'єкту методом нейтронної радіографії. В якості об'єкту для моделювання використовувалися зборки, виготовлені зі стрижнів графіту різної довжини і діаметру (розташованими у напрямку пучку нейтронів). На Рис. 7 показано зразок такої зборки

Рис. 7. Зразок зборки, що використовувалася для моделювання

Для моделювання отримання радіографічних зображень використовувався програмний комплекс MCNPX, в якому реалізована метод проекції переданого зображення [5]. Схема цього методу зображена на Рис. 8 Сітка в цьому методі подібна плівці в рентгенографії.

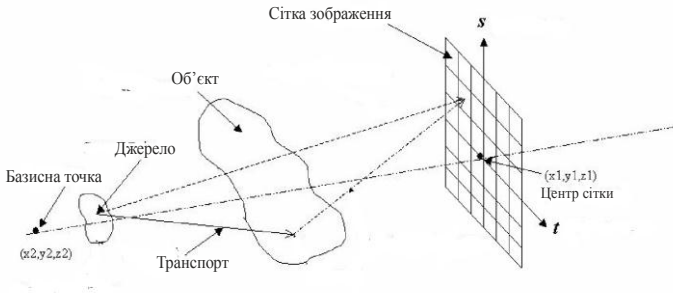


Рис. 8. Схема методу проекції переданого зображення

На Рис. 9 наведено результати моделювання зборки, виготовленої з графітової основи 1 см завтовшки та стрижнів графіту довжиною від 0,3 см до 4 см та діаметрами від 0,3 см до 1,2 см для при опроміненні нейтронами на виході з системи формування НР-установки. Найгірше на отриманому зображенні видно стрижень 0,5 см завтовшки, тобто контрастність зображення невелика для малих товщин, але для інших стрижнів при опроміненні повільними нейтронами на виході системи формування НР-установки отримано доволі чітке зображення

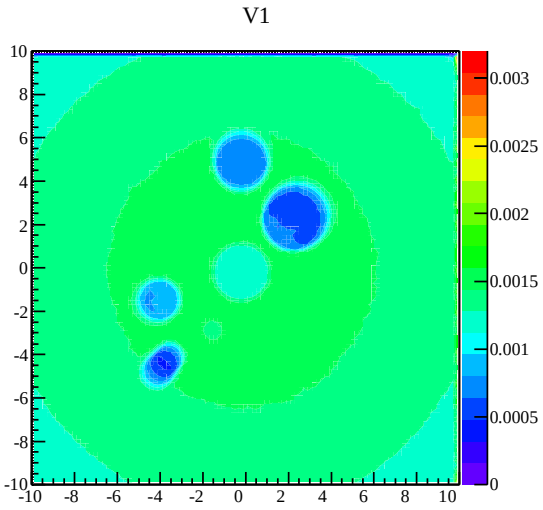


Рис. 9. Схема методу проекції переданого зображення

IV. ВИСНОВКИ

Проведено моделювання потоку нейтронів на виході системи формування НР-установки та у місці розташування об'єкту дослідження, а також поза свинцевим фільтром на виході із коліматору. Показано, що коліматор із поліетилену більш доцільно використовувати, ніж коліматор із графіту, бо він забезпечує більший потік повільних нейтронів. Також можна зробити висновок, що об'єкт дослідження повинен знаходитися на відстані 20–30 см від виходу коліматору, та товщина свинцевого фільтру повинна бути в межах 1 см. Показано, що спектр повільних нейтронів, отриманий раніше на виході системи формування НР-установки дає можливість отримати доволі чітке зображення розглянутого зразка в графіт

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Н.Д. Тюфяков, А.С. Штань, Основы нейтронной радиографии. М.:Атомиздат, 1975, 256 с.

[2] Ю. Н. Бурмистренко, Фотоядерный анализ состава вещества. Москва, Энергоатомиздат, 1986

[3] И.М. Копанец, Н.А. Кочнев, М.А. Хажмурадов и др., Перспективы создания нейтронографической установки на основе ЛУЭ. Препринт ННЦ ХФТИ, Харьков, 2004, 28 с.

[4] С.И. Прохорец, М.А. Хажмурадов Оптимизация параметров установки для нейтронной радиографии // АСУ и приборы автоматики. – 2004. – Вып. 126. – С. 4-9

[5] MCNP 2.4.0. RSICC computer code collection. Monte-Carlo N-Particle Transport Code System for multiparticle and high energy applications. CCC-715.–2002

Секція 5.

Інформаційні технології в соціумі, освіті, економіці, медицині, управлінні, поліграфії, екології та юриспруденції.

Section 5.

Information technologies in society, education, economics, medicine, management, polygraphs, ecology and jurisprudence.

Determination of Two Cars Collision Place in the Absence of Traces

Boris Bocharov
Department of Applied Mathematics and Information Technologies
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
boris.bocharov@kname.edu.ua

Alexandra Marchenko
Student of IST 2017-1 group
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
flexandra.marchenko@kname.edu.ua

Evgeny Yakovlev
Department of Soil Mechanics, Foundations and Engineering Geology
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
evgeny.yakovlev@kname.edu.ua

Dmitry Nikonov
Student of IST 2017-1 group
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
dmytro.nikonov@kname.edu.ua

***Abstract* — The increasing quantity of cars leads to an increase in the number of road accidents, for the objective examination of which expensive electronic systems are usually used. The article proposes a discrete-analytical method for determining the place of collision of two cars with a known location after the collision.**

***Анотація* — Зростаюча кількість автомобілів призводить до збільшення числа дорожньо-транспортних пригод, для об'єктивної експертизи яких зазвичай використовуються дорогі електронні комплекси. У статті пропонується дискретно-аналітичний метод встановлення місця зіткнення двох автомобілів при відомому розташуванні їх після зіткнення.**

Keywords — traffic accidents, lack of traces, determination of the coordinates of the collision place, collision parameters, pulse method, kinematic method, discrete method

Ключові слова — дорожньо-транспортні пригоди, відсутності трасологічних слідів, визначення координат місця зіткнення, параметри зіткнення, імпульсний метод, кінематичний метод, дискретний метод

I. INTRODUCTION

The problem of the traffic accidents expertise has become more complicated due to the large number and various options for such incidents. Automobiles and roads become such that traces of a collision are not enough to objectively determine the causes and perpetrators. For this reason, many different methods for analyzing car collisions have been created in the world [1-8], usually these are expensive electronic complexes that are not widespread [4-7].

The aim of the article is to create a relatively simple method for examining the collision of two cars with the ability to identify ten collision parameters:

- two coordinates of the deformation zone center;
- two linear velocities of mass centers;
- two angular velocities of cars at the beginning of the impact first phase;
- two linear velocities at the end of the of the strike;
- two angular velocities at the end of the of the strike;

Naturally, the results of accident analyzes using the proposed method will be probabilistic (as with the use of electronic systems), but we assume that the results will be more accurate and better justified in comparison with the trasological methods that are used traditionally and officially in Ukraine (for example, the European insurance companies protocols).

II. FORMULATION OF THE PROBLEM

On the plane x,y are two stationary cars $1'$ and $2'$, caught in these positions after a collision. The coordinates of their centers of mass C_1', C_2', as well as the centers of their deformed zones C_{O1}^*, C_{O2}^* are assumed to be known.

In addition, after measuring the angles φ_1 and φ_2 between the planes of the deformed zones and the longitudinal axes of the cars, the angle of the relative position at the moment of collision of the cars 1, 2 becomes known:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 . \qquad (1)$$

The goal of the task is to search and determine the coordinates ($\bar{x}_{C_{Oi}}$, $\bar{y}_{C_{Oi}}$) of the deformed zone center C_{Oi} at the moment of collision; the criteria for obtaining these

coordinates with a certain accuracy are angles φ and Φ_{ik}, where the angle Φ_{ik} is counted between the momentum vectors $\mathbf{Q}_{1ik}$ and $\mathbf{Q}_{2ik}$:

$$\Phi_{ik} \le \varphi, \tag{2}$$

where i - grid node numbering ($i = \overline{1,n}$); k - numbering of angular steps ($k = \overline{1,n_1}$) when turning two colliding cars 1, 2 relative to the center of the deformed zone C_{Oi}; angular steps are selected within the general rotation relative to the selected pole (for example: $0 \le \alpha_i \le \pi$).

Thus, placing two cars 1, 2 in a collision state λ times it is necessary to solve λ analytical problems for constructing vectors $\mathbf{Q}_{1ik}, \mathbf{Q}_{2ik}$ and determining the angle Φ_{ik} between them, while the place of collision with the coordinates ($\bar{x}_{C_{Oi}}, \bar{y}_{C_{Oi}}$) is determined by the fact that these coordinates are set sequentially until the requirement of inequality (2) is reached.

$$\lambda = \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n_1} (i \cdot k). \tag{3}$$

The number of solutions (3) can be increased due to the influence of different values of the impact recovery coefficient according to Newton's hypothesis and the friction coefficient according to Routh's inequality, etc.

III. Description of the Research Process

The system of resolving equations is based on the pulse method, Newton's hypothesis, and Routh's inequality [2, 3]:

$$m_1 u_{1x_{ik}} - m_1 v_{1x_{ik}} = -S_{x_{ik}} \tag{4}$$

$$m_2 u_{2x_{ik}} - m_2 v_{2x_{ik}} = S_{x_{ik}} \tag{5}$$

$$m_1 u_{1y_{ik}} - m_1 v_{1y_{ik}} = S_{y_{ik}} \tag{6}$$

$$m_2 u_{2y_{ik}} - m_2 v_{2y_{ik}} = -S_{y_{ik}} \tag{7}$$

$$I_1 \left(\Omega_{1_{ik}} - \omega_{1_{ik}}\right) = S_{x_{ik}} h_{1y_{ik}} + S_{y_{ik}} h_{1x_{ik}} \tag{8}$$

$$I_2 \left(\Omega_{2_{ik}} - \omega_{2_{ik}}\right) = S_{x_{ik}} h_{2y_{ik}} + S_{y_{ik}} h_{2x_{ik}} \tag{9}$$

$$\left(u^*_{1n_{ik}} - u^*_{2n_{ik}}\right) = R\left(v^*_{1n_{ik}} - v^*_{2n_{ik}}\right) \tag{10}$$

$$\left|S_{\tau_{ik}}\right| \le f S_{n_{ik}} \tag{11}$$

where m_1, m_2 - masses of cars 1 and 2 respectively; I_1, I_2 - moments of inertia of cars; $u_{1x_{ik}}$, $u_{1y_{ik}}$, $u_{2x_{ik}}$, $u_{2y_{ik}}$ - projections of the velocities of the automobiles mass centers on the fixed axes, at the collision first phase; $v_{1x_{ik}}$, $v_{1y_{ik}}$, $v_{2x_{ik}}$, $v_{2y_{ik}}$ - projections of the velocities of the automobiles mass centers on the fixed axes, at the end of the collision second phase; $\Omega_{1_{ik}}$, $\Omega_{2_{ik}}$ - angular speeds of cars at the end of the collision second phase; $\omega_{1_{ik}}, \omega_{2_{ik}}$ - angular speeds of cars at the collision first phase; $S_{x_{ik}}$, $S_{y_{ik}}$ - pulses between cars in projections onto the fixed axes at the time of the collision; $h_{1y_{ik}}$, $h_{1x_{ik}}$, $h_{2y_{ik}}$, $h_{2x_{ik}}$ - impulse shoulders; $u^*_{1n_{ik}}$, $u^*_{2n_{ik}}$ - projections on normal n_{ik} velocities of the center of the deformed zone of cars; (normals n_{ik} change their position when changing the position of two cars 1, 2 at the time of the collision; velocities $u^*_{1n_{ik}}$, $u^*_{2n_{ik}}$ occur at the end of the second phase of collision); $v^*_{1n_{ik}}$, $v^*_{2n_{ik}}$ - projections to the normal to the velocities of the deformation center at the initial moment of collision; velocities $u^*_{1n_{ik}}$, $u^*_{2n_{ik}}$, $v^*_{1n_{ik}}$, $v^*_{2n_{ik}}$ depend on the position on the plane of cars 1, 2 at the end of the second phase and the beginning of the first phase respectively and are expressed through projections of the corresponding velocities $v_{1x_{ik}}$, $v_{2x_{ik}}$, $v_{1y_{ik}}$, $v_{2y_{ik}}$ и $u_{1x_{ik}}$, $u_{2x_{ik}}$, $u_{1y_{ik}}$, $u_{2y_{ik}}$; R - car impact recovery coefficient;

IV. Results and Conclusions

The proposed pulsed method for determining the coordinates of the collision point in an oblique collision of two cars can successfully complement similar results obtained on the basis of energy techniques.

References

[1] Туренко А.М. Автотехнічна експертиза Дослідження обставин ДТП / А.М Туренко, В.І Клименко, О.В Сараєв, С.В Данец.– Харків: ХНАДУ, 2013.– 319 с.

[2] Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара / Я.Г Пановко.– М.: Наука, 1977.– 224 с.

[3] Бутенін Н.В. Курс теоретической механики В 2-х томах Т 2.: Динамика / Н.В Бутенин, Я.Л Лунц, Д.Р Меркин.– М.: Наука, 1986.– 496 с.

[4] Никонов В.Н. Экспертиза механизма дорожно-транспортных происшествий / В.Н Никонов, А.А Куприянов // Уголовный процесс.– 2005.– № 2.– С 53-57.

[5] Патент России 2308078 С2 Способ расчета столкновения транспортных средств / В.Н Никонов Заявлен 27.03, 2007; опубликован 10.10.2007, бюл № 8.

[6] Патент России 2196697 Способ определения факторов дорожно-транспортных происшествий / В.А Ларионов Заявлен 22.01, 2001; опубликован 01.10.2003.

[7] Никонов В.Н Классификация методов реконструкции обстоятельств ДТП, применяемое в мировой практике Правовые и методические вопросы судебной экспертизы / В.Н Никонов.– Уфа, 24-25 апреля 2008.– С 24-30.

[8] Ковальов В.В Організація модернізації транспортно-дорожньої інфраструктури при комплексній реконструкції міської забудови / В.В Ковальов // Науковий вісник будівництва.– 2018.– т 92.– № 2.– С 167-172.

Stages of Data Analysis Process to Implementing E-government Project

Mohamed AlKilani
dept. of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
moh_alkilani@yahoo.com

Volodymyr Kobziev
dept. of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.kobziev@nure.ua

Abstract—The success of implementing any project depends largely on identifying the weaknesses and strengths of a project, through a set of stages. This paper aims to clarify the main stages of implementing e-government project, also aims to explain the stages by answering the following questions: How to make an overview of the e-government project? How to gathering data? How to analyze the collected data? How to design the conceptual framework?

Keywords—Data Collection, Data Analysis, Design Conceptual Framework

I. INTRODUCTION

In general, to implement successfully project it is necessary to understand the project components and clarifying the benefits, barriers and risks, as well as know the opinions and attitudes about the factors that influence the implementation of a project.

E-government project is not a new concept, but also it is not easy to implement. E-government project requires a clear vision to implement, and clarify the main components, as well as and identify the benefits and barriers of the transfer to e-government services.

In this paper will discuss the fundamental stages of implementing the e-government project and avoid the failure, these stages are:

Stage one, Literature Review, aims to give an overview of e-government and specify the weakness, strength, benefits and barriers of transfer to e-government services. The literature review as well gives the ability to learning from the success and failures experiences of previous projects. Stage two, Data Collection, explain the method of gathering data and clarify each method. Stage three, Data Analysis, explain the main step to analyze the collected data and identifying critical factors. Stage four, Design Conceptual Framework, give the concept of data analysis and clarify the previous steps in the diagram. Stage five, Implementing, can be defined as the stage to convert and implement what discussed above to reality.

II. LITERATURE REVIEW

The literature review in the simple definition is review and discusses subject or information published in a particular area. The literature review sometimes can be taken in a certain time period. The literature review is an arrangement and re-organization of information in a specific subject to give a new interpretation of old information that can be merging with new information, to building new standards and conclusions in the field of study.

The literature review can be defined as a general review of the specific subject, to clarify the weaknesses and strengths of previous studies.

However, many studies noted that the main purpose of the literature review is:

- Build a complete and clear picture on the research.
- Clarify the weaknesses and strengths of previous studies and current research.
- Clarify the gaps of previous studies.
- Clarify the results and formulating.
- Clarify the questions of research, and formulate questions in smoothly and understandable.

According to the field of study in this article, which is the e-government project, the literature review is a very important step, to build out a clear picture of the e-government project, and identified weaknesses and strengths of the e-government project.

The literature review helps the researcher to avoid mistakes and problems that can be occurred during the implementation of the e-government project.

In the e-government project, the literature review plays an important role in identifying the main factors of the e-government project, as well as the main elements of each factor.

III. DATA COLLECTION STAGE

Data collection stage is very important step to uncover all the details relevant to the research. Rowley (2002) defined that data collection and analysis can contribute to support research propositions. On other hand, many studies (Njie and Asimiran (2014); Sharma, Bao, and Peng (2014); Iacono et al. (2009); Meyer (2001)) identified different sources to collecting data, which are: Interview, Documents, Direct observations.

According to the literature review, the researcher must determine the research aims, the data required and research context, to select the suitable method for collecting data to

build a conceptual framework for evaluating e-government implementation.

However, based on the research requirements, there is a different method to collecting the data. The preferred method is:

Case study

The case study is the preferred research strategy for collecting data. The case study is known as a practical methodology, which focus on current phenomenon or real-life context, and allows researchers to investigate and understand in depth of the phenomenon (Al-azri et al. 2010; Meyer, 2001).

Iacono et al. (2009), Njie and Asimiran (2014) defined case study as a method that investigates phenomenon within its natural setting. Case study is a powerful method in theory building, and deep understanding to phenomenon within its particularity. The case study allows the researcher to investigate, explore and collecting data within an organization to be studied.

Yin (2003) defined the case study according to set of features, which are:

- The phenomenon is examined in its natural setting.
- More than one entity can be examined at the same time.
- Knowledge is constructed rather than discovered or found.
- Use more than one method to collecting data.
- Helpful to explore data and explain the complexities of real-life which may not available in experimental or survey research.

Interviews

The interview method is one of the methods that help the researcher to discover issues and collecting the needed data. The interview one of the methods that has the ability to clarify incomplete issues or unclear, this method enables the researcher to understand interviewee clearly. Yin (2003) state "one of the most important sources of case study information is the interview". Open-ended interviews are two-way open communications; enable researchers to ask respondents for the facts as well their opinions.

Saunders et al. (2009) stated that the research interviews enable the researcher to gathering of wealthy and detailed information, though it needs a sufficient level of competence to conduct these, to gain the necessary of information data related to their use.

Documentation

Documentation is a content of data related to subjects prepared for a specific purpose, and the document can be included paper, magazine, reports and electronic documents.

Documents are provided possibility to supplement needed information from other resources, and highlight the new ideas and insights that need further investigation by researcher (Yin 2003). Zakaria (2004) defined that the document is useful source of information and build plans and ideas that can be manipulated during interviews.

Questionnaire

Nicholas Walliman (2001) pointed out that questionnaire is flexible tool enable the researchers to organize the questions and receive replies from respondents without needed to talk with each one separately. Saunders et al. (2009) found that "Although questionnaires may be used as the only data collection method, it may be better to link them with other methods in a multiple-methods research design". Questionnaire has the ability to provide required data to the research in less time and no cost (Alrawabdeh 2014).

IV. DATA ANALYSIS STAGE

The procedure of data analysis is using to classify and identify the results of collected data to achieve the project goals. Saunders and Rojon (2014) defined that the data analysis procedures "use to analyze data need to be explained clearly with examples if necessary", the examples help to explain the cases in its natural setting. Theivananthampillai (2009) pointed that the data analysis is including three steps (collecting, noticing and thinking steps).

It need be added that data analysis procedures provided support for the hypothesis of research and clarified that the most cases in include three steps:"1) coding or annotating the primary data, 2) grouping together the related codes, and 3) generating the themes from the codes".

According to (Creswell, pp. 248, 2014) the collected data can be analyzed by the following steps, Table 1-1 illustrated the steps of data analysis process in information system (IS).

TABLE 1. STEPS OF DATA ANALYSIS PROCESS IN IS (SOURCE:CRESWELL, PP. 248, 2014)

Step	Description of step
Organize and prepare the data for analysis	This involves transcribing interviews, record notes, cataloging and arranging the data into different types according to the sources of information, and prepared tables depending on the predefined set of factors.
Read or look at all the data.	Through the first step, the author wrote general ideas about the information and collected data, and take impression about the participant's thoughts and what they say.
Start coding	Coding is the process of classification and arrangement of data by special symbols that can be bracketing chunks, text, image segments, or paragraphs to describe those categories.
Description (identifying factors)	Describe the new data findings through connecting and classify different themes.
Interconnecting themes, factors	An analytical discussion to Interconnect multiple perspectives from individuals, and quotations, themes, and common factors.
Making and interpretation	Based on the data analysis results and comparisons which gleaned from the literature or theories the author can add his own understanding and give the interpretation.

Fig.1 shows the main units of data analysis process to implementing e-government project.

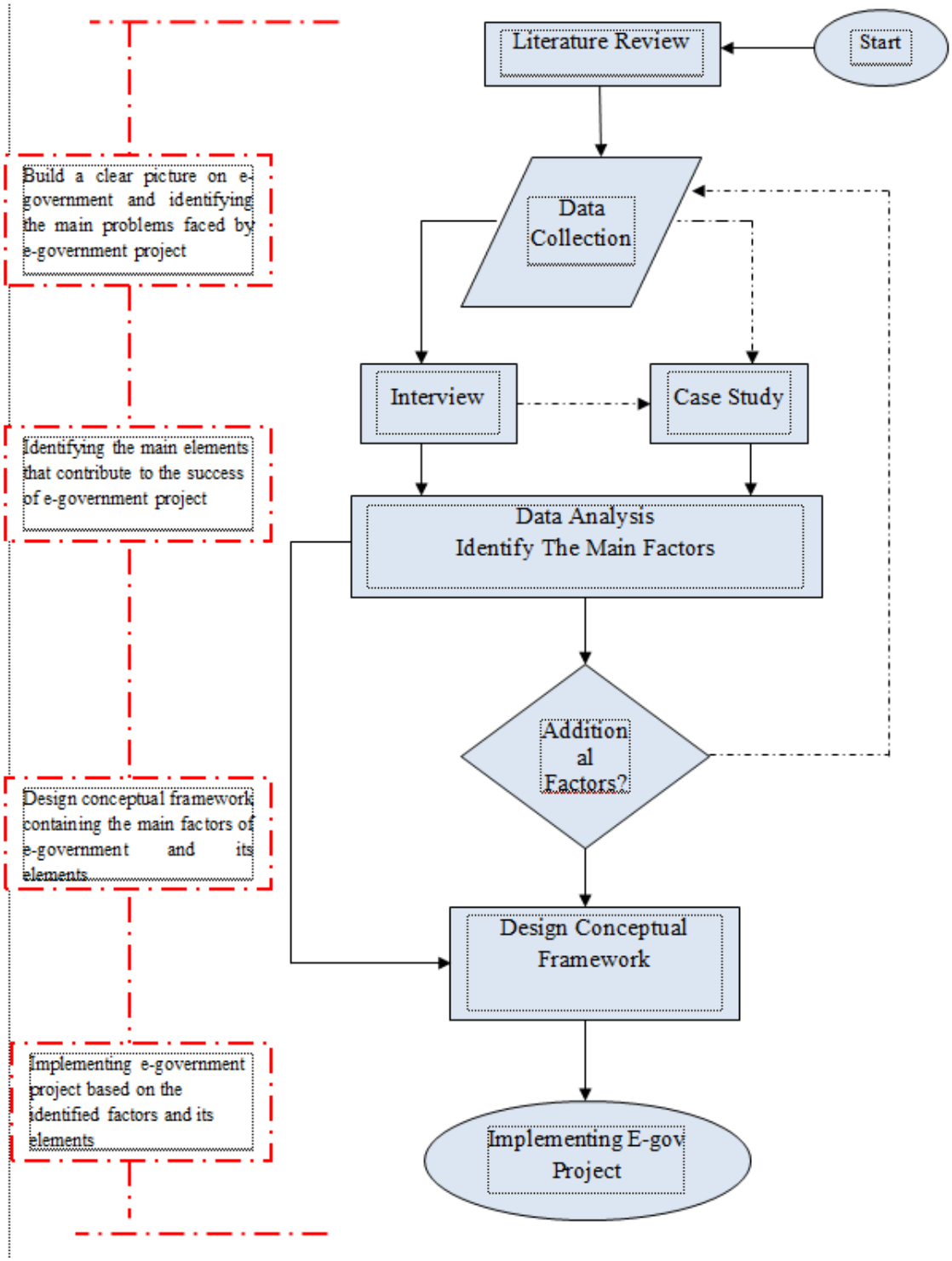


Fig.1 Data analysis process of E-gov project

V. DESIGN CONCEPTUAL FRAMEWORK STAGE

Design conceptual framework can be defined as an action plan to move from the stage of collected data and analysis to the next stage of designing; clarifying and drawing the main units of facers is very helpful to arrange the collected data in the right format, also provides a map to understand the needed component to implementing e-government project. Design cconceptual framework also is useful stage to help other

researchers to follow the framework and understand the concept of project and main factors that can be developed in future work.

Design stage aims to give a clear picture of the structure of the project and outline all needed method and tools for the e-project.

Identifies the conceptual framework and the main factors that influencing the implementation of e-government, as well as identifies the key actors that enable researchers to prioritize for successful implementation of e-government project.

In additional, the conceptual framework clarify and determining the guidelines of needed elements to achieve the implementation of e-government services successfully. However, this stage illustrates the final framework with the critical factors with its main elements for adopting e-government.

VI. Implementing Stage

The implementing stage can be defined as the stage to convert and implement what discussed above to reality. The success of the implementation phase depends on what is identified in the conceptual framework of main factors as well as its elements.

To ensure the smooth implementation stage of e-government service project successfully, the implementation process must include important steps such as evaluate performance and improvement, supporting the process of change.

VII. Conclusion

The main goals of the paper are clarifying the needed steps to move to e-government project smoothly, as well as aiming to identified how to build a clear picture of the e-government project by literature review and collecting data by the different methods such as interview, documentation, and questionnaire, also gathering data by selecting a research strategy (case study).

However, the paper can be summarized in the following steps:

- Build a complete and clear picture of the project by literature review.
- Clarifying the stages that have to be taken into account to implementing e-government project.
- Collecting data by selecting the suitable method.
- Analyzing the collected data according to Creswell' steps of data analysis.
- Build a conceptual framework according to the findings.

Make decision and priority in the implementation process.

References

[1] Ahmed Al-azri and others, 'E-GOVERNMENT TRANSFORMATION : A CASE STUDY IN', *European, Mediterranean & Middle Eastern Conference on Information Systems*, 2010 (2010), 1–11.

[2] Baboucarr Njie and Soaib Asimiran, 'Case Study as a Choice in Qualitative Methodology', *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 4 (2014), 35–40.

[3] Cb Meyer, 'A Case in Case Study Methodology', *Field methods*, 13 (2001), 329–52.

[4] Gajendra Sharma, Xi Bao and Li Peng, 'Public Participation and Ethical Issues on E-Governance : A Study Perspective in Nepal', *Electronic Journal of e-Government*, 12 (2014), 82–96.

[5] Jennifer Rowley, 'Using Case Studies in Research', *Management Research News*, 25 (2002), 16–27.

[6] Jessica Iacono, Ann Brown and Clive Holtham, 'Research Methods – a Case Example of Participant Observation', *The Electronic Journal of Business Research Methods*, 7 (2009), 39–46.

[7] John W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*, 2014.

[8] Mark N K Saunders and Céline Rojon, 'There's No Madness in My Method: Explaining How Your Coaching Research Findings Are Built on Firm Foundations.', *Coaching: An International Journal of Theory, Research and Practice*, 7 (2014), 74–83.

[9] Mark Saunders, Philip Lewis and Adrian Thornhill, *Research Methods for Business Students, Research methods for business students*, 2009.

[10] Nicholas Walliman, *Your Research Project: A Step by Step Guide for the First Time Researcher*, 2001.

[11] Omar Zakaria, 'Understanding Challenges of Information Security Culture: A Methodological Issue', *2nd Australian Information Security Management Conference*, 2004, 83–93.

[12] Paul Theivananthampillai, 'Title : Understanding Quality in Qualitative Research in IS : A Practitioners Road Map Authors & Affiliations Contact Details ':, *Department of Accountancy and Business Law,Working paper series*, 2009.

[13] Wasfi Alrawabdeh, 'The Impact of Environmental Factors on E-Government Implementation: The Case of Jordan Author Detail: Wasfi Alrawabdeh- Faculty of Economics and Management Science, Hashemite University. Jordan', *International Journal of Management Sciences and Business Research*, 3 (2014), 1–7.Yin, R. K. Case study research: Design and methods (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 2003.

Нечітка Модель Якісних Даних для Продукційної Системи в Юриспруденції

Анна Бакурова, Еліна Терещенко, Марія Пасічник
кафедра системного аналізу та обчислювальної математики
Національний університет «Запорізька політехніка» Запоріжжя, Україна
abaka111060@gmail.com, elina_vt@ukr.net, mashali@ukr.net

The Fuzzy Model Quality Data for Court Production System

Anna Bakurova Elina Tereschenko Mariya Pasichnyk
Department of Systems Analysis and Computational Mathematics
Zaporizhzhia Polytechnic National University
Zaporizhzhya, Ukraine
abaka111060@gmail.com, elina_vt@ukr.net, mashali@ukr.net

***Анотація*—Робота присвячена деталізації процедури оцінювання функцій належності при моделюванні продукційної системи для підтримки прийняття судових рішень**

***Abstract*— This paper focuses on detailing the procedure for evaluating membership functions when modeling a production system to support adjudication.**

Ключові слова—лінгвістична змінна; нечітка множина; продукційна система; судове рішення

Keywords—linguistic variable; fuzzy set; production system; judgment

I. Вступ

Проблема моделювання якісних даних в юриспруденції виникає при побудові продукційної системи для підтримки прийняття рішень. Прийняття судових рішень відбувається відповідно до ст. 65 Кримінального кодексу України (КК України) [1], суд призначає покарання у межах, установлених у санкції статті Особливої частини КК, що передбачає відповідальність за вчинений злочин, відповідно до положень Загальної частини КК, враховуючи ступінь тяжкості вчиненого злочину, особу винного та обставини, що пом'якшують та обтяжують покарання. При виборі вироку суддя повинен оцінити усі елементи злочину і усі обставини його здійснення з метою визначення міри відповідальності підсудного і призначення йому співвимірного покарання. Міра покарання в залежності від складу злочину регламентується нормами закону, що дозволяє формально визначати межі максимуму і мінімуму розміру кари. Вибір виду покарання у разі, коли закон передбачає альтернативні санкції залишається за суддею. Отже, слабо формалізованою частиною вироку залишається важення обставин здійснення злочину й характеристики особи винного. При тому, що від судді не вимагається детальне коментування критеріїв оцінки, чітко регламентується необхідність досить мотивованого вибору покарання

II. Аналіз останніх досліджень та публікацій

В попередніх дослідженнях авторами було побудовано загальну модель продукційної системи підтримки прийняття рішень (СППР) у суді та реалізовано для окремої статті Кримінального кодексу України у двох варіантах, а саме алгоритмами Mamdani та Sugeno [2]. Експеримент було проведено на даних кримінальних справ за статтею 185 КК України про крадіжку, що містяться в реєстрі судових рішень України [3]. Результати продемонстрували, що для налаштування нечіткої продукційної системи необхідно розробити уніфіковані правила ініціалізації вхідних змінних, а саме особи винного, обставин, що пом'якшують та обтяжують покарання.

Відповідно до ст. 65 Кримінального кодексу України, суд призначає покарання у межах, установлених у санкції статті Особливої частини КК, що передбачає відповідальність за вчинений злочин, відповідно до положень Загальної частини КК, враховуючи: 1) ступінь тяжкості вчиненого злочину; 2) особу винного; 3) обставини, що пом'якшують та 4) обтяжують покарання [1]. Зважаючи на це, вхідними змінними СППР у суді було обрано такі.

Лінгвістична змінна Severity, що характеризує ступінь тяжкості вчиненого злочину, приймає значення з терм–множини {невелика, середня, велика}. Ця змінна дозволяє враховувати повторність злочину, наявність минулого покарання, колективний злочин, тощо.

Лінгвістична змінна Personality характеризує особу винного та приймає значення з терм–множини {негативна, нейтральна, позитивна}. Дозволяє враховувати, наприклад, працевлаштування, наявність суспільно корисної діяльності, характеристику за місцем мешкання, тощо.

В ст. 66 Кримінального кодексу України зафіксовано одинадцять обставин, які пом'якшують покарання. Для оцінки обставин, що пом'якшують покарання, було введено лінгвістичну змінну Mitigation. В ст. 67 Кримінального кодексу України зафіксовано чотирнадцять обставин, які обтяжують покарання. Вхідною змінною для оцінки обставин, що обтяжують покарання введено Burden.

Лінгвістична змінна Lawyer характеризує рівень нейтральності судді та приймає значення з терм–множини {лояльний, нейтральний, суворий}. Будемо вважати, що справедливим є суддя за рівнем «нейтральний».

Суд може призначати міру покарання, складовими частинами якої є штраф, обмеження та позбавлення волі (реальне та умовне), громадські роботи. Введемо вихідні лінгвістичні змінні, що визначають відповідне покарання: Fine визначає розмір штрафу; Years - кількість років позбавлення волі; RF (Restriction of freedom) - рівень обмеження волі; Public Works - громадські роботи; Condition - реальне або умовне введення в дію. Таким чином загальна модель СППР у суді має вигляд:

$$(Fine, Years, RF, Public\,Works, Condition) =$$
$$F(Severity, Mitigation, Personality, Burden, Lawyer),$$

де F – відповідний алгоритм виведення.

Постає задача побудови функції належності термів вхідних та вихідних лінгвістичних змінних. Законодавча санкція статті враховує як кількісні показники відповідних обставин, так і якісні. Діапазони значень вихідних змінних, які є кількісними, регулюються відповідними нормами законодавства окремо для кожної статті. Вхідні змінні є якісними та на практиці визначаються експертно. Отже, вибір шкали для побудови функцій належності якісних змінних є першочерговим.

III. Результати

Побудова та налаштування нечіткої продукційної системи потребує представлення вхідної та вихідної інформації у вигляді лінгвістичних змінних. Пропонуємо процедуру представлення у вигляді лінгвістичних змінних якісних даних, яка враховує особливості інформації для СППР у суді.

Розглянемо процедуру представлення якісних даних у вигляді лінгвістичної змінної α, яка є кортежем $\langle \alpha, \alpha - Term, X, G, M \rangle$, де α - назва лінгвістичної змінної, $\alpha - Term$ - терм-множина, де кожен терм є нечіткою змінною, X - область визначення нечітких змінних терм-множини, G - синтаксична процедура утворення нових значень лінгвістичної змінної, M - семантична процедура, що дозволяє надавати зміст новим значенням лінгвістичної змінної, які утворені процедурою G, через побудову нечіткої множини.

Нечітка змінна $term\alpha$ є кортежем $\langle term\alpha, X, A \rangle$, де $term\alpha$ - назва нечіткої змінної, X - область визначення нечіткої змінної, $A = (x, \mu_A(x))$ - нечітка множина на X.

Не втрачаючи загальності, умовно приймемо що терм–множина $\alpha - Term$ містить три терми. Наприклад, їх назви $\alpha - Term = \{ \alpha - Negative, \alpha - Norm, \alpha - Positive \}$.

У випадку, коли якісні дані можна представити як характеристики за деякою множиною ознак P, лінгвістичне моделювання якісної інформації є формалізацією нечіткого відображення множини ознак P на терм–множину $\alpha - Term$, тобто $M : P \to \alpha - Term$. Природно, що на терм-множині $\alpha - Term$ існує відношення порядку. Наприклад, відношення порядку «Відображати негативну характеристику»: $\alpha - Negative \succ \alpha - Norm \succ \alpha - Positive$. Формалізація нечіткого відображення M дозволяє установити відношення порядку на множині ознак P.

Опишемо область визначення X нечітких змінних $\alpha - Negative, \alpha - Norm, \alpha - Positive$, що входить до кортежу лінгвістичної змінної α. Приймемо, що якісна змінна α характеризується за n ознаками P_i, $i = \overline{1,n}$, що утворюють множину P, $|P| = n$. Кожна ознака P_i може приймати k_i значень p_{ij}, $j = \overline{1,k_i}$. В цьому випадку моделлю якісної інформації є ієрархічне дерево α-Tree. Кожна гілка ієрархічного дерева α-Tree визначає певну ознаку P_i. Листя ієрархічного дерева α-Tree є можливими значеннями p_{ij} ознаки P_i (рис.1).

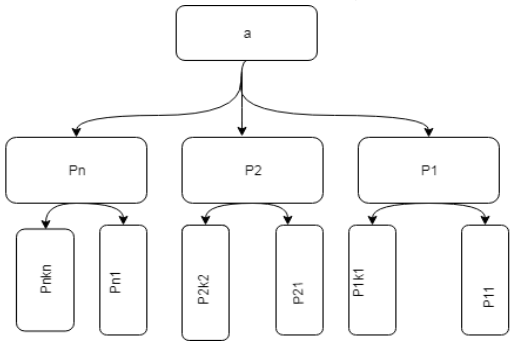


Рис. 1. Модель якісних даних

Область визначення X нечітких змінних терм–множини $\alpha\text{-}Term = \{\alpha\text{-}Negative, \alpha\text{-}Norm, \alpha\text{-}Positive\}$ визначається декартовим добутком ознак $X = P_1 \times P_2 \times \ldots \times P_n$, $|X| = \prod_{i=1}^{n} k_i$:

$$X = \left\{ x_s \middle| x_s = (p_{1j_{s1}}, p_{2j_{s2}}, \ldots, p_{nj_{sn}}), 1 \le j_{si} \le k_i, i = \overline{1,n} \right\}.$$

Для кожної нечіткої змінної $\alpha\text{-}Negative, \alpha\text{-}Norm, \alpha\text{-}Positive$ необхідно побудувати нечітку множину на X: $A-Negative = (x, \mu_{A-Negative}(x))$, $A-Norm = (x, \mu_{A-Norm}(x))$, $A-Positive = (x, \mu_{A-Positive}(x))$.

Тобто, необхідно побудувати нечіткі відображення $\alpha\text{-}Term = \{\alpha\text{-}Negative, \alpha\text{-}Norm, \alpha\text{-}Positive\}$:

«Належність до негативної характеристики»: $X \to \alpha - Negative$,

«Належність до нейтральної характеристики»: $X \to \alpha - Norm$,

«Належність до позитивної характеристики»: $X \to \alpha - Positive$.

Тобто, кожний кортеж реалізованих значень p_{ij} ознак P_i, $i = \overline{1,n}$ набуває певного значення функції належності до нечітких множин $\alpha\text{-}Negative, \alpha\text{-}Norm, \alpha\text{-}Positive$.

Побудовані функції належності $\mu_{A-Negative}(x)$, $\mu_{A-Norm}(x)$, $\mu_{A-Posittive}(x)$ є складовою деякої нечіткої продукційної системи. Для навчання цієї системи необхідно побудувати вектори вхідних даних $x_s = (p_{1j_{s1}}, p_{2j_{s2}}, \ldots, p_{nj_{sn}}), 1 \le j_{si} \le k_i, i = \overline{1,n}$, $x_s \in X$, за якими буде відбуватися налаштування значень вихідних векторів. Вигляд функціональної залежності $\mu(x_s)$ має відтворювати інтуїтивно очікувану оцінку якісної змінної α, тобто відповідати відношенню порядку на терм-множині $\alpha\text{-}Term$, та забезпечувати загальні вимоги монотонного спадання/зростання функції належності.

Для експертного визначення функції належності кількість кортежів $|X|$ є завеликою. Тому доцільно автоматично будувати функції належності до нечітких множин $\alpha\text{-}Negative, \alpha\text{-}Norm, \alpha\text{-}Positive$.

Розглянемо процедуру побудови функції належності до нечіткої множини $\alpha\text{-}Negative$.

1. На множині ознак P визначаємо відношення строгого порядку «Належність до негативної характеристики»: $P_l \succ \ldots \succ P_r$, $1 \le l \le n, 1 \le r \le n$.

2. Визначаємо відношення нестрогого порядку «Належність до негативної характеристики» певних значень $p_{ij_{si}}$ для кожної ознаки $P_i : p_{1j_{s1}} \succ p_{2j_{s2}} \succ \ldots \succ p_{nj_{sn}}$, $1 \le j_{si} \le k_i, i = \overline{1,n}$, $s = \overline{1,|X|}$.

3. Будуємо відображення $V : P_1 \times P_2 \times \ldots \times P_n \to N$, де N - натуральний ряд. Застосуємо позиційну систему числення, в якій розряд 10^{n-i+1} визначається порядковим номером ознаки P_i, а цифра j_{si} - порядковим номером значення $p_{ij_{si}}$ для ознаки P_i, яке реалізувалося у векторі x_s. Відсутність значення для певної ознаки позначимо як «0». Відображення V дає можливість упорядковано розмістити N кортежів якісних значень ознаки α.

4. Пропонуємо лінійні формули для визначення функції належності $\mu_{A-Negative}(x_s)$, $\mu_{A-Norm}(x_s)$, $\mu_{A-Posittive}(x_s)$, в яких β_k, $k = \overline{1,7}$ - параметри:

$$\mu_{A-Negative}(x_s) = 1 - \beta_1 * \sum_{i=1}^{n} j_{si} * 10^{-i},\ 0 \le j_{si} \le k_i; \quad (1)$$

$$\mu_{A-Norm}(x_s) = \begin{cases} \beta_2 + \beta_3 * \sum_{i=1}^{n} j_{si} * 10^{-i} \\ \beta_4 - \beta_5 * \sum_{i=1}^{n} j_{si} * 10^{-i} \end{cases}; \quad (2)$$

$$\mu_{A-Posittive}(x_s) = \beta_6 + \beta_7 \sum_{i=1}^{n} j_{si} * 10^{-i},\ 0 \le j \le k_i. \quad (3)$$

Такі нечіткі множини є ненормованими. Для нормування функцій належності (1)-(3) вводимо коефіцієнт пропорційності, обернений до висоти відповідної нечіткої множини. Такий спосіб забезпечує загальний масштаб, коли не всі ознаки якісної змінної α мають свою характеристику.

Для прикладу розглянемо більш докладно нечітке моделювання лінгвістичної змінної судових рішень $Personality$, що характеризує особу винного.

Введемо лінгвістичну змінну $Personality$, яка є кортежем $\langle Personality, Personality-Term, X, G, M \rangle$, де $Personality-Term = \{Negative, Norm, Positive\}$. Кожна з нечітких змінних $Negative, Norm, Positive$ є нечіткою множиною на X з відповідною функцією належності $\mu_{Negative}(x_s)$, $\mu_{Norm}(x_s)$, $\mu_{Posittive}(x_s)$. На терм-множині $Personality-Term$ існують відношення порядку «Відображати негативну характеристику»: $Negative \succ Norm \succ Positive$, «Відображати позитивну характеристику»: $Positive \succ Norm \succ Negative$, та часткового порядку «Відображати нейтральну характеристику» $Norm \succ Negative$ та $Norm \succ Positive$.

Визначимося з областю визначення X нечітких змінних $Negative, Norm, Positive$. Для цього побудовано модель якісної змінної «Особа винного».

Множина

$P = \{працевлаштування,\ сімейний_стан,\ проживання,\ реєстрація,\ характеристика,\ перебування_на_обліку,\ наявність_зв'язків,\ кримінальна\ відповідальність, судимість\}$, $|P| = 9$.

Отже область визначення X нечітких змінних терм-множини $Personality - Term$ визначається декартовим добутком ознак $X = P_1 \times P_2 \times \ldots \times P_7$, потужність якої $|X| = 2*2*2*2*3*3*3*2*2 = 1728$ (рис.2).

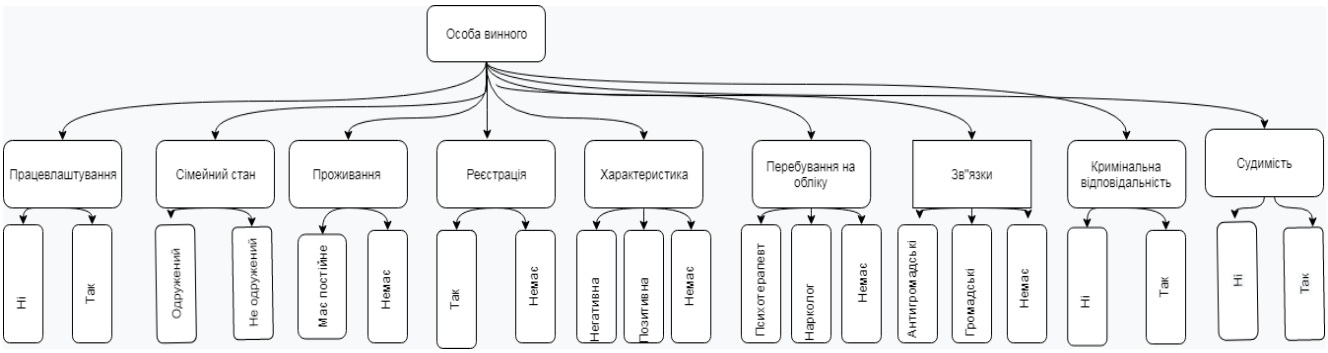


Рис. 2. Модель якісних даних «Особа винного»

Для кожної нечіткої змінної $Negative, Norm, Positive$ побудуємо функції належності $\mu_{Negative}(x_s)$, $\mu_{Norm}(x_s)$, $\mu_{Posittive}(x_s)$, виконуючи чотири кроки за описаною процедурою. В формулах (1)-(3) приймемо $\beta_k = 1$, $k = \overline{1,7}$. Функції належності лінгвістичної змінної $Personality$ представлено на рис.3.

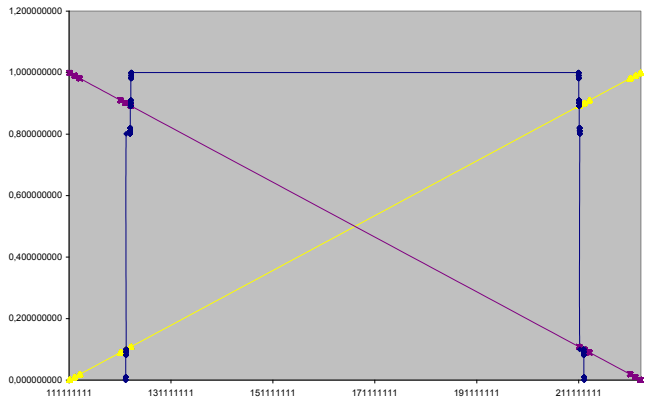


Рис. 3. Функції належності лінгвістичної змінної $Personality$

IV. Висновки

Наукова новизна роботи представлена запропонованою авторами загальною моделлю якісних даних у вигляді лінгвістичних змінних, що враховує особливості інформації для СППР у юриспруденції при прийнятті судових рішень. На прикладі лінгвістичної змінної $Personality$ продемонстровано процедуру побудови функції належності, що мінімізує суб'єктивність оцінки особи підсудного завдяки автоматизації процесу оцінювання. В наступних дослідженнях планується поширити процедуру на інші лінгвістичні змінні продукційної системи прийняття судового рішення.

Література References

[1] Кримінальний кодекс *http://zakon2.rada.gov.ua*

[2] Anna Bakurova, Mariia Pasichnyk, Elina Tereschenko and Yurii Filei. Production model for administration of judicial decisions in the case of theft / Experimental Economics and Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics. Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference on Monitoring, Modeling & Management of Emergent Economy (M3E2-EEMLPEED 2019). - Odessa, Ukraine, May 22-24, 2019. - P.284-296. http://ceur-ws.org/Vol-2422

[3] Реєстр судових рішень України http://www.reyestr.court.gov.ua

Аналіз Сучасного Стану Використання Імітаційного Моделювання в Економіці та Програм для Його Реалізації

Володимир Бредіхін
Кафедра економіки
Харківський національний університет
будівництва та архітектури
Харків, Україна
bredixinv@gmail.com

Вікторія Вербицька
Кафедра обліку, оподаткування та міжнародних
економічних відносин
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
Харків, Україна
verbytska67@gmail.com

Analysis of the Current State of Use of Simulation Modeling in Economy and Programs for Its Implementation

Volodymyr Bredikhin
Department of Economics
Kharkiv National University
of Constraction and Architecture
Kharkiv, Ukraine
bredixinv@gmail.com

Viktoriya Verbytska
Department of Accounting, Taxation and
International Economic Relations
Kharkiv National Avtoroad University
Kharkiv, Ukraine
verbytska67@gmail.com

***Анотація* — Розглянуто імітаційне моделювання як засіб дослідження та оцінки ефективності систем. Досліджено проблемні аспекти імітаційного моделювання. Окреслено переваги роботи з імітаційними моделями. Наведені базові концепції та програмні продукти для виконання імітаційного моделювання та їх розповсюдження для різних галузей промисловості. Зроблено висновок щодо пакету Anylogic як найбільш потужного засобу для комп'ютерного імітаційного моделювання. Досліджено переваги та недоліки трьох основних методичних підходів комп'ютерного імітаційного моделювання.**

***Abstract*— Simulation modeling as a means of research and evaluation of systems efficiency is considered. Problematic aspects of simulation modeling are investigated. The advantages of working with imitation models are outlined. Basic concepts and software for simulation modeling and their distribution to various industries are presented. The conclusion is drawn about Anylogic as the most powerful tool for computer simulation. The advantages and disadvantages of the three main methodological approaches of computer simulation are investigated.**

Ключові слова — моделювання, економіка, методи, система, процес імітації, розвиток

Keywords — modeling, economics, methods, system, process of imitation, development

I. Вступ

Імітаційне моделювання – найбільш потужний і універсальний метод дослідження і оцінки ефективності систем, поведінка яких залежить від впливу випадкових факторів. В основі імітаційного моделювання лежить статистичний експеримент (метод Монте-Карло), реалізація якого практично неможлива без застосування засобів обчислювальної техніки. Тому будь-яка імітаційна модель являє собою в остаточному підсумку більш-менш складний програмний продукт.

Імітаційне комп'ютерне моделювання набирає популярність при дослідженні проєктуємих і вже діючих соціально-економічних систем та пов'язане з наявним імітуванням різних ситуацій, які в них виникають.

Для підвищення ефективності цього виду діяльності саме спрямований розвиток методів комп'ютерного імітаційного моделювання.

Методи імітаційного моделювання одержали значний розвиток протягом останніх років.

II. Основна частина

Загальна проблематика імітаційного моделювання включає ряд аспектів:

- методологічний, пов'язаний зі створенням нових концепцій формалізації і структуризації моделюємих систем, удосконаленням методологічних основ системного моделювання, відпрацьовуванням підходів до створення формалізованиого опису моделюємих систем, побудовою систем прийняття рішень в області комплексних проектів по моделюванню та ін.;

- самі методи: математичні, пов'язаний із широким використанням в імітаційному моделюванні взагалі, і в процедурах обчислювального експерименту зокрема, статистичні методи різного призначення, математичні методи оптимізації та ухвалення рішення, методи штучного інтелекту;

- технологічний аспект. [1]

Робота з імітаційною моделлю допомагає:

по-перше, більш повно вивчити об'єкти, ніж під час реального експерименту (на практиці ми взагалі не зможемо створити всі ситуації, щоб дослідити властивості та поведінку об'єкта);

по-друге, імітаційне моделювання дає можливість більш ефективно виконати дослідження, проектування та оптимізацію технологічного процесу: оскільки робота з моделлю враховує вплив безлічі різних параметрів на сам процес, фахівець зможе знайти ті якісні і кількісні характеристики, які заощадять час і гроші на зміну існуючого виробництва, а також знизять ймовірність помилок.

Імітаційне комп'ютерне моделювання давно й активно використовується для наукових досліджень властивостей і особливостей поведінки соціально-економічних систем.

В таблиці 1 наведено базові концепції та програмні продукти для виконання імітаційного моделювання, а на рис. 1 представлено їх розповсюдження для різних галузей промисловості.

Таблиця 1. Базові концепції та програмні продукти для імітаційного моделювання

Системна динаміка	Дискретні системи	Агентне моделювання	Динамічні системи	Мережі
Vensim, ithink, Powersim, Anylogic	GPSS, Simula, Arena, Automod, Anylogic, Extend, Promodel, QUEST, SIMFACTORY II.5, SIMPLE++, em-Plant, Taylor ED, WITNESS	Anylogic	MATLAB	ARIS

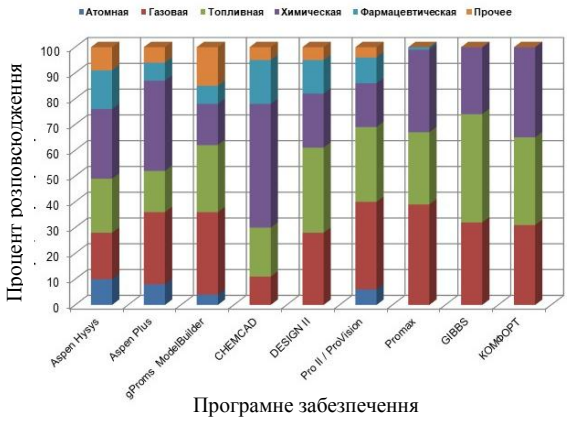


Рис. 1. Оцінка розповсюдження та використання програмного забезпечення [2]

Найбільша міжнародна конференція розроблювачів моделей Winter Simulation Conference (WSC) добре показує порівняльну популярність цих інструментів в академічному середовищі. Це дає зрозуміти, як широко вони використовуються в комерційних компаніях, рис. 2.

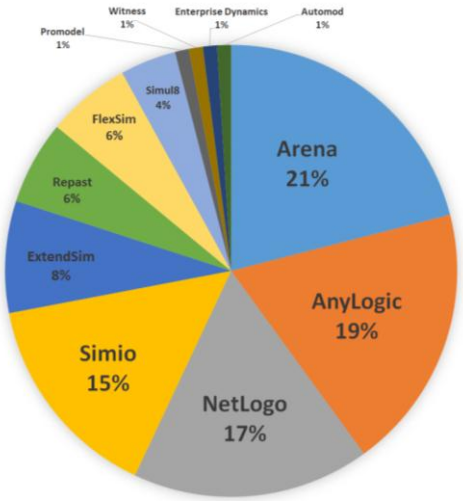


Рис. 2. Процентне співвідношення використання програмного забезпечення для імітаційного моделювання [3]

Зрозуміло, що популярність не є вирішальним фактором при виборі інструмента для імітаційного моделювання. Фахівцям у першу чергу важлива функціональність і гнучкість програми та якість споруджуваних моделей, їх точність і репрезентативність.

Виходячи з аналізу використання програмного забезпечення для імітаційного моделювання, одним із сучасних і найбільш потужних засобів для комп'ютерного імітаційного моделювання є пакет Anylogic.

Багато дослідників вважають, що додаток для імітаційного моделювання до діючих технологічних, бізнес і управлінських систем дає гарні результати в оперативному й стратегічному управлінні підприємством,

виробництвом, логістикою, ланцюжками поставок. Особливо корисним це є в ситуаціях з великою кількістю елементів, складними зв'язками один з одним і непередбаченим розвитком подій.

Показником результативності цього підходу є виділення в останні роки в складі різних суспільних наукових дисциплін самостійних напрямків типу "обчислювальна економіка" (computational economics1), "обчислювальна соціологія" (computational sociology2) і т.і.

Сучасне комп'ютерне імітаційне моделювання соціально-економічних систем і процесів являє собою комбінацію трьох основних методичних підходів:

1) системної динаміки;

2) дискретно-подійне моделювання;

3) агентне моделювання.

Нижче наведені діаграми, що ілюструють особливості цих підходів (рис. 3-5) [4].

Особливістю першого підходу (системна динаміка) є побудова соціально-економічних явищ у термінах "потоків" і "запасів" та їх збільшень. Моделі такого типу добре відомі в економічній науці, наприклад, модель "Світова динаміка" Джей Форрестера. "Моделюючи в стилі СД (системна динаміка), ви представляєте структуру і поведінку системи як безліч взаємодіючих позитивних і негативних зворотних зв'язків і затримок", що можливо побачити на рис. 3.

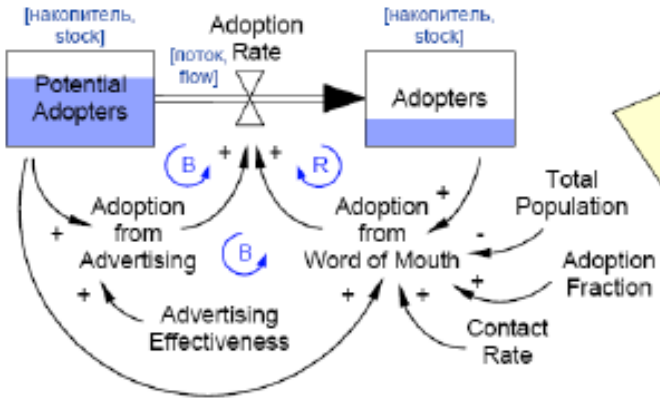


Рис. 3. Приклад структури моделі системної динаміки

Дискретно-подійним (ДП) моделюванням є описання процесу, який складається з:

- заявки (entities) – пасивні об'єкти, що представляють людей, деталі, документи, завдання, повідомлення й т.і. що подорожують через потокові діаграми (flowchart), очікують у чергах, обробляються, захоплюють і звільняють ресурси, розділяються, з'єднуються і т.д. Типова потокова діаграма показано на рис 4.

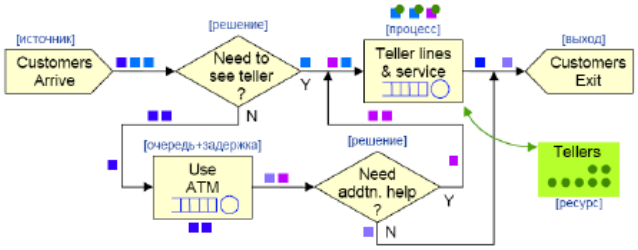


Рис. 4. Приклад структури дискретно-подійної моделі

Агентне моделювання (АМ) полягає в завданні безлічі (вона може бути дуже великою) відносно самостійних модельних сутностей – агентів, які впливають своєю поведінкою один на одного та зовнішнє середовище, а також і само середовище впливає на них. Правила поведінки агентів визначаються на індивідуальному рівні, а глобальна поведінка всієї моделі в цілому розглядається як результат діяльності багатьох (десятків, сотень, тисяч, мільйонів) агентів, кожен з яких існує за своїми власними правилами, "живе" у загальному середовищі і взаємодіє із середовищем і з іншими агентами (див. рис. 5).

Рис. 5. Приклад структури агентної моделі

Незважаючи на всі переваги подібних програм, слід виділити і недоліки програмного забезпечення для імітаційного моделювання, а саме:

A. В характеристиці програмних комплексів

Існує безліч засобів імітаційного моделювання із різним функціоналом і призначенням. Як що виділити для оцінки потенціалу програмного продукту декілька ключових характеристик, то відразу стануть очевидні обмеження можливостей ПО:

- невеликий функціонал інтерактивних відбудовників;

- невелика кількість типових моделей;

- відсутність структурного моделювання, більша помилка при розрахунках і інші.

Ці обмеження вимагають від користувача ПО спеціальних знань в області математичного опису процесів і в програмуванні.

Неможливість моделювання в реальному часі та неможливість оптимізації ПО з урахуванням різних факторів є суттєвим стримуючим моментом для

застосування його в системах автоматичного управління складними процесами, які протікають швидко.

Малоперспективні ті програмні продукти, які не дають точну і оперативну інформацію, що особливо важливо в умовах твердої конкуренції за ціною/якістю/кількістю, енерговитратам і ефективності роботи виробничого встаткування.

B. В модулях в складі програмного комплексу.

До складу програмних продуктів входять готові модулі, що описують технологічні апарати, фізико-хімічні властивості компонентів, що дозволяють спростити побудову технічних рішень технологічного процесу для їхніх розрахунків.

Якщо число модулів обмежене, ПО не дозволить моделювати складні технічні рішення, оскільки це вимагає постійного вдосконалювання програм.

C. В інтерфейсі програмних комплексів.

Ключова особливість будь-якого програмного забезпечення – зручний графічний інтерфейс, який зменшує працезатрати на виконання певних функцій і надає результат в інтуїтивно зрозумілому для користувача вигляді. Наявність у програмі таких можливостей, як графічна побудова, інтерактивний відбудовник, документування, дозволяє скоротити час на розробку схем. Але для здійснення цього процесу не існує єдиного стандарту, що можливо побачити при використанні різних програм для імітаційного моделювання

III. ВИСНОВКИ

У світі бізнесу імітаційне моделювання стає все більш розповсюдженим і використовується як системотворча та найцінніша ланка процесу ухвалення рішення, тому використовується разом з іншим програмним забезпеченням для прийняття рішень в інформаційних бізнес-системах різного призначення: корпоративних інформаційних системах, САПР, ситуаційних центрах і системах підтримки прийняття рішень.

Яке б рішення ви не вибрали, виходячи зі своїх завдань і можливостей, на закінчення відзначу: кожне ПО покликано мінімізувати фінансові і тимчасові витрати на побудову моделі, але жоден програмний інструмент не дасть гарантованих результатів без фахівців, що володіють знаннями в області економіки, технології, математики та інших наук.

Література References

[1] Селецкая А. С. Моделирование бизнес-процессов: подходы, методы, этапы // Молодой учёный Международный научный журнал № 9 (195) / 2018 С. 95-96.

[2] Сучасні технології імітаційного моделювання і їх застосування в інформаційних бізнес-системах [електронний ресурс] https://www.anylogic.ru/upload/iblock/efa/efac2601a53aa4a5c810fb1c2f8fa79b.pdf

[3] Winter Simulation Conference Archive [електронний ресурс] https://informs-sim.org/

[4] Борщов Андрій. Від системної динаміки й традиційного ЇМ - до практичних агентным моделям: причини, технологія, інструменти. http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf

Центры ИТ-компетенций в вузах и их роль в реализации образовательных проектов и программ

Борис Железко
кафедра маркетинга
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
boriszh@yandex.ru

Ольга Синявская
кафедра промышленного маркетинга и коммуникаций
Белорусский государственный экономический университет
Минск, Республика Беларусь
olechka_si@mail.ru

IT-competence Centres in the HEIs and their role in the educational projects and programs realisation

Boris Zhalezka
dept. of Marketing
Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus
boriszh@yandex.ru

Volha Siniauskaya
dept. of Industrial Marketing and Communications
Belarusian State Economic University
Minsk, Republic of Belarus
olechka_si@mail.ru

***Аннотация* — Рассмотрена проблема гармонизации содержания обучения в вузах и требований рынка труда ИТ-специалистов. Определены направления сотрудничества вузов и ИТ-компаний. Выявлены роль и преимущества создания Центров ИТ-компетенций в вузах.**

***Abstract* — The problem of harmonization of higher education content and IT-labor market requirements is considered. Directions of the HEIs and IT-companies collaboration are defined. The role and advantages of IT-competence Centers in the HEIs are revealed.**

Ключевые слова — информационные технологии; центр ИТ-компетенций; рынок труда; требования раьотодателя; высшее образование

Keywords — information technologies; IT-competence Centre; labor market; employee requirements; higher education

I. Введение

Деятельность в области информационных технологий является в настоящее время одним из наиболее прибыльных, инновационных и быстро развивающихся видов экономической деятельности. ИТ-сфера в Республике Беларусь весьма привлекательна для трудоустройства молодых специалистов, поскольку позволяет получить высокий заработок. О престижности ИТ-специальностей свидетельствуют высокие конкурсы на них в ведущих вузах и высокие проходные баллы даже на платное обучение. Однако, в то же время, на рынке труда ИТ-специалистов наблюдается дефицит высококвалифицированной рабочей силы.

Указанная проблема обусловлена рядом причин, среди которых основными выступают:

- недостаточное соответствие содержания учебных планов вузов и требований ИТ-компаний к компетенциям своих будущих сотрудников,
- нехватка финансовых средств у государственных вузов на развитие материально-технической базы (в том числе закупку дорогостоящего лицензионного программного обеспечения, современного компьютерного оборудования, ИТ-литературы), и повышение квалификации преподавателей ИТ-дисциплин в тех достаточно узких областях, которые интересны ИТ-компаниям.

В Республике Беларусь имеется положительный опыт открытия в вузах Центров ИТ-компетенций, финансируемых за счет грантов образовательных программ и проектов, на базе которых студенты имеют возможность осваивать узкоспециализированные востребованные работодателями области ИТ-знаний. Цель данной статьи – выявить роль и преимущества Центров ИТ-компетенций в процессе реализации образовательных программ и проектов международного и национального уровня.

II. Сотрудническтво вузов и ИТ-предприятий

Следует отметить, что ИТ-образование и техническое высшее образование в целом требует значительно больших затрат для своего развития и актуализации, чем другие области высшего образования (гуманитарное, педагогическое и т.п.), поскольку требует постоянного использования и частого обновления технических и программных средств. Дополнительное финансирование на развитие ИТ-образования для развития высшего может

быть привлечено из средств различных грантов. Также важным источником такого финансирования является спонсорская помощь ИТ-компаний. Чтобы гармонизировать вузовское обучение и требования рынка труда, многие ИТ-компании реализуют образовательные проекты и программы с вузами. Такое сотрудничество может развиваться по различным направлениям, и нередко предполагает спонсорскую помощь, например:

- предоставление вузу лицензионного программного обеспечения для учебных целей, а также методических материалов (бесплатно либо за счет ИТ-компании),
- обучение преподавателей полезным для ИТ-предприятия знаниям и навыкам, которые они затем передадут студентам (бесплатно либо за счет ИТ-компании),
- финансирование открытия совместных ИТ-лабораторий, включая закупку технического обеспечения и ремонт помещений,
- открытие на базе ИТ-предприятий филиалов кафедр, на базе которых студенты проходят обучение по отдельным учебным дисциплинам, а также выполняют курсовые и дипломные работы.

III. Международная образоватльная программа «Университетский альянс SAP»

В качестве примера международного академической программы сотрудничества вузов и ИТ-компаний рассмотрим программу «Университетский альянс SAP». Данная программа начала реализовываться в 1988 году в Германии. В настоящее время в ней принимают участие более 3500 вузов из 113 стран мира [1].

Программа «Университетский альянс SAP» предусматривает две формы участия для вузов: ассоциативное и полное членство [1]. Ассоциативное членство является бесплатным и дает возможности доступа к учебным материалам, демо-роликам, вебинарам, мероприятиям, конкурсам и другим бесплатным ресурсам Академического центра компетенций SAP. Полное членство предполагает использование хостинга лицензионного программного обеспечения SAP в учебном процессе вуза, что связано с финансовыми затратами на его оплату. Поскольку далеко не все вузы, особенно государственные, могут позволить себе такие затраты, то полное членство, как правило, предполагает наличие у вуза бизнес-партнера, то есть ИТ-компании, которая будет спонсировать эти затраты. В свою очередь, бизнес-партнер получает свою выгоду от участия в Университетском альянсе SAP – вуз готовит на лицензионном программном обеспечении специалистов, которые в дальнейшем приходят на работу в компанию-партнер (рис.1). Это обеспечивается отдельным договором между вузом и ИТ-компанией (договором о взаимодействии), где определено преимущественное право ИТ-компании на распределение в нее выпускников [2].

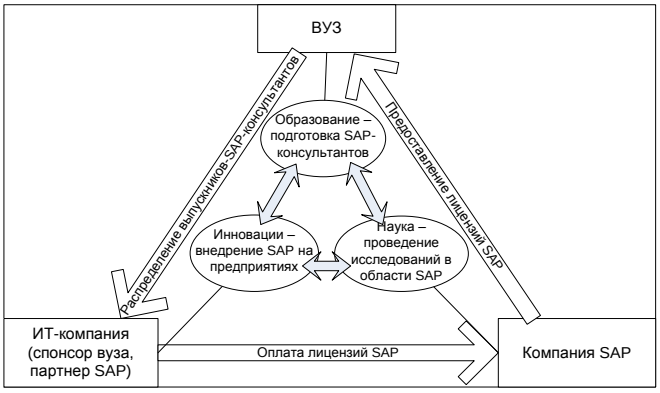


Рис. 4. Схема сотрудничества вуза, ИТ-компании и компании «SAP» в рамках программы «Университетский альянс SAP»

Несмотря на то, что не все выпускники, прошедшие обучение в рамках Университетского альянса SAP, приходят работать в компанию-партнер, для последней такое сотрудничество очень выгодно. ИТ-компания в данном случае экономит на переподготовке специалистов с узкими профессиональными знаниями в области SAP. Обучение одного такого специалиста собственными силами ИТ-компании по затратам (возникающим вследствие отвлечения опытных квалифицированных сотрудников компании от основной деятельности для проведения обучения будущего сотрудника) сопоставимо с затратами на обучение 2-3 групп студентов в вузе, из которых предприятие затем может выбрать лучших для приема к себе на работу. Например, в БГЭУ в 2013-2017 гг. доля студентов, принятых на работу в компанию-партнер EPAM Systems (базовую организацию), составляла 40-70% от общего числа студентов, прошедших обучение по программе SAP, ИТ-компания удовлетворяла свою потребность в специалистах данного профиля. При этом остальные студенты, прошедшие обучение, также не имели проблем с трудоустройством.

Первыми вузами, вступившими в Университетский альянс SAP в Беларуси в 2009 году, были Белорусский государственный университет (БГУ), Белорусский государственный экономический университет (БГЭУ) и Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР). Вступление БГЭУ в Университетский альянс SAP было инициировано заведующим кафедрой экономической информатики БГЭУ Б.А. Железко в рамках конференции «Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями», проходившей в Москве в 2008 г. БГЭУ один из первых вузов начал обучение студентов технологиям SAP на базе открытой на его площади совместной лаборатории SAP, EPAM Systems и БГЭУ [2]. В БГУИР работает ряд совместных лабораторий с ИТ-компаниями [3]. В БГУ после вступления в Университетский альянс SAP был открыт в 2011 году Центр компетенций по информационным технологиям. Его работа охватывает несколько направлений сотрудничества с ИТ-компаниями, помимо SAP: Сетевая Академия CISCO, образовательные

программы IBM, Oracle, Microsoft, 1С, Лаборатории Касперского [4-6]. В настоящее время к Университетскому альянсу SAP присоединились еще несколько вузов, в том числе Белорусский национальный технический университет (БНТУ), Белорусский государственный технологический университет (БГТУ), Белорусский государственный университет транспорта и другие. Следует отметить, что конкурентами в части подготовки SAP-специалистов они не являются, поскольку каждый из вузов обучает студентов в определенной узкой предметной области, разной у каждого вуза и для разных бизнес-партнеров. Таким образом, схема сотрудничества вузов и ИТ-компаний в рамках Университетского альянса SAP и создание Центров ИТ-компетенций на ее базе представляет собой одну из лучших практик гармонизации высшего ИТ-образования и требований работодателей в этой сфере [7].

IV. Проекты международной технической помощи по развитию ИТ-образования

Большая роль в развитии высшего образования в Беларуси принадлежит проектам материальной технической помощи программ «Эразмус+», относящихся к категории «Создание потенциала в сфере высшего образования» («Capacity Building in Higher Education» – CBHE), и «TEMPUS». Программа TEMPUS была завершена в 2014 г., с 2015 г. реализуется программа «Эразмус+». Примерами таких проектов являются: проект «Поддержка треугольника знаний в Беларуси, Украине и Молдове» (FKTBUM, 543853-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-SMHES), координацию которого осуществлял в 2013-2017 гг. БГЭУ при непосредственном участии авторов данной статьи [2], «Прикладная учебная программа по освоению космического пространства и интеллектуальным робототехническим системам» (APPLE, 573545-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP) [8], который реализуется в БГУ, БГУИР и БНТУ и ряд других.

Такие проекты, как правило, предполагают обучение преподавателей за рубежом. Однако количество преподавателей, направляемых на обучение, ограничено (в рамках выделенного гранта), но при этом предполагается распространение ими знаний среди своих коллег после завершения обучения. Центр ИТ-компетенций в этом случае выступает площадкой, где сотрудники, прошедшие обучение, могут организовывать курсы повышения ИТ-компетентности. В рамках таких проектов создаются образовательные площадки, способствующие развитию сотрудничества вузов и ИТ-компаний. Так, в БГЭУ благодаря выполнению проекта FKTBUM сотрудничество с бизнес-партнером расширилось – был открыт филиал кафедры в EPAM Systems [2]. Проект APPLE позволил создать в вузах-участниках Офисы программы трансфера технологий («Technology Transfer Programme Offices» - TETRO) [8], предназначенные для поддержки и распространения результатов проекта, в том числе после его завершения.

V. Центры ИТ-компетенций в вузах

Как правило, вузы, занимающиеся подготовкой ИТ-кадров, имеют несколько бизнес-партнеров среди ИТ-компаний, с течением времени сотрудничество может прекращаться и могут появляться новые бизнес-партнеры. Для вуза очень важно накапливать, сохранять и развивать опыт сотрудничества с ИТ-компаниями, проецировать на новых партнеров. Одна из инновационных форм такого сотрудничества – Центры ИТ-компетенций. Центр ИТ-компетенций может быть организован либо как отдельное структурное подразделение, либо на базе кафедры, факультета, лаборатории или другого уже существующего структурного подразделения вуза. Преимущества центра ИТ-компетенций состоят в следующем:

- реализация на базе центра ИТ-компетенций нескольких образовательных программ, как с одним бизнес-партнером, так и с разными,
- накопление и развитие опыта сотрудничества с ИТ-компаниями,
- возможность коммерциализации образовательных программ в виде курсов повышения ИТ-компетентности для специалистов с высшим образованием, которые рассматриваются ИТ-компанией как потенциальная рабочая сила,
- периодическое повышение квалификации преподавателей на базе центра.

В международной практике Центры ИТ-компетенций организуются и работают не только на уровне вузов. В случае сотрудничества вузов с крупными ИТ-компаниями, имеющими представительства в разных странах, они представляют собой межвузовские международные образовательные сети. Таким образом, можно выделить следующие разновидности Центров ИТ-компетенций:

- Академические Центры – занимаются организационной, документационной, правовой и учебно-методической поддержкой сотрудничества сети вузов и ИТ-компании,
- Университетские Центры – осуществляют хостинг программного обеспечения ИТ-компании для вузов, входящих в образовательную сеть,
- Локальные образовательные Центры – осуществляют ИТ-обучение на площади конкретного вуза по одной или нескольким образовательным программам (в ходе сотрудничества с одной или несколькими ИТ-компаниями), пользуются услугами Академических и Университетских центров.

В работах [4-6] рассмотрены подробно функции и преимущества Локального образовательного Центра ИТ-компетенций БГУ. Обобщая их, можно определить роль Центров ИТ-компетенций в реализации образовательных проектов и программ следующим образом:

- обучение студентов – может проводиться в рамках учебных дисциплин учебного плана, в виде факультативных курсов, при написании курсовых, дипломных работ, магистерских диссертаций,
- обучение преподавателей – актуально при обновлении версий программного обеспечения,

появлении новых технологий и новых проектов сотрудничества с ИТ-предприятиями,

- подготовка учебных материалов – Центры ИТ-компетенций дают возможность участвовать в этом процессе представителям ИТ-компаний совместно с преподавателями вузам, что будет способствовать дополнительному повышению квалификации преподавателей и сближению требований ИТ-компаний к компетенциям студентов с содержанием учебных материалов,
- проведение научно-методических мероприятий – Центры ИТ-компетенций удобны для проведения научных семинаров, конференций, круглых столов, мероприятий проектов «Эразмус+» и других международных проектов,
- проведение научных исследований – наличие в Центрах ИТ-компетенций современного технического и программного обеспечения дает дополнительные возможности для научных экспериментов, написания на их основе статей, монографий, диссертаций,
- сертификация студентов и преподавателей – Центры ИТ-компетенций могут использоваться для организации сдачи сертификационных экзаменов, признаваемых во всем мире,
- организация курсов повышения квалификации в сфере информационных технологий для студентов и сотрудников других вузов, представителей ИТ-предприятий и предприятий, где внедрены изучаемые в Центре ИТ-компетенций технологии,
- документационная поддержка оформления новых договоров о сотрудничестве с ИТ-компаниями – накопление в Центрах ИТ-компетенций опыта и знаний в части прохождения бюрократических процедур, связанных с заключением договоров о сотрудничестве, будет способствовать более быстрому их подписанию и снимет с других структурных подразделений вузов (деканатов, кафедр) часть бумажной работы,
- маркетинговая деятельность – публикации информации о деятельности Центров ИТ-компетенций повысят привлекательность вуза для студентов, бизнес-партнеров, грантодателей, а также в международном образовательном пространстве.

Помимо сотрудничества с ИТ-компаниями, центры ИТ-компетенций для вузов могут являться каналами распространения знаний, полученных в ходе участия в проектах международной технической помощи, и обеспечивать устойчивость таких проектов после завершения международного финансирования.

VI. Заключение

Таким образом, проблема гармонизации содержания обучения в вузах и требований рынка труда ИТ-специалистов может быть решена путем создания на базе вузов специальных учебных площадок для проведения углубленного обучения в соответствии с требованиями заказчиков ИТ-кадров. Такими площадками могут являться совместные лаборатории, филиалы кафедры, офисы трансфера знаний и технологий, однако наибольшую полноту функций по сотрудничеству вузлв с ИТ-индустрией реализуют Центра ИТ-компетенций. Они позволят приблизить ИТ-обучение в вузах к требованиям рынка труда, а также накопить и распространить международный опыт ИТ-образования. Наличие такого центра в вузе повысит его конкурентоспособность на рынке образовательных услуг, а также будет способствовать улучшению его имиджа на международном уровне.

Литература References

[1] Университетский альянс SAP и цифровое будущее [Online]. Режим доступа: https://www.sap.com/cis/about/university-alliances.html

[2] Б.А. Железко, О.А. Синявская, В.А. Мироненко «Реализация проекта «треугольник знаний» на основе взаимодействия учебной кафедры и ее филиала», в *Роль филиалов кафедр университетов в интеграции образования, науки, производства*: материалы Респ. науч.-практ. конф., Минск, 25-26 ноября 2015 г.: Белорусский национальный технический университет, Республиканский институт инновационных технологий. Минск, Колорград, 2015, с. 17 – 21.

[3] Б.А. Железко, Е.Н. Живицкая, М.М. Лукашевич, В.А. Прытков, О.А. Синявская, В.Л. Смирнов «Интеграция высшего образования, исследований и инноваций в IT-образовании», в *Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века*: материалы IX междунар. науч.-метод. конф., Минск, 3-4 декабря 2015 года. Минск, БГУИР, 2015, с. 97 – 98.

[4] П.А Мандрик, С.В. Марков «Роль центров компетенций по информационным технологиям в высших учебных заведениях при формировании инновационной образовательной среды», в сборнике научных статей *Технологии информатизации и управления*, выпуск 2, Минск, БГУ, 2011, с. 404–406 [Online]. Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/97940

[5] С.В. Абламейко, П.А. Мандрик, С.В. Марков «Роль университетских центров компетенций по информационным технологиям в цифровой трансформации научно-образовательной среды», в *Информационные системы и технологии:* материалы Международного научного конгресса, Минск, 24-27 октября 2016 года. Минск, БГУ, 2016, с. 687-691 [Online]. Режим доступа: http://elib.bsu.by/handle/123456789/160477

[6] П.А. Мандрик, С.В. Марков «Использование центров компетенций для повышения качества подготовки ИТ-специалистов в Белорусском государственном университете», в *Системный анализ и информационные технологии*: материалы 12-й Междунар. науч.-техн. конф. SAIT 2010, Киев, 25–29 июня 2010 года, Киев: УПК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2010, с. 521.

[7] В.В. Басько «Центры компетенции», *IT Бел*, 2009, № 5, с. 36–37.

[8] Белорусский национальный технический университет. Офис программы трансфера технологий [Online]. Режим доступа: http://www.bntu.by/erasmus-apple/item/erasmus-apple.html

Використання Інформаційних Технологій для Аналізу Забезпечення Ефективності та Стабільності Банківської Системи

Олександр Зелений
кафедра медіасистем та технологій
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
zeleniy777@gmail.com

Вячеслав Ляшенко
кафедра інформатики
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
lyashenko.vyacheslav@gmail.com

Жанна Дейнеко
кафедра медіасистем та технологій
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
deineko.zhanna@nure.ua

Use of Information Technology to Analyze the Efficiency and Stability of Banking Systems

Olexandr Zeleniy
dept. of Mediasystem and
Technology
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
zeleniy777@gmail.com

Vyacheslav Lyashenko
dept. of Informatics
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
lyashenko.vyacheslav@gmail.com

Zhanna Deineko
dept. of Mediasystem and
Technology
Kharkiv National University of
Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
deineko.zhanna@nure.ua

***Анотація*—З метою вивчення значень ефективності банківського кредитування в реальному секторі економіки України, у статті розглянута стохастична модель меж ефективності. Докладно проаналізовано форми розподілу за окремими рівнями ефективності банківського кредитування в реальному секторі економіки України, які були отримані протягом 16 різних дат із аналізованого інтервалу. Зроблено висновок про необхідність збалансованого використання реальних ресурсів банків для підвищення ефективності кредитування.**

***Abstract*—For the purpose of examining the values of bank lending efficiency in the real sector of Ukraine's economy, the article considers the efficiency stochastic boundary model. There were analyzed in detail the forms of distribution by particular efficiency value levels of bank lending in the real sector of Ukraine's economy, which were obtained for 16 different time dates from the interval analyzed. There was made the conclusion about necessity of balanced use of real resources of banks for growth of crediting efficiency.**

Ключові слова—ефективність банківської діяльності, межа ефективності, рентабельність банків, реальний сектор економіки, стохастична межа ефективності.

Keywords—efficiency of bank activity, profitability of banks, profitability of activity, real sector of economy, stochastic boundary of efficiency.

I. Вступ

Основою економічних успіхів сучасного розвитку є надійна фінансова стабільність, яка, зокрема, забезпечується відповідним розвитком банківської системи [1, 2]. При цьому, позитивна характеристика фінансової стабільності передбачає досягнення оптимальної збалансованості між ефективністю та стійкістю банківського сектора, здатного приймати на себе несприятливий вплив зовнішніх факторів.

Результати аналізу з використанням сучасних методів щодо виявлення особливостей і певних закономірностей передкризових ситуацій дозволять у майбутньому своєчасно відслідковувати загрозу настання кризи. Вони забезпечать органи регулювання та приватних інвесторів інформацією, необхідною для прийняття стратегічних рішень та вибору і застосування найбільш ефективних інструментів коригування негативних тенденцій. При цьому, важливим напрямом

розробки аналітичних методів і моделей раннього попередження кризових ситуацій є дослідження стабільності банківської ефективності, яка може бути пов'язана із поняттям «економічна ефективність».

Економічна ефективність – це інтегроване поняття, яке комплексно характеризує деяку діяльність суб'єктів господарювання та, зокрема, банківську діяльність відповідно до її вимірювання за співвідношенням низки показників [3]. При цьому слід зазначити, що економічну ефективність функціонування банківської системи доцільно розглядати через оцінку конкурентних позицій кожного банку на ринку банківських послуг.

Отже, сутність ефективності банківської діяльності полягає у розв'язанні таких конфліктних цілей: «одержання оптимального прибутку – підтримання на достатньому рівні ліквідності – забезпечення надійності (мінімізація ризиків)» за умови забезпечення належного виконання функцій, покладених на банківську систему [4].

II. МЕТОД АНАЛІЗУ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАНКІВСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Існує багато методів аналізу для дослідження ефективності банківської діяльності. Серед таких методів можна виділити: методи статистичного аналізу, методи теорії нечітких множин, методи теорії ігор, вейвлет-когерентність, а також метод аналізу стохастичними межами [5].

З метою виявлення технічної ефективності в галузі аналізу банківської діяльності існує побудова, так званої, межі ефективності, яка характерна для методології аналізу стохастичної межі. Суть цього методу полягає в наступному [6, 7]:

- побудова границі ефективності процесу, події або об'єкту, які досліджуються, з використанням методів статистичного аналізу у вигляді деякої регресивної залежності змінних;
- позиціонування досліджуваного процесу, події чи об'єкту, який досліджується відносно межі ефективності;
- оцінка рівня ефективності суб'єкта аналізу у формі функції, яка характеризує доступність побудованої границі ефективності, яка представлена таким чином:

$$TE_i = e^{-M(u_i|\widehat{\varepsilon}_i)},$$

де TE_i – технічна ефективність (далі ефективність) процесу, явища чи об'єкту, що досліджується ($i, i = \overline{1,l}$ – l – загальна кількість процесів, подій чи об'єктів). У даному випадку це кількість досліджуваних банків, які здійснюють кредитування суб'єктів господарювання реального сектору економіки України; $M(u_i \mid \widehat{\varepsilon}_i)$ – відносне значення очікування u_i при оціночних значеннях $\widehat{\varepsilon}_i$, які використовують складні випадкові елементи моделей для отриманих границь ефективності процесу, події або об'єкту за допомогою методів статистичного аналізу:

$$y = f(x,\mathrm{B}) + \varepsilon,$$

$$\varepsilon = v - u,$$

де y – вектор результатів процесу, явища або об'єкту, що досліджується;

x – вектор ресурсів, які використовують для отримання результатів процесу, явища або об'єкту дослідження;

f – функція границі ефективності процесу, явища або об'єкту дослідження;

B – вектор параметрів функції;

ε – складна складова випадкового члену моделі, яка відображає неточність, помилку моделі;

v – вектор випадкових коливань моделі;

u – вектор, який характеризує технічну неефективність активності досліджуваного процесу, події або об'єкту.

Виходячи з необхідної умови позитивних значень всіх компонентних векторів v та u передбачається, що ці випадкові компоненти формалізації моделі ефективності можуть мати вигляд напівнормального розподілу $v \approx N(0,\sigma_v^2)$ та $u \approx N(0,\sigma_u^2)$, лише по своїм значенням σ_v^2 та σ_u^2. Таким чином, з огляду на незвичайну структуру помилок моделі ефективності, яка має асиметричний розподіл і складається з двох компонент, залишки регресії оцінюються методом максимальної ймовірності.

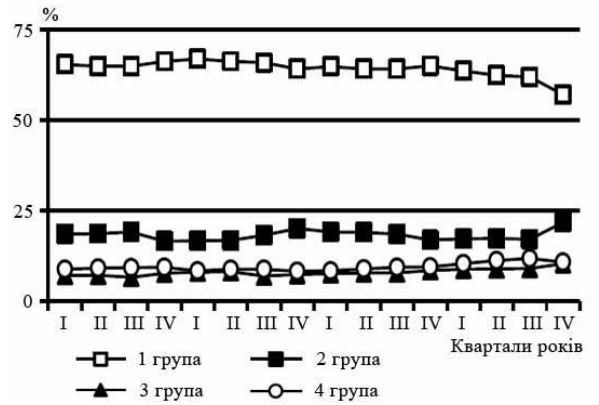
III. ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ КРЕДИТУВАННЯ

Для безпосередньої реалізації методу оцінки границі ефективності у якості залежної змінної обираються обсяги кредитування суб'єктів управління реальним сектором економіки. В якості незалежних змінних розглядаються: ресурси інших банків, які залучені за допомогою ринку міжбанківського кредитування; обсяг позикових коштів у вигляді депозитів фізичних та юридичних осіб – клієнтів банків; обсяг адміністративних та інших операційних витрат банків. В цілому обрані змінні повністю відповідають змінним моделі експозиції банківської діяльності відповідно до посередницького підходу.

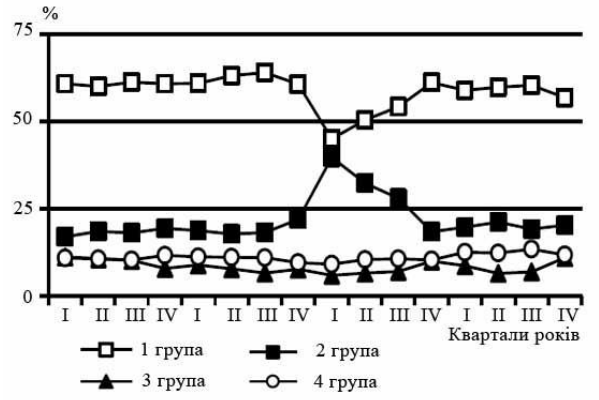
У ході роботи проаналізовано показники діяльності різних банків України, котрі взяті з офіційного сайту Національного банку України: bank.gov.ua.

Обрані данні, які використовувались у дослідженні, дозволяють аналізувати динаміку зміни ефективності банківського кредитування, починаючи з 16 окремих періодів часу (поквартально протягом чотирьох років), обраних для цього дослідження. Певна кількість банків для кожного з розглянутих окремих періодів часу обумовлена необхідністю оновлення початкової вибірки банків. Державні банки і банки, що мають нульові значення досліджуваних параметрів в моделі стохастичної межі ефективності, були виключені з вихідної вибірки банків.

Було розглянуто окремі банківські групи відповідно до їх поділу залежно від розмірів їхніх активів: I група – найбільші банки, II група – великі банки, III група – середні банки та IV група – малі банки. Перша банківська група нараховувала від 13 до 16 банків протягом досліджуваного періоду часу, друга група – від 18 до 21 банку, третя група – від 18 до 24 банків і четверта – від 91 до 103 банків.



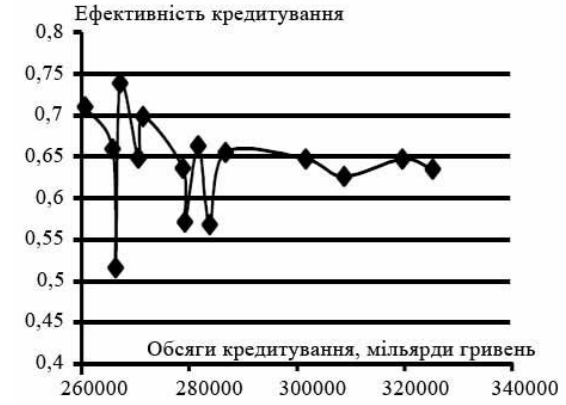
– Динаміка зміни загальної структури обсягів кредитування реального сектора економіки в Україні за даними обраних банківських груп у період з 2009 по 2012 рік у контексті окремих кварталів [8, 9]



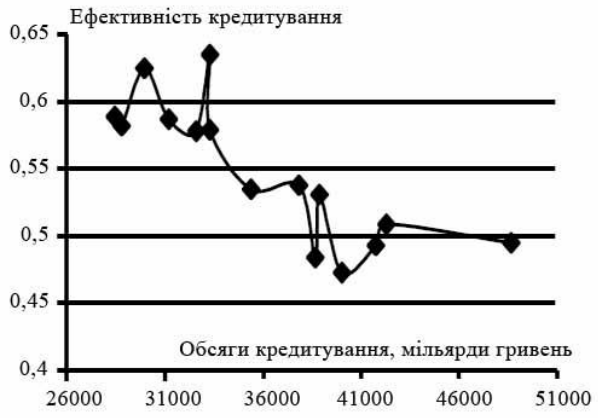
Динаміка зміни загальної структури обсягів адміністративних та інших операційних видатків за обраними банківськими групами у часовий період з 2009 по 2012 рік у контексті окремих кварталів [9]

На рис. 1 показана динаміка загальної структури для банківської системи України окремих змінних, що входять до моделі за обраними банківськими групами. Як видно з рис. 1 та рис. 2 найбільша група банків має найбільшу питому вагу в структурі розглянутих змінних моделі для визначення стохастичної межі ефективності кредитування та подальшої її оцінки. У той же час динаміка питомої ваги різних банківських груп у структурі розглянутих показників має певні тенденції і є взаємно порівняною.

Таким чином, розглянута модель стохастичної межі ефективності кредитування може бути використана для отримання середніх оцінок ефективності банківського кредитування реального сектора економіки в розрізі окремих банківських груп. Зокрема використання запропонованої моделі стохастичної межі ефективності кредитування дозволяє зробити висновок про зниження ефективності банківського кредитування реального сектора економіки в Україні за досліджуваний період часу. Показано, що зниження ефективності банківського кредитування протягом досліджуваного періоду часу характерне для всіх банківських груп незалежно від обсягу портфеля активів окремих банків, які складають такі групи.



Залежність між обсягами кредитування реального сектора економіки та ефективністю кредитування першої банківської групи в Україні



Залежність між обсягами кредитування реального сектора економіки та ефективністю кредитування третьої банківської групи в Україні

Проаналізував рис. 3 виявилось, що для першої банківської групи по всій Україні залежність між обсягами кредитування реального сектору економіки та ефективністю кредитування внаслідок зростання обсягів кредитування, в основному відбувається різницею отриманих оцінок ефективності кредитування щодо деяких величин. Зокрема, протягом досліджуваного періоду такі зміни оцінок ефективності із збільшенням обсягів кредитування першої банківської групи в Україні спостерігалися на рівні 0,65 і знаходилися в межах від 0,5 до 0,75.

При цьому з даних рис. 4 видно, що зі зростанням обсягів кредитування середня оцінка ефективності кредитування в третій банківській групі має стійку тенденцію до зниження протягом досліджуваного періоду часу. Швидше за все, це пов'язано з існуючими реаліями здійснення господарської діяльності в Україні протягом досліджуваного періоду часу.

У роботі також акцентується увага на тому, що для різних досліджуваних банківських груп залежність між обсягами кредитування реального сектора економіки та ефективністю кредитування є різними. Показано, що для банківської групи, до якої входять банки з найбільшими обсягами активів, характерна стабільніша залежність між обсягами кредитування реального сектора економіки та ефективністю кредитування. Демонстрація такої стабільності – це зміна ефективності кредитування в певному діапазоні протягом досліджуваного періоду. Для банківської групи, до якої входять банки з меншими обсягами активів, характерна тенденція до зниження оцінки ефективності кредитування реального сектора економіки при загальному зростанні обсягів кредитування в розвинених умовах господарювання в Україні. Це дозволило зробити висновок: про доцільність розгляду окремих банківських груп у дослідженні ефективності кредитування реального сектора економіки; про те, що значення в даному контексті обсягів активів банків, які формують окремі банківські групи щодо виявлення існуючих співвідношень між обсягами кредитування реального сектора економіки та ефективністю такого кредитування визначається величиною використанних банківських ресурсів для таких цілей.

Представлена у дослідженні ретроспектива ефективності банківського кредитування економіки України свідчить про тенденцію до зниження ефективності відповідного сегменту банківського кредитування. Виходячи з форми та досліджених змінних стохастичної граничної моделі ефективності досліджуваного банківського сегменту кредитування, можна зробити висновок про зниження ефективності процесу перетворення залучених ресурсів у кредитні ресурси за допомогою банків України. Зрештою, це не сприяє зростанню рейтингових значень ефективності банківського кредитування в реальному секторі економіки України.

Одним із факторів, що впливають на зниження ефективності процесу перетворення залучених ресурсів у кредитні ресурси, а отже, і ефективність банківського кредитування, є непослідовні високі темпи зміни обсягів адміністративних та інших операційних витрат досліджуваних банків з динаміки обсягів банківського кредитування в реальному секторі економіки.

IV. Висновки

Отже, ключовим питанням підвищення ефективності банківського кредитування в реальному секторі економіки України є питання належного використання реальних ресурсів банків. При цьому, така адекватність використання реальних ресурсів банків в Україні має забезпечуватись зменшенням адміністративних та операційних витрат, підвищенням прозорості функціонування міжбанківського ринку кредитування, що вимагає істотних структурних змін. Залишаються питання відносно капіталізації банківської системи, структурування доходів і витрат, збалансованості залучених і розміщених ресурсів, оцінки ефективності присутності іноземного капіталу, обґрунтування доцільності адміністративних заходів впливу з боку регулятора та державної підтримки розвитку банківського бізнесу.

Література References

[1] Куштим В. В., Ляшенко В. В. Динаміка розвитку банківського сегмента міжнародного фінансового ринку // Фінанси України. – 2007, 12. – С. 96-105.

[2] Ляшенко В. В. Интерпретация и анализ статистических данных, описывающих процессы экономической динамики // Бизнес Информ. – 2007, 9(2). – С. 108-113.

[3] Cebenoyan A. S., Strahan P. E. Risk management, capital structure and lending at banks // Journal of Banking & Finance. – 2004, 28(1). – P. 19-43.

[4] Aigner D., Lovell C. A. L., Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models // Journal of econometrics. – 1977, 6(1). – P. 21-37.

[5] Kuzemin O., Lyashenko V. Microsituation Concept in GMES Decision Support Systems. In: Intelligent Data Processing in Global Monitoring for Environment and Security. – 2011. – P. 217-238.

[6] Fisman R., Love I. Trade credit, financial intermediary development, and industry growth // The Journal of Finance. – 2003, 58(1). – P. 353-374.

[7] Ahmad M. A., Kots G., Lyashenko V. Statistical Study of Bank Lending Efficiency in the Real Sector of the Economy of Ukraine within the Period of Years 2009 to 2012 // Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary. – 2016, 3(2). – P. 104-120.

[8] Lyashenko V. V. Efficiency of bank crediting of real sector of economy in the context of separate banking groups: an empirical example from Ukraine // International Journal of Accounting and Economics Studies. – 2014, 2(2). – P. 74-79.

[9] Vasyurenko O., Lyashenko V., Podchesova V. Efficiency of lending to natural persons and legal entities by banks of Ukraine: methodology of stochastic frontier analysis // Herald of the National Bank of Ukraine. – 2014, 1. – P. 5-11.

Технологія Безпаперового Обліку та Архівування Результатів Навчання Студентів на Кафедрах Університету

Олена Кіріленко
кафедра інженерії програмного забезпечення
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"
Харків, Україна
o.kirilenko@khai.edu

Галина Труш
кафедра інженерії програмного забезпечення
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"
Харків, Україна
h.trush@khai.edu

Paperless Accounting and Archiving Technology of Student Learning Outcomes at University Departments

Olena Kyrylenko
dept. of Software Engineering
National Aerospace University n. a. N.E. Zhukovsky "KhAI"
Kharkiv, Ukraine
o.kirilenko@khai.edu

Halyna Trush
dept. of Software Engineering
National Aerospace University n. a. N.E. Zhukovsky "KhAI"
Kharkiv, Ukraine
h.trush@khai.edu

***Анотація* — У статті доведено, що ефективне управління кафедрою у вишах залежить від якісного здійснення навчально-методичної та науково-дослідної роботи й виховання студентів, а також своєчасного складання різної документації, яка напряму залежить від навчального процесу. Виявлено, що облік та архівування результатів навчання студентів є трудомістким процесом, який вимагає уважності, точності й значних затрат часу та ресурсів. Подано досвід впровадження технології безпаперового обліку й архівування результатів навчання засобами системі «Moodle» на кафедрі університету та результати її впровадження.**

***Abstrac t*— In the article it is proved that effective management of the department in universities depends on the qualitative implementation of educational and methodological and research work and education of students, as well as timely compilation of various documentation, which depends directly on the educational process. It has been found that accounting and archiving student learning outcomes is a time-consuming process that requires attention, precision, and considerable time and resources. The experience of introduction of paperless accounting technology and archiving of learning outcomes by means of the Moodle system at the department of the University and the results of its implementation are presented.**

Ключові слова—безпаперовий облік та архівувування; навчальна діяльність студентів; оцінювання навчальної діяльності студентів; результати навчання студентів; електронна система навчання «Moodle».

Keywords— paperless accounting and archiving; student learning activity; assessment student learning activity; student learning outcomes; learning management system «Moodle».

I. Вступ

Кафедра є основним навчально-науковим структурним підрозділом університету (факультету) вищого навчального закладу. Ефективне управління кафедрою у вишах залежить від якісного здійснення навчально-методичної та науково-дослідної роботи й виховання студентів, а також своєчасного складання різної документації, яка напряму залежить від навчального процесу. Нормативно-правовими документами кафедри є: Закон України "Про вищу освіту" [1], Накази Міністерства освіти і науки України, рішення вченої ради університету, накази ректора, розпорядження ректорату, департаменту навчально-методичної роботи, наукової частини, положення про кафедру та інші документи, що визначають її діяльність. Навчальними документами кафедри є: освітньо-професійна програма спеціальності, освітньо-кваліфікаційна характеристика спеціальності; навчальні плани, робочі навчальні плани, навчальні програми з дисциплін кафедри, робочі навчальні програми, навчально-методичні комплекси дисциплін; навчальне навантаження викладачів; індивідуальні плани роботи викладачів та її облік; документація, пов'язана з практикою студентів; положення про написання магістерських, дипломних, кваліфікаційних, курсових

робіт та рефератів; журнал обліку відвідувань занять та успішності студентів, графік проведення консультацій та ін. Обсяг вищезазначених документів постійно збільшується, що ускладнює їх ефективне використання. Вирішити цю проблему можна за умови впровадження електронних систем навчання, які інтегрують спеціалізовані інформаційні, освітні, навчально-методичні ресурси, програмно-технічне забезпечення та облік й архівування результатів навчання.

II. ФОРМУЛЮВАННЯ МЕТИ СТАТТІ

Порядок обліку, архівування документації є одним із головних показників стану навчального процесу на кафедрі. У документах відображається результат виконання кафедрою функцій, пов'язаних із плануванням, навчанням та контролем навчально-пізнавальної діяльності студентів, складанням статистичної звітності. Облік та архівування цієї документації є трудомістким процесом, який вимагає уважності, точності і значних затрат часу. Наприклад, на кафедрі інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» у першому семестрі 2018/2019 начального року згідно семестрового навчального плану студенти 1-5 курсів вивчали 28 навчальних дисциплін і в архіві кафедри наприкінці семестру потрібно було зберегти 7896 звітів з лабораторних робіт, 827 звітів з розрахункових робіт, 181 звітів з курсових проектів. Тому автоматизація обліку та архівування результатів навчання студентів є актуальною задачею. Однак існуючи системи електронного документообігу не враховують саме навчально-пізнавальну діяльність студентів та діяльність викладача: планування навчального процесу за допомогою навчальних планів, програм, графіків навчання та іншої навчальної нормативної документації; доведення нормативної документації в тій чи іншій формі до відома студентів; створення індивідуальних графіків і планів для кожного студента при навчанні за прискореними, скороченими програмами; підготовку та постійне оновлення навчальних матеріалів; організацію доступу до навчальних матеріалів великої кількості студентів; своєчасність виконання контрольних, практичних, лабораторних робіт, курсових проектів і розрахункових робіт, написання рефератів, а також здачі студентами заліків, іспитів, дотримання термінів перевірки студентських робіт викладачами та заповнення екзаменаційних відомостей; опосередковану передачу викладачами директивної й довідкової інформації студентам. Зазначені проблеми зумовили постановку мети статті – обмін досвідом з викладачами щодо використання електронної системи навчання «Moodle» для планування, навчання та контролю навчально-пізнавальної діяльності студентів, складання відповідної статистичної звітності для обліку й архівування результатів навчальної діяльності студентів викладачами на кафедрі інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

III. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для підвищення ефективності роботи кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», пов'язаної із обліком й архівуванням результатів навчальної діяльності студентів, викладачами було розроблено та реалізовано пілотний проект «Про безпаперовий облік й архівування контрольних, розрахункових, розрахунково-графічних, лабораторних та курсових робіт/проектів, рефератів на кафедрах Університету» (2017-2019 рр.). До основних цілей проекту відносяться:

- скорочення або повна відмова від паперового обліку та архівування контрольних, розрахункових, розрахунково-графічних, лабораторних та курсових робіт/проектів, рефератів на кафедрах Університету;
- створення єдиної інформаційної бази Університету;
- зниження ризику втрати документа;
- структурування всієї електронної документації по затвердженій номенклатурі справ в Університеті;
- підвищення виконавчої дисципліни серед викладачів та студентів завдяки можливості відстеження діяльності викладача та студента;
- контроль над виконанням усіх видів навчальних робіт відповідно до навчального навантаження викладача;
- підвищення ефективності роботи викладачів.

На першому етапі реалізації проекту було обосновано вибір LMS Moodle (Learning Management System Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) [2] за допомогою сервісу Captera [3] за наступними критеріями: рейтинг, зручність використання, підтримка користувача, технічна підтримка, вартість, особливості системи, функціональність, гнучкість, масштабовність, можливість використовувати на різних платформах, наявність технічних документів, підтримка різних форм навчання.

Для розширення функціоналу системи Moodle розроблено безліч плагінів, які дозволяють, у тому числі, реалізувати інтеграцію з системами веб-конференцій (Openmeeting, Big Blue Button), файловими сховищами (Dropbox, Google Drive і т.п.), системами антиплагіату та електронного портфоліо. Реалізована система оцінки результатів навчання за компетентностями, система присвоєння нагород (Badges), інтегрована з Open Badges, модуль ігрофікації, який включає ігри: «Шибениця», «Кросворд», «Криптек», «Sudoku», «Гонка за лідером», «Прихована картинка», «Мільйонер», «Книга з питаннями» та ін. Базова тема оформлення адаптована для роботи з мобільних пристроїв, також є мобільний додаток для Android, iOS і Windows. Система Moodle легко інтегрується з внутрішньоуніверситетською електронною системою «Пілот», в якій зберігається інформація про студентів за групами та спеціальностями, графік роботи

викладачів, розклад занять студентів, поточні оцінки і відвідуваність студентами занять.

Система добре вписується в специфіку роботи кафедри університету за рахунок її функціональних й інтеграційних можливостей та враховує освітні потреби:

- планувати навчальну пізнавальну діяльність студентів;
- підготовлювати та постійно оновляти навчально-методичні матеріали викладачами;
- забезпечити доступ студентам до навчально-методичних матеріалів;
- одержувати своєчасну та достатню інформацію про те, як відбувається процес засвоєння студентами знань й умінь, формування компетентностей;
- навчаться студентам;
- підтримувати інтерактивну взаємодію між студентами та між студентами викладачами;
- оцінювати діяльність студентів викладачами та контролювати роботу викладачів завідувачем кафедрою;
- своєчасно вести облік та архівування контрольних, практичних, лабораторних робіт, курсових проектів і розрахункових робіт, написання рефератів, а також здачі студентами заліків, іспитів згідно з графіком навчання.

На другому етапі робочою групою було розроблено «Положення про безпаперовий облік й архівування контрольних, лабораторних, розрахункових, розрахунково-графічних, та курсових робіт/проектів, рефератів на кафедрах Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» [4]. Положення визначає загальні вимоги щодо архівування, обліку та знищення контрольних, лабораторних, розрахункових, розрахунково-графічних, та курсових робіт/проектів, рефератів в електронному вигляді (далі – електронний документ) на кафедрах Університету. Згідно положенню безпаперовий облік та архівування на кафедрах Університету досягається шляхом створення, супроводження, зберігання та знищення архівів з окремих електронних документів результатів навчання засобами системи Moodle.

На третьому етапі проекту адміністратор системи «Moodle» відповідно до освітньої програми зі спеціальності 121 для рівнів бакалавр, магістр створив категорії курсів з усіх навчальних дисциплін та забезпечив доступ до них викладачів кафедри з різними рівнями доступу відповідно до навчального навантаження. Викладач-лектор має право створювати структуру та зміст навчального курсу та його редагувати, керувати курсом (редагувати параметри курсу, зараховувати студентів на курс, створювати звіти, налаштовувати журнал оцінок, керувати відзнаками, створювати банк запитань), залишати коментарі, переглядати звіти та оцінювати освітню діяльність студентів. Викладач-асистент має право переглядати звіти студентів з освітньої діяльності, виставляти оцінки, залишати відгуки про звіт. Завідувач кафедрою має право контролювати роботу викладачів згідно навчального навантаження та моніторити результати навчання студентів. На рис. 1 наведено фрагмент каталогу категорій навчальних дисциплін.

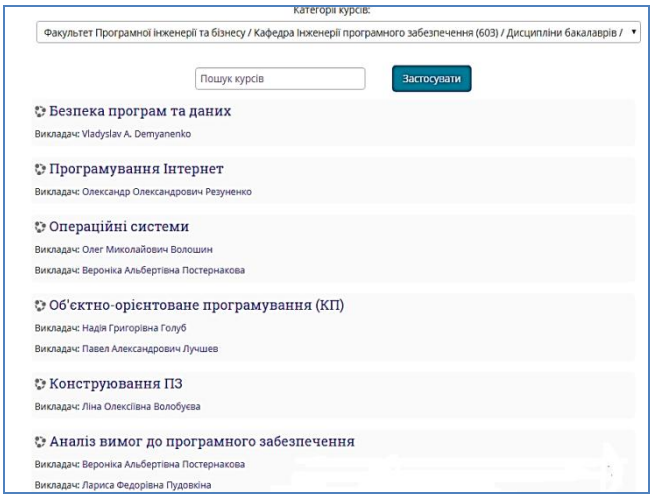


Рис. 5. Фрагмент каталогу категорій навчальних дисциплін.

Для контролю результатів навчання студентів, обліку та архівування звітів з навчальних дисциплін Викладач-лектор створює елемент курсу «Завдання», в який студенти завантажують файли зі звітами навчальних робіт. У параметрах елемента курсу викладач задає термін здачі роботи, критерії її оцінки, а також вимоги до структури, змісту, форматування тексту звіту. Приклад елементу курсу «Завдання» для перевірки та обліку лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Сучасні застосування графів» подано на рис. 2.

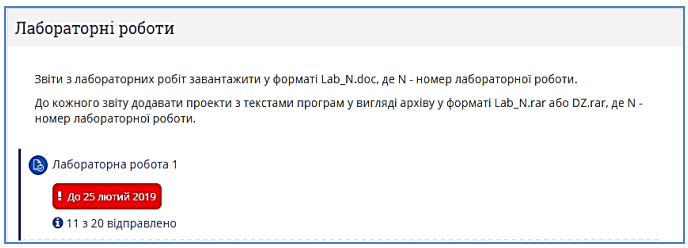


Рис. 6. Приклад відображення елементу курсу «Завдання» з ім'ям «Лабораторна робота 1».

Викладач-лектор (або асистент) перевіряє цілісність і зміст звіту на наявність титульних аркушів, змісту пояснювальної записки, оформленої відповідно до вимог кафедри й університету, оцінює звіт, залишає коментарі. У разі необхідності відсилає студенту файл із зауваженнями, або залишає коментарі з зауваженнями, які відображаються студенту. Студенти після перевірки, у випадку коли робота не оцінена, читають коментарі викладачів, виправляють зауваження та повторно завантажують звіт. Облік звітів лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Людино-машинна взаємодія» подано на рис. 3. На вимогу викладача, студент може

завантажити й роздрукувати звіт на папері. Захист файлів зі звітами від несанкціонованого доступу забезпечується засобами системи Moodle за допомогою логіна та паролю з використанням алгоритму шифрування MD5.

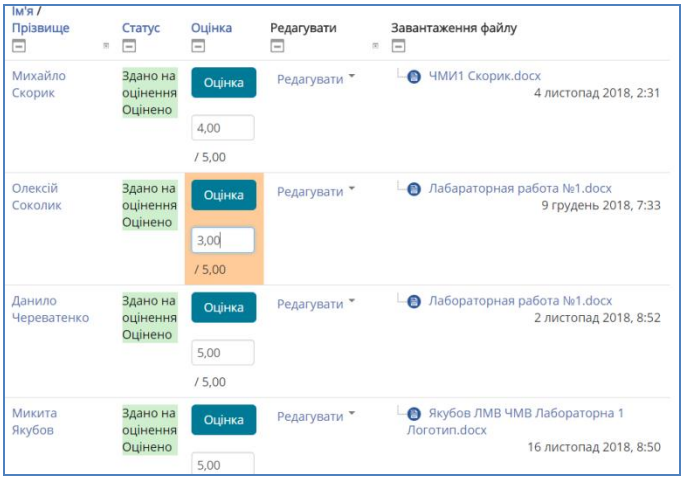


Рис. 7. Скрін інтерфесу для оцінки звіту з лабораторної роботи викладачем.

Вся інформація про зараховані (або не зараховані) звіти (ПІБ студента, вид роботи, оцінка, номер роботи, дата захисту роботи) автоматично записується в електронному журналі групи, в якому викладачі контролюють та проводять моніторинг освітньої діяльності студентів. Викладач попередньо налаштовує журнал оцінок, фіксує форми роботи студента з вивчення навчального курсу: перегляд та вивчення лекцій, виконання контрольних, лабораторних, курсових робіт, розрахункових робіт, проходження тематичного, підсумкового тестування, участь у семінарах, бесідах, консультаціях, розробку глосарію, участь у вікторині. Для кожного виду освітньої роботи викладач установлює критерії оцінок, час виконання, можливість перескладання, зміст компетентностей та інші параметри. Електронний журнал дозволяє підвищувати виконавчу дисципліну серед викладачів та студентів завдяки відстеження діяльності викладача й студента. На рис. 4 відображено журнал оцінок роботи студентів.

Прізвище	Ім'я	Лаб1	Лаб2	Лаб3	Лаб4	Лаб5	Лаб6	Лаб7	Лаб8	Лаб9	Лаб10	Тест1	Тест2	Тест3	Тест4	Тест5	Тест6	Підс. Тест:	Загальне за курс
Базір	Кирило	-	4	3	3	3	3	3	3	3	-		2,22	-	4	-	-		46,25
Басанець	Віталій	5	5	5	5	5	5	5	5	-	5	0	6,23	0	6	-	-		60,89
Берестов	Іван	-	5	4	4	4	4	4	4	-	5	0	8,89	0	9	0	4		43,66
Богданов	Володими	3	3	3	3	3	3	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-		50
Бородавченко	Анастасія	4	5	4	4	4	4	5	4	-	5	-	3,56	0	2	-	-		53,04
Бутенко	Данило	4	4	3	3	3	3	3	3	-	3	0	3,89	0	9	-	-		44,56
Галищев	Олег	3	3	3	3	3	3	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-		50
Гребенюк	Максим	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	3,73	-	8	-	-		52,17
Дурсунов	Анар	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Житнікова	Тетяна	3	5	5	6	5	5	5	5	-	5	0	7,33	0	8	-	-		63,12
Калініченко	Сергій	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	-	8,94	-	9	-	-		83,68
Майба	Степан	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	4,78	-	4	-	-		58,68
Манжос	Артур	3	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	3,5	-	1	0	14,9		39,02
Матвєєв	Володими	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,11	-	7	0	13,6		43,5
Мурашко	Володими	4	4	4	5	4	5	4	5	5	4	-	2,94	0	9	-	-		62,16
Назаров	Даянч	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
Немировський	Віталій	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	0	6,39	0	8	-	-		58,39
Парфьонов	Максим	5	-	5	-	-	-	-	-	5	-	-	5,67	-	2	-	11,7		59,31
Семеняка	Катерина	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	-	5,67	0	4	-	-		64,07
Сіщук	Анастасія	5	6	6	5	-	-	-	-	6	5	0	9,33	0	9	-	-		67,54

Рис. 8. Журнал оцінок роботи студентів експортований до MSExcel.

Архів електронних документів з результатами навчання студентів зберігається автоматично в елементі навчального курсу «Завдання» після оцінювання викладачем відповідної контрольної, лабораторної, розрахункової, розрахунково-графічної, курсової роботи/проекту, реферату тощо. Результати навчання у вигляді електронних документів попередніх років залишаються в системі, але приховані від викладачів. Вони доступні тільки відповідальної особі на кафедрі та адміністратору системи «Moodle». Строки зберігання електронних документів визначаються «Інструкцією з діловодства Університету» та становлять: контрольна робота – 1 рік; лабораторна робота – 1 рік; реферат – 1 рік; розрахункова, розрахунково-графічна робота – 1 рік; курсова робота/проект – 3 роки. У разі закінчення строку зберігання електронних документів знищення електронних архівів здійснюється згідно з інструкцією «Контроль документації» СУЯ ХАІ-ПСУЯ-РІ/001:2015. Резервне копіювання начальних курсів та архіву електронних документів навчального курсу здійснюється автоматично кожен день засобами системи «Moodle».

Електронні документи у архіві автоматично формуються в електронні справи відповідно до затвердженої номенклатури справ на кафедрі та вимог щодо написання окремого електронного документу. Групування і формування електронних документів у справи здійснюються за тим самим порядком, що й документів на паперових носіях. Підготовка електронних документів у вигляді електронних справ включає:

1) Перевірку цілісності електронних документів у вигляді файлів в ресурсі «Завдання» у їх візуальній формі на наявність: титульних та листів с завданням, змісту пояснювальної записки, оформленої згідно вимогам університету до контрольної, лабораторної, розрахункової, розрахунково-графічної або курсової роботи/проекту, реферату, оцінки за роботу та коментаря викладача або екзаменаційної комісії, який (які) оцінив (оцінили) результати навчання.

2) Створення резервного архіву електронних документів для підвищення надійності зберігання у вигляді файлу з розширенням zip з результатами навчання студентів з певної навчальної дисципліни після зарахування та їх оцінки.

3) Створення звіту електронної справи, який містить: ім'я файлу архіву, в якому зберігаються результати навчання окремої групи з окремої дисципліни; ім'я всіх файлів з результатами навчання всіх студентів групи з окремої дисципліни та окремого виду електронного документу; дата створення файлу; адреса збереження файлу архіву на локальному диску кафедри.

Приклад фрагменту звіту електронної справи подано на рис. 5.

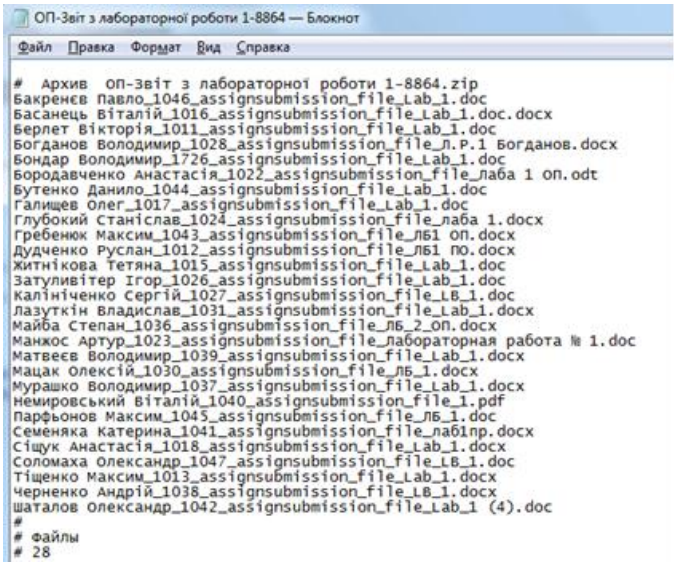


Рис. 9. Фрагмент звіту студентської групи з лабораторної роботи №1.

У разі потреби комплект супровідної електронної документації та копію електронного документа можна створити та каталогізувати у паперовому вигляді.

Таким чином впровадження безпаперової технології обліку та архівування результатів навчання студентів засобами системи «Moodle» дозволило вирішити ряд основних завдань, що стоять перед кафедрою: забезпечення ефективного управління навчальною діяльністю студентів за рахунок більшої формалізації цієї діяльності й можливості зберігання всієї історії його діяльності; контроль за виконанням навчальних доручень викладачами, створення актуального навчального контенту, економія грошових, часових, паперових ресурсів, витратних матеріалів.

IV. Висновки

Основними результатами впровадження пілотного проекту безпаперового обліку й архівування контрольних, розрахункових, розрахунково-графічних, лабораторних та курсових робіт/проектів, рефератів на кафедрі є таке:

- заощадження викладачами часу, пов’язаного з урахуванням і утилізацією паперових звітів за всіма видами навчальних робіт;
- відсутність паперових відходів в архіві кафедри;
- структурування всієї електронної навчально-методичної документації згідно з НМК з навчальної дисципліни;
- підвищення мотивація викладачів до використання системи «Moodle»;
- підвищення виконавчої дисципліни серед викладачів та студентів завдяки можливості відстеження діяльності викладача і студента у системі «Moodle»;
- організація викладачами ефективної комунікації зі студентами, які займаються за індивідуальними графіками;
- контроль з боку завідувача кафедрою роботи викладачів та моніторинг навчальної діяльності студентів у продовж семестру.

Забезпечення сталого розвитку впровадженої технології безпаперового обліку та архівування лабораторних, розрахункових та курсових робіт/проектів на кафедрах Університету можливо за умов створення мотиваційних механізмів для викладачів: облік норм витрат часу на створення навчального курсу та оцінювання електроних звітів у системі «Moodle», преміювання або надання надбавки викладачам за впровадження технології в свої курси за результатами попереднього навчального року.

Література References

[1] Закон України із змінами, внесеними згідно із Законами № 2745-VIII від 06.06.2019. "Про вищу освіту". [Електронний ресурс]. Доступно: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18. Дата звернення: Серп. 18, 2019.

[2] Moodle LMS. Educational portal. [Online]. Available: https://moodle.com. Accessed: August 18, 2019.

[3] Software selection. Service. [Online]. Available: https://www.capterra.com. Accessed: August 18, 2019.

[4] Положення Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ" від 20 бер. 2019, СУЯ ХАІ-К603-П/010:2019. "Положення про безпаперовий облік й архівування контрольних, лабораторних, розрахункових, розрахунково-графічних, та курсових робіт/проектів, рефератів на кафедрах університету". [Електронний ресурс]. Доступно: https://khai.edu/assets/documents/25/положення_25_05_редакция2.pdf Дата звернення: Серп. 18, 2019.

Інформаційні Технології в Ідентифікації Психологічного Стану Єдиноборців в Процесі Змагальної Діяльності

Андрій Литвиненко
кафедра фізичного виховання та спорту
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
wtka-iaksa@ukr.net

Юлія Дорофєєва
кафедра медіасистем та технологій
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
julgub@ukr.net

Information Technologies in the Identification of the Psychological State of Combatants in the Process of Competitive Activity

Andii Lytvynenko
Department of Physical education and Sport
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
wtka-iaksa@ukr.net

Yuliia Dorofieieva
Department of Mediasystems and Technologies
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
julgub@ukr.net

Представлено новий, перевірений емпіричним методом підхід до психологічної діагностики в спортивній діяльності єдиноборців різного рівня підготовленості із застосуванням інформаційних технологій. Оперативне отримання даних про психологічний стан спортсменів дає змогу корекції спортивної техніки і тактики єдиноборців для забезпечення високої результативності змагальних дій. Розглянуто психологічний аспект «ситуацій різкого загострення змагальної боротьби», важливих для результативності поєдинку.

The new is presented in the article, tested by an empiric method going near psychological diagnostics in sport activity of combat matrial arts of different level of preparedness with application of information technologies. The operative receipt of data about the psychological state of sportsmen gives an opportunity to the correction of sport technique and tactics of combat matrial arts for providing of high effectiveness of contention actions. The psychological aspect of important is considered, from the point of view of effectiveness at a duel, "situations of the sharp intensifying of contention fight". martial arts athletes

Ключеві слова – сканування, психологічний стан, аналіз, змагальна діяльність, класифікація, спортивна техніка, цінна інформація, експеримент.

Keywords – scan, psychological , analysis competitive activity, classification, sports equipment, valuable information, experiment.

I. Вступ

З кожним роком вдосконалюється процес підготовки спортсменів високого класу в олімпійських та не олімпійських видах спортивних єдиноборств. В умовах коли параметри тренувальних навантажень наблизилися до свого природного граничного максимуму актуальним став пошук нових підходів до вдосконалення різних сторін спортивної підготовки [5]. Одним з таких підходів є оптимізація методики психологічної підготовки з урахуванням досягнень сучасних інформаційних технологій і зокрема нових можливостей виявлення психологічного стану спортсменів на тренуванні та в процесі змагань різного рангу та складності.

II. Виклад основного матеріалу

В процесі підготовки до змагань та безпосередньо у спортивному змаганні єдиноборці отримують велике навантаження на нервову систему, що опосередковано має величезний вплив на усі фізіологічні та психологічні процеси в організмі. По суті, в процесі спортивної діяльності відбувається адаптація до екстремальних зовнішніх умов. Якщо перед спортивним стартом адаптація адекватна то формується психологічний «стан оптимальної бойової готовності» ознаками якого є покращення когнітивних процесів, підвищення загальної

та спеціальної фізичної працездатності. Дослідження показників змагальної діяльності показує зростання коефіцієнту ефективності атакуючих та захисних дій, коефіцієнту витривалості. Зростання цих показників особливо важливе саме в спортивних єдиноборствах. В наших роботах [1; 4] показано, що в спортивних єдиноборствах особливо важлива результативність бойових дій в окремі періоди поєдинку – «періоди різкого загострення змагальної боротьби» які є аналогом періодів із загостренням згідно термінології та класифікації міждисциплінарної синергетичної дослідної програми [2; 3; 6].

В разі неадекватної адаптації психіки можливо виникнення «стану передстартової лихорадки» ознаками якого є підвищений тремор, погляд, що бігає, метушливість, неможливість сконцентрувати увагу для вирішення бойового завдання сутички. Іншим проявом неадекватної адаптації психіки є «стан передстартової апатії». Для цього психічного стану притаманно зниження психічної активності та показників прояву фізичних якостей: сили, витривалості, швидкості та прудкості.

Сучасний стан розвитку засобів спостереження дозволяє отримати інформацію о деяких ключових параметра психічного та психофізичного стану спортсменів. Застосовуючи значний обчислювальний потенціал сучасної комп'ютерної техніки та системний аналіз можливо ефективно виявляти психологічні стани єдиноборців та вносити корекції в техніко-тактичну схему ведення спортивного поєдинку.

Знаходження супротивника в «стані оптимальної бойової готовності» передбачає обов'язкову розвідку в спортивній сутичці, а також застосування великої кількості підготовчих дій, які маскують основну атаку. Застосовується найбільш надійна та «коронна техніка». ведення поєдинку. Тактично поєдинок може проводитися в атакуючому або контратакуючому стилі.

Тактика ведення поєдинку проти супротивника який знаходиться в «стані передстартової лихоманки» будується на застосуванні обманних дій з наступною атакою і максимальним загостренням змагальної боротьби.

Для ефективного ведення спортивної сутички з суперником який знаходиться в «стані передстартової апатії» застосовується силовий натиск, тактика «бурного старту» та «швидкого фінішу», високий темп поєдинку та майже безперервно ініціюються виникнення «періодів різкого загострення змагальної боротьби».

Для тестування психофізичного стану спортсменів застосовувався комплекс апаратного сканування деяких ключових параметрів функціонування організму. Із застосуванням спеціальних алгоритмів контролювався психофізичний стан в мікро- і мезоциклах підготовчого, періоду, змагального та перехідного періодів. На кожного спортсмена команди складався архів отриманих в процесі тестування даних та даних о результативності тренувальної та змагальної діяльності. Комп'ютерний аналіз та порівняння даних оперативного контролю з архівними даними дозволив, з високою достовірністю, ідентифікувати психологічний стан спортсмена-єдиноборця з наступною розробкою тактичної схеми ведення поєдинку. Дані спеціальної літератури про ефективність ідентифікації спортсменами свого психологічного стану в різних видах спорту суттєво різняться, але наш власні дослідження цього питання в контактних видах єдиноборств: кікбоксингу, таїландському боксі та хортингу показують, що зі зростанням спортивної кваліфікації єдиноборці більш адекватно дають оцінку психологічного стану.

Порівняння даних отриманих апаратно-програмним засобом, методом власного оцінювання спортсменами та методом експертних оцінок показали, що 78 % спортсменів високої кваліфікації (ЗМСУ, МСМКУ, МСУ) правильно встановлюють свій психологічний стан в змагальної діяльності. У спортсменів середньої кваліфікації (КМСУ, 1 р.) ці дані становили 56 %. Спортсмени початкового рівня в 32 % могли точно встановити свій психологічний стан.

III. Висновки

1. Застосування новітніх інформаційних технологій значно збільшує ефективність діагностику психологічних станів єдиноборців і може результативно застосовуватися зі спортсменами різних вікових та кваліфікаційних груп.

2. Отримання апаратно-програмним засобом даних про психологічний стан спортсменів-єдиноборців на змагання дає змогу побудови оптимальної техніко-тактичної схеми ведення поєдинку.

3. Вдосконалення навиків управління психологічним станом є важливою складовою підвищення результативності ведення спортивної сутички в єдиноборствах ударного та змішаного типів.

4. Подальше вдосконалення системи спортивного тренування в єдиноборствах потребує пошуку нових шляхів оптимізації різних сторін підготовки спортсменів.

Література References

[1] Ашанин В.С., Литвиненко А.М. Синергетический подход к анализу соревновательной деятельности в спортивных єдиноборствах / В.С. Ашанин, А.М. Литвиненко // Слобожанський науково-спортивний вісник. – Харків. – 2007. – № 12. – С.156-160.

[2] Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего / С.П.Капица, С.П.Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – М.:Эдиториал УРСС, 2001. – 288 с.

[3] Коган М. С. Синергетическая парадигма – диалектика общего и особенного в познании различных сфер бытия [Текст] / М. С. Коган // В кн. Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. Под общ. ред. В. И. Аршинова, В. Г. Буданова, В. Э. Войцеховича. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. С. 28 – 50.

[4] Литвиненко А.М. Синергетический подход к построению и коррекции тренировочной деятельности в карате-до / А.М. Литвиненко. Монография – Х. : Компания СМИТ, 2010. – 108 с.

[5] Billater B., Hoppeler H. Muscular basis of strength // Strength and power in Sport. - Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1992, S. 39-63.

[6] Prigogine I. The Die is Not Cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. Vol. 25, No. 4. January 2000. P. 17-19.

Інформаційні Технології Навчання на Базі Системи Maple

Анатолій Литвинов
професор кафедри прикладної математики і інформаційних технологій
Харківський національний університетміського господарства імені О. М. Бекетова
Харків, Україна
litan6996@gmail.com

Information Technologies of Learning on the Basis of the Maple System

Anatoliy Litvinov
Professor of Department of Applied Mathematics and Information Technology
O.M. Beketov National Universityof Urban Economy in Kharkov
Kharkiv, Ukraine
litan6996@gmail.com

***Анотація* — Продемонстровано ефективність інформаційної технології активного навчання, яка базується на системі комп'ютерної математики Maple. Як приклад використано матеріал синтезу періодичних функцій рядом Фур'є.**

***Abstract* — The effectiveness of the active learning information technology based on the Maple computer mathematics system has been demonstrated. As an example, the material of the synthesis of periodic functions by the Fourier series is used.**

Ключові слова — комп'ютер, математика, синтез, Фур'є, функція, система Maple, ефект Гіббса

Keywords — data collection, request, controller, queuing computer, mathematics, synthesis, Fourier, function, Maple system, Gibbs effect

I. Вступ

Окремі розділи вищої та прикладної математики, що мають велике практичне значення, являються досить складними для засвоєння студентами вищих учбових закладів через високий рівень абстракції. Одним з таких розділів є ряди Фур'є, що мають велике практичне значення у радіоелектроніці та теплопровідності. За допомогою тригонометричного багаточлена, коефіцієнти якого є коефіцієнтами Фур'є вихідної періодичної функції ***f(x),*** можна синтезувати з великої точністю функцію ***f(x).*** Ступень наближення залежить лише від числа членів багаточлена ***m*** . Але студентам перевірити ці положення досить складно, бо вручну скласти декілька гармонік дуже трудомістка задача. Використання ЕОМ, оснащених звичайними мовами програмування, теж не вирішує задачі, бо на програмування потрібен час і не всі студенти володіють програмуванням в належному обсягу. Лише системи комп'ютерної математики дозволяють за короткий час провести всі обчислення і відтворити візуально процес синтезу вихідної функції.

Для синтезу вихідної періодичної функції ***f(x)*** потрібно обчислювати коефіцієнти Фур'є, що мають аналітичний вигляд і є функціями від номера відповідної гармоніки ***n*** . Тому для демонстрації в учбовому процесі синтезу періодичних функцій доцільно використовувати систему комп'ютерної математики Maple, первісно орієнтовану на символьні обчислення [1].

II. Синтез періодичної функції у системі MAPLE

Розглянемо процес синтезу і візуалізації періодичних функцій у системі Maple на наступному прикладі. Синтезувати функцію

$$y = \begin{cases} x+1, & 0 < x \le 2 \\ 2, & 2 < x \le 3 \end{cases}$$

за допомогою тригонометричного багаточлена та провести аналіз процесу синтезу засобами візуалізації системи Maple.

Перетворимо функцію ***y*** у періодичну ***f(x)*** шляхом продовження її з періодом 3 на всю числову вісь і намалюємо її графік. У системі Maple це можна зробити за допомогою наступних команд

```
>f:=x->piecewise(0<x-3*floor(x/3) and x-
3*floor(x/3)<=2, x-3*floor(x/3)+1, 2<x-
3*floor(x/3) and x-3*floor(x/3)<=3,2):
>plot(f(x),x=0..12,y=0..3.5,labels=[`x`,`f(x)`]);
```

Графік функції **f(x)** представлено на рис. 1.

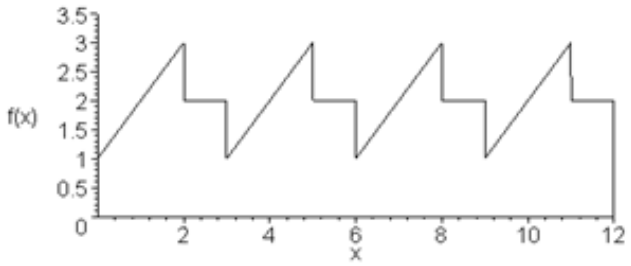


Рис. 1. Графік вихідної періодичної функції

Знаходимо коефіцієнти a_n і b_n розкладу ряду Фур'є для функції **f(x)** за відомими формулами [2] у системі Maple. Для обчислень інтегралів від кускової функції, беремо вихідну функцію ***y***. Описуємо її засобами системи Maple.

```
>Y:= piecewise(0<x and x<=2, x+1, 2<x and
x<=3,2):
```

Обчислюємо коефіцієнти **a0, an, bn, n = 1,2,…**

```
>a0:=2/3*int(Y,x=0..3);a0:=4
>an:=n->2/3*int(Y*cos(2*Pi*n*x/3),x=0..3): an(n);
```

$$\frac{1}{2}\frac{-3+8\pi n\sin(\pi n)\cos(\pi n)+3\cos\left(\frac{4\pi n}{3}\right)+2\pi n\sin\left(\frac{4\pi n}{3}\right)}{\pi^2 n^2}$$

```
>bn:=n->2/3*int(Y*sin(2*Pi*n*x/3),x=0..3): bn(n);
```

$$-\frac{1}{2}\frac{-6n\pi+8\pi n\cos(\pi n)^2-3\sin\left(\frac{4\pi n}{3}\right)+2\pi n\cos\left(\frac{4\pi n}{3}\right)}{\pi^2 n^2}$$

Формуємо функцію наближення

```
>fm:=x->2+sum(an(n)*cos(2*n*Pi*(x-0.1)/3)+
 bn(n)*sin(2*n*Pi*(x-0.1)/3),n=1..m);
```

$$fm := x -> 2+\left(\sum_{n=1}^{m}\left(an(n)\cos\left(\frac{2}{3}n\pi(x-0.1)\right)+bn(n)\sin\left(\frac{2}{3}n\pi(x-0.1)\right)\right)\right)$$

(Для виводу на екран функція **fm(x)** трохи здвигнута відносно вихідної функції **f(x)**).

Формуємо функцію середньоквадратичної похибки [2]

```
>s:=m->1/3*int(Y^2,x=0..3)-a0^2/4-
 0.5*sum((an(n))^2+(bn(n))^2,n=1..m):
```

Проводимо обчислення при різних значеннях числа гармонік ***m*** і будуємо сумісні графіки функцій **f(x)** та її наближення **fm(x).**

```
>m:=1: evalf(s(m),5);
0.05312
> plot([f(x),fm(x)],x=0..12,color=[black,red]);
```

Як видно з рис. 2, наближена функція **fm(x)** лише відтворює період вихідної функції. Збільшимо число гармонік у наближеній функції **fm(x).**

```
>m:=10: evalf(s(m),5);
0.00957
```

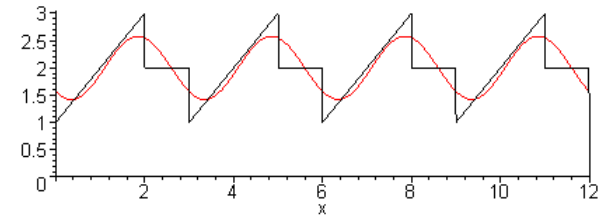


Рис. 2. Сумісні графіки вихідної та наближеної функції з однієї гармоніки

Середньоквадратична похибка значно зменшилась. Будуємо сумісний графік (рис. 3).

```
>plot([f(x),fm(x)],x=0..12,color=[black,red]);
```

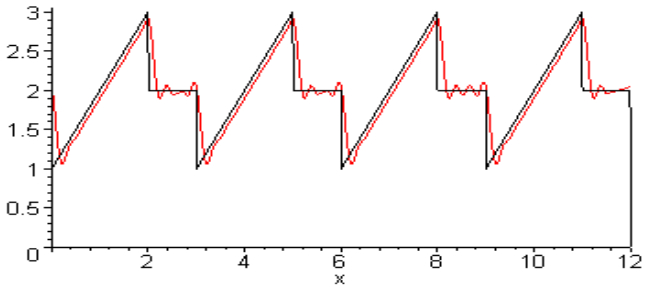


Рис. 3. Сумісні графіки вихідної та наближеної функції з десятьма гармоніками

Як видно з рис. 3, наближена функція **fm(x)** вже досить добре відтворює вихідну функцію. Ще збільшимо число гармонік у наближеній функції **fm(x).**

```
> m:=50:evalf(s(m),5);
0.00202
>plot([f(x),fm(x)],x=0..12,color=[black,red]);
```

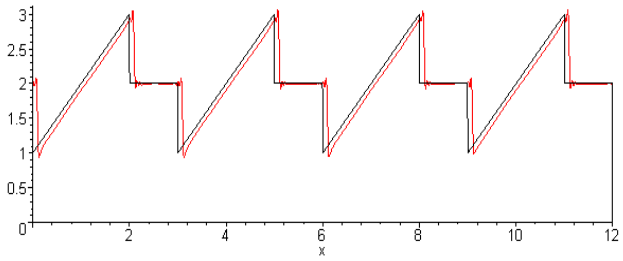


Рис. 4. Сумісні графіки вихідної та наближеної функції з п'ятдесятьма гармоніками

Як видно з рис. 4, наближена функція **fm(x)** точно відтворює вихідну функцію.

III. Зменшення впливу ефекту Гіббса

Аналізуючи графіки наближеної функції **fm(x),** можна побачити так званий ефект Гіббса – характерні коливання синтезованої функції у районі розривів вихідної функції. Щоб зменшити ефект Гіббса потрібно або підвищувати число гармонік, або використовувати спеціальні методи.

На рис. 5 представлені сумісні графіки функцій **f(x)** та **fm(x)** при числі гармонік у наближеній функції - 500.

```
> m:=500:
plot([f(x),fm(x)],x=0..12,color=[black,red]);
```

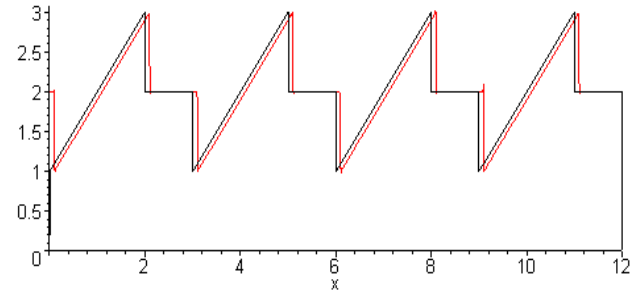


Рис. 5. Сумісні графіки вихідної та наближеної функції з п’ятисот гармоніками

Ефект Гіббса майже зовсім зник.

З ефектом Гіббса також можна боротися за допомогою спеціальних методів. Один з них – множити амплітуду кожної **n – ї** гармоніки на множник **(sin(πn/m))/(πn/m).**

На рис.6 зображено сумісні графіки вихідної функції **f(x),** наближеної функції **fm(x)** та наближеної функції **fmk(x)** з корегованими множниками **(sin(πn/m))/(πn/m)** при **m = 50**.

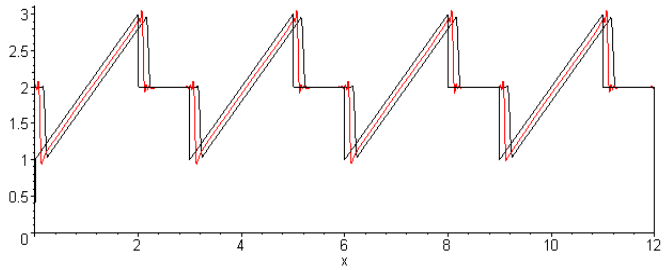


Рис. 6. Сумісні графіки вихідної функції **f(x),** наближеної функції **fm(x)** та наближеної функції **fmk(x)** з корегованими множниками

Як видно з рис.6 ефект Гіббса у функції **fmk(x)** майже зник**.**

IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, проводячи подібні викладки, студент може переконатися на практиці, що за допомогою тригонометричних багаточленів можна досить точно синтезувати вихідну функцію. Ступень наближення залежить від числа гармонік у багаточлені. Повна тотожність досягається при досить великому ступені тригонометричного багаточлена або при введенні корегованих множників.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] А. Л. Литвинов. Математичні методи та моделі в розрахунках на ЕОМ. Система Maple та її використання для моделювання техніко-економічних систем:навч. посіб. Харків: УІПА, 2004.

[2] А. Д. Тевяшев, О. Г. Литвин, Г.М. Кривошеєва. Вища математика у прикладах та задачах Ч 3 Диференціальні рівняння. Ряди. Функції комплексної змінної. Операційне числення. Харків: ХНУРЕ 2002.

Особливості Впровадження Корпоративних ERP- систем на Базі SAP-технологій

Тетяна Полозова
кафедра економічної кібернетики та управління економічною безпекою
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
tetiana.polozova@nure.ua

Ірина Шейко
кафедра економічної кібернетики та управління економічною безпекою
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
sheiko.irina@nure.ua

Features of Corporate ERP-systems Based on SAP-Technologies Implementation

Tetiana Polozova
Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
tetiana.polozova@nure.ua

Iryna Sheiko
Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
sheiko.irina@nure.ua

***Анотація* — В роботі проведено дослідження досвіду використання систем планування ресурсів в управління підприємствами. Були виокремлені основні фактори впливу використання системи SAP ERP на ефективність управління підприємством. Розглянута модульна структура системи. Звернено увагу на перевагах використання ЕРП-систем, а також на проблемах із їх впровадженням. В ході дослідження було виокремлено ряд переваг використання SAP ERP, а саме: гнучка адаптація; забезпечення достовірною інформацією; можливість аналізу інформації; можливість контролю витрат; підвищення ефективності бізнесу; підвищення прозорості; зберігання великих масивів інформації.**

***Abstract* — In this paper, the experience of using resource planning systems in enterprise management was studied. The main factors influencing the use of SAP ERP system on the efficiency of enterprise management were identified. The modular structure of the system is considered. The attention is paid to the advantages of using ERP systems, as well as problems with their implementation. During the study, a number of advantages of using SAP ERP were identified, namely: flexible adaptation; providing reliable information; the ability to analyze information; ability to control costs; increase of business efficiency; increasing transparency; storing large amounts of information.**

Ключові слова— інформаційна система; система планування ресурсів підприємства; SAP-система; функціональний модул; SAP ERP

Keywords— information system, enterprise resources planning system, SAP system, functional module, SAP ERP

I. Вступ

Інтеграційні та глобалізаційні процеси в українській економіці, прихід на ринок західних компаній іпідсилюють тенденції до створення единого фінансово-інформаційного простору та вимагають від відчизняних компаній швидкого реагування на зміни ринкового середовища. У складному на мінливому конкурентному середовищі перемагають гнучкі компанії, яким вдалося скоротити витрати і підвищити ефективность бізнесу, забезпечуючи зростання вартості компанії. Досягти такого комплексного економічного ефекту можна тільки за рахунок впровадження прогресивних технологій.

У більшості випадків попит на автоматизацію діяльності підприємства вже не задовільняється вузькими прикладними програмними рішеннями лише для бухгалтерського обліку чи операційної діяльності, а все більше потребує комплексних управлінських систем. Ефективним інструментом на ринку інформаційних технологій, що зміг би об'єднати в собі фактично всі моменти, пов'язані з діяльністю того чи іншого підприємства, є інтегровані системи класу ERP.

У багатьох галузях економіки IT починають грати все більш значущу роль у створенні конкурентних переваг. У зв'язку з цим зростає кількість клієнтів у компаній, що виробляють відповідне програмне забезпечення, і разом з нею зростає потреба в кваліфікованих кадрах, які розуміються на сучасних інформаційних технологіях.

Найбільшого розквіту зазнали системи типу ERP – системи планування ресурсів підприємств для організації виробництва, фінансового менеджменту та управління активами підприємства, з метою максимізації прибутку за найменших капіталовкладень. Таким чином, розгляд особливостей впровадження ERP-систем має особливу актуальність.

II. Виклад основногоматеріалу

В Україні можна виділити наступні найбільш популярні системи: 1С:ERP, MS Dynamics ERP, Галактика ERP, SAP, OneBox та інші [1]. У свою чергу, саме в 2013 році ринок ERP виріс на 45% у зв'язку з покращенням на той момент стану експорту в країні та банківської справи. Саме тоді, більшість підприємств направляла свої інвестиції на покращення методів ведення обліку операцій виробничого процесу підприємства. В результаті, популярності набули програми 1С та SAP, що зайняли 81% свого сегменту ринку завдяки відповідній вартості ліцензії та простотою використання навіть для новачків [1].

Як правило, ERP-системи будуються за модульним принципом і охоплюють всі ключові процеси діяльності підприємства. Сьогодні широкого використання набувають сучасні системи класу ERP, та MRP. ERP-системи задовольняють більшості запитів як середніх, так і великих підприємств. Основне призначення системи – забезпечувати безперервну, комплексну, взаємозалежну автоматизацію всіх блоків, функціональних областей і підрозділів компанії. SAP ERP модулі контролюють, поліпшують і спрощують роботу на всіх ділянках бізнесу: від введення відомостей з первинних торгово-облікових регістрів до підтримки управління в прийнятті стратегічно важливих рішень [3].

Практично усі великі міжнародні компанії працюють з програмним забезпеченням SAP. На даний час більше 86 000 компаній, розташованих у більш ніж 120 країнах світу, використовують у своїй роботі програмне забезпечення SAP - починаючи від рішень, що відповідають потребам підприємств середнього та малого бізнесу, і закінчуючи комплексними рішеннями для глобальних корпорацій. Клієнти SAP виробляють понад 82% світових медичних пристроїв та поширюють більше 78% світових продуктів харчування [2] Бренд SAP згідно з рейтингом 2018 BrandZ Top 100 Global Brands [3] займає 17 позицію серед світових брендів та першу у Європі .

Понад 250 українських підприємств і державних організацій є клієнтами SAP. На даний момент технології SAP фактично є стандартом корпоративних інформаційних систем для великих підприємств. В Україні корпоративна система R/3 застосовується у Національному банку України (НБУ), на Чорнобильській АЕС, у Міністерстві енергетики та вугільної промисловості України, на ПАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь», ПАТ «Дніпроенерго», АТ «Укртатнафта», «Укрпошта», «Фармацевтична фірма «Дарниця»», «Київобленерго», «Сумиобленерго», «Полтаваобленерго», Центральна енергетична компанія, «Укрсиббанк» та інші [1].

НБУ впровадив централізовану систему автоматизації фінансово-господарських операцій на базі SAP-систем ще у 2000р. Завдяки цьому досягнуто якісно нового рівня організації кошторисного та операційних процесів, управлінської звітності, забезпечено централізований контроль обробки даних, повну прозорість інформації первинного та бухгалтерського обліку. Використання стандартних можливостей SAP-систем (SAP ERP і SAP BI) в Національному банку України відкрило шлях до автоматизації кошторисного процесу та операційних процесів фінансово- господарської діяльності з можливістю планування, обліку, проведення аналізу і підготовки управлінських рішень. Досвід використання програмного продукту показав, що завдяки перевагам SAP-технологій, вдалося підвищити рівень ефективності використання ресурсів банку, оптимізувати фінансові та матеріальні потоки, зменшити витрати й поліпшити рівень управління банком [4].

Система SAP ERP складається із набору прикладних модулів, які направлені на різні процеси в компанії, а саме: фінанси FI, контролінг CO, управління основними засобами AM, управління проектами PS, управління виробництвом PP, управління матеріальними потоками MM, збут SD, управління якістю QM, технічне обслуговування та ремонт обладнання PM, управління персоналом HR, управління інформаційними потоками WF [2] (рисунок 1) .

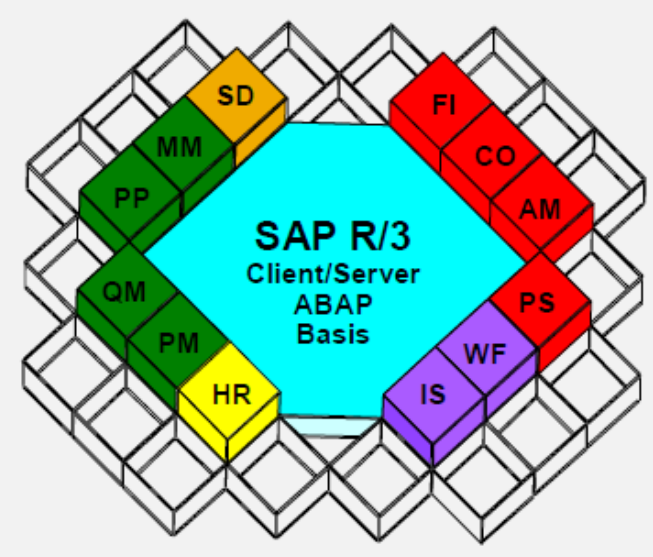


Рис. 1. Модулі базової версії SAP R/3 [2]

Модуль FI відповідає за відстеження потоків фінансових даних в рамках всієї організації та інтеграцію всієї інформації для ефективного прийняття управлінських рішень. Модуль контролінгу (CO) сприяє координації, моніторингу та оптимізації всіх процесів в організації та здійснює: облік за видами витрат, аналіз міжвідомчих бізнес-процесів, аналіз рентабельності, облік за місцями виникнення витрат. Модуль управління виробництвом (PP) використовується для планування та управління виробництвом продукції, довгострокового планування, розробки виробничої програми.

Модуль збуту (SD) орієнтований на автоматизацію повсякденних операцій на різних етапах опрацювання замовлення. Модуль управління матеріальними потоками MM підтримує бізнес-процеси, що пов'язані із рухом матеріалів через інші модулі, такі як логістику, управління ланцюгами поставок, продаж і постачання, управління складом, виробництво і планування. Завдяки модулю управління проектами PS відбувається моніторинг довгострокових складних проектів, здійснюється їх календарне планування і управління. Модуль технічного обслуговування та ремонта обладнання PM (TOPO) автоматизує процеси технологічного обслуговування та ремонту обладнання в компанії. Елемент системи SAP, що дозволяє пов'язати усі модулі із врахуванням загальних правил та процедур – це модуль управління інформаційним потоками WF (Workflow Item).

Структура системи SAP складається з декількох рівнів: програмне забезпечення, бази даних сервери додатків та робочі місця (рис. 2) [2]. Використовуючи бази даних, одночасно можуть працювати кілька різних серверів додатків. Щоб забезпечити максимально можливе навантаження на окремі сервери і досягти оптимальної продуктивності, можна використовувати спеціальні сервери додатків для окремих областей застосування, такі як планування продажів, розподіл або фінансовий облік. Для веб-підтримки окрім додатків SAP потрібні веб-сервер та сервер Інтернет-транзакцій. Представлення даних у цій конфігурації надає Інтернет-браузер. Нова веб-платформа SAP має назву NetWeaver, що позиціонується для споживача як сервісно-орієнтована інтеграційна платформа. SAP NetWeaver надає можливість розгортання і виконання різних додатків SAP. Крім того, платформа може бути використана в якості технологічної бази для інтеграції і впровадження сторонніх систем і додатків. SAP NetWeaver побудований на основі відкритих специфікацій і галузевих стандартів де факто і може бути розширений шляхом використання технологій .NET і Java EE [2].

Однією із головних і важливих переваг використання SAP ERP є можливість отримання самої актуальної інформації щодо бухгалтерських проводок, кількості використаних матеріалів, обсягів реалізованої продукції тощо в режимі реального часу. Дана система дозволяє менеджерам компанії мати можливість отримувати інформацію, аналізувати її та приймати ефективні управлінські рішення тільки на основі даних, отриманих із SAP. Одними з основних переваг використання системи SAP є насамперед, те, що вона охоплює всі ключові напрямки діяльності підприємств, саме тому, її впровадження може полегшити використання чинних програм [5].

Найголовнішими призначеннями SAP є оперативне управління діяльністю, ведення бухгалтерії, фінансів, та складів [1]. Саме тому, перспективи використання даної інформаційно-технологічної системи SAP дасть змогу не лише забезпечити повноцінний результативний розвиток будь-якої компанії, а й підвищити ефективність маркетингових та рекламних компаній, покращити показники роботи торгівельних підприємств з ціллю залучення додаткового капіталу та виходу компанії на світовий ринок та збільшення прибутковості компанії. Це все дозволить досягти удосконалення ведення господарського процесу, що в майбутньому дозволить українській економіці піднятися на рівень вище задля добробуту країни та її підприємств в цілому х5ї.

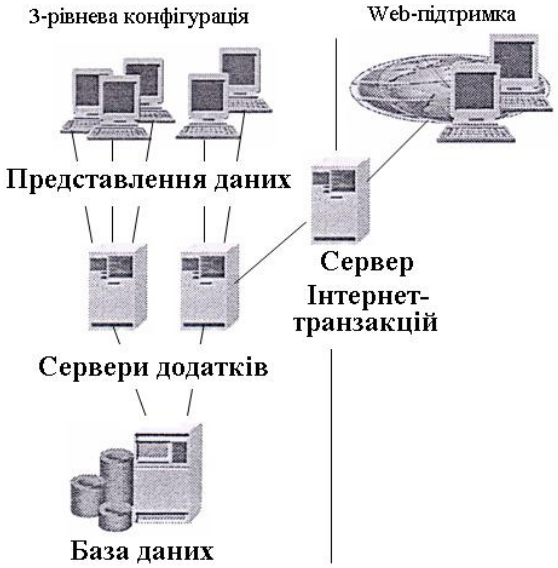


Рис. 2. Конфігурації системи SAP [2]

Узагальнення наукових джерел та практики діяльності підприємств дозволяє виділити такі переваги використання системи SAP ERP: гнучка адаптація системи під особливості бізнесу; забезпечення менеджменту підприємства точною та достовірною інформацією у режимі реального часу; можливість аналізу інформації для прийняття управлінських рішень; можливість контролю чинників, що впливають на ефективністьбізнесу; використання єдиного інтегрованого рішення для усіх сфер діяльності компанії; підвищення ефективності бізнесу; підвищення контролю за рахунок прозорості; зберігання великих масивів інформації та захист даних; зменшення необхідності підготовки великої частини паперових звітів – тощо. І це далеко не всі переваги використання системи SAP ERP.

Для кращого розуміння процесу впровадження SAP ERP доцільно відзначити, що окрім самої системи, що є тільки інструментом, величезне значення має сам процес впровадження, кваліфікованість команди підтримки та якість навчання працівників. Ще однією особливість системи є її постійне удосконалення, що пов'язане із можливістю постійного дописування нових транзакції в рамках тих технічних завдань, що визначені менеджерами компанії [5].

Вартість впровадження ERP-системи залежить від масштабу проекту, так ціна системи, яка складається з 40-50 робочих місць може складати від 50 до 1500 тис. дол. [1] Разом з тим існує тенденція, що західні компанії пропонують спеціальні системи для України за меншою ціною, а вітчизняні та російські розробники, удосконалюючи свої системи, підвищують їх вартість.

Критичне значення при виборі ERP-системи має такий показник, як масштаб підприємства, що автоматизується. У сегменті великого бізнесу свої лідери, у секторі середнього та малого – інші грав- ці. Варто відзначити, що останнім часом ці грані поступово стираються, структура ринку і частки ключових гравців все менше залежать від сегменту бізнесу [6].

Крім істотних фінансових витрат, спрямованих безпосередньо на реалізацію проекту, важливо па- м'ятати, що ERP-система – це рішення, що достатньо типізується, володіє абсолютно конкретною бізнес-логікою, побудованою на певних алгорит- мах. У зв'язку з цим, на будь-якому підприємстві перед впровадженням ERP-системи проводиться обов'язкова фаза, звана реінженірингом бізнес-про- цесів. Ця стадія дуже важлива, але їй часто не надають належного значення, внаслідок чого безліч проектів виявляються недостатньо ефективними. Дослідження невдалих реалізацій ERP-проектів показали, що однією з основних причин невдачі є недостатній перед проектний аналіз, який необхідно проводити для того, щоб уникнути випадковості на наступних етапах роботи з проектом і досягти результатів найбільш виправданим способом [7].

Сьогодні при впровадженні ERP-систем на підприємствах основними критеріями прийняття ідеї IT-проекту є технічна і технологічна можливість його реалізації, довгострокова життєспроможність, економічна ефективність, відповідне організаційне та адміністративне забезпечення [8]. Для вибору раціональних рішень з впровадження ERP - систем найчастіше потрібна оцінка ефективності їх використання. Порівняння оцінок ефективності альтернативних варіантів проекту впровадження на підприємствах дозволяє прийняти такий з проектів, в якому співвідношення витрат та вигоди з його використання буде найкращим .

III. Висновки

Таким чином, найближчим часом більшість великих і середніх промислових підприємств будуть впроваджувати передові західні стандарти управління. Економічної ефективності можна досягти за рахунок використання накопиченого попереднього досвіду розробників ERP-систем, а також впровадження готових рішень, які розроблені для інших підприємств з мінімальним доопрацюванням.

В умовах зростаючої конкуренції впровадження сучасних IT-інструментів є усвідомленою необхідністю, покликаною сприяти прийняттю ефективних правлінських рішень на основі достовірної, оперативної, релевантної інформації (одержаної засобами ERP)

Досліджено переваги, які отримують користувачі на кожному організаційному рівні підприємства, яке використовує систему SAP ERP Поряд із часто згадуваними перевагами системи виділено зростання відповідальності працівників та зниження навантаження як на компанію загалом, так і на кожного окремого працівника. Серед недоліків виділено високу вартість купівлі, обслуговування, навчання персоналу та підтримки системи.

Інвестування в інформаційні технології для підприємства, на прикладі ефективного впровадження системи класу ERP, насамперед, надасть перевагу у вигляді зростання ринкової капіталізації компанії завдяки збільшенню ефективності управління нею, прозорості бізнес-процесів, нової компетенції, привабливості для клієнтів та працівників, зменшення бізнес-ризиків.

Література References

[1] К.І. Дмитрів, Ю. Н.Шпак “Дослідження інформаційних систем в управлінні підприємствами: досвід та перспективи,” Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», № 14 , С. 231–239, 2017

[2] Advego (2014) “Компания SAP и ее продукт R/3,” [Електронний ресурс]..Available: http://wmhelp.net/lib/b/book/1872605422/4

[3] Kantar Millward Brown (2019) 2018 BrandZ Top 100 Global Brands. [ONLINE] Available at:http://www.millwardbrown.com/brandz/rankings-and-reports/top-global-brands/2018. [Accessed 15 July 2019]

[4] Т. Гримова, “Використання SAP-систем для автоматизації бізнес-процесів Національного банку України,” Вісник Національного банку України, № 8,174, С.10-17, 2010.

[5] П.О. Куцик “Бухгалтерський облік у сучасних інформаційних системах класу ERP,” Вісник Львівської комерційної академії, №35 (Серія «Економічні науки»), С. 202-205, 2011

[6] Д.О'Лири “ERP-системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. Выбор, внедрение, эксплуатация,” Москва: Вершина, 2004

[7] А.Я. Семенюк “Перспектива використання систем управління ресурсами підприємств за проектним підходом,” Торгівля, комерція, підприємництво, Вип. 16. С. 80-83, 2014

[8] K. Šimunović, G. Šimunović, S. Havrlišan, D. Pezer, I. Svalina “The Role of ERP System in Business Process and Education,”Tehnički vjesnik, № 20, 4(2013), pp. 711-719, 2013

Digital Transformation of Information Support for Economic Management of a Single Information Space of an Integration Association

Kseniya Yakushenka
Department of Marketing
Belarus National Technical University
Minsk, Republic of Belarus
Yakush.K.V@mail.ru

Цифровая Трансформация Информационного Обеспечения Управления Экономикой Единого Информационного Пространства Интеграционного Объединения

Ксения Якушенко
кафедра маркетинга
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
Yakush.K.V@mail.ru

***Abstract* — The study is devoted to the analysis of the digital transformation of information management of the economy, which is carried out in integration associations in the formation and development of the information space. Integration associations are witnessing a transition to a new economic structure, caused by the large-scale introduction of digital technologies in all spheres of life. Information and information flows are considered as a real resource, which is more important than other material resources and is used to control various processes. Today, countries, as well as integration associations, recognize the need to transform the information support of economic management in the direction of using certain interaction mechanisms based on the use of digital infrastructure. By "digitizing" these processes is meant a certain new model of economic development, self-organization of society, the main process in which is the generation of information and knowledge and its management.**

***Аннотация* — Исследование посвящено анализу цифровой трансформации информационного обеспечения управления экономикой, которое осуществляется в интеграционных объединениях при формировании и развитии информационного пространства. В интеграционных объединениях наблюдается переход к новому экономическому укладу, вызванному масштабным внедрением цифровых технологий во все сферы жизни. Информация и информационные потоки рассматриваются как реальный ресурс, который более важен по сравнению с другими материальными ресурсами и используется для управления различными процессами. Сегодня странами, а также интеграционными объединениями, признаётся необходимость трансформации информационного обеспечения управления экономикой в направлении использования определенных механизмов взаимодействия, основанных на использовании цифровой инфраструктуры. Под «оцифровкой» этих процессов понимается некая новая модель экономического развития, самоорганизации общества, основным процессом в которой становится выработка информации и знаний и управление ими.**

Keywords — digital transformation; information; international economic integration; digital space.

Ключевые слова — цифровая трансформация; информация; международная экономическая интеграция; цифровое пространство.

I. Введение

Формирование и развитие единого информационного пространства (ЕИП) интеграционного объединения и соответствующих информационных ресурсов является межотраслевой и межрегиональной проблемой, причем в данном случае следует рассматривать вопрос межрегиональности на внутристрановом и межстрановом уровнях. Данная проблема требует решения широкого спектра технико-технологических и организационных

вопросов, значительных затрат ресурсов и должна решаться поэтапно.

В условиях, когда территории государств-членов интеграционного объединения могут быть оснащены современными средствами информатизации не на 100%, целесообразно создание системы информатизационных центров (ресурсов, создающих возможность открытого доступа к информации обычными средствами, доступными для жителей внутристрановых субъектов любого уровня). При этом крупные информатизационные центры странового уровня, занимающиеся координацией информации более низкого регионального уровня, должны иметь возможность трансформации поступающей в них информации к единым стандартам, принятым на интеграционном уровне стран-участников объединения. В то же время информация должна быть доступна и для обратной связи пользователям более низкого регионального уровня. Предполагается, что система информатизационных центров будет обслуживаться специалистами, которые могут быть предоставлены любой страной-участником.

Можно говорить о том, что концепция ЕИП предполагает создание глобальной информационной среды, которая будет обеспечивать комплексную обработку информации в реальном масштабе времени в интересах поддержки принятия оптимальных для межстрановой экономики решений и их эффективного применения в различных условиях, не противоречащих законодательству стран-участниц интеграционного объединения и приносящих выгоду всем задействованным сторонам. Наличие такой информационной среды должно обеспечить эффективное взаимодействие отдельных субъектов, вне зависимости от их страновой принадлежности.

Одновременно с этим цифровая трансформация в интеграционных объединениях представляет собой изменение производственных компонент, параметров и пропорций, а также связей экономической системы, которые, накапливаясь, обусловливают переход субъекта в новое качественное состояние. Сущностная составляющая процесса трансформации проявляется в реформировании организационной структуры интеграционного объединения, изменении целей и задач его деятельности, формировании нового подхода к способам производства и управления интеграционным процессом.

По оценкам экспертов, к 2025 г. около 40-50 % ВВП наиболее развитых стран будут создаваться в рамках цифровой экономики, а значит, большая часть экономических и бизнес-процессов будет осуществляться посредством использования цифровых инструментов и платформ [1].

II. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ЕАЭС: ДОСТИЖЕНИЯ

Государствам-членам ЕАЭС как и любому иному интеграционному объединению важно развивать процессы цифровизации, чтобы в дальнейшем обеспечить глобальную конкурентоспособность и эффективные темпы роста ВВП.

Цифровая трансформация ЕАЭС представляет собой шанс создать новые конкурентные преимущества для экономик государств-членов объединения. Речь идёт о т.н. «цифровых дивидендах», которые были выделены в «Докладе о мировом развитии 2016» Всемирного банка [2], а также по результатам совместного исследования ЕЭК и Группы Всемирного банка «Цифровая повестка ЕАЭС 2025: перспективы и рекомендации» (2017) [3]. В процессе исследования был проанализирован опыт других межстрановых объединений для понимания возможных результатов и достижений, к которым следует стремиться при реализации Цифровой повестки ЕАЭС. Проанализированы существующие национальные цифровые инициативы государств-членов ЕАЭС и отмечено, что сегодня крайне важно выработать общий скоординированный подход в целях получения потенциальных эффектов (цифровых дивидендов) на уровне Союза. Сравнение двух сценариев цифровизации, то есть внедрения государствами-членами ЕАЭС Цифровой повестки только на национальном уровне с одной стороны, и формирования в дополнение к этому комплексной союзной Цифровой повестки с другой стороны, показало, что эффективность и дополнительные дивиденды за счет мультипликативного эффекта на уровне ЕАЭС могут быть существенно выше. В первую очередь, реализация цифровой повестки ЕАЭС это вклад в экономический рост. Так, экономический эффект от реализации Цифровой повестки увеличит ВВП ЕАЭС к 2025 г. примерно на 10,6% от общего ожидаемого роста совокупного ВВП государств-членов к 2025 году. Указанный потенциальный эффект почти в два раза превышает возможный размер увеличения ВВП стран ЕАЭС в результате цифрового развития без реализации общей Цифровой повестки.

Реализация Цифровой повестки обеспечит рост занятости в ИКТ отрасли на пространстве ЕАЭС на 66,4% к 2025 г. (1 млн новых рабочих мест в области ИКТ), что почти на 50% больше, чем в случае цифрового развития государств-членов без совместной Цифровой повестки. В свою очередь рост занятости в отрасли ИКТ обеспечит дополнительный рост общей занятости на 2,46% .

Что касается цифрового преобразования сферы услуг, то усилия по устранению существующих нормативно-правовых барьеров в отношениях между государствами-членами ЕАЭС могут позволить сэкономить 46,5 млрд долл. США на уровне Союза. Эффект от цифровизации государственных закупок на региональном уровне оценивается в 16,3 млрд долл. США. Предоставление услуг «открытого правительства» может позволить сэкономить 3,6 млрд долл. США, а внедрение трансграничных электронных услуг – еще 0,5 млрд долл. США [3].

В ЕАЭС в 2017 году было принято Решение Высшего Евразийского Совета «Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года» [4]. Стратегическими ориентирами были выбраны:

- системная цифровая трансформация экономики стран Союза;
- повышение «бесшовности» экономических процессов и сервисной среды в результате их перехода в цифровую форму;
- уменьшение комплекса экономических рисков;
- значительный рост цифровой включенности населения.

Следующие документы составляют Цифровую повестку ЕАЭС:

- Договор о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г.;
- Протокол об информационно-коммуникационных технологиях и информационном взаимодействии в рамках Евразийского экономического союза (приложение № 3 к Договору о Евразийском экономическом союзе 2014 г.);
- Заявление глав государств – членов ЕАЭС о цифровой повестке Евразийского экономического союза от 26 декабря 2016 г.;
- Решение Высшего Евразийского экономического совета от 26 декабря 2016 г. № 21 «О формировании цифровой повестки Евразийского экономического союза»;
- Стратегия развития интегрированной информационной системы Евразийского экономического союза на период до 2025 года (утв. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 22 августа 2017 г. № 100);
- Стратегия развития трансграничного пространства доверия (утв. Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 27.09.2016 г. № 105);
- Основные направления реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года (утв. Решением Высшего Евразийского экономического совета от 11 октября 2017 г. № 12);
- Порядок проработки инициатив в рамках реализации цифровой повестки ЕАЭС (утв. Решением Межправительственного совета от 25 октября 2017 г. № 4).

III. Цифровая трансформация информационного обеспечения экономики на примере ЕАЭС: вызовы

Игнорирование цифровой повестки несет собой большие риски. Это полная потеря конкурентоспособности экономик и благ государств-членов, «утечка мозгов», усиление влияния внешних игроков на цифровом пространстве Союза и угроза цифровому суверенитету стран-участниц.

Согласно исследованию «Цифровая повестка ЕАЭС 2025: перспективы и рекомендации», в основном эффект от развития цифровой экономики с точки зрения рабочих мест будет положительным. В условиях цифровизации экономики, рынок труда подвергается колоссальным изменениям. Уже на сегодняшний день можно наблюдать, как медленно, но верно исчезают такие профессии, как бухгалтер, юрист, экономист, возрастает востребованность специалистов IT-сферы, инженеров и т.д. Эксперты прогнозируют, что в ближайшие 10–20 лет исчезнут около 50% профессий. Продолжает расти востребованность в специалистах ИТ – сферы, особенно таких как: мобильные разработчики, аналитики Big Data, специалисты кибербезопасности. Банки сокращают персонал, работающий с документацией, так как, осуществляется переход к автоматизации и внедрению электронного документооборота. На позициях сотрудников колл-центров постепенно появляются роботы.

Существующий тип потребителя и вновь создаваемые субъекты хозяйствования будут вынуждены трансформироваться и переориентироваться на абсолютно новые условия деятельности. К тому же, цифровая трансформация приведет к созданию новых различий между государствами и людьми, причастных к цифровой трансформации и отстающих от данного процесса.

Для цифровизации экономики большое значение будут представлять цифровые активы («Цифровой актив» подразумевает: систематизированный цифровой контент (базу), доступный акторам; специфическую форму собственности и ресурсов, инвестиции в которые повышают капитализацию физического актива и обеспечивают рост денежного потока; совокупность информации в цифровой форме (совокупность цифровых продуктов) о физическом или виртуальном объекте, процессе, субъекте деятельности, физическом лице, которая представляет ценность и может быть использована для извлечения добавленной стоимости; комплекс цифровых продуктов и инфраструктур, процесс использования и изменения которых приводит к формированию добавленной стоимости и новой ценности, в том числе выраженной в денежной форме.

Вероятность оставаться конкурентоспособными будет лишь у тех моделей управления в государствах и лишь у тех представителей бизнес-сообщества, которые будут применять в своей практике мировые тенденции цифровой трансформации экономики, поскольку правильный выбор стратегии деятельности в той или иной области будет зависеть от возможности оперировать потоками, так называемых, «больших» данных. Владельцы крупных цифровых платформ будут оказывать значительное влияние на процессы цифровой трансформации экономики в мире.

Большинство стратегических документов государств-членов объединения не содержит планов, показателей или проектов, предусматривающих региональный контекст и интеграционную направленность в рамках ЕАЭС. Кроме того, они не подкреплены необходимыми инвестиционными бюджетами. Так, программы развития цифровой экономики в государствах-членах ЕАЭС работают лишь на уровень государства, но не учитывают интеграционный уровень взаимодействия.

Необходимо преодолеть разницу методологических подходов к статистическому измерению цифровой экономики в государствах – членах ЕАЭС. Для мониторинга измерения цифровой экономики в организациях различных отраслей, в том числе бюджетных, в странах используется единая форма статнаблюдения, разработанная на основе модельной анкеты ОЭСР для бизнеса, не учитывающая специфику цифровой трансформации государственного и муниципального управления, здравоохранения, культуры, образования, науки и др.

Сохраняется низкий уровень информированности о преимуществах цифровизации, а также недостаточная компетентность или низкий уровень доверия граждан и бизнеса к цифровым технологиям.

Сохраняется риск снижения конкурентоспособности товаров, услуг, бизнеса и государств-членов ЕАЭС на мировом рынке в результате отставания в области цифровой трансформации.

Ряд барьеров связан с недостаточным электронным документооборотом и слабым использованием цифровых активов. Регулирование оборота персональных данных также требует усовершенствования для упрощения их трансграничного оборота.

IV. Рекомендации для осуществления цифровая трансформация информационного обеспечения экономики

Неформальное объединение развитых и развивающихся стран G-20 дает следующие стратегические рекомендации, способствующие развитию цифровой трансформации [5]:

- свободное перемещение данных (беспрепятственный переток информации, идей и знаний в целях стимулирования электронной торговли, развития науки и экономики);
- децентрализованное управление и перемещения информации в Интернете;
- увеличение возможностей (в частности, населения) по подключению широкополосного доступа к интернету;
- применение эффективных и в меру ограничительных мер по защите прав интеллектуальной собственности, которые бы не ущемляли развитие цифровой экономики;
- поддержание кибербезопасности путем применения стандартов в сфере кибербезопасности и лучших практик киберзащиты;
- транспарентность и эффективное управление (развитие ресурсов с открытыми данными).

На основе этого возможно привести следующие рекомендации применительно:

1. Развитие цифровой экономики неизбежно приводит к значительной трансформации рынка труда. За счет оптимизации процессов, роботизации и общего повышения эффективности ряд рабочих мест будет выводиться из экономики (занимаемые наименее конкурентоспособными и наиболее уязвимыми слоями населения), поэтому государствам-членам интеграционного объединения необходимо заблаговременно позаботиться об обучении населения цифровыми навыками для его адаптации к наступающим реалиям.

2. Необходима доработка нормативно-правовой базы цифровой экономики государств-членов. Целесообразно гармонизировать требования на уровне технических нормативных правовых актов, к примеру, путем принятия единого межгосударственного стандарта для всех государств - членов, что позволит выработать единые подходы к технологии электронной цифровой подписи. Предлагается усовершенствовать положения отдельных нормативно-правовых актов, в различной степени регулирующих и влияющих на отношения в сфере инфраструктуры технологии блокчейн (децентрализованные распределенные информационные системы, смарт-контракты, токенизация, майнинг). Рекомендуется гармонизировать подходы к промышленным данным и интернету вещей с мировыми стандартами. Касательно персональных (личных) данных необходимо выработать полное, всеобъемлющее и непротиворечивое определение, на которое можно было бы опираться для дальнейшего правового регулирования.

3. В рамках развития цифровой экономики необходимо предусмотреть меры, направленные на стимулирование бизнеса к внедрению цифровых технологий, а также программу повышения информированности населения о возможностях и преимуществах цифровых взаимодействий. Целесообразно начать интенсивное и масштабное внедрение цифровой трансформации в промышленности и технико-технологических средствах производства, позволяющих выпускать высокотехнологичные и экологически чистые виды промышленной продукции, обеспечивающие сбережение ресурсов и снижение издержек производства. Одновременно с этим, возможно проведение диверсификации традиционных производств с перепрофилированием на высокотехнологичные, наукоемкие производства, выпускающих промышленную продукцию, востребованную международным промышленным рынком.

4. Целесообразно сформировать единые показатели статистических данных по оценке уровня развития цифровой экономики в соответствии с международными стандартами в государствах-членах интеграционных объединений. Необходимо разработать специализированные формы статистического наблюдения для государственного и муниципального управления, образования, здравоохранения, культуры, науки, бизнеса (в перспективе – со специальными модулями для различных секторов, включая финансовый, сельскохозяйственный и т.д.) и выделить их в отдельные предметные области мониторинга с использованием результатов опросов населения и профессиональных сообществ.

5. Необходимо развитие институциональной среды для эффективного привлечения прямых инвестиций,

обеспечение льготных условий для привлечения и использования венчурного капитала в целях цифровой трансформации тех или иных отраслей экономики, и обеспечить притоки частных инвестиций, увеличить долю затрат государства в исследования и разработки, предоставляя налоговые льготы при проведении НИОКР; обеспечить условия финансирования государством патентования передовых разработок цифровой трансформации промышленности мирового уровня за рубежом.

6. Критически важным условием развития цифровой экономики становится обеспечение уверенности всех экономических субъектов в том, что собираемые, хранимые и используемые данные защищены от преступных посягательств. В конечном итоге обеспечить такую уверенность может только государство. Для этого необходимо решить сразу несколько проблем: выработать правовые нормы по борьбе с киберпреступностью, иметь квалифицированных киберполицейских, разработать технологические решения и стандарты, обеспечить трансграничное взаимодействие (т.к. киберпреступники не знают границ). При этом нельзя забывать, что обеспечение безопасности вторично по отношению к задаче развития и роста.

В данном отношении также важно уменьшить риск усиления влияния и контроля над цифровым пространством со стороны иностранных игроков и зависимость по ряду информационных решений от иностранных поставщиков.

7. Далее необходимо упрощать процесс формирования общих технологических платформ. Зачастую серьезным барьером для широкого распространения цифровых технологий является необходимость синхронного перехода к работе с ними сразу целой группы компаний, образующих кооперационные цепочки. Для снижения такого барьера государство может выступать либо как организатор широких консорциумов или технологических платформ, объединяющих различные заинтересованные организации (пример – работы в области «интернета вещей»), либо как регулятор, директивно устанавливающий требования по использованию определенных технологических решений (пример – автоматизированные системы в ритейле: ЕГАИС, ГИС Меркурий, он-лайн кассовые аппараты) . Хотя принуждение к применению цифровых технологий в ряде случаев вызывает недовольство бизнеса из-за необходимости делать непредвиденные расходы, в средне- и долгосрочной перспективе оно дает позитивный эффект из-за синхронизации процессов внедрения типовых технологических решений в целых сегментах экономики

V. Выводы

Мировой опыт свидетельствует, что страны, осуществляющие цифровую трансформацию, занимают лидирующие позиции за счет достижения высоких результатов в четырех ключевых функциональных блоках:

- цифровые технологии;
- цифровые бизнес-процессы;
- цифровые методы и инструменты маркетинга;
- навыки и цифровые компетенции персонала.

Это четыре основных блока деятельности, в которых реализуются механизмы, методы и инструменты высокоорганизованной деятельности всей страны. При ведении разговора об интеграционном объединении также можно утверждать, что эти блоки являются базисом усовершенствованной цифровой цепочки создания стоимости продукта и дают следующие результаты: получение более высокой выручки от инициатив и действий, направленных на повышение удовлетворенности потребностей потребителей в реальном времени и многоканальном взаимодействии, а также за счет предложения индивидуализированных решений; увеличение маржинальной прибыли за счет оптимального использования внутренних возможностей интеграционного объединения и расширения партнерских отношений, объединенных в единую партнерскую сеть; маневренность за счет управления гибкой партнерской сетью; управление в реальном режиме времени операционной деятельности отдельных предприятий интеграции, повышающая эффективность предприятия за счет сокращения текущих затрат.

Развитие цифрового пространства интеграционного объединениядолжно быть основано на формировании общей безопасной и масштабируемой цифровой инфраструктуры для развития цифровой экономики интеграционного объединения, обеспечивающей широкополосный доступ в интернет на всем цифровом пространстве и создающей возможности для появления инновационных производств, новых видов услуг, новых рабочих мест и роста эффективности межстрановых взаимодействий. При этом, крайне важно выработать единые подходы ко всей региональной цифровой повестке при одновременном учете направлений формирования внешнеэкономической политики каждого государства-члена.

Література References

[1] Цифровая трансформация экономик стран ЕАЭС – ключ к достижению новых показателей экономического роста. 2017. // ICTSD. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ictsd.org/bridges-news/мосты/news/цифровая-трансформация-экономик-стран-еаэс-—-ключ-к-достижению-новых.

[2] Доклад о мировом развитии. 2016. // Группа Всемирного банка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://documents.worldbank.org/curated/en/224721467988878739/pdf/102724-WDR-WDR2016Overview-RUSSIAN-WebRes-Box-394840B-OUO-9.pdf.

[3] Цифровая повестка ЕАЭС 2025: перспективы и рекомендации. 2017. // ЕЭК и Группа Всемирного банка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/SiteAssets/%D0%9E%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%20%D0%92%D0%91.pdf

[4] Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года. 2017. // Национальный правовой портал Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=F91700293.

[5] Seven G-20 commitments to promote innovation and the digital economy. 2016. // Официальный сайт Президента США. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.whitehouse.gov/blog/2016/09/14/seven-g-20-commitments-promote-innovation-and-digital-economy.

Компетентнісний Метод Вирішення Завдань Оцінювання Професійної Діяльності Спеціаліста

Валентин Козлов
Кафедра інформаційних технологій
Національна академія Національної гвардії
Харків, Україна
kozlov1945ve@gmail.com

Юрій Козлов
Кафедра метрології та технічної експертизи
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
kozlov83@yandex.ru

Володимир Кобзєв
Кафедра Прикладної математики
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
volodymyr.kobziev@nure.ua

Competent Method of Solving Tasks Evaluation of the Professional Activity of the Specialty

Valentin Kozlov
Department of Information Technologies
National Academy of National Guard
Kharkiv, Ukraine
kozlov1945ve@gmail.com

Yuri Kozlov
Department of Metrology and Technical Expertise
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
kozlov83@yandex.ru

Volodymyr Kobziev
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.kobziev@nure.ua

***Анотація*–Розглянуто метод, придатний для вирішення завдань експертного оцінювання у будь-якій предметній галузі.**

***Abstract*–A method that is suitable for solving peer review tasks in any subject area is considered.**

Ключові слова–компетентність, компетенція, експертний метод, інформаційна технологія, прийняття рішень.

Keywords–competence, expert method, information technology, decision making.

I. Вступ

Послідовне і поступове розповсюдження на Заході понять "компетенція" і "компетентність" у практиці післядипломного навчання, підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів, професійній школі призвело до появи в системі освіти концепції так званого компетентнісного підходу. Накопичений міжнародний досвід його втілення в системі освіти показав наявність низки проблем: розбіжність у трактуванні означених понять, складність оцінювання процесу і результату професійної діяльності спеціалістів-освітян. Ця проблема викликала потік публікацій, різних за видом, обсягом і змістом, за авторством від маститих і титулованих вчених до вчителів молодших класів середньої школи, кількість посилань на які в Інтернеті налічує мільйони. Наявність безлічі публікацій спонукає до пошуку шляхів вирішення проблеми з застосуванням методів кваліметрії.

II. Виклад основного матеріалу

За визначенням авторитетних джерел [1,2] компетенція - це:

1) коло повноважень (прав і обов'язків), наданих законом, уставом чи іншим актом конкретному органу або посадовій особі;

2) коло питань, в яких хто-небудь добре поінформований.

Має місце подвійне тлумачення одного слова як одиниці мови, що слугує для іменування дефініції, віднесене до різних понять.

Словник [3] дає автентичні визначення, але у зворотному порядку, додаючи як приклад вираз "Дело не входит в чью-нибудь компетенцию" (російською). Додатково введено прикметник "компетентний", знову ж таки з подвійним тлумаченням: поінформований, авторитетний в який-небудь галузі – володіючий

компетенцією (у другому значенні слова), відповідно до прикладу: “Передать дело в компетентную инстанцию” (російською). І тут же приведено іменник “компетентність”.

Наведені терміни припускають наявність методів оцінювання компетенцій та компетентностей як результату підготовки (навчання) до професійної діяльності у будь-якій галузі, фактично – якість освіти людини (опосередкований показник якості освітньої діяльності та професійної діяльності суб’єктів навчання). Одним із напрямків вирішення проблеми оцінювання якості підготовки фахівців (визначення їх кваліфікаційного рівня) є широко розповсюджувана останнім часом концепція так званого компетентнісного підходу [4], різноманітні тлумачення якого [4-9] трактують його як підхід, коли результати освіти визначеного рівня фіксуються не у вигляді набору знань, умінь і навичок, а у формі компетенцій як цілісних характеристик самої людини (як то: контекстна доцільність діяльності, контекстна творчість, контекстно-рольова самоорганізація, самоуправління, самооцінювання, саморегулювання, самокорекція, самопозіціювання). Наведені у дужках словосполучення не є суттєвими для розуміння поняття “компетентнісний підхід”. До того ж, що треба оцінювати, не визначено, і не встановлено чітких критеріїв та методів обробки результатів відповідного оцінювання. Через це втілення компетентнісного підходу є достатньо складною проблемою.

Результати аналізу перелічених та неназваних джерел інформації щодо компетентнісного підходу дають змогу зробити висновок: у трактовці самого цього поняття має місце плутанина, пов’язана з розумінням деяких авторів синонімічності дефініцій “компетентність” і “компетенція”, а при їх розрізнені – у розумінні процесу, що призводить до надбання компетентності, – формування ключових компетенцій або надбання компетенції шляхом формування компетентностей. З цього слідує, що компетенція не може розглядатися як складова компетентності та навпаки.

Плутанини легко позбутися, якщо прийняти такі однозначні короткі дефініції.

Компетенція – коло повноважень (прав і обов’язків), наданих законом, уставом чи іншим актом конкретному органу або посадовій особі;

Компетентність – обізнаність (знання та досвід) у визначеній предметній галузі або у конкретному питанні.

Остаточно, маємо два слова для позначення двох різних понять.

Таким чином, для спеціаліста певного рівня кваліфікації повинна існувати модель, що визначає рівень його компетентності – освіченості (і вихованості) – з одного боку, а з іншого – суб’єктна характеристика, що відбиває якість його професійної діяльності, тобто якість реалізації компетенцій і, як слідство, відповідність особи займаній посаді.

До речі, Генеральна конференція Міжнародної організації праці рекомендує [10] визначати “компетентність” як термін, що охоплює знання, навички і виробничий досвід, застосовувані і удосконалюванні в конкретних умовах, і вводить поняття “кваліфікація”, що означає офіціальне відображення технічних або професійних навичок робітника, які визнаються на міжнародному, національному чи галузевому рівні (підкреслено нами).

До практичного застосування запропоновано метод вирішення завдань оцінювання професійної діяльності спеціаліста, заснований на компетентнісному підході, що передбачає виконання декількох процедур.

1. Група експертів – фахівців заданої сфери діяльності людини – розробляє інформаційну модель фахівця як сукупність складових компетенцій та компетентностей.

Перелік компетенцій (прав і обов’язків), що визначені законами, постановами, уставами, відомчими інструкціями та іншими розпорядчими документами, .– фактично суб’єктна складова моделі спеціаліста (посадової особи) певного рівня кваліфікації.

Переліки відповідних компетентностей – складові, що відбивають результати безпосередньої та опосередкованої діяльності родини і суспільства щодо окремої особистості:

- переліки загальних властивостей особистості та рис її характеру (ознак вихованості);

- переліки ознак освіченості (підготовленості до професійної діяльності).

Після відповідної обробки із називних складових формують професіограму.

2. Об’єкти порівняння (ОП) оцінюють експертним методом, в результаті для кожного ОП отримують персонограму.

Підкреслимо, що обидві процедури виконують в однаковий спосіб: приписують бал за чотирибальною шкалою порядку як відповідь (Так – 5, Скоріше так, чим ні – 4, Скоріше ні, чим так – 3, Ні – 2) на запитання типу “Описує чи ні визначена ознака спеціаліста – об’єкт порівняння?” і “Притаманна чи ні визначена ознака даному об’єкту порівняння?”)для компетеностей) та/ або “Справляється чи ні об’єкт порівняння зі своїми обов’язками?” (для компетенцій) відповідно у першому і другому випадках.

3. Ознаки професіограм і персонограми обробляють, усереднюючи результати оцінювання за експертами, що не суперечить теорії [11]. Результати обробки подають оцінками в балах удосконаленої чотирибальної шкали (УЧШ) діапазону 2,00 – 5,00. Вони можуть бути візуалізована у вигляді пелюсткових діаграм.

4. Результати обробки персонограм ранжирують і подають особі, що приймає рішення.

Оцінювання професійної діяльності спеціалістів у постановчому плані – достатньо складне завдання. Це обумовлює потребу використання системи підтримки

прийняття рішень (СППР) як апаратно-програмного засобу вирішення завдань, описаних процедурами 1 – 4. Відомо, що призначення СППР визначається змістом її бази знань [12]. Тому для опису професіограми застосовано евристичний метод подання знань у вигляді фрейму, що передбачає наявність тезаурусу для опису предметної галузі; як мовний засіб маніпулювання даними використовують абетковий покажчик понять, термінів та визначень. У сукупності вони складають позамашинну базу знань (БЗ), призначену для роботи експертів, і БЗ, безпосередньо використовувану комп'ютером у процедурах обчислень.

В якості приклада застосування методу розглянуто процедуру оцінювання професійної діяльності групи викладачів-початківців закладу вищої освіти (ЗВО).

Вихідними даними є професіограма – перелік знань, умінь та особистісних ознак (компетентності) і кола повноважень (компетенції), На рис. 1 наведені візуалізовані складові персонограм об'єктів порівняння, умовно названих як А і Б, у вигляді пелюсткових діаграм для 25 ознак компетентностей вихованості (рис. 1, а), 18 елементи компетентностей освіченості загальної та професійної спрямованості (рис. 1, б), які відбивають якість засвоєння моральних норм і знань, умінь та навичок відповідно до вимог [13], та 9 компетенцій професійної діяльності (рис. 1, в), подібних показникам активності викладачів ЗВО, переліченим у п. 6 Ліцензійних умов [14].

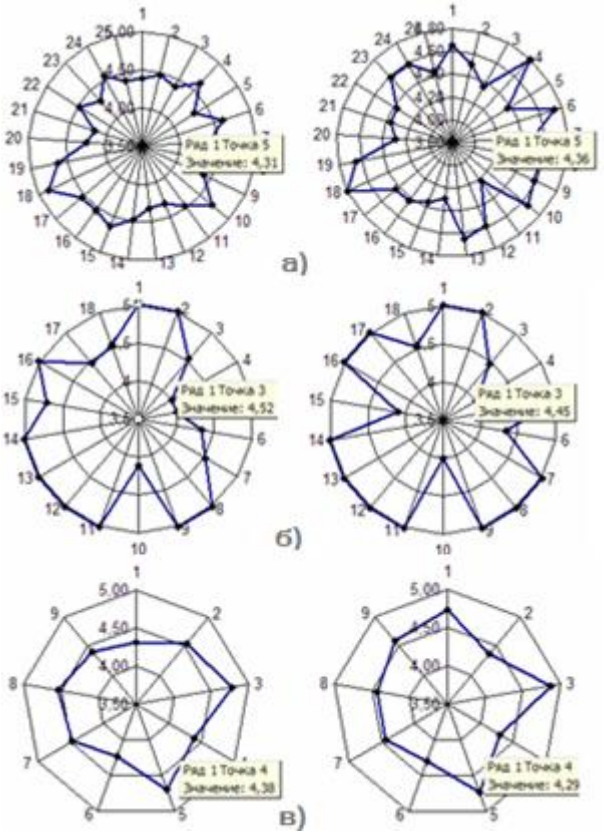


Рис. 1. Персонограми об'єктів порівняння

Кінцевий результат експертного оцінювання – ранжированый список об'єктів порівняння, який подають відповідній і відповідальній особі (завідувачу кафедри, .декану факультету, ректору ЗВО), в компетенції якої входить вирішуване питання, для прийняття рішення.

III. Висновки

Розглянуто метод вирішення завдань оцінювання професійної діяльності спеціаліста з використанням компетентнісного підходу.

Сутність методу: група експертів складає інформаційну модель – перелік (тезаурус і абетковий покажчик) оцінюваних ознак; кожен об'єкт оцінювання порівнюють з кожною із ознак і приписують бал за чотирибальною шкалою порядку, що характеризує ступінь відповідності ОП конкретній ознаці; отримана сукупність оцінок обробляється відповідним чином, результати оброблення подаються особі, що приймає рішення.

Запропонований метод, для реалізації якого за загальною схемою інформаційної технології була розроблена структурна діаграма в нотації IDEF0 і відповідний програмний виріб – система підтримки прийняття рішень (СППР). Оскільки призначення СППР визначає наповнення її бази знань інформацією про властивості об'єктів порівняння, розглянутий метод може бути придатним до вирішення завдань експертного оцінювання у будь-якій предметній галузі.

Література References

[1] Большая Энциклопедия Кирилла и Мефодия-2000 [Электронный ресурс] – Москва, Совр. Универс. Рос. Энцикл., 2000. – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).

[2] С.И. Ожегов, Словарь русского язика, Москва, Рус. Яз., 1987.

[3] Большая Советская Энциклопедия [Электронный ресурс] – Москва: Большая Рос. энцикл., 2005. – 1 электрон. опт. диск (CD ROM).

[4] Дж. Равен, Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация, Москва, Когито-Центр, 2002.

[5] А.П. Огурцов, В.В. Платонов. Образы образования. Западная философия образования. XX век, Санкт Петербург, РХГИ, 2004.

[6] И.А. Зимняя, Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. Авторская версия. - Москва: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004.

[7] А.А. Вербицкий, О.Г. Ларионова, Личностный и компетентностный подходы в образовании. Проблемы интеграции. - Москва: Логос, 2009.

[8] А.В. Хуторской, Компетентностный подход в обучении. Научно-методическое пособие. Серия "Новые стандарты. - Москва: Эйдос; Изд-во Института образования человека, 2013.

[9] М.С. Головань, "Компетенція і компетентність: досвід теорії, теорія досвіду", у *Вища освіта України*. № 3, 2008. - с. 23-30.

[10] Рекомендация 195. Рекомендация о развитии людских ресурсов: образование, подготовка кадров и непрерывное обучение [Электронный ресурс] (http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/ed_norm normes/ documents/normativeinstrument/wcms_r195_ru.htm).

[11] А.И. Орлов. Эконометрика - Ростов-на-Дону: Феникс, 2009.

[12] Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. Базы знаний интеллектуальных систем. - Санкт Петербург: Питер, 2002.

[13]. Міжнародні стандарти якості освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://uadocs.exdat.com/docs/index-70147.html. – Назва з екрану.

[14]. Про затвердження Ліцензійних умов провадження освітньої діяльності закладів освіти. Постанова Кабінету міністрів України від. 30.12.2015 р. №1187. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zakon3.rada.gov.ua/ laws/show/1187-205-n. – Назва з екрану.

Облачные информационные системы и академические технологии подготовки специалистов по DevOps

Владимир Саенко
кафедра информационных управляющих систем,
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники Харьков, Украина
vladimir.sayenko@nure.ua

Cloud Information Systems and Academy Education Technology on Preparing Devops Specialists

Vladimir Sayenko
Information Control System department
Kharkov National University of Radioelectronics
Kharkov, Ukraine
vladimir.sayenko@nure.ua

***Аннотация*—Рассмотрены вопросы формирования концепции подготовки Devops специалистов для построения и сопровождения информационных систем с Cloud окружением. Представлен анализ эволюционного развития информационных систем. Предлагается образовательная технология для университетов по подготовке DevOps специалистов. Эта технология предоставляет интенсивный процесс обучения. Технология позволяет студентам успешно изучать DevOps инструментарий и технологи. Полученный уровень знаний полностью согласуется с требованиями ИТ компании.**

***Abstract*—The issues of forming the concept of training DevOps specialists for building and supporting information systems with a Cloud environment are considered. An analyzes on evolution developing of information systems is presented. Educational technology on preparing DevOps specialists is offered for universities. This technology provides an intensive learning process. The technology allows students to successfully study DevOps tools and technologists. The acquired level of knowledge is fully consistent with the requirements of the IT company.**

Ключевые слова—Devops, облачные технологии, Cloud приложения, электронное обучение, образование в университете, академическая подготовка

Keywords—Devops, cloud technologies, Cloud applications, e-learning, university education, academic training

I. Введение

Современное развитие информационных систем тесно связано с использованием облачных технологий. Никто уже не сомневается в том, использовать или нет облачные технологии. Вопрос в том, когда на них переходить. В какой-то мере сегодня мы наблюдаем очередной эволюционный этап в развитии информационных систем с общим доступом. Технологии виртуализации и облачные сервисы становятся неотъемлемой частью современных информационных систем, все больше проникая в разные области деятельности социума [2, 3].

Формирование навыков работы с информационными технологиями занимают особенную нишу и требует новых дидактических подходов [1, 2]. Одним из актуальных направлений являются технологии управления средой для информационных систем с виртуальными ресурсами в облачном окружении (DevOps).

Важное место занимает решение о выборе базовой облачной платформы.

К основным игрокам рынка облачных услуг относятся Amazon Web Services (AWS), Microsoft (Azure), Google (Cloud Platform- GCP), IBM (IBM Cloud), Salesforce (Service Cloud), DigitalOcean. Это лидеры в области облачных сервисов. Конкуренция среди платформ огромная. Перспективы развития показывают, что реально на рынке останется не больше трех платформ. Сегодня самыми популярными становятся AWS, GCP, Azure.

Потребность в специалистах, имеющих опыт работы по созданию систем в облачной среде, растет. Умение и знание студентами облачных технологий способствует большей заинтересованности работодателей [2, 4].

Основные направления деятельности для университета таковы: необходимо интегрировать методологию

облачных платформ и виртуальных систем в учебный процесс [2, 4]. Эти положения позволили сформулировать методологию реализации подготовки специалистов по направлению DevOps.

Предлагаемые результаты являются обобщением дидактического опыта Харьковского университета радиоэлектроники по организации учебного процесса при изучении облачных технологий [2, 6].

II. Эволюция Информационных Систем

Опишем сначала схему взаимодействия пользователя с информационной системой.

Взаимодействие может быть представлено схемой (Рис.1): пользователь - средство доступа пользователя – среда – средство доступа источника - источник информации.

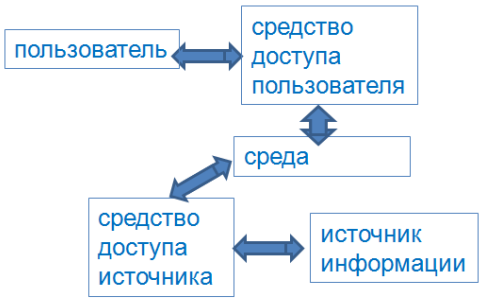


Рис.1. Схема взаимодействия

Простейший вариант такого взаимодействия состоял из телефона и оператора справочной службы.

Далее основная схема эволюционировала из-за эволюции каждой отдельной компоненты.

Как эволюционировал пользователь? От пользователя телефона до пользователя, работающего с интеллектуальным интерфейсом компьютера (смартфона).

Как эволюционировали средства доступа пользователя? От простого телефона к компьютеру и далее – к смартфону. От пропускной способности 300 бод – до 1 Gbps на одного пользователя.

Как эволюционировала среда? Прежде всего, среда – это магистральная система. Теперь это сложная структура, описываемая физическими линиями (каналами), логическими частями (компьютерные сети и протоколы) и передаваемым трафиком.

Физические лини эволюционировали от телефонной сети – к компьютерной сети – к гибридным интеллектуальным NGN сетям. От пропускной способности 64kbps – до 400 Gbps (и перспектива до 1-10 Tbps) на магистральных каналах.

Эволюционировали компьютерные сети – сначала существовали LAN и WAN независимо. Потом развитие LAN и WAN шло так, что LAN становились сложнее, а WAN – проще. Различие между ними становились все меньше, так что LAN стали просто частями WAN.

Поменялся качественно трафик. От пересылки простой текстовой оцифрованной информации в виде простого потока данных перешли к развитию сервисного подхода с разграничением сервиса пересылки файлов, телефонии (аудио поток), видео потоков; далее произошел переход к трансляции любого потока с возможным персональным видео контентом.

Как эволюционировали средства доступа источника? Сначала менеджер оператор, потом компьютер (сервер) – потом арендованный хост сервер – потом облачный ресурс.

Как эволюционировали источники? Сначала просто библиотека, бумажные носители и фото архивы, потом системы электронных архивов (диски, ленты), потом серверные хранилища, потом облачные хранилища.

Такая эволюционная картина компонент породила эволюцию информационных систем.

Информационные компьютерные системы начали свой эволюционный путь с систем с централизованным управлением и ограниченным множественным доступом (телефонные каналы).

Второй этап был связан с заменой телефонных каналов на каналы компьютерных сетей. Появилась новая коммуникационная инфраструктура – магистральная городская компьютерная сеть. Изменились устройства пользователей, изменились серверы и хранилища данных.

Третий этап был связан с широким использованием арендованных систем хранения и управления приложениями (хостинг).

Четвертый этап связан с широким использованием виртуальных систем и персонализацией ресурсов.

Все перечисленное повлияло на технологии разработки систем. И, как следствие, на технологии подготовки специалистов для разработки и сопровождения этих систем.

III. Концепция подготовки DevOps Специалистов

Что же изменилось при переходе к виртуальным ресурсам? Согласно базовой схемы взаимодействия пользователя с информационной системой (Рис. 1) большая часть компонент: среда, средства доступа к источнику и системы хранения становятся виртуальными. То, что раньше создавалось и сопровождалось физически, теперь создается как некоторые логические операции. Работа электронщика превращается в работу программиста (виртуальные сети и серверы). Программные системы не подстраиваются под существующий компьютер, а для приложения формируется специальное операционное окружение (контейнеризация). Процесс настройки физического окружения для информационных систем превращается в

процесс формирования логического окружения, описываемого специальными скриптами. Виртуализация полностью изменила и процесс разработки приложений, и процесс сопровождения информационных систем.

Вместо специалистов администраторов компьютерных сетей появились новые специалисты DevOps. Спрос на таких специалистов огромен. Уровень их квалификации должен быть достаточно высоким. Темпы подготовки быстрыми и степень начальной подготовки соискателя также должна быть высокой.

Будем рассматривать только подготовку специалистов в области ИТ технологий.

Что мы имеем сегодня?

В большинстве случаев университет готовит специалистов широко профиля. Чаще всего студент выбирает специализацию программирование. Любая другая специализация в большинстве случаев не пользуется популярностью у студентов. Студент перестает верить, что университет даст необходимую подготовку, которая поможет ему получить работу. ИТ компании начинают заниматься не своей работой – открывать разные курсы по целевой подготовке. Более эффективные решения получаются, когда такая специализированная подготовка проводится совместно с университетом. В этом случае принимается двухступенчатая процедура подготовки: первая ступень – подготовительная в университете (внешний круг), вторая ступень внутри компании (внутренний круг). В этом случае студент осознает мотивацию к обучению, ИТ компания передает полномочия в подготовке университету, а университет готовит заранее востребованных мотивированных специалистов.

IV. Академическая Технология подготовки DevOps Специалистов

В Харьковском университете радиоэлектроники [7] совместно с компанией СофтСерв [8] была разработана академическая технология целевой подготовки таких специалистов.

Схема подготовки представлена на рис. 2.

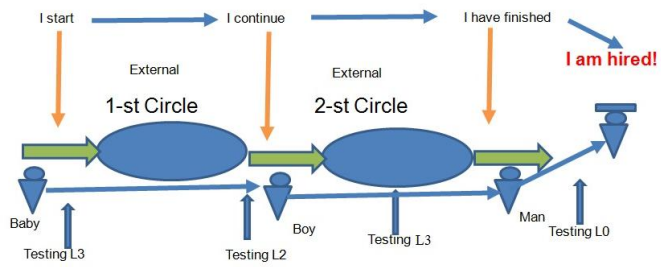


Рис. 2. Обобщенная схема подготовки

Основная задача – подготовка специалистов, которые сразу после подготовки приглашаются на реальные проекты.

Эффективность подготовки подтверждается, если специалист знает, как разрабатывать проект, а заказчик будет удовлетворен выполненной работой.

Для успешного старта необходимо два условия : 1) студент должен желать пройти подготовку, 2) ИТ компания должна иметь возможности такую подготовку организовать.

Главный критерий – мотивация студента. Главная цель студента – «я хочу получить работу по ИТ. Я выбираю Devops».

Что надо студенту для достижения цели? - Успешно пройти интервью. В чем состоит интервьюирование? – В проверке уровня знаний по сложному критерию. Предлагается рассматривать 6 компонент (K, S, E, T, C, En), где K – знания , S- умения, E – опыт практической работы, T – работа в команде, C - коммуникация, En – уровень знания английского. Проверку осуществляют соответствующие специалисты (см. рис. 3).

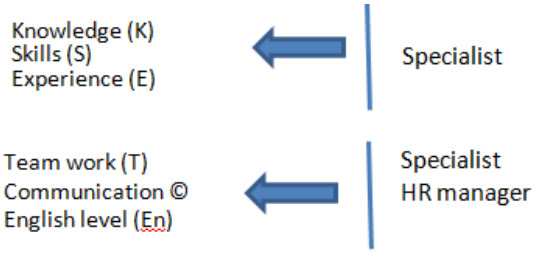


Рис. 3. Критерии тестирования

В этом случае цель студента становится более четкой – получение необходимого уровня знаний по каждой из составляющих (K, S, E, T, C, En). Как получить необходимые знания? Это не общие знания по ИТ, это целевые знания по направлению DevOps. Появляется точный путь - пройти два круга подготовки (Рис. 2). Как видно из рисунка, соискатель (студент) пройдет четыре этапа тестирования (Test L3, L2, L1, L0). После L3 – получает право поступить на обучение по кругу 1. После L2 – получает право поступить на обучение по кругу 2. После L1 – может получить досрочно место на проекте. После L0 – гарантировано получает место на проекте. Цель достигнута. Итак, формируется новая цель – пройти круг 1. Что получает студент после прохождения 1 круга? Базовые знания по DevOps, возможность перехода к подготовке по кругу 2, возможность успешного прохождении теста L2 для поступления на круг 2, возможность прохождения финального тестирования, сертификат базовой подготовки.

Направление DevOps сегодня является одним из самых сложных и ответственных. Множество сложных технологий, множество инструментария затрудняет быструю подготовку специалистов.

Для успешной реализации программы совместной подготовки предлагается следующая базовая концепция: подготовку строить на основе практических занятий;

показывать сразу, что будет финальным результатом; показывать, что достижение результатов не так сложно и вполне реализуемо; показывать, что этого будет достаточно для прохождения на второй круг подготовки.

Предлагается финальным заданием считать создание инфраструктуры среды для функционирования системы. Что понимаем под термином «инфраструктура среды»? Это может быть виртуально развернутая компьютерная сеть с серверами и инсталлированным специализированным программным приложением (Рис. 4).

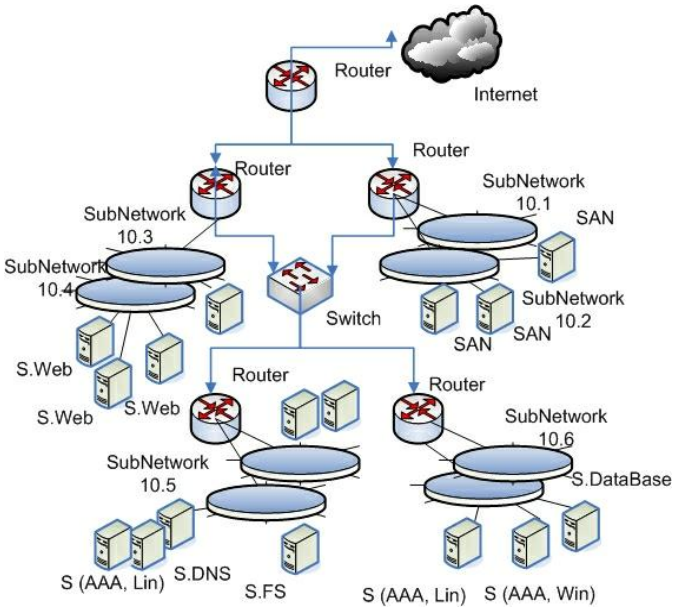


Рис. 4. Инфраструктура

Ресурсами такой системы будут Routers, Switches, Servers, DataBase, - Authentication (AAA- MSAD), Authentication (AAA- LDAP), DNS, - SAN (Storage Area Network), - NAS (Network Attached Storage).

Как же реализовать такую инфраструктуру? Предлагается использовать базовые ресурсы трех облачных платформ: AWS, GSP, Azure. Тогда общая схема проекта может быть представлена на рис. 5.

В каждой облачной среде разворачивается относительная простая базовая структура общей инфраструктуры, а потом все это объединяется через Terraform (Рис. 5)

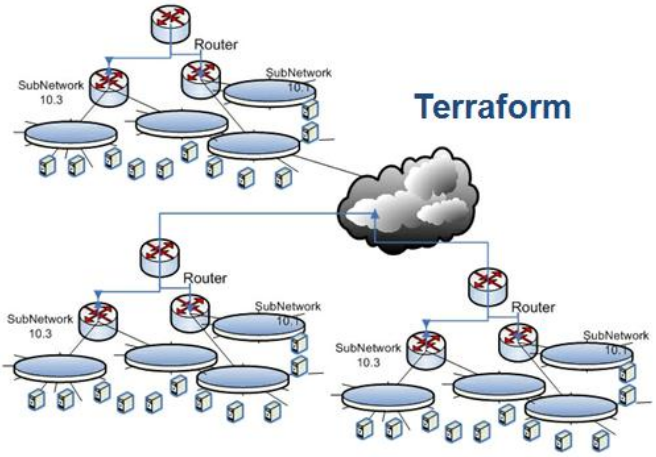


Рис. 5. Схема проекта

Тогда общая схема подготовки будет состоять из четырех частей, как показано на рис. 6.

В этом случае студент получает необходимый базисный минимум по направлениям подготовки. Этот минимум знаний охватывает технологии DevOps: Bash, PowerShell, Git, VBox, Vagrant, Jenkins, Terraform, Docker. А так же умение работать в средах AWS, GSP, Azure.

Успешность и законченность технологии проверена при проведении реальной подготовки студентов (слушателей).

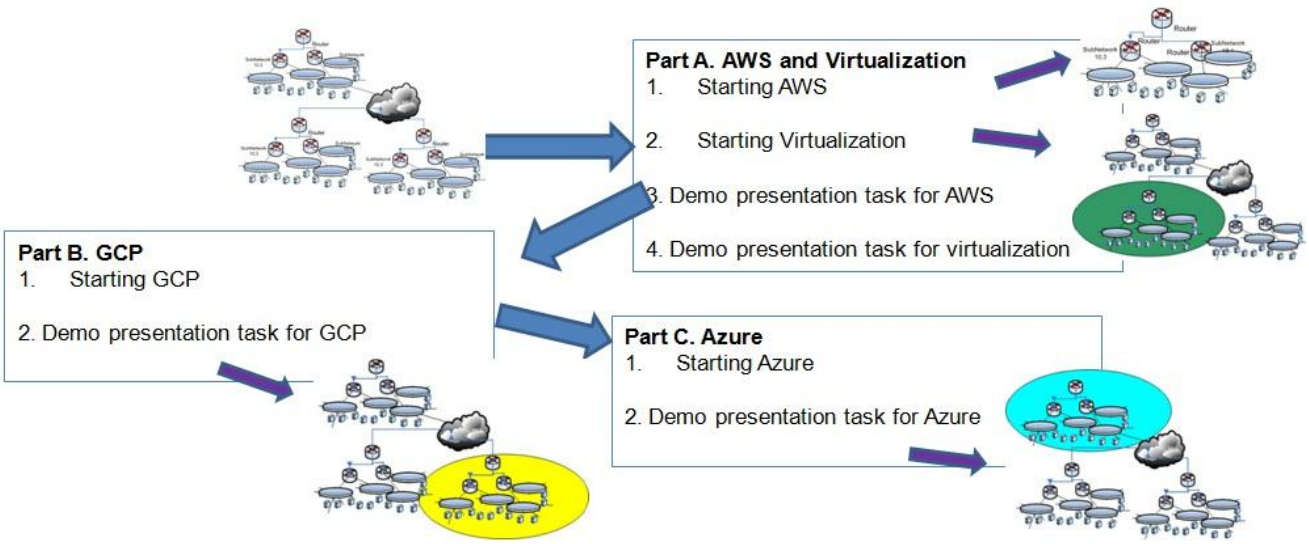


Рис. 6. Схема подготовки специалистов

V. Выводы

Предложен анализ эволюционного развития информационных систем, особенности построения систем с облачной инфраструктурой. Предложена академическая технология подготовки специалистов по направлению DevOps.

Литература

[1] Прохорова М.П., Семченко А.А. Концептуальные основы реализации инновационного развития педагогического образования // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 4. – С. 14.

[10] В.В., Семенец, В.М. Левыкин, В.И. Саенко. Исследование и анализ дидактической политики университета при подготовке специалистов по информационным технологиям\АСУ и приборы автоматики , №175, 2018. – 4 14 с.

[11] Легезо Д., Мзюко В. Облачные технологии\Ведомости. Касперский. 2018 [Online]. Available: http://kaspersky.vedomosti.ru/tehnologii/cloud

[12] Ваганова О.И., Дворникова Е.И., Кутепов М.М., Лунева Ю.Б., Трутанова А.В. Возможности облачных технологий в электронном обучении // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 6-2. – С. 183-187

[13] Партнерство IBM+ ХНУРЭ\ [Online]. Available: https://sites.google.com/a/nure.ua/ibm/

[14] Саенко В. Академическая Технология Изучения Облачных Сервисов IBM Cloud (в ХНУРЭ)\ Информационные системы и технологии ИСТ2018: материалы 7-ой Международ. науч.-техн. конф., Коблево, 10-15 сентября 2018 г.: тезисы докладов/[редкол.: А.Д. Тевяшев (отв. ред.)]. – Х.: ДРУКАРНЯ МАДРИД, 2018. –4 с.

[15] Сайт ХНУРЭ\ [Online]. Available: https://nure.ua

[16] Сайт СофтСерв [Online]. Available: https://www.softserveinc.com/uk-ua/

Секція 6.
Програмна інженерія.

Section 6.
Software engineering.

Дослідження Метрик Програмного Забезпечення у Розробці Адаптивних Навчальних Систем

Ольга Ашурова
кафедра Програмної Інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
olha.ashurova@nure.ua

Ігор Шубін
професор кафедри Програмної Інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
igor.shubin@nure.ua

Research Software Metrics used in the Development of Adaptive e-Learning Systems

Olga Ashurova
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
olha.ashurova@nure.ua

Igor Shubin
PhD, professor, Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
igor.shubin@nure.ua

Анотація — Розроблено програмну реалізацію адаптивної навчальної системи, що використовує як чисельні, так і якісні метрики у своїй роботі. Типом адаптивної системи було обрано систему на основі правил. Програмно реалізовано запобігання шахрайованню під час проходження контролю знань, а також, отримання даних, на основі яких можна реалізувати адаптацію матеріалу у реальному або близькому до реального

***Abstract* — A software implementation of an adaptive training system has been developed that uses both numerical and qualitative metrics in this work. The type of adaptive system was chosen system based on rules. Program implemented fraud prevention controls during their knowledge and also get data on which to implement adaptation material in real or near real**

Ключові слова — метрики; адаптивні навчальні системи; отримання даних; контроль знань; запобігання шахрайованню під час проходження контролю знань

Keywords — metrics; adaptive training systems; obtaining data; control of knowledge; prevent fraud during their knowledge control

I. Вступ

Самонавчання вже давно стало популярним засобом отримання нових знань не тільки людьми, що вже закінчили свій освітній шлях, а й людьми все ще пов'язаних зі сферою освіти. Будь то вступні курси, що проходять люди, тільки отримавши робоче місце чи перевірка знань студенту університету, проводити курси а також перевіряти їх знання особисто викладачам складніше ніж за допомогою спеціальних програмних застосувань.

Проте, через відсутність вчителя-людини у користувачів таких застосувань зазвичай виникає як несправедлива перевага під час, наприклад, перевірки знань такими програмами, так і недоліки у вигляді неможливості задати уточнююче питання, якщо воно виникло чи відповісти вірно, але своїми словами [1].

Створення нових чи удосконалення існуючих метрик є необхідним для роботи адаптивних навчальних систем [2].

Метою роботи є вдосконалення існуючих засобів оцінювання рівня знань користувачів адаптивних навчальних систем шляхом аналізу вже існуючих метрик та розробки нових з використанням додаткової інформації, окрім вірності відповідей на контрольні запитання.

II. Метрики в адаптивних навчальних системах

Розумні адаптивні навчальні системи швидко розвиваються, але все ще знаходяться на експериментальній стадії. Добитися адаптивності можна як шляхом застосування існуючих шляхів створення адаптивних систем так і шляхом самостійного створення й використання метрик. Для реалізації більш вірного оцінювання необхідно метрики в результаті використання яких має вийти деяка чисельна чи якісна оцінка[3].

Роздивимось приклад використання метрик у дії. Нехай, P – оцінка знання користувачем теми, x – кількість вірних відповідей, y – кількість невірних. Таким чином ми зможемо отримати відсоток теми, яку користувач системи зрозумів: $P = \frac{x}{x+y}\%$. При недоборі відсотків, тема не буде вважатися пройденою і буде починатися з початку, поки тест не буде пройдено. Такий метод аналізу не

використовуватиме нічого окрім звичайного збору статистики і надаватиме такий же самий результат, що і неадаптивна навчальна система. Якщо ж, наприклад, додатково ввести у систему оцінювання деяку змінну M_i – оцінку за відповідь на питання по підтемі *i*, то окрім загальної оцінки за тему ($\sum_0^i M_i$) ми додатково зможемо отримати інформацію про оцінку знань користувача саме у якійсь конкретній підтемі [4].

Цією змінною можна замінити значення *x* та *y* у формулі і, все ще отримуючи оцінку, що легко зрівнюється з тією, що використовується у сфері освіти, отримувати додаткову інформацію, необхідну для легкої реалізації програмної адаптивності навчальних систем. З заміною *x* та *y*, формула набуде наступного вигляду: $P = \frac{\sum_0^i M_i}{\sum_0^i M_{max}}\%$, де $\sum_0^i M_i$ – загальна оцінка за тему, а $\sum_0^i M_{max}$ – максимальна можлива оцінка.

Припустимо, адаптивній системі необхідно автоматично вживати заходів щодо зміни оцінки, за підозри студенту у шахрайстві під час проходження контролю знань. Тоді, формула прийме наступний вигляд: $P = \frac{\sum_0^i M_i}{\sum_0^i M_{max}}\% - z\%$ і з неї слідує, що один набраний бал рівноцінний одному набраному відсотку підозри у шахрайстві. Тобто, за ідеально пройденого контролю, при 100% підозрі у шахрайстві така формула може анулювати оцінку. Такий підхід вимагає від змінної z бути максимально точною. Проте, навіть за її правильного написання, викладач може вважати, що віднімати всі бали це занадто і хоче щоб в такому випадку пониження балів зупинилось на відмітці у 60 або 75 балів. У такому випадку, у формулі необхідно використати вагу.

Щоб оцінка не могла впасти нижче за 60 у випадку набору 100 балів студентом, необхідно щоб значення *z* не могло приймати значення вище за 40. У випадку стобальної системи, це означає, що значення *z* необхідно помножити на $\frac{100-x}{100}$, де *x* – бажана мінімальна оцінка. Формула прийме такий вигляд: $P = \frac{\sum_0^i M_i}{\sum_0^i M_{max}}\% - z\% * 0{,}4$. Або ж наступний: $P = \frac{\sum_0^i M_i}{\sum_0^i M_{max}}\% - z\% * 0{,}25$, якщо ціллю є не дати оцінці впасти нижче за 75 балів.

Припустимо, що формула визначення оцінки за курс буде складатись із оцінки, отриманої під час проходження контролю і з оцінки, від якої віднімаються бали за кожний відсоток підозри у шахрайстві. Визначимось, що перша оцінка має більшу цінність за другу і видамо критеріям по вазі. Перша оцінка матиме вагу у 60%, а друга у 40%. Тоді формула буде мати наступний вигляд: $P = \left(\frac{\sum_0^i M_i}{\sum_0^i M_{max}}\%\right) * 0{,}6 + (\frac{\sum_0^i M_i}{\sum_0^i M_{max}}\% - z\%) * 0{,}4$. Недоліком же чисельного засобу є обмеженість його роботи лише з такими властивостями, що можуть бути виражені кількісно. Проте, самі процеси адаптивності, зазвичай, реалізуються якісними метриками.

Якісні метрики характеризують об'єкт у вигляді слів, фраз чи просто символів. Припустимо, що кожна відповідь на тест у навчальній системі має наступний вигляд: *Question(id, topic, theme, state)*, де *id* – порядковий номер питання у контролі, *topic* – назва теми, що перевіряється, *theme* – назва підтеми, до якої відноситься питання, а *state* – стан відповіді, що може мати тільки два значення «вірно» чи «невірно». Кожний із перерахованих значень є якісною інформацією і, хоч деякі з цих даних і виражено у вигляді чисел, жодних арифметичних операцій над ними не відбувається, бо вони несуть у собі важливу інформацію Якщо це необхідно, у значення можна залучити кількісні дані. Наприклад, якщо це зробити з попереднім прикладом, і додати до нього значення оцінки за тему та конкретну підтему, відповіді матимуть наступний вигляд: *Question(id, topic, theme, state, theme_mark, subtheme_mark)*, де нові змінні *theme_mark* та *subtheme_mark* відповідно являються $\sum_0^i M_i$ та M_i, розглянутими вище кількісними даними, що можуть надалі приймати участь у більш складних розрахунках всередині функції під назвою *Question* чи іншою, яка приймає значення *Question* за вхідні дані.

Якісні метрики можуть навіть складатись виключно з кількісних даних. Припустимо, нам необхідна метрика, яка б збирала та зберігала всю інформацію про проходження курсу певним студентом. Тоді, ця метрика матиме наступний вигляд: *Course(avg_theme_mark, ls_of_theme_marks, avg_subtheme_mark, ls_of_subtheme_marks, avg_test_mark, ls_of_test_marks, final_test_mark, cheating_detection)*, де *avg_theme_mark* – середня оцінка відповідей на питання з усіх тем, *ls_of_theme_marks* – перелік усіх оцінок за кожну тему, *avg_subtheme_mark* та *ls_of_subtheme_marks* – те ж саме, але з оцінками за підтеми, а *avg_test_mark, ls_of_test_marks* та *final_test_mark* – з усіма оцінками за тести в цілому, а *cheating_detection* – вирахуваний відсоток можливості шахраювання під час контролю знань. Маючи доступ до цих даних, можна створити алгоритм, який би вираховував єдину фінальну кількісну оцінку за курс, використовуючи для цього складні математичні операції, але при цьому, зберігав би вхідні дані для їх фінального виведення викладачу чи студенту у вигляді статистики.

Роздивимось приклад реалізації адаптивності подачі матеріалу за допомогою якісної метрики. Використаємо для створення якісної метрики дані різних типів і отримаємо метрику розуміння студентом теми наступного вигляду: *Topic(id, time, results, rel_topic)*, де *id* – порядковий номер теми, *time* – час, витрачений на читання теми, *results* – кількісна метрика, відповідна за результати попередніх проходжень тестів, пов'язаних з цією темою, *rel_topic* – стан розуміння пов'язаних з цією тем маюча стани «повна», «неповна» і «відсутня».

Користуючись цією метрикою, можна отримати картину знань користувача і програмно, без втручання

викладача, автоматично прийняти рішення, чи впорається з цією темою студент чи ні. Користуючись цією інформацією, можна заглянути у значення *Course* та *Question* та дізнатися, з якими саме темами та підтемами в користувача проблеми та підлаштуватись під його рівень знань, згенерувавши для нього тему, яка б складалась з більш просто сформульованого матеріалу по проблемним для користувача темам та підтемам, та одразу додати запитання по ним у контроль знань, а також, додати до них новий матеріал для продовження вивчення курсу, а не тільки повторення старого.

Як можна побачити, якісні дані найбільш корисні для написання програмної реалізації поведінки адаптивної системи. Проте, для розрахунків більше підходять саме кількісні метрики. Вони можуть використовуватись для обчислень у коді, а якісні метрики ці результати можуть зберігати і виводити користувачам у зрозумілому вигляді.

III. Реалізація адапливної навчальної системи

На основі проведеного аналізу вирішено розробити програмне застосування, що демонструвало б можливості програмної реалізації адаптивної навчальної системи.

Через відсутність потужних обчислювальних систем та можливості дозволити собі її розташування та обслуговування, а також через бажання продемонструвати наявність адаптивності у системі, що не є онлайн-сервісом та не використовує профілі користувачів, типом адаптивної системи, що розробляється, було обрано не систему на основі машинного навчання чи складних алгоритмів. Алгоритм адаптивності в даному випадку буде написаний одразу, а не оснований на навчанні на вводі користувачів, тому розробляти систему на основі машинного навчання в даному випадку буде зайвим. А якщо система не планується бути онлайн-сервісом з великою кількістю користувачів, то і на основі складних алгоритмів її робити не слід. Саме тому система на основі правил є оптимальним варіантом створення демонстрації адаптивної системи.

Через описані вище проблеми з етапом адаптації подачі матеріалу у режимі реального або близького до нього часу, а саме, складність знайти єдині для всіх користувачів крайні значення часу необхідного на читання та освоєння теми, для реалізації адаптивності було обрано етап проведення контролю знань. Адже на ньому легко отримувати необхідні для оцінювання рівня їх знань дані. Серед них: час, витрачений на відповідь, виявлення проблем з читанням тексту, а саме його пропуск чи затримання на ньому перед надаванням відповіді, кількість зроблених кліків миші, кількість разів, коли вікно програми ставало неактивним, оцінка вірності відповіді на питання, тощо.

На основі цих даних можна створити додаток, який реалізовував би етап контролю знань і програмно слідкував би за можливими проявами шахраювання, а у результаті виводив би дані, які при повторному введені у систему у вигляді вхідних даних, могли б приймати участь у реалізації адаптивності як контролю знань, так і подачі матеріалу.

З точки зору графічного інтерфейсу, вікно програми вирішено розбити на дві частини. Перша відображає вікно проходження контролю знань, яке звичайно бачить під час його проходження користувач, а друга – інформація, яка зазвичай залишається для користувачів невідомою.

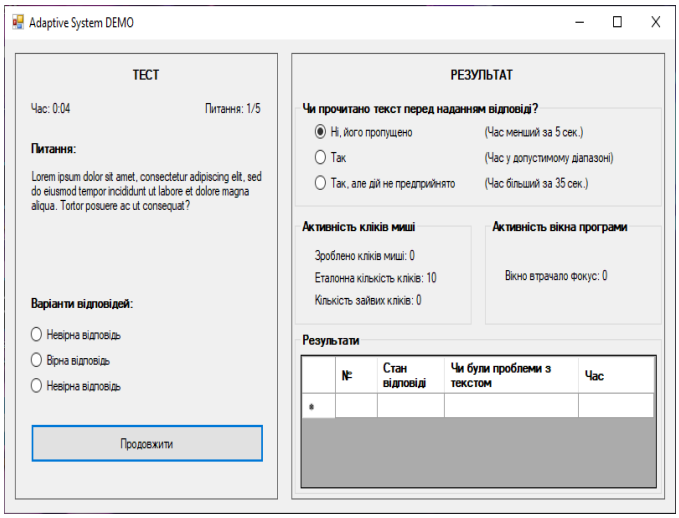


Рис. 1. Вигляд інтерфейсу додатку

У лівій частині розташовано елементи, які зазвичай присутні у неадаптивних системах контролю знань (час проходження контролю, прогрес його проходження, питання, варіанти відповідей, кнопка підтвердження відповіді). У правій – візуалізуються механізми адаптивної навчальної системи, які у режимі реального чи близького до реального часу та основуючись на діях користувача уживають заходів щодо адаптації своєї роботи та перешкоджання шахраювання під час контролю. Серед механізмів перешкоджання шахраювання реалізовано наступні: перевірка тексту на екрані на його прочитання, наявність підозрілої зайвої активності миші, наявність підозрілої активності у вигляді зникнення фокусу на вікні програми, а отже, користуванні сторонніми під час проходження контролю.

Через можливість при наявності проблем з розумінням теми користувачем під час контролю як зміни вибору відповіді, так і спроб скопіювати текст питання та пошукати його у зовнішніх джерелах, було вирішено підраховувати кількість кліків миші по активним елементам та полю з текстом питання, а також кількість зміщень фокусу з вікна програми на щось інше.

Підрахунок кількості кліків миші по активним елементам програми, а саме по варіантам відповіді, кнопці та полю з текстом питання, може надавати важливу для автоматичного оцінювання рівня можливості шахраювання під час проведення контролю інформацію. Адже, підрахувати ідеальний варіант, у якому користувач системи знає відповідь та обере її лише один раз перед натисканням кнопки підтвердження, дуже легко. Математично це підрахувати дуже легко: кількість вірних відповідей у тесті треба додати до кількості запитань у тесті. Таким чином ми даємо користувачу можливість обрати тільки правильні варіанти відповідей та натиснути

на кнопку підтвердження у кожному питанні. Якщо кількість кліків перевищить це значення, є велика вірогідність, що відповідь було надано навмання.

Через свою простоту, у випадку необхідності, ця функція може отримувати індивідуальні рішення для кліків по різним елементам, в залежності від того, грає роль у підрахунку оцінки така поведінка чи ні.

Останнім елементом правої частини вікна є зображена на рис. 2 таблиця результатів, куди зберігаються різні дані під час відповіді на кожне окреме запитання.

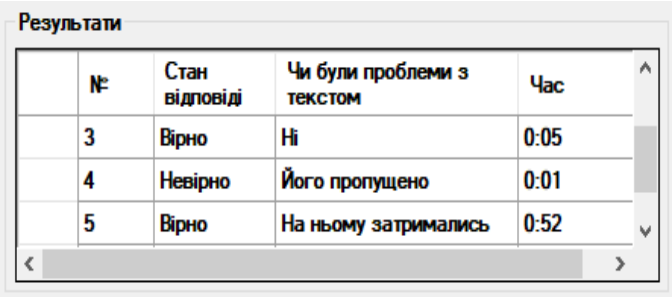


Рис. 2. Таблиця результатів

Проте, й вірогідність звичайної помилки чи так званого «міскліку», тобто випадкового натискання на кнопку миші чи випадковий вибір не того варіанту, який хотілось користувачу, викидати не можна. Ця функція може за потреби визиватися із кожного елементу програми, що має подію Click.

У ньому відображаються дані які можна збирати з користувача у режимі близького до реального часу, щоб процес адаптації не був обмежений необхідністю чекати кінця курсу чи контролю, адже отримані у таблиці дані отримуються одразу ж після підтвердження відповіді на кожне питання. Додатковий збір інформації у близькому до реального часу, досягнуто наступним чином:

Збір даних відбувається при кожному натисканні кнопки підтвердження відповіді на питання.

IV. Висновки

В результаті проведеного дослідження була визначена проблема відсутності загальноприйнятих метрик адаптації у адаптивних навчальних системах через їх відносну новизну.

Задля вирішення цієї проблеми було проаналізовано корисність використання метрик у процесі розробки адаптивної навчальної системи. Такі метрики як чисельні і якісні показали себе як найбільш корисні, такі як дерева рішень, мережі Петрі, ланцюги Маркова – як нескладний засіб заміни собою цілої системи правил.

У результаті аналізу було розроблено програмну реалізацію адаптивної навчальної системи, що використовує як чисельні, так і якісні метрики у своїй роботі. Типом адаптивної системи було обрано систему на основі правил. Програмно реалізовано запобігання шахраюванню під час проходження контролю знань, а також, отримання даних, на основі яких можна реалізувати адаптацію матеріалу у реальному або близькому до реального часі.

Література References

[1] Дослідження логічних моделей семантики переговорів інтелектуальних агентів в мультиагентних системах // http://science.donntu.edu.ua/ius/kirgaev/diss/indexu.htm

[2] С.М. Бурбело, О.С. Стародуб, // Вибір гнучких методів розробки програмного забезпечення - УДК 004.738.5 - 2013

[3] Ю.М. Гонтар, О.Ю. Чередніченко, О.В. Янголенко, М.А. Вовк - розробка розподіленої системи обробки бізнес-інформації з використанням агентного підходу / Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків – 137-141с - УДК 004.91

[4] SWEBOK Guide V3.0 // ISBN-10: 0-7695-5166-1 // ISBN-13: 978-0-7695-5166-1 // 2013

[5] Дослідження логічних моделей семантики переговорів інтелектуальних агентів в мультиагентних системах // http://science.donntu.edu.ua/ius/kirgaev/diss/indexu.htm

[6] О. А. Симоненко , О. Я. Сова , В. А. Романюк , Я. Л. Уманець. Аналіз існуючих агентних платформ для побудови систем управління вузлами мобільних радіомереж класу manet Системи обробки інформації. – 2014. – № 1(117). – С. 200-203

Веб-портал для Обучения Программированию

Владимир Бондарев
кафедра программной инженерии
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
volodymyr.bondariev@nure.ua

Юлия Черепанова
кафедра программной инженерии
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
yulia.cherepanova@nure.ua

Web Portal for Teaching Programming

Volodymyr Bondariev
Department of Software Ingineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.bondariev@nure.ua

Yulia Cherepanova
Department of Software Ingineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
yulia.cherepanova@nure.ua

***Аннотация* — С целью улучшения обучения программированию создан веб-портал, содержащий много функций, полезных преподавателю и студентам. Портал эксплуатируется длительное время и хорошо себя зарекомендовал.**

***Abstract* — In order to improve programming instruction, a web portal has been created that contains many functions useful to the teacher and students. The portal has been operating for a long time and has proven itself well.**

Ключевые слова — обучение программированию; задача; автоматическая проверка решений; контроль знаний

Keywords — teaching of programming; a task; automatic testing; knowledge control

I. Введение

К счастью для преподавателей программирования профессия программиста в нашей стране является престижной и привлекает способную молодежь. Обратной стороной медали является разрыв между качеством студентов и качеством преподавания. С целью преодолеть этот разрыв предлагается специализированный учебный портал, рассчитанный на использование в рамках одного вуза, или факультета, или даже одной кафедры. Портал содержит презентации лекций и задачи по программированию и предоставляет различные сервисы как студентам, так и преподавателям.

Преподавателям предлагаются услуги по созданию, проведению и публикации лекций, проведению контрольных работ, получению данных об активности студентов. Студентам доступны конспекты опубликованных лекций и задачи с автоматической проверкой для самостоятельного решения. При помощи портала студенты выполняют контрольные задания и получают свои оценки. Представим основные функции портала более детально.

II. Презентации

Презентация служит преподавателю во время чтения лекции, она же исполняет роль конспекта во время самостоятельной работы студента. Для совмещения этих ролей в презентацию можно включать содержание, которое будет видно при самостоятельной работе и скрыто во время проведения лекции. Преподаватель может изготовить и сохранить на портале целую серию презентаций, обеспечив лекциями всю свою дисциплину.

Автоматизация в отношении презентаций заключается в том, что преподаватель создает лишь «черновик» презентации, а окончательный вид она приобретает в результате трансляции черновика в HTML-документ. Наблюдая за лучшими образцами интернет-курсов [1,2], можно заметить, что содержание их презентаций последовательно разворачивается перед глазами слушателей. При этом уже «пройденное» не сразу исчезает с экрана, а уходит постепенно, по мере поступления нового материала, и именно такой вид имеет скомпилированная презентация. Пример исходного текста и скомпилированного из него HTML-документа показаны на рис. 1.

Когда приходит время читать лекцию, преподаватель выбирает нужную презентацию и запускает ее в режиме воспроизведения. При этом открывается тот же HTML-документ, но с возможностью его последовательного развертывания.

В верхней части окна расположена полупрозрачная панель, на которой преподаватель видит время, оставшееся до звонка, общее количество слайдов в лекции и сколько из них уже открыты, индикаторы вопросов, поступающих от слушателей, карандаш для рисования поверх текущего слайда. Панель видна в режиме чтения

лекции и скрыта, когда студент просматривает опубликованную презентацию.

Во время лекции студенты могут задавать вопросы не только устно, но и письменно, отправляя их с мобильных устройств или ноутбуков. Преподаватель видит индикатор вопроса и может открыть вопрос и ответить на него во время лекции или позднее, но уже в письменной форме. Письменные вопросы и ответы сохранятся в чате портала в виде сообщений.

После или непосредственно перед лекцией преподаватель может опубликовать, презентацию сделав ее доступной для студентов, а точнее, для всех зарегистрированных пользователей портала.

III. Проведение контрольных работ

Для проведения контрольных применяется тот же механизм, что и для самостоятельного решения задач – служба автоматического задачника. Чтобы организовать контрольную работу, преподавателю достаточно выбрать подходящую задачу и указать, сколько минут он дает на ее решение. Форма для организации контрольной работы показана на рис.2 слева.

Главная забота преподавателя во время проведения контрольной – обеспечить достоверность результатов. Нужно признать, что с развитием средств коммуникации способы заимствовать чужие решения тоже развились. Поэтому в систему проведения контрольных встроена автоматическая проверка "на плагиат" – оценка степени сходства данного решения с каким-то из ранее присланных решений этой же контрольной.

В базе сохраняются все попытки решения задачи, как удачные, так и неудачные. Поэтому еще одним индикатором потенциальной несамостоятельности является скорость написания кода, которое также замеряется автоматически. Если разница между двумя версиями решения велика, а время, прошедшее между ними, мало, то решение было скопировано, а не написано.

В ходе контрольной преподаватель видит на своем экране состояние каждого студента (задача не открыта, решается, успешно решена, время решения истекло) и те решения, которые студент отправлял на проверку, вместе с ответами на них проверяющей системы. После контрольной можно рассмотреть как успешные, так и ошибочные решения вместе со всей группой или только с их автором.

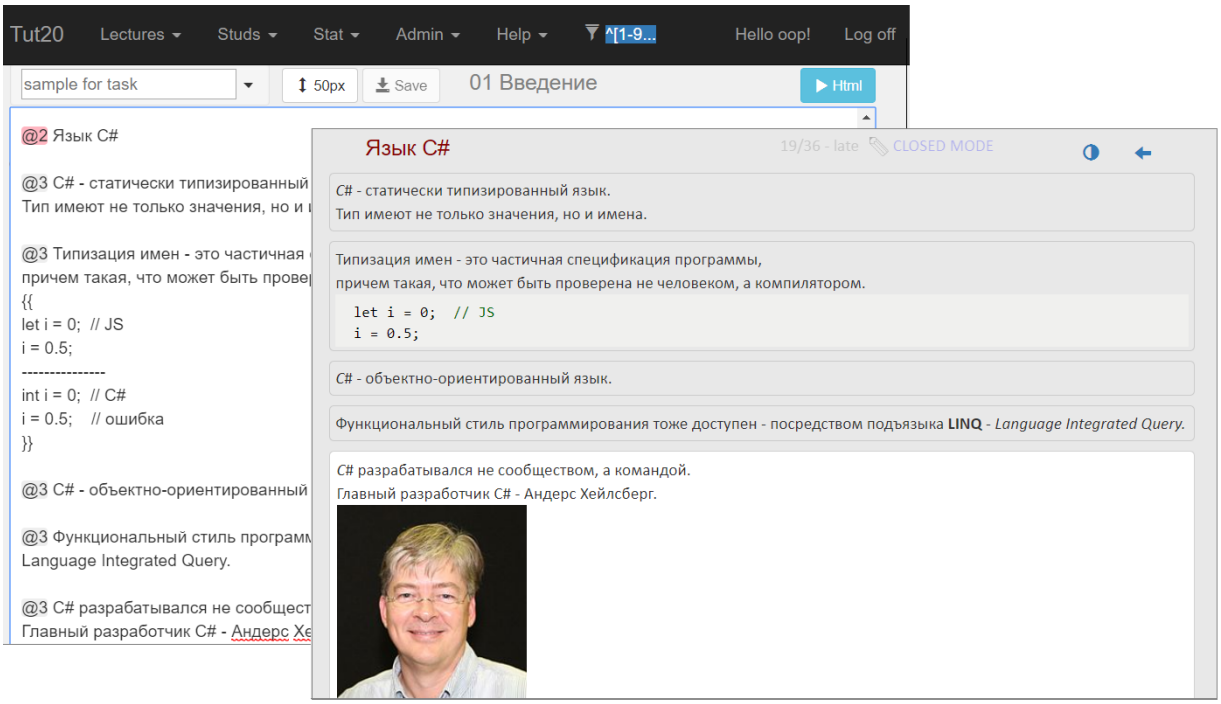


Рис. 3. Черновик презентации и скомпилированный HTML-документ.

IV. Самостоятельное решение задач

Как известно, чтобы научиться программировать, необходимо решать задачи. Предлагаемые на портале задания не требуют от студента написать законченную программу с вводом данных, и выводом результатов. Студент должен предоставить фрагмент кода, точно соответствующий заявленной спецификации, т.е. условию задачи. Такой подход, во-первых, позволяет ставить самые разные задачи, во-вторых, избавляет студента от рутинной работы.

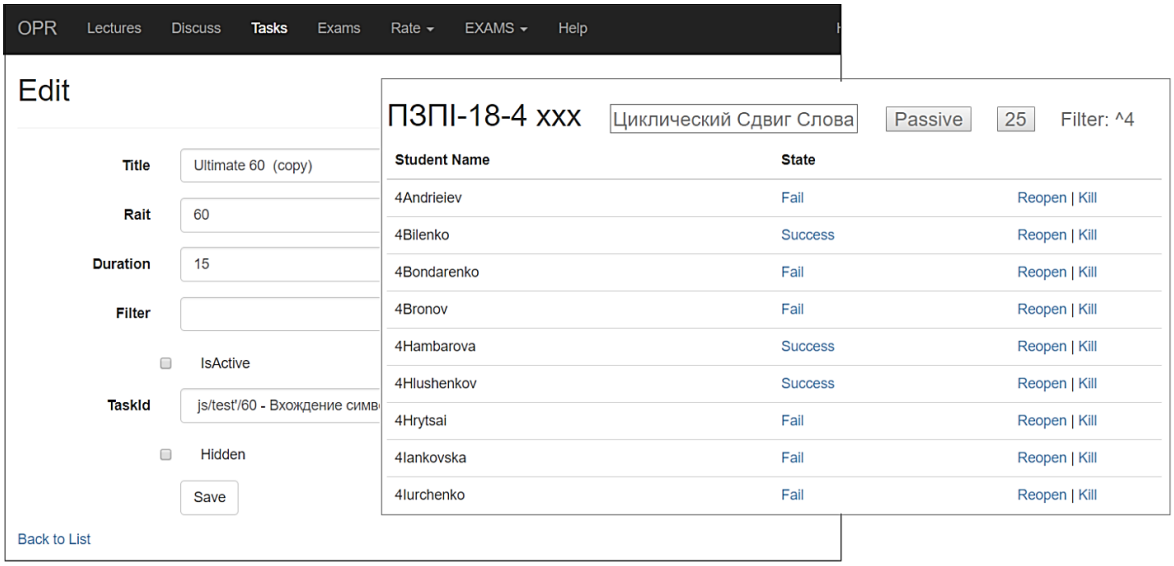


Рис. 4. Страницы подготовки и проведения контрольной работы.

Помимо условия, задача включает авторское решение и контекст проверки. Контекст проверки – это полноценная программа с точкой входа и указанием места, куда следует поместить проверяемый код. Когда таковой поступает на проверку, он вставляется в контекст, полученная программа компилируется и выполняется. Фактически контекст осуществляет модульное тестирование присланного решения и сообщает о результате, как правило, при помощи исключений с поясняющими сообщениями. Сообщение отправляется студенту в ответ на присланное решение. На рисунке 3 показана индексная страница задачника (на заднем плане), на переднем – форма для создания новой задачи.

Готовя задачу, преподаватель обязан дать авторское решение – необходимую составную часть задачи.

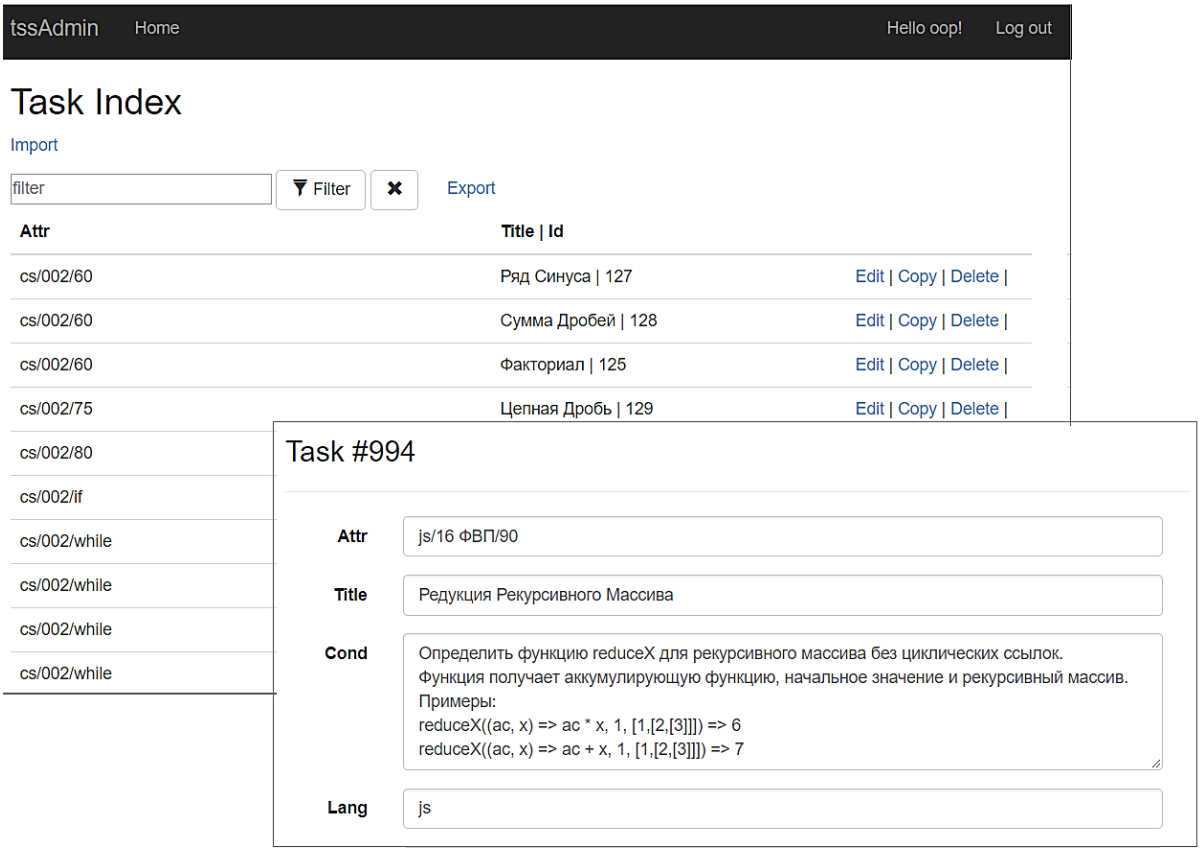


Рис. 5. Индекс задач и панель редактирования задачи.

Во время принятия задачи в задачник авторское решение играет роль пользовательского решения и задача будет принята, только если авторское решение пройдет проверку контекстом. Хотя успех проверки и не гарантирует полного отсутствия ошибок в контексте проверки, но кардинально снижает их количество. К тому же при разборе задачи преподаватель может показать авторское решение как пример (надеемся, что положительный).

V. Обратная связь

Портал обеспечивает преподавателя обратной связью в процессе обучения. Во-первых, это оперативная информация о самостоятельной работе (работа с конспектом лекций и решение задач), во-вторых, данные о текущей и итоговой успеваемости (контрольные и лабораторные работы). Информация подается в графической и табличной форме.

На рисунке 4 показан график "посещаемости" опубликованных интернет-лекций.

По горизонтали отложено время обучения, по вертикали – количество уникальных посещений лекций. Лекции публиковались автором по мере их прочтения, в таком порядке они расположены на графике. При помощи фильтра преподаватель может выбрать тот контингент студентов, который его интересует (напомним, что опубликованные материалы доступны всем зарегистрированным пользователям, а не только тем, кто это "официально" изучает). Приведенный на рисунке 4 пример показывает, что интерес слушателей к предмету убывал по мере прохождения курса, но происходило это не слишком быстро. Примерно таким же образом показывается количество задач, решенных студентами за каждую неделю.

VI. Функции для студента

Студентам доступны все опубликованные лекции по всем дисциплинам, присутствующим на портале. Студенты в любое время могут решать задачи с автоматической проверкой, которые они находят в лекциях. Студенты могут просматривать свои и чужие решения каждой задачи (чужие только после того, как дадут свое). Решения можно обсуждать в чате, там же можно задавать вопросы по лекциям и задачам. На вопросы отвечают другие студенты, а если таковых не окажется, то преподаватель, который ведет дисциплину.

Успехи в решении задач отражаются в рейтингах – индивидуальном и групповом. Рейтинги являются неофициальными и не влияют на семестровую оценку непосредственно, но могут быть использованы для начисления бонусных баллов, например, за самые ранние решения задач или за решение наиболее сложных.

В студенческой версии портала есть страница для выполнения контрольных работ. Когда преподаватель активирует контрольную, на странице появляется условие задачи, окно редактора для ввода решения и кнопка "Проверить". Студент вводит свое решение, нажимает кнопку и видит, прошло ли оно проверку. В случае успеха, спустя три секунды, страница задачи закрывается, в случае неудачи студент получает сообщение об ошибке, и должен продолжать работу. На странице виден остаток времени, отведенного на задачу.

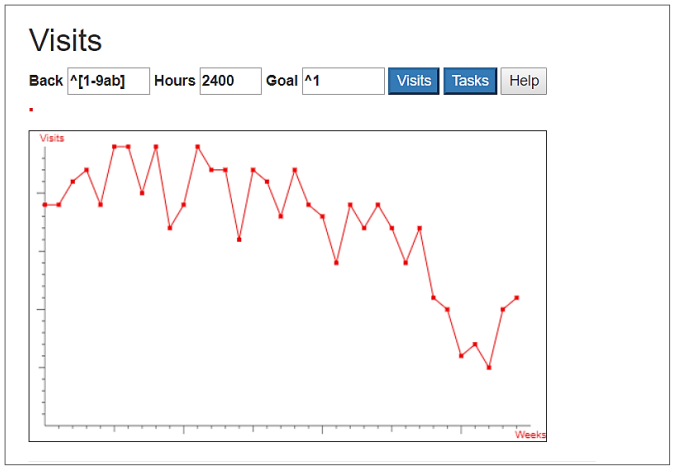


Рис. 6. График посещаемости лекций.

Контрольная выполняется в аудитории в присутствии преподавателя (или другого лица, которое способно обеспечить аутентичность результатов).

VII. Техническая реализация

Последняя версия портала реализована на платформе ASP.NET Core 2.0 и представляет собой несколько web-приложений, объединенных общей базой данных. Функции портала, связанные с решением задач, поддерживаются веб-сервисом автоматического задачника [3].

VIII. Заключение

Описанный в статье образовательный портал эксплуатируется в НУРЕ уже четыре года и показал не только свою полезность, но даже необходимость поскольку число студентов на кафедре выросло за это время с пяти групп до одиннадцати. Помимо обучения студентов, портал используется для проведения различных тренингов и курсов.

Важную роль в работе портала играет служба автоматического задачника, которая обеспечивает самостоятельную работу студентов и тестовый контроль. Недостатком автоматической проверки является то, что не принимается во внимание качество кода, но работа над этим ведется.

Литература References

[1] Stepik (Стэпик) — образовательная платформа и конструктор онлайн-курсов. [Online]. Available: https://stepik.org/.

[2] PROMETEUS — бесплатные онлайн-курсы от преподавателей КНУ, КПИ и Киево-Могилянской академии. [Online]. Available: https://prometheus.org.ua/.

[3] Dr. Afif J. Almghawish, Dr. Alexandre F. Ossyka, Dr Issa S. – Software Support For Programming Language Tutorials. – World of Computer Science and Information Technology Journal (WCSIT) ISSN: 2221-0741 Vol. 3, No. 9, 144-149, 2013

System Analysis of the Parallel Execution Problem

Denys Goldiner
dept. of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
denys.holdiner@nure.ua

Andriy Tevyashev
dept. of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
tad45ua@gmail.com

***Abstract*—The article studies the prerequisites for the appearance and dissemination of the approach to optimizing the execution of program code through the simultaneous execution in several threads, analyzes the problem of parallel computing, identifies factors affecting the feasibility and effectiveness of the implementation of the architectural solution for multi-threaded program execution. Also, the problems that may arise during the implementation of optimization are considered. The main advantages and disadvantages of using the Go programming language for implementing parallel execution of a software product are considered.**

Keywords—parallelism; concurrency; execution thread; source code; memory allocation; optimization; multithreating; programming

IX. INTRODUCTION

Software becomes more and more complex, nowadays. It is extremely important to define the problem to be solved before start writing a new program. As a result, system design becomes one of the required conditions of a successful project. The term "system" implies a complex implementation that provides fundamental services to make software solve the determined goal. The following are common elements of a system design:

- Processes — design and redesign business processes.
- Architecture — defining business information and technical structures to support the design. The design of a system is often separated into an architecture that provides the height level structure and a design that provides enough detail to implement the system.
- Data — defining data models.
- Events — defining events and how they will be processed.
- Business rules — considering how business rules will be processed.
- Applications — design of applications. An application is a software component designed primarily to be used by people. A system may touch upon multiple applications.
- Services and components — defining the system as a series of services and components.
- Integration — designing how things work together including services, processes, events and data.
- Technology — defining the technologies that will be used including infrastructure, systems, applications, components, toolsets, libraries and APIs.
- Information security — defining how the system will be secured.
- Deployment — defining how the system will be logically and physically deployed.
- Constrains — additional constraints to guide implementation such as a set of principles, standards, and tools.
- Capabilities — defining the business and technology capabilities that the system provides or what performance load it should be able to handle. The estimated time required for the creation of the program is also a very important resource and there is no need to spend too much time on optimizations when the expected load does not require improvements. Also, to make effective optimization — research is needed to find the bottleneck. There is an important rule: "do not make optimizations when they are not needed".

Therefore, software architecture always depends on these factors. However, what can we do to speed up the execution of our program if we already faced the performance challenge?

The current reality tells us that single-core processors are dying out, and multicore processors are covering all sectors of the market, starting from home usage in personal computers and cell phones, and ending with server clusters in the Silicon Valley. The reason that almost all modern processors are multicore is that Moore's law is not working anymore. It is too expensive to add new transistors to a processor core and these actions do not provide expected efficiency. The logical solution was to make a multi-core processor, which will use a smaller number of transistors per core, but it will win the performance race via executing multiple tasks at the same time. This flow should increase the performance multiple times and at the same time, save money on production.

Nevertheless, any processor is useless itself, it only works with the software and should be supported by the operating system running over it and by programs executing by the OS.

If you run the program which simply doesn't use threads it will work on a single OS core at the same time, and its execution speed will not change. It means that the performance of executing programs depends on its architecture even more than of the processor's characteristics. So, the next challenge is to learn how to use the possibilities of running our code in parallel.

X. Parallelism

Programs are not communicating with the processor's cores directly. There is an operating system between them, taking the role of translator. If you need to translate the text into some language — you will need a translator who knows the required language, another case he would be useless. Therefore, to be able to use the possibilities of multicore processors, they should be supported by OS.

The programs themselves are just numbers of commands to OS to be executed on the processor, and as usual, modern programmers do not work with the low level of abstraction. They prefer writing programs on the height level programming languages. As the program is the number of programming language commands, then to make the software work in parallel the language should support this possibility, and it should have all needed instruments not only to run simultaneous execution but also to make the threads communicate between each other. Based on this we can make an assumption that the programming language is also an important part of the system called "parallel execution".

The main idea of the modern programming languages, which have been created during the last 10 years, is to give the programmers an opportunity to use the full potential of the new generation processors' possibilities and to make program execution as effective as it is possible.

Parallelism — is an approach when multiple operating system threads are executing tasks preassigned by one single program. At this moment it is important to understand that the tasks might perform different either the same actions, in fact, the main idea is simultaneous execution [1].

There are three flows how the programming languages spread program execution streams between OS threads:

- one to many,
- one to one,
- many to many.

One to many — N program threads are executing on one OS thread. The advantage is that the execution context is changing extremely fast, but it does not allow the program to use multicore processors' potential. For example, such flow is used in Python.

One to one — 1 program thread is executing on 1 OS thread. The advantage is that it allows us to use multicore processors' potential, but the execution context change takes a lot of time efforts and leads to execution interruptions. As a result, the tasks to be executed in parallel should be big enough to justify the accompanying expenses of parallelism. This flow is used in many languages, e.g. Java, C#, C++, etc.

Many to many — arbitrary number of program threads are executing on arbitrary number of OS threads. This technique is nearly new and is supported mainly by the newest programming languages, for example in Go. It tries to combine all the advantages of both previous flows, leveling disadvantages. This means that we might use all potential of multicore processors, and at the same time, we should be able to switch between program trades fast [1, 2].

XI. Synchronization

When the background is covered, we need to start planning the architecture for our future program, and we should take into account all specific moments of parallel execution, like the fact that the simultaneous run of threads leads to additional consequences. The programmers need to be concerned about the next things:

- synchronization,
- sharing information between threads,
- memory management,
- garbage collection.

Synchronization is when the program thread needs to wait until some synchronization event will be triggered. For example, the main thread should wait for all worker threads to finish their calculations, we cannot continue execution of the program till then. An issue can be that there is a possible scenario when due to wrong synchronization implementation program comes to a deadlock state. Deadlock means that all existing threads are blocked forever and cannot continue their execution. This block is instant, and as a result, that program will fall into a critical state. Therefore, it is very important to know how this process should work. To avoid such situations, we need synchronization primitive called semaphore, it is an atomic signal value which can be changed by one thread showing all other threads that they should react on its state change, for example, to continue or to stop execution until the semaphore will be switched back [1, 3].

Sharing information is closely related to synchronization and it is also an important theme. As usual, parallel execution generates some results and we need to have a possibility to share the data with other treads. This requirement leads to the question: "How can we share the memory between threads in a safe way?". There could be a situation when two different threads are trying to modify one same memory element. Such situations mean that the variable value is not determined, and it cannot be defined because treads are in conflict. This kind of situations is called: "race conditions", and we need to generate rules and architectural solutions to avoid them in the program software we provide. Also, synchronization primitives should work in a thread-safe mode, so we can be sure that only one thread had performed an action at once this is called atomic operations. Synchronization primitives are using data types of special size to guarantee that the operation of value change can be performed in a single processor action.

XII. Memory menegment

One more important theme is memory management, while writing programs, we use variables, which are in fact aliases to

memory layouts [2, 4]. RAM is not endless, and we should control the number of allocated resources for our program by using it with sense and collecting unneeded memory for farther reallocation. Different languages provide a variety of workflows to handle this task, we can split them into two groups:

- manual memory management,
- garbage collectors.

Manual procedure is when the programmer should explicitly decide when and which memory can be collected. As a result, such flow leads to needing to know if the memory is still needed and this task is assigned to the developer. It can be a source of mistakes and bugs because it is a very hard task to know everything about all variables created in the program. But there is also a benefit, this flow takes fewer efforts to be processed and as a result programs with manual memory management are working faster.

The garbage collector is a special language process that should make deep analysis of which variables are still in use and which of them can be released. It is a difficult task, especially in the context of parallel execution, because we should be sure that none of the currently working threads will need the variable we check. Garbage collectors make this work automatically and thus minimize the possibility of a mistake, so they make the software more reliable [5]. As a disadvantage, they are also execution on the processor and are taking part in its performance. This fact means that as usual, such a solution will be executing slower than the one without the garbage collector.

XIII. Implementation with Go

Now, when we briefly have discussed the backstage of parallelism and possible problems connected to it, we can start research on how to solve all mentioned tasks with the minimum efforts. First, we need to choose the programming language to be used. After a long research I decided to choose Go language, this decision is based on the next arguments:

- modern language with great native parallelism,
- reach synchronization toolset out of the box,
- garbage collection optimized for parallel execution.

Go is a modern programming language created to cover 21st century needs, as a result it uses “many to many” threads scheduler. Engineers who created Go decided to implement the concept called CSP which was first described in a 1978 paper by Tony Hoare. The idea of CSP — communicating sequential processes, is that the program consists of two types of entities:

- simple operations,
- synchronization events.

Go was not the only implementation of this theoretical idea, but it is the most successful. Go language matches the CSP by concurrency principle, which can be interpreted as the architectural idea of lightweight threads called goroutines, which should be easy to execute in parallel and communicating between each other thought special synchronization mechanism called channel [5]. Channel is a primitive consisting of reader treads queue, writer threads queue, data buffer and mutex to make all communication actions thread safe. This element makes the communication between threads safe and easy to handle. Also, as a standard tool, there is a “select” operation. It is needed for orchestration between multiple channels, and it is widely used to handle the communication between threads in Go. The “select” statement consists of cases, each of them is waiting for its condition to be triggered, as an example, the condition could be the write or read into the channel event. The select construction will be waiting for any of the conditions to be triggered, synchronizing the execution. As channels are asynchronous – it is a possible scenario when multiple cases are ready to be executed at the same time. In this case, a random one would be chosen to be processed. If we need only to check if the case is ready or not, without stopping the execution of a function, we can use the "default" operator, and it will be chosen automatically if none of the other cases are ready to go.

It was critically important to minimize resources consumed by the garbage collector in Go, so creators of the language resort to stack/heap system where the compiler always tries to allocate memory on the stack. Stack allocation means that the memory could be collected just when the function in which the variable created will finish its work. Garbage collector works only with memory allocated on the heap, these resources are shared and can be used by multiple goroutines. Goroutines have their own stack memory, and it is isolated for other goroutines to be safe [6].

The disadvantage of the Go programming language is that the garbage collector is also a process with own goroutines, and it consumes processor resources to scan the heap memory and clean it. If the program allocates a lot of memory on the heap, the GC will increase its needs in memory and processor execution time, and it will slow down the execution of the program in general.

Memory management and garbage collector optimizations are very perspective places to be researched but the difficulty is that it is a tradeoff, the code quality of the optimized program would be decreased. Therefore, channels have a backdoor to write memory directly to other goroutines, which is the only such situation available in the language. In this case, the compiler can allocate memory on the goroutine stack only and then copy the value of the variable directly to another goroutine stack, minimizing the amount of allocated memory on the heap. This feature should be used for optimizations.

Scheduler in Go is a very important mechanism, its role is planning goroutine execution. One of the main reasons for it to be integrated into the language is that we need clear rules of goroutine context switches.

Context switch conditions in Go runtime are:

- garbage collection,
- system calls (blocking, non-blocking, CGo, etc.),
- function calls,

- goroutine creation,
- synchronization operations,
- special function “Gosched” of the “runtime” package.

It needs to be noticed that execution context triggers mean that currently executing goroutines might stop the execution, but also it is possible that they will continue working.

Another reason is a minimization of the context required by the goroutine to continue its execution. In Go, goroutines are executed on the virtual runtime threads, implicitly soft-connected to OS threads. It makes context lightweight and it becomes chipper to change executing goroutine when we need it.

To implement communication thought channels there are so-called concurrency patterns. Pattern — is a blueprint describing a possible solution to a common problem. In our case, these patterns describe how can we switch the architecture into concurrency using optimized synchronization primitives and main advantages of the Go programming language [7, 8]. Next patterns can be implemented using standard Go library:

- generator,
- fun-out,
- fun-in,
- workers,
- subscriber.

Generator — is a function which returns channels, it is very helpful for dynamic algorithms when for a new receiver program can provide new channel for communication [8].

Fun-out — pattern when the function splits data coming from one channel into multiple output channels. Through output channels, child goroutines should receive values.

Fun-in — is construction to aggregate data coming from multiple channels into one channel. It is handy to combine execution results from multiple goroutines into the parent goroutine thread.

Worker — is a mechanism that is needed to spread data to be executed between goroutines (often with limitation of threads number), which send results into channels. Usually, the worker is implemented by an improved combination of fun-out and fun-in patterns [8, 9].

Subscriber — the pattern is used to give goroutines to subscribe for a notification from the channel and be able to take actions on successful read from it. It can be implemented with blocking when the subscriber waits for notification, or it can continue execution until notification would be triggered [9].

CONCLUSIONS

The parallel program execution is inexorably becoming dominant in the computing field. Next-generation technologies with native parallelism do an excellent job in solving the objectives of the programming language given tasks. Creating a software product in Go language, we are provided with a large pool of tools, ideally suited for solving problems of synchronization, optimization, and parallelism. The developer gets many new opportunities to solve common problems such as deadlocks, data races, and synchronization of parallel execution. The internal architecture of the language runtime package is perfectly designed to support concurrency.

REFERENCES

[7] William Kennedy. Go in Action. / William Kennedy Brian Ketelsen, Erik St. Martin. – Shelter Island: Manning Publications Co, 2015. - 241p.

[8] Caleb Doxsey. Introducing Go. / Caleb Doxsey. – O’reilly, 2016. – 111p.

[9] Alan A. A. Donovan. The Go programming language / Alan A. A. Donovan, Brian W. Kernighan. – New York. etc: Addison-Wesly, 2016. – 1087p.

[10] Matt Butcher. Go in practice. / Matt Butcher, Matt Farina. – Shelter Island: Manning Publications Co, 2016. – 287p.

[11] Mat Ryer. Go Programming Blueprints. / Mat Ryer. – Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2015. – 255p.

[12] Mihalis Tsoukalos. Go Systems Programming. / Mihalis Tsoukalos. – Birmingham: Packt Publishing, 2017. – 585p.

[13] Katherine Cox-Buday. Concurrency in Go. / Katherine Cox-Buday. – O’reilly, 2017. – 223p.

[14] Shiju Varghese. Go Recipes. / Shiju Varghese. – Cheranalloor: Apress, 2016. – 237p.

[15] Mario Castro Contreras. Go design patterns. / Mario Castro Contreras. – Birmingham: Packt Publishing, 2017. – 376p.

Эволюционные Генетические Алгоритмы в Контексте Распознавания Образов

Александр Олейник
аспирант, ассистент
кафедра Программной Инженерии
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
oleksandr.oliinyk1@nure.ua

Зоя Дударь
к.т.н., профессор
кафедра Программной Инженерии
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
zoia.dudar@nure.ua

Evolutionary Genetic Algorithms in the Context of Pattern Recognition

Oleksandr Oliynyk
postgraduate, teaching assistant
Department of System Engineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
Oleksandr.oliinyk1@nure.ua

Zoia Dudar
PhD, associate professor
Department of System Engineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
zoia.dudar@nure.ua

***Аннотация* — Наступает эпоха машин и проблема их ориентации в пространстве становиться все более актуальной. Одним из возможных решений задачи распознавания образов, базовой задачи ориентирования, являются эволюционные алгоритмы. Особенно интересным видом эволюционных алгоритмов являются генетические. В докладе будут рассмотрены некоторые их особенности.**

***Abstract* — The era of machines is approaching and the problem of their orientation in space is becoming more and more relevant. One of the possible solutions to the pattern recognition problem, the basic orientation problem, is evolutionary algorithms. A particularly interesting form of evolutionary algorithms are genetic. The report will consider some of their features.**

Ключевые слова — эволюционные алгоритмы, генетические алгоритмы, распознавание образов.

Keywords — evolutionary algorithms, genetic algorithms, pattern recognition

I. Введение

Распознавание образов довольно актуальная тема сегодня. Эта сфера исследований жизненно важна для автоматизации деятельности производств, военных, чиновников, спасателей. Однако сейчас не существует однозначно выделившегося подхода, который позволил бы решать эту задачу качественно в любых условиях. Сейчас эту задачу пытаются решить с разных сторон. Соответственно существует несколько глобальных идей. В этой статье хотелось бы рассмотреть одну из них – эволюционные алгоритмы.

II. Эволюционные алгоритмы.

Эволюционные алгоритмы – направление в искусственном интеллекте (раздел эволюционного моделирования), которое использует и моделирует процессы естественного отбора.[1]

Эволюционное моделирование использует методы группового учёта, генетические алгоритмы для построения интеллектуальных систем. Является частью более обширной области искусственного интеллекта – вычислительного интеллекта.

Эволюционное моделирование это уже достаточно сложившаяся область, в которой можно выделить:

- модели возникновения молекулярно-генетических информационных систем;
- моделирование общих закономерностей эволюции (Эволюционные алгоритмы). Это системы, которые используют только эволюционные принципы. Они успешно использовались для задач типа функциональной оптимизации и могут легко быть описаны на математическом языке. К ним относятся эволюционные алгоритмы, такие как Эволюционное программирование, Генетические алгоритмы, Эволюционные стратегии, Генетическое программирование;
- эволюционные модели. Это системы, которые являются биологически более реалистичными, чем эволюционные алгоритмы, но которые не оказались полезными в прикладном смысле. Они больше

похожи на биологические системы и менее направлены на решение технических задач. Обладают сложным и интересным поведением, и, видимо, вскоре получат практическое применение. К этим системам относят так называемую искусственную жизнь;

- прикладное эволюционное моделирование. [2]

Естественный отбор — основной эволюционный процесс, в результате действия которого в популяции увеличивается число особей, обладающих максимальной приспособленностью (наиболее благоприятными признаками), в то время, как количество особей с неблагоприятными признаками уменьшается. В свете современной синтетической теории эволюции естественный отбор рассматривается как главная причина развития адаптаций, видообразования и происхождения надвидовых таксонов. Естественный отбор — единственная известная причина адаптаций, но не единственная причина эволюции. К числу неадаптивных причин относятся генетический дрейф, поток генов и мутации. [3].

III. Генетические алгоритмы

Генетический алгоритм — это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Является разновидностью эволюционных вычислений, с помощью которых решаются оптимизационные задачи с использованием методов естественной эволюции, таких как наследование, мутации, отбор и кроссинговер. Отличительной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора «скрещивания», который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе.

Рассмотрим, когда и где рекомендуется применять генетические алгоритмы, а также при каких условиях их применение может оказаться не нужным и даже вредным. Их используют при создании автоматов, сетей сортировки, при проектировании нейронных сетей и управлении роботами. Так же их используют при моделировании развития различных систем, начиная от биологических и заканчивая когнитивными. Однако, место где они наиболее сильны – это оптимизация многопараметрических функций. Для многих задач решением является нахождение оптимального значения зависящего от многих параметров, причем иногда не нужно даже находить лучшее значение, достаточно найти лишь значение которое лучше некоторого заранее известного. Вот как раз для поиска таких «всего лишь хороших» значений лучше всего и подходят генетические алгоритмы.

Предположим есть реальная задача, сопряженная с поиском оптимального решения, как узнать, является ли ГА хорошим методом для ее решения? До настоящего времени не существует строгого ответа, однако многие исследователи разделяют предположения, что если пространство поиска, которое предстоит исследовать, - большое, и предполагается, что оно не совершенно гладкое и содержит один гладкий экстремум или если задача не требует строго нахождения глобального оптимума - т.е. если достаточно быстро просто найти приемлемое "хорошее" - ГА будет иметь хорошие шансы стать эффективной процедурой поиска.

Если же пространство поиска небольшое, то решение может быть найдено методом полного перебора, и можно быть уверенным, что наилучшее возможное решение найдено, тогда как ГА мог с большей вероятностью сойтись к локальному оптимуму, а не к глобально лучшему решению. Если пространство гладкое и унимодальное любой градиентный алгоритм, такой как, метод скорейшего спуска будет более эффективен, чем ГА. Если о пространстве поиска есть некоторая дополнительная информация (как, например, пространство для хорошо известной задачи о коммивояжере), методы поиска, использующие эвристики, определяемые пространством, часто превосходят любой универсальный метод, каким является ГА. При достаточно сложном рельефе функции приспособленности методы поиска с единственным решением в каждый момент времени, такой как простой метод спуска, могли "затыкаться" в локальном решении, однако считается, что ГА, так как они работают с целой "популяцией" решений, имеют меньше шансов сойтись к локальному оптимуму и робастно функционируют на многоэкстремальном ландшафте.[4]

Рассмотрим работу простого генетического алгоритма, описанную Голдбергом [5].

Первый этап. Для начала необходимо создать начальный набор хромосом. Чаще всего это делается случайным образом. Также на этом этапе вычисляется целевая функция каждой хромосомы набора и средняя приспособленность набора. Устанавливается счетчик эпох.

Обратим внимание на целевую функцию. Она служит для оценки пригодности и приспособленности хромосомы. Для каждой задачи необходимо подбирать свою функцию. Обычно известно заранее, что должна оценивать эта функция. Например, при решении задачи оптимизации необходимо оценивать значение самой функции. Однако существует ряд задач, где определение целевой функции затруднено (например, в комбинаторной оптимизации).

Второй этап. На нем наращивается счетчик эпох и формируется промежуточный набор родителей с учетом их приспособленности. Для этого используется оператор репродукции.

На третьем этапе происходит наращивание счетчика эпох. Случайным образом из промежуточного набора выбирается пара родителей. С заданной вероятностью над генотипами выбранных производиться процесс обмена участками генокода. Из потомков выбирается один. К нему последовательно применяется оператор инверсии и мутации с заданными вероятностями. Полученный генотип потомка сохраняется в новой популяции.

На четвертом этапе оценивается количество еще оставшихся в промежуточном поколении родителей. Если они еще есть, то возвращаемся на третий этап. Если их не осталось, идем на пятый.

На пятом этапе оцениваем счетчик поколений. Если он достиг заданного значения, переходим к пункту шесть, если нет, то ко второму.

На шестом этапе выбираем лучшее из полученных решений.

Основные генетические операторы, которые использует простой ГА, включают в себя репродукцию, кроссинговер, мутацию и инверсию. Репродукция – процесс формирования промежуточного поколения. В каноническом ГА вероятность хромосомы попасть в промежуточное поколение пропорциональна значению для нее фитнес-функции. Биологический смысл кроссинговера – передача признаков родителей потомкам. По Холланду, простой оператор кроссинговера выполняется следующим образом. Выбираются две хромосомы (A = a1, a2, a3,…, aL B = a1', a2', a3',…, aL') , где L – длина хромосомы; выбирается точка кроссинговера (к). Две новые хромосомы формируются из A и B следующим образом: часть хромосомы A до точки кроссинговера соединяется с частью хромосомы B после точки кроссинговера и формирует первую хромосому-потомок, и, аналогично, часть хромосомы B до точки кроссинговера соединяется с частью хромосомы A после точки кроссинговера и формирует вторую хромосому-потомок. A' = a1, a2, a3, …, ак, a'к+1, a' к+2, a' к+3,…, a'L B' = a'1, a'2, a'3,…, a'к, ак+1, а к+2, а к+3,…, aL. Оператор мутации предназначен для того, чтобы поддерживать разнообразие особей в популяции. Он реализуется следующим образом: в каждой строке, которая подвергается мутации, произвольный бит с вероятностью Pm изменяется на противоположный. При выполнении оператора инверсии хромосома разбивается на две части, которые потом меняются местами. Вероятность применения операторов мутации и инверсии обычно очень мала (порядка 0,001). Существует множество вариаций, как самих ГА, так и применяемых генетических операторов [6].

IV. Примеры использования генетических алгоритмов для решения задач в сфере распознавания образов

При решении задачи распознавания образов данные алгоритмы могут быть использованы как при подготовке изображения так и непосредственно для самого распознавания.

В [7] рассматривается подход автоматической разметки сцены с помощью ГА. Показана возможность применения данного подхода для идентификации снимков облаков на мультиспектральных спутниковых снимках.

Возможность применения адаптивного генетического алгоритма для решения проблемы сегментации цветного изображения, усложненной необходимостью принятия решения об оптимальном количестве сегментов и точного определения текстурных областей исследуется в [8].

К. Делибасис и др. [9] описывают текстурный фильтр, работающий с использованием ГА. Фильтр настраивается на определение различных классов текстуры по их корреляции со спектром Фурье, полученным по шаблонам.

Исследования [10] показали, что для бесконечно большого количества точек в N-мерном пространстве поиска при достаточно большом количестве итераций классификатор образов, основанный на ГА, имеет сходство с классификатором Байеса.

Исследования [11] рассказывает о применении ГА и нейронных сетей для распознавания искаженного текста.

В [12] рассматривается применение эволюционных алгоритмов для настройки нейронной сети для распознавания эмоций человека.

В [13] рассматривается использование ГА для формирования безусловных без избыточных диагностических тестов, крайне необходимых для качественного решения задачи распознавания.

Література References

[1] Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. — М.: Физматлит, 2003. — 432 с. — ISBN 5-9221-0337-7

[2] Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. — 2-е изд.. — М.: Физматлит, 2006. — 320 с. — ISBN 5-9221-0510-8

[3] Грант В. Эволюционный процесс. Критический обзор эволюционной теории / Под ред. Б. М. Медникова. — М.: Мир, 1991. — 488 с. — ISBN 5-03-001432-2

[4] Популярно о генетических алгоритмах // http://algolist.manual.ru URL: http://algolist.manual.ru/ai/ga/ga1.php#when (дата обращения: 01.09.2019).

[5] Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. – Addison; Wesley, 1989

[6] О.П. Сергеева Применение генетических алгоритмов для распознавания изображений // Искусственный интеллект. - 2002. - №4.

[7] Buckles B., Petry F., Prabhu D., Lybanon M. Mesoscalse Feature Labeling from Satellite Images // Genetic Algorithms for Pattern Recognition / Edit. by Sankar K. Pal, Paul P. Wang. – CRC Press, Inc, 1996

[8] Vitorino J.C. Ramos, Fernando Muge. Image Colour Segmentation by Genetic Algorithms. Accepted in RecPad'2000 // Proc. of the 11th Portuguese Conf. on Pattern Recognition, Porto, 11 – 12, May, 2000

[9] Delibasis K., Undrill P.E., Cameron G.G. Designing Texture Filters with Genetic Algorithms: an Application to Medical Images. – Department of Biomedical Physics and Bioengineering // University of Aberdeen, Foresterhill, Aberdeen, Scotland, UK // citeceer.nj.nec.com

[10] Murthy C.A., Bandyopadhyay S., Pal S.K. Genetic Algorithm-Based Pattern Classification: Relationship with Bayes Classifier // Genetic Algorithms for Pattern Recognition / Edit. by Sankar K. Pal, Paul P. Wang. – CRC Press, Inc, 1996

[11] Я. А. Бурый, Д. И. Самаль Применение эволюционной парадигмы к проектированию архетектуры нейронной сети для распознавания искаженного текста // Системный анализ и прикладная информатика. - 2017. - №4.

[12] Д.В. Федотов, М.Ю. Сидоров О применении эволюционных алгоритмов для настройки нейронной сети при решении задачи распознавания эмоций // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2016. - №1.

[13] А.Е. Янковская, Ю.Р. Цой Применение генетических алгоритмов в интеллектуальных распознающих системах // Управление, вычислительная техника и информатика. - 2009. - №2.

Інформаційна Технологія Побудови та Аналізу Складних Границь Регіонів Забруднення в Сучасних Умовах

Олександр Галак
кандидат технічних наук,
завідувач кафедри Радіаційного хімічного біологічного захисту
Національного технічного університету «ХПІ»
Харків, Україна
Galak79@gmail.com

Ігор Шубін
кандидат технічних наук, професор
кафедра Програмної Інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
igor.shubin@nure.ua

Андрій Козирєв
магістрант
кафедра Програмної Інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
andrii.kozyriev@nure.ua

Information Technology of Construction and Analysis of Complex Boundaries of Pollution Regions in Modern Conditions

Oleksandr Galak
PhD, Head of Department
of Nuclear, Chemical, Biological Defense
National Technical University «KhPI»
Kharkiv, Ukraine
galak79@gmail.com

Igor Shubin
PhD, professor
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
igor.shubin@nure.ua

Andrii Kozyriev
magister
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
andrii.kozyriev@nure.ua

***Анотація* — вирішена науково-практична задача, об'єктом дослідження якої є система екологічного моніторингу та аналізу побудови складних границь територій за допомогою математичних методів та розробка інформаційної системи для побудови границь будь-якої складності за завданими даними та визначення територій розповсюдження осередків забруднення.**

***Abstract* — The object of research is the system of ecological monitoring and analysis of the construction of complex boundaries of territories by mathematical methods and the development of an information system for the construction of boundaries of any complexity according to the given data and the definition of territories of distribution of pollution centers.**

Ключові слова* — *апроксимація, асоціативність, ГІС-система, екологічний моніторинг, локус забруднення, інтерлокація Лагранжа, функція інтерполяції, R-функції

Keywords* — *approximation, association, attestation work, gis system, ecological monitoring, location of pollution, Lagrange's interlocation, interpolation function, R-functions.

I. Вступ

В сучасних умовах екологічна та безпекова обстановка в Україні потребує створення ефективних систем екологічного моніторингу, що повинні передбачати рішення двох проблем – створення ефективних систем інформаційної й інтелектуальної підтримки прийняття рішень і моделювання екологічної обстановки за даними моніторингу [1].

Інформатизація процесів, обробки інформації й створення системи підтримки ухвалення рішення по попередженню й локалізації НС може суттєво знизити ризик їх виникнення. Це пов'язане з тим, що аналіз потенційно небезпечних об'єктів і ситуацій вимагає обробки досить більших обсягів різнорідної інформації, що надходить від різних територіально-розподілених джерел. У зв'язку із цим очевидна необхідність створення територіальної інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій. У цей час створюється пусковий комплекс такої системи в Харківській області [2]. Першим його етапом є синтез інформаційного базису.

II. Стан вирішення проблеми

На основі аналізу існуючих завдань екологічного моніторингу показано, що для рішення першої із цих проблем необхідно адаптувати ряд існуючих інформаційних технологій до специфіки завдань цього типу. До основних технологій цього типу відносяться: геоінформаційні системи (ГІС), сполучені з інтернет-системами збору даних від стаціонарних і мобільних джерел інформації (супутників, авіаційних систем збору даних, метеорологічних станцій і ін.), які містять електронні карти місцевості, демографічні, метеорологічні й інші дані, використання яких необхідно для одержання адекватних рішень, також розподілені бази даних територіальної інформаційно-аналітичної системи, що забезпечують сполучення з відповідною ГІС з відповідними засобами інтелектуального аналізу даних, що забезпечують прийняття рішень за даними екологічного моніторингу [3].

Разом з тим, для рішення власне завдань оцінки екологічної обстановки необхідна розробка нових моделей і методів, орієнтованих на рішення завдань обчислювальної геометрії і математичної фізики [4], де виникають проблеми моделювання турбулентного руху в атмосфері й приземному шарі.

Таким чином, аналіз і розробка моделей і методів обробки геометричної інформації, що узагальнюють відомі підходи [3] і методи рішення завдань інтерполяції й дифузії з метою екологічного моніторингу на основі використання ГІС і територіально розподілених баз даних про екологічний стан регіонів, представляє актуальне наукове завдання, що має більше суспільно-соціальну значимість для України [5]. Рішення цього завдання в даній роботі дається для випадку нерегулярних і регулярних сіткових моделей поля забруднення.

Для рішення завдань другої групи необхідний розвиток моделей і методів чисельного моделювання, заснованих на даних фізичного моніторингу. У рамках даної роботи це питання вирішується відносно побудови сіткової моделі поля забруднення навколишнього середовища і її використання для прогнозування рівнів забруднення, викликаних антропогенними факторами; насамперед – промисловими підприємствами.

Досліджуючи процес забруднення навколишнього середовища викидами відходів промислових підприємств, необхідно оцінити вплив шкідливого забруднення на біологічне середовище. Тому важливим завданням у цей час є прогноз зміни екологічних систем під впливом природних і антропогенних факторів.

В [3] представлена частина комплексної екологічної моделі, що включає моделі гідротермодинаміки атмосфери, основні й сполучені рівняння переносу й дифузії з урахуванням фотохімічної трансформації й процесів аерозольного утворення за рахунок коагуляції, а також модель оптимізації потужності джерел, мінімізуючи завдання навколишньому середовищу збиток.

В [4] викладені основні ідеї побудови математичної моделі поширення забруднень в атмосфері з урахуванням вітру, турбулентності, сухого й вологого осадження й перетворення речовин.

Регулярна мережа не забезпечує рівної точності спостережень у різних районах спостережуваної зони, і деякі басейни практично не охоплені контролем або контрольована величина для них оцінюється за даними вимірів тільки в одній крапці. Певні труднощі виникають також при інтерпретації даних про динамік щільності випадінь, тому що точки, розташовані уздовж одного румба, можуть характеризувати різні басейни з різною спрямованістю й інтенсивністю геохімічних процесів. Інформативність кожного окремого поста контролю мала через низьку показність. Тому ступінь використання системи постів, що утворюють рідку регулярну мережу, також невисока.

Основний методичний принцип при проведенні районування територій розташування АЕС полягає в тому, щоб при переході від більш високої до більш низької таксономічної одиниці районування добитися все більшої однорідності ландшафтно-геохімічних характеристик і потенціалу забруднення території.

У методичному відношенні проведення районування загрожує труднощами, які пов'язані, насамперед, з характером і зі ступенем контрастності території, чіткістю границь, залежністю від повноти вихідної інформації і якості картографічного матеріалу. При досить повному обліку всіх ознак виділення районів може бути проведене на математико-статистичній основі із застосуванням обчислювальної техніки.

Для вивчення динаміки й спрямованості міграційних процесів на першому етапі районування проводять профілювання досліджуваної території через кожні 2-4 км, розташовуючи профілі перпендикулярно напрямку можливої міграції речовини й генерального ухилу місцевості.

III. Основні методи для вирішення задачі

Режим комплексного моніторингу спостережуваної зони розташування осередків забруднення визначається послідовністю рішення основних завдань контролю безпеки навколишнього середовища й радіаційною обстановкою. Здійснення комплексного моніторингу в тому обсязі, про який згадувалося вище, на ряді об’єктів дозволяє з'ясувати основні закономірності взаємодії таких об’єктів із навколишнім середовищем, розв'язати природоохоронні питання, характерні для регіонів розташування потенційно небезпечних осередків .

Застосування методів ландшафтно-геохімічних досліджень на основі методів математичного моделювання при проведенні комплексного радіаційно-екологічного моніторингу на територіях АЕС дасть можливість із меншою витратою часу й праці охарактеризувати радіаційну обстановку на територіях.

Перше завдання — визначення концепції нової системи: основних понять, які будуть лежати в основі ГІС, а також об'єктів і процедур обробки інформації, на основі яких буде будуватися система. Підходити вводити, ввести до ладу рішення цього завдання необхідно дуже відповідально, тому що саме концепція майбутньої системи й досконаліть моделі даних визначать її успіх і

живучість на ринку. При цьому розроблювачеві доводиться враховувати безліч факторів - переваги й недоліки концепцій уже існуючих систем, що постійно змінюються вимоги з боку прикладних завдань, які повинна буде вирішувати система, зміни в інформаційних технологіях і багато чого іншого. Після визначення концепції нової системи й базового набору її функціональних можливостей на весь зріст встають технологічні проблеми. При розробці концепції ГІС потрібно визначитися із принциповим вибором: обрати за основу архітектуру однієї з існуючих систем і надалі приступитися до її поліпшення, створюючи свою версію архітектури (інакше кажучи, зайнятися певним копіюванням чужих ідей); взятися за розробку принципово нової архітектури, що не має аналогів.

Обидва підходи мають і переваги, і недоліки. Проходження еволюційнім підходом може привести до появи такого продукту, який має чимало новаторських рішень, який зручний у роботі, дозволяє вирішувати завдання предметної області й не занадто шокує користувачів, що мають досвід роботи з іншими геоінформаційними системами.

Способи відображення просторових об'єктів одного класу можна представити у вигляді таблиці стилів. Кожний стиль описує, яким чином система повинна відображати об'єкт на карті. Для опису складних способів відображення об'єктів стиль містить перелік методів відображення, кожний з яких регламентує окремі аспекти відображення об'єкта: як зафарбовувати майданні ділянки об'єкта, як відображати його границі, чи треба виводити текст уздовж контуру об'єкта, у якому діапазоні масштабів повинен застосовуватися даний метод відображення.

Список стилів необхідний, оскільки просторовий об'єкт потенційно може перебувати в одному з декількох станів, і тоді може знадобитися можливість візуально відбивати на карті поточний стан об'єкта. Для цього й надається кілька різних стилів, пов'язаних з одним класом просторових об'єктів, якими об'єкт буде зображуватися залежно від його стану. Творці універсальних геоінформаційних систем повинні розуміти, що на базі їх програми будуть створюватися великі прикладні системи, де ГІС буде існувати як одна з багатьох компонентів. Для того щоб це було можливо, необхідно заздалегідь продумати, яким чином майбутні прикладні системи стануть взаємодіяти із проектованої інструментальної ГІС загального призначення.

Зробити систему відкритої й легко адаптивною до рішення прикладних завдань можна, застосувавши наступні підходи:

- механізм вбудовування модулів розширення в ГІС;
- інтерфейс прикладного програмування, що забезпечує доступ до ключових функцій і об'єктам ГІС із боку зовнішніх додатків;
- набір універсальних елементів керування для вбудовування функціональності ГІС в інші додатки.

Більшість наявних на ринку ГІС частково або повністю не задовольняє поставленому завданню побудови геоінформаційної системи для керування даними при екологічному моніторингу. Розглянемо програми, що представляють інтерес як інформаційні технології, які частково можна використовувати в поставленому завданні.

Процедуру визначення структури даних для кожного з вузлів пропонується побудувати виходячи з потреб функцій, які зважуються на кожному з вузлів, у даних, тому що потреба функцій в елементах даних визначається на етапі технічного проекту в документах «Опис постановок завдань». Задавши матрицю, що відбиває необхідність виконання кожної з функцій у кожному з вузлів системи; можна визначити необхідність наявності даних у кожному з вузлів. Необхідно також визначити, які із фрагментів кожної сутності повинні зберігається в кожному з вузлів системи. Для цього потрібно визначити для кожної сутності критерій включення її екземплярів у безліч екземплярів, що зберігаються в кожному з вузлів. Наприклад, у базі даних на об'єкті повинні втримуватися відомості тільки про самий об'єкт. Таким чином, для сутності «Об'єкт» необхідно визначити, що критерієм включення її екземпляра в БД об'єктного рівня буде рівність первинного ключа цієї сутності ідентифікатору даного об'єкта. Для рівня району критерієм включення екземплярів сутності «Об'єкт» у БД буде рівність зовнішнього ключа «ID району» цієї сутності ідентифікатору району. Таким чином, ми задамо для кожної сутності умови, по яких підмножина її екземплярів включається в БД кожний з вузлів, тобто розіб'ємо всі безлічі екземплярів сутностей на пересічні підмножини й тим самим буде побудовано фрагментне відображення розподіленої БД.

Для визначення права на зміну інформації кожним з вузлів необхідно визначити ті вузли, які є першоджерелами інформації.

При моделюванні екологічної обстановки в регіонах зі складною формою границі й найбільш значимими джерелами забруднення будемо використовувати нормальні рівняння креслень, R – рівнозначність і інтерлокаційну формулу Лагранжа. Форму границі регіону, у якій будемо проводити дослідження екологічної обстановки, апроксимуємо за допомогою певної кількості відрізків, обраного експериментально з умов швидкодії виконуваного завдання й одержуваного результату, і представимо замкненої ламаної.

Завдяки асоціативності операції рівнозначності, ми можемо включати в загальну побудову функцію границі регіону нормальні функції ділянок границі в довільній послідовності. При цьому буде досягатися ефект симетрії картини регіону, якщо форма й граничні умови мають цей же тип симетрії.

У такий спосіб доведене, що для побудови математичної моделі поширення забруднень у регіоні зі складною формою границі можна скористатися рівняннями теорії R-Функцій, що дозволяють будувати нормальні рівняння локусів. При цьому можливо

застосування інтерлокаційної формули для побудови функції забруднення з обліком наявних експериментальних даних, а також розширення розв'язуваної проблеми на основі внесення в неї нових даних, наприклад, обліку наявності вітру, характеру загасання функції рівня забруднення й ін.

У даній роботі розроблені алгоритми кусочно-лінійної інтерполяції однозначної поверхні й побудови ізоліній і розрізів цієї поверхні.

Для підвищення якості зображень кусочно-лінійну, що інтерполює поверхню необхідно згладити. Для реальних завдань, пов'язаних з визначенням області на місцевості, цілком задовільними виявляються зображення, побудовані безпосередньо по трикутній сітці. Ізолініями й розрізами вихідної поверхні можна вважати відповідні лінії поверхні, що інтерполює (ламані). Останні повністю визначаються наборами вузлових точок – точок перетинання горизонтальних і вертикальних площин з ребрами багатогранника. Координати вузлових точок обчислюються за допомогою лінійної інтерполяції. З'єднання отриманих вузлових точок гладкої кривої – це найпростіший спосіб зображення гладких ліній. Цей метод не дає гарантії, що при частому завданні рівнів на кресленні не перетнуться різні ізолінії, тому бажане використовувати криву, що інтерполює, близьку за формою до ламаної.

Побудова областей з відображенням осередків впливу це основний режим роботи із інформаційною інтелектуальною системою. Після вибору даного режиму роботи на основній формі активується форма «Побудова областей осередків впливу». Ця форма призначена для побудови й відображення на карті: області впливу осередків на населені пункти й інші об'єкти (додатково виводиться список населених пунктів, що перебувають під впливом осередку); опуклої оболонки осередків впливу (апроксимуючий багатокутник для довільного набору осередку впливу).

На основі географічної карти розглянутої території можна виконати наступні дії: відображати, вводити й редагувати інформацію про населені пункти й параметри осередків впливу; наносити на карту населені пункти й осередку впливу; будувати область впливу й апроксимуючий багатокутник для довільного набору осередків впливу, відображати їх на карті разом з полігональними лініями рівня, задавати границю області зображення й заборонні для відображення зони (якщо це потрібно для оформлення креслення).

IV. Висновки

В результаті проведеного дослідження оцінювання екологічної обстановки в будь-якій точці України запропоновані методи моделювання, засновані на інтерполяції даних екологічного моніторингу й прогнозуванні розподілу інтенсивності окремих викидів на основі конуса поширення забруднюючого речовини, що представляє рішення рівняння дифузії.

Запропоновані методи дозволяють прогнозувати рівні забруднення середовища на основі методів двовимірної інтерполяції. Залежно від завдання, вони забезпечують моделювання екологічної обстановки локально й глобально (для всієї території України) – за рахунок можливості лінійної інтерполяції за значеннями рівнів забруднення в окремих місцях, а також поліноміальної Лагранжевої інтерполяції, за рахунок побудови регулярної сітки рівнів забруднення по цим первинним даним, і побудови ліній рівня для функції інтенсивності забруднення. Запропоновані в роботі моделі й методи моделювання реалізовані у вигляді інформаційної технології і програмного комплексу, який забезпечує моделювання рівнів забруднення навколишнього середовища аерозолями й іншими домішками в режимі реального часу. З метою практичного використання параметри моделей прогнозування слід враховувати особливості поширення конкретних типів забруднюючих речовин, що дозволить поповнити його іншими програмними рішення рівнянь дифузії, а також адаптувати використовувану ГІС, базу даних і систему інтелектуальної підтримки прийняття рішень на конкретні особливості розглянутого регіону (міста, району, області).

Проведено верифікацію розробленого методу, моделей та інформаційної технології шляхом математичного моделювання, що показало перевагу запропонованих засобів над існуючими методами.

Література References

[1] Coastal Resources Center GIS and Remote Sensing pages (www3.csc.noaa.gov/CSCweb/genericPage.asp?bin=7) // Computer Week - M. 2010, №14-15. P. 32-39.

[2] Використання геоінформаційних систем (ГІС) // Vol. 9, № 1, 2017., https://geographica.com/en/blog/how-gis-has-been-used-2017). - 2017. - Вип. 12. - С. 10 – 14.

[3] Розширене дистанційне зондування: видобування та застосування наземної інформації: http://edutechsoft.blogspot.com/2018/09/advanced-remote-sensing-terrestrial.html), 2018. - 248 с.

[4] Дискретні періодичні сплайни з векторними коефіцієнтами і поверхні Кунса // www.math.spbu.ru/mmeh/ AspDok/ pub/2010/Chashnikov.pdf)-

[5] Дискретні періодичні сплайни з векторними коефіцієнтами і геометричне моделювання //] (http://dha.spb.ru/PDF/ discreteSplines.pdf).

Аналіз Інформаційних Технологій Рефакторінгу Веб-Орієнтованих Гіпермедійних Навчальних Систем

Андрій Козирєв
магістр
кафедра Програмної Інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
andrii.kozyriev@nure.ua

Ігор Шубін
професор
кафедра Програмної Інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
igor.shubin@nure.ua

Information Technology Refactoring Analysis of Web-Oriented Hypermedia Learning Systems

Andrii Kozyriev
magister
Department of Software Engineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
andrii.kozyriev@nure.ua

Igor Shubin
PhD, professor
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
igor.shubin@nure.ua

Анотація — Робота присвячена розробці методів та моделей програмного забезпечення, яке б задовольняло вимоги щодо організації освітнього процесу на основі методології електронного навчання. Модель адаптивної навігації представлено системою рівнянь. Розроблено мікросервісну архітектуру для створення програмного забезпечення системи електронного навчання

Abstract — The work is devoted to the development of methods and models of software that would satisfy the requirements for the organization of educational process on the basis of e-learning methodology. The adaptive navigation model is represented by a system of equations. A microservice architecture was developed to create e-learning software

Ключові слова — електронне навчання; траєкторія навчання; адаптивна навігація; мікросервіси

Keywords — Big Data; Kafka; broker; topic; replication; data; ZooKeeper

I. Вступ

Наразі темпи розвитку інтернет-технологій часто випереджають можливості масового споживача – саме тому електронне навчання стає все більш актуальним та затребуваним. Єдина форма, яка здатна встигнути за генеруванням інтелектуального контенту – це електронні ресурси або. У ситуації, що виникла, навчання за допомогою ресурсів Інтернет виступає в якості нового технологічного середовища доставки знань з відкритих джерел. Зростаючий попит на вищу освіту призвів до появи ринку освітніх послуг, на якому ЗВО стали конкуруючими суб'єктами в галузі дистанційної доставки освітнього контенту. Саме ці чинники зумовили появу і стрімке поширення в світі нової моделі навчання – транскордонної освіти в формі e-learning або навчання он-лайн. Відсутність стандартів та уніфікованого підходу до створення систем електронного навчання в Україні впливає не лише на ринок таких програмних продуктів, але й на якість дистанційної освіти. Одним із шляхів вирішення проблеми якості навчання є створення окремих педагогічних програмних засобів для кожного предмету [1]. Але цей процес є дуже витратним як з огляду на матеріальні, так і на людські ресурси. Отже, постає питання розробки програмного забезпечення, яке б задовольняло вимоги щодо організації освітнього процесу на основі методології електронного навчання.

У новій моделі побудови архітектури систем, що накопичують великі дані, події транслюються безперервно, з припущенням, що вони необмежені - вони можуть ніколи не закінчуватися - таким чином, системи більше не можуть чекати, щоб отримувати "всі дані", а замість цього потрібно обробляти їх на льоту, як тільки ті надходять. Це вимагає нових методів: неможливо

отримати повний перегляд всіх даних перед його обробкою.

Нові технології та рефакторінг існуючих архітектурних проектів дають змогу створювати гнучкі системи, які не тільки більш ефективні та прості у побудові, але також краще моделюють ведення навчального процесу. Потрібність в системах, що відокремлюють взаємозв'язок між процесами, передають дані та процеси, що використовують дані. Дані з багатьох джерел можуть бути передані в сучасну платформу даних і використовуватися різними споживачами майже відразу або пізніше, коли це необхідно. Саме тому рефакторінг систем електронного навчання, що експлуатуються, є актуальною наукової задачею.

II. Стан вирішення проблеми

Проведений аналіз науково-практичних розробок з математичного забезпечення рефакторінгу моделей сучасних інтелектуальних гіпермедіа системах [2] доводить їх придатність для опису умов і вимог дистанційного навчання. Для досягнення мети адаптації система повинна мати інформацію для аналізу інтересів та вподобань користувача, історії його взаємодії з системою, будь-яку інформацію, до якої вона може адаптуватися. Окремим питанням постають види та варіанти надання інформації, вирішення на конкретному етапі питання релевантності наданої інформації, та інше. За своєю структурою адаптивні системи дуже різноманітні, від надзвичайно складних до більш простих, з меншою кількістю компонентів та параметрів, що враховуються при побудові сценарію навчання. Основними компонентами адаптивних навчальних систем є моделі користувача та предметної галузі, а також, в залежності від типу системи, база знань чи інші математичні моделі [3, 4].

Основою для дослідження математичного апарату з моделювання процесів обробки даних, як основи побудови інформаційної технології обрано алгебру скінченних предикатів [5], що є універсальною мовою опису відношень. Проаналізовано основні моделі представлення знань, розглянуто основні методи ідентифікації знань (класифікація, метод компараторного аналізу). При побудові комплексної моделі інтелектуальної адаптивної навчальної гіпермедійної комп'ютерної системи визначено математичний інструментарій на базі алгебри скінченних предикатів для представлення знань та моделювання стратегії навчання в інтелектуальних гіпермедійних системах з елементами адаптації до моделі користувача.

Створення експертно-навчальних систем по оцінці якості засвоєння знань і завершеності процесу навчання припускає облік перерахованих нижче основних принципів [3].

Зміна ролі й функції викладача, перетворення його у фахівця-консультанта, що додає новий обов'язок у його викладацькій діяльності. Відмова від потокового методу навчання й перехід до індивідуальної підготовки фахівця. Перенос центру ваги навчального процесу на самостійну роботу студентів.

Підготовка учбово-методичного комплексу на основі обліку особливостей комп'ютерної технології навчання. Кожний студент забезпечується повністю посібниками й різноманітними завданнями по дисципліні. Відмова від традиційних форм контролю й впровадження індивідуального кумулятивного індексу, у якім різко зростає роль поточного і підсумкового контролю знань, умінь і навичок. Якщо вищезгадані принципи строго виконуються, то можна говорити про наявність можливостей розробки й використання в навчальному процесі експертно-навчальних систем і системи експертної оцінки засвоєння знань, умінь і навичок.

Експертно-навчальна система полягає зазвичай із двох незалежних частин [6]:

а) універсальна програма-оболонка: підтримує інтерфейс спілкування зі студентами, що містить підсистему логічного висновку й не залежна від змісту конкретної дисципліни;

б) бази знань конкретних дисциплін – містять опис основних об'єктів, використаних у даній дисципліні, логічні правила класифікації завдань, розв'язуваних у даній дисципліні, опис конкретних методів і прикладів рішення завдань, визначення і приклади, що допомагають студентові в правильному виборі конкретного завдання [7].

У свою чергу, експертна система оцінки рівня засвоєння знань і вмінь повинна бути адаптована до експертно-навчальної системи, бази знань, але програма-оболонка повинна містити також кваліметрічні параметри оцінки засвоюваності (шкалу оцінювання), нормативні коефіцієнти, що визначають ступінь закінченості навчання у відповідності зі спеціальністю, і програмне забезпечення, що забезпечує видачу протоколу результатів спілкування ЕОМ і студента з визначенням індивідуального коефіцієнта засвоєння знань.

Також, тестування повинне бути виміром якості засвоєння знань, умінь і навичок. Порівняння правил виконання завдання (завдання), запропонованого в тексті, з еталоном відповіді дозволяє визначити коефіцієнт засвоєння знань (Kus). Слід помітити, що Kus=A/P, де A — число правильних відповідей, а P — число завдань у пропонованих тестах [8].

III. Основні методи для вирішення задачі

Визначення Kus є операцією виміру якості засвоєння знань. Kus піддається нормуванню ($0 < Kus < 1$), процедура ж контролю засвоєння легко може бути автоматизованою. За коефіцієнтом судять про завершеність процесу навчання, якщо $Kus > 0.7$, то процес навчання можна вважати завершеним. При засвоєнні знань із $Kus = 0.7$ студент у професійній діяльності систематично робить помилки й нездатний до їхнього виправлення через невміння їх знаходити. Нижню припустиму границю закінчення процесу навчання підвищують до величини, необхідної з погляду безпеки діяльності.

Підтримка процесу навігації у навчальному гіпертекстовому середовищі має свої особливості, тобто

необхідне врахування логічних зв'язків між вузлами для забезпечення принципу поступового вивчення і додаткового розрізнення вузлів і зв'язків по їх освітньому статусу. Тому статистичні підходи до планування послідовності вузлів гіперпростору, не можуть бути застосовані. Отже формальне представлення моделі учня позначимо через λ, а множину всіх таких моделей, допустимих гіперпростором, – через Λ. Правило формування сценарію задамо за допомогою дидактичної функції – часткового мультивідображення $\pi(\lambda): \lambda \to O$, де $\lambda \in \Lambda$, а O – множина елементів сценарію навчання, $O \subseteq F$. Ця функція встановлює відповідність між поточною моделлю учня і множиною вузлів, які підлягають вивченню.

Тоді модель адаптивної навігації можна формально представити як кортеж $\pi_1(\lambda_1), \ldots, \pi_k(\lambda_k)$, де π_k – дидактична функція, а λ_k – модель деякого учня, що використовується на k-му кроці ($k = 1, \ldots, K$).

Кожен наступний крок може відрізнятися від попереднього моделлю учня (метою, станом знань) та/або дидактичної функцією. При цьому модель учня і функція π можуть корегуватися автоматично на кожному кроці навчання на основі інформації зворотного зв'язку.

Найбільш поширеним підходом до адаптивної навігації є різні прийоми адаптації посилань шляхом визначення їх «корисності». Розроблено також методи та алгоритми, що дозволяють упорядкувати вузли гіперпростору з метою отримання зв'язного тексту (мікрорівень), отримання послідовності навчальних впливів із ускладненням викладу досліджуваних понять (макрорівень), вибору послідовності контролюючих впливів. Для представлення методичних знань доречно застосування продукційних правил, що визначають вид навчальних впливів, їх рівень складності та порядок надання в залежності від попередніх успіхів учня.

Розроблено програмне забезпечення системи електронного навчання. Система подається як набір сервісів, які конфігуруються залежно від вимог замовника. Замовником може виступати фізична або юридична особа, якій потрібно автоматизувати процеси навчання. Система будується з автономних сервісів, які є незалежними один від одного. Спілкування між сервісами відбувається за допомогою HTTPS протоколу. Також замовник може надати свій сервіс, який підтримує контракт системи. Сервіси є незалежними та можуть бути реалізовані різними мовами програмування та розміщені на різних апаратних платформах. Для повноцінного функціонування продукту програмне забезпечення розробляється з можливістю підключення до п'ятдесяти модулів одночасно, а також його надійності, відкритості до змін, захищеності.

В контексті роботи під системою розуміється проста взаємопов'язана структура, яка складається із таких компонентів:

- сервіс зв'язку компонентів;
- навчально-методичний сервіс;
- педагогічний сервіс;
- сервіс контролю знань;
- сервіс авторизації та аутентифікації;
- сервіс оповіщень.

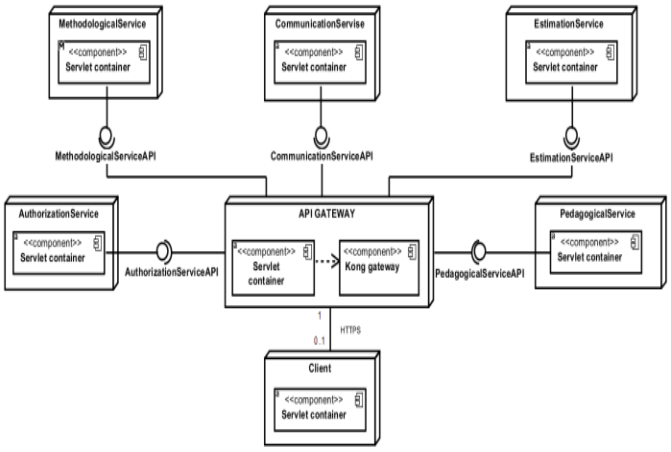


Рис. 7. Мікросервісна архітектура

Мікросервісний стиль архітектури – підхід до розробки цілісної програми як набору маленьких сервісів, кожен із яких працює у власному процесі та з'єднується з іншими за допомогою легких механізмів, таких, як HTTP. Сервіси будуються відповідно до певної задачі та можуть незалежно розгортатись автоматизованими системами.

Уся логіка обробки запитів працює в одному процесі, що дозволяє використовувати наявні інструменти мови програмування для поділу програми на класи, функції та простори імен. Мікросервіси можна розгортати та масштабувати незалежно один від одного. Вони мають чіткі межі між модулями та дозволяють реалізовувати окремі підсистеми різними мовами програмування. Таке розмежування допомагає управляти складністю, оскільки кожен модуль матиме публічний API, який містить лише потрібну функціональність, а все інше буде інкапсульовано та не мати значення для розробки інших сервісів, які залежать від цього. На рисунку 1 зображена діаграма компонентів для системи при мікросервісному підході). Як показано на діаграмі, всі сервіси є незалежними один від одного та взаємодіють лише на основі відкритого інтерфейсу. Також на діаграмі зображений API GateWay, який виступає своєрідним проксі сервером. Це надає зручності роботі з системою, оскільки звернення відбувається за однією адресою, а не за індивідуальною адресою кожного мікросервісу. Також використання API GateWay інкапсулює мікросервіси, що в свою чергу дозволяє змінювати їх структуру та API.

Відповідно до виділених навчальних елементів, заздалегідь встановлених дидактичних цілями можна автоматизувати процес об'єктивної й безперервної оцінки знань. Оцінка результатів навчання відіграє певну роль у коректуванні й напрямку результату навчанні відповідно до поставлених цілями. У цьому випадку оцінка знань стає ефективним інструментом підвищення учбово-

пізнавальної активності студента. З'являється можливість самоконтролю знань і розробки експертно-навчальної, а потім і рейтингової систем контролю знань. Створення експертно-навчальних і рейтингових систем контролю знань якоюсь мірою допомагає вибрати напрямку в рішенні ще однієї з найважливіших проблем — у виробленні єдиного підходу до оцінки професіоналізму випускника навчального закладу. У цей час єдиною об'єктивною оцінкою якості підготовки фахівця є їхня оцінка підприємствами й організаціями. Цей метод неприйнятний для використання в процесі підготовки фахівця, тому стали розроблятися цілі учбово-методичні комплекси керування якістю підготовки, що включають у себе наступні завдання: формування еталонів якості підготовки фахівців; розробка засобів контролю на базі еталонів якості; розробка, проведення процедури порівняння досягнутого рівня підготовки з еталоном якості; створення системи керуючих впливів умовами й факторами, що визначають досягнуте якість, з метою мінімізації виявлених відхилень.

Аналітика та великі дані відіграють важливу роль у майбутньому вищої освіти. У даній роботі проведено аналітичну та дослідницьку практику щодо використання технологічних інструментів електронного навчання для отримання відповідної інформації для вчителя та студентів, які намагаються оптимізувати навчальний процес.

Досить корисно зосередитися у проведенні аналітичного дослідження про роботу, яку викладачі зробили на одній з платформ викладання в Інтернеті. У цьому дослідженні було враховано необхідність оцінити використання інструментів, що використовуються в навчально-виховному процесі, в середовищі взаємодії, пов’язаного з комбінованим методом навчання, відомим як Blended Learning, яке збалансовано інтегрується як заняття в класі з віртуальним навчанням.

Метою аналітичного дослідження результатів використання навчальних гіпермедійних систем з елементами поточної перевірки знань суб’єкта навчання є поліпшення перспектив таких систем не лише шляхом тренінгів, але й орієнтації на використання найбільш вірних віртуальних освітніх інструментів для розробки інноваційних освітніх стратегій. Це різновид гібридної методики, коли відбувається поєднання он-лайн навчання, традиційного та самостійного навчання. Мається на увазі не просто використання сучасних інтерактивних технологій на додаток до традиційних, а якісно новий підхід до навчання, що трансформує, а іноді і «перевертає» клас. Відчуваючи величезний обсяг даних, який збирається з он-лайн навчальних програм у сфері освіти, очевидно, що необхідно обробити всю наявну інформацію для покращення їх переваг. Поєднання «Великих даних» з аналітикою навчання є хорошим інструментом для обробки цих даних, що дозволить провести необхідні реформи, аби пристосуватися до нових навчальних обставин, не дивлячись на те, що це два напрямки недавнього впровадження.

V. Висновки

Дана робота представляє інтелектуальний аналіз даних в освітньому середовищі, що визначає моделі невдач учнів за допомогою техніки видобутку асоціативного правила. Аналіз за допомогою правил асоціації був застосований до систем освіти для аналізу результатів учнів. У цьому дослідженні методика видобутку правил асоціації використовується для пошуку прихованих шаблонів та оцінки продуктивності та тенденцій студентів. EM-алгоритм використовується для пошуку асоціацій між атрибутами.

Новітні технології ре факторингу програмних систем та архітектурні проекти дають змогу створювати гнучкі системи, які не тільки більш ефективні та прості у побудові, але також краще моделюють процес ведення освітніх он-лайн процесів. Нові системи відокремлюють взаємозв’язок між процесами, що передають дані та процеси, які використовують дані. Дані з багатьох джерел можуть бути передані в сучасну платформу і використовуватися різними споживачами майже відразу або пізніше, коли це необхідно.

Література References

[1] Афанасьев Ю.И. “Современные проблемы науки и образования” 2015, с. 1–45.

[2] R. Baker, “Educational data mining and learning analytics” in The Cambridge handbook of the learning sciences, 2014, p. 274.

[3] Горбач Т.В. “Побудова індивідуальної траєкторії навчання у розподіленому навчальному середовищі,” Матеріали 7-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційні системи і технології» (ІСТ-2018), Коблеве-Харків, 10-15 вересня 2018, с. 294-296.

[4] Горбач Т.В., Святкин Я.В., Шубин И.Ю.б “Методы реализации адаптивной гипермедиа в обучающих системах,” Вестник Херсонского национального технического университета. Херсон: Херсонский национальный технический университет, 2010, № 2 (38). с. 503–508.

[5] Т.В. Горбач, Я.В. Святкин, И. Ю. Шубин, А.С. Щербак, “Реализация методов адаптации в гипермедийных системах обучения,” Вестник Херсонского национального технического университета, 2011, № 2(41), с. 464 – 468.

[6] М.Ф. Бондаренко, З.В. Дударь, Н.Т. Процай, В.В. Черкашин, В.А. Чикина, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, “Алгебра предикатов и предикатных операций,” Радиоэлектроника и информатика, 2004, № 1, с. 5-22.

[7] L. Krause, “Microservices: Patterns and Applications”, 2015.

[8] M. Andrada, “2-Way Replication With Apache Kafka” [Online]. Available: https://www.linkedin.com/pulse/2-way-replication-apache-kafka-marcio-andrada/

Аналіз Методів Покращення Зручності Користування Складними Веб-системами

Дмитро Бугай
кафедра програмної інженерії
Харківський національний університет
Радіоелектроніки
Харків, Україна
dmytro.buhai@nure.ua

Михайло Копоть
кафедра програмної інженерії
Харківський національний університет
Радіоелектроніки
Харків, Україна
mykhaylo.kopot@nure.ua

Analysis of Methods for Improving the Convenience of Using Complex Web Systems

Dmytro Buhai
Department of Software Engineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
dmytro.buhai@nure.ua

Mykhaylo Kopot
Department of Software Engineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
mykhaylo.kopot@nure.ua

***Анотація*—Аналізуються існуючі рішення, які використовуються при створенні та проектуванні сайту. Розглянуті питання, як краще побудувати структуру сайту. Був зроблений невеликий експеримент на прикладі деякого сайту, на визначення його зручності користування.**

***Abstract*—Existing solutions that are used in creating and designing the site are analyzed. The questions of how best to build a site structure are considered. There was a small experiment on the example of a site to determine its usability.**

Ключові слова—ергономіка сайту; структуризація; експеримент; контент; вимоги

Keywords—site ergonomics; structuring; experiment; content; requirements;

I. Вступ

Юзабіліті або зручність використання – це підхід, що повинен зробити сайт ергономічним та зрозумілим для будь-якого користувача мережі Інтернет. Дуже важливо, щоб веб-ресурс мав чітку структуру, був приємний на вигляд, не відволікав різними яскравими картинками від змісту. Чим більш простим для сприйняття буде сайт, тим частіше користувач буде повертатися, шукати інформацію саме на цьому веб-ресурсі або якщо це комерційний сайт – купувати товари [1].

II. Аналіз проблеми

Розглянемо сайт, який зображений на рис.1.

Рис 1. Приклад сайту.

Червоною лінією виділено область меню, яка не структурована та нагромаджена великою кількістю пунктів. Такі сайти займають дуже багато часу в користувача на пошуки потрібної інформації, і часто не знаходячи те, що потрібно, користувач, уникаючи складнощів, довго не затримується на такій веб-сторінці [2]. Юзабіліті досить низьке з огляду на заплутану систему меню, та незручну орієнтацію на сайті.

III. Суть структуризації

Читаючи новини або шукаючи товар, користувач може загубитися на сайті, через безліч реклами та велику кількість рекомендацій різної нісенітниці. Можливо це такий підхід зацікавити користувача, але насправді це просто відволікає від процесу й такий веб-ресурс залишає неприємні спогади. При цьому витрачається багато часу на пошуки потрібного.

Як написано в статті [2] структуризація допомагає класифікувати певні товари або певну інформацію за схожими ознаками, але цього не завжди дотримуються комерційні сайти, тому що чим більше всього вам покажуть, тим, на їх думку, вищий шанс заохотити купити більше товарів.

У будь-якому варіанті структуровані сайти, такі як наприклад «Розетка» безперечно кращі, ніж сайти з хаотично розміщеною інформацією. Багатий функціонал привертає увагу користувачів, їм буде досить комфортно орієнтуватися в такому Інтернет-ресурсі та шукати інформацію.

На сайті [3] наводиться статистика, що 40% відвідувачів мережі Інтернет залишають веб-ресурс, якщо сторінка завантажується довше 2-3 секунд. Можна безперечно погодитися з цією статистикою. Користувач завжди потребує своєчасного доступу до інформації. Якщо він буде чекати досить довго, доки сайт завантажиться – це викличе незадоволення і обурення. Більше він не зверне уваги на даний веб-ресурс, знаючи, як дуже довго завантажується сторінка, і без впевненості чи буде подана інформація на цьому сайті корисна.

Наведена інформація на даному ресурсі [3] говорить, що показники конверсії продажів Інтернет-магазину безпосередньо залежать від комфортності процесу покупки. Тому швидкість завантаження сайту, структуризація, яка полегшує вибір товару або корисної інформації, досить сильно впливає на вибір користувача, і в нього залишаються в пам'яті приємні спогади про наданий сервіс (обслуговування користувачів) та збільшується шанс на подальше звернення користувача саме до цього веб-сайту.

IV. Класифікація вимог для покращення «юзабіліті» складних веб-систем

Була розглянута інформація на веб-сторінках [4,5,6] та проведена класифікація вимог, які розробник повинен дотримуватися за такими пунктами як структура сайту, контент та правила ергономічного користування, яких розробник повинен дотримуватися.

A. Структура сайту

Сайти за своєю структурою поділяються на Landing Pages (односторінкові сайти), Сайти-візитки, Корпоративні сайти, Промо-сайти, Інтернет-магазини, Іміджеві сайти, Сайти-портали, On-line сервіси, Сайти-каталоги, Сайти-форуми тощо. Кожен з них відповідає за свій функціонал, а саме розповісти про власника, чи надати максимальну кількість корисної інформації, чи зацікавити продукцією користувача. Детальніше у статті [7].

Кожна сторінка повинна мати посилання на головну сторінку. Посиланням може бути один із пунктів горизонтального чи вертикального меню чи логотип сайту або компанії, який знаходиться в шапці сайту.

Відсутність помилок. Сайт повинен працювати правильно, тому що кожна секунда його неправильної роботи, кожне неправильне посилання або кнопка, яка посилається на неіснуючу сторінку будуть коштувати користувачів і клієнтів. Ніхто не буде затримуватися на непрацюючому сайті.

Потрібно використовувати одну й ту саму систему навігації на всіх сторінках сайту.

B. Контент

Контент сайту – це вся інформація, що на ньому розміщена (тексти, відео, аудіо, зображення, фотографії).

Від вмісту сайту безпосередньо залежить його прибутковість. Відвідувачі в першу чергу шукають корисну інформацію. Тому, тільки якісний і унікальний контент може гарантувати успіх. Неможливо вивести сайт на верхівку пошукових задач і підвищити прибутковість без якісного контенту та регулярного його оновлення. Уся інформація на сайті має бути корисною. Саме достовірний експертний контент, який повністю розповідає про всі переваги та недоліки компанії/товарів/послуг спонукає здійснювати покупки [8]. Головна інформація повинна бути спочатку. Ідея ресурсу повинна бути на головній сторінці й бути першою інформацією, яку побачить користувач. Не потрібно завантажувати сайт зайвою інформацією та вводити користувачів в оману.

C. Правила ергономічного користування

Правило трьох кліків – це одне з самих відомих правил юзабіліті сайту. У ньому йдеться про те, що користувач повинен знайти потрібну йому інформацію за три кліка мишкою, але якщо веб-ресурс має складну структуру, багато підпунктів або різних категорій, то не слід зважати взагалі на це правило. Досліди, опубліковані на сайті User Interface Engineering показали, що кількість кліків не впливає на поведінку клієнта. Він може залишити веб-сторінку і після першого кліку, і після двадцять п'ятого. Це означає, що сайт не повинен будуватися на даному правилі.

Правило семи – це ще одне розповсюджене правило, яке стверджує, що пам'ять людини здатна запам'ятати 5-9 предметів або сутностей. І з цього існує рекомендація використовувати в навігаційному меню не більше 7 пунктів. Не виконання цих вимог збільшує в рази шанси на те, що користувач покине сайт, тому що завжди є можливість знайти веб-ресурс кращий, який працює без помилок і буде більш зрозумілим. Тому потрібно обов'язково проектувати сайт, продумуючи наперед, для якої аудиторії він буде призначений, контент та зручну просту структуру.

V. Власний аналіз зручності користування сайтом

Розглянемо сайт Харківського національного університету радіоелектроніки [9] рис. 2 та проаналізуємо його структуру й контент.

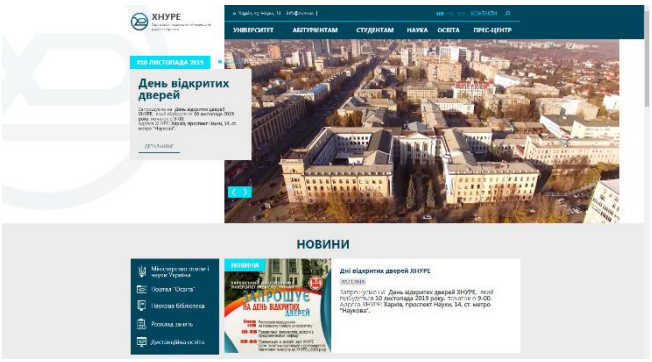


Рис. 2. Головна сторінка сайту.

Це корпоративний сайт, основними завданнями якого є формування авторитету університету, залучення абітурієнтів, інформування студентів та викладачів тощо. На головній сторінці зображено саму будівлю учбового закладу, актуальні новини, та навігаційне меню. Кожна сторінка має посилання на головну за допомогою логотипу закладу. Інформація структурована та поділена для кожної аудиторії сайту. Існує можливість вибору мови, щоб кожен студент університету міг зручно користуватися веб-сторінкою та функція пошуку, що значно полегшує знаходження інформації.

Пункт меню «Контакти» рис. 3 дозволяє зручно знайти учбовий заклад на карті, та містить адресу закладу, електронну пошту та телефони приймальної комісії.

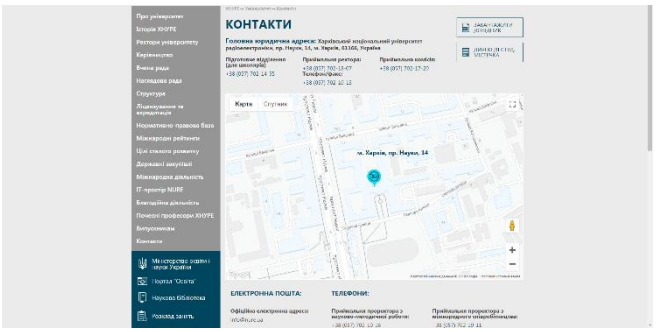


Рис. 3. Сторінка контактів закладу.

Система навігації витримана в одному форматі на всіх сторінках веб-ресурсу. Контент сайту суто науковий. Відеоінформація представлена як для абітурієнтів, які збираються поступати до вузу так і для інших користувачів – студентів, та робітників ВУЗу, тощо. Зображення та фотографії наявні майже на кожній сторінці від історії ХНУРЕ рис. 4, до списку робітників навчального закладу. Правило трьох кліків і правило семи використано успішно. Потрібна інформація знаходиться швидко та в навігаційному меню знаходиться не більше семи пунктів. Відповідність вимогам, які розробник повинен дотримуватися, а саме пунктам «Структура», «Контент» та «Правила ергономічного користування», дозволяє стверджувати про зручність користування цим сайтом. Юзабіліті веб-ресурсу дружнє до всього кола користувачів.

Рис. 4. Сторінка історії ХНУРЕ.

VI. Висновки

Аналіз зручності користування сайтом Харківського національного університету показав: структура, контент та правила ергономічного користування зроблені досить добре. Аудиторія цього сайту переважно студенти та робітники вузу, потреби котрих повинен задовольняти веб-ресурс. Також, вдалі рішення вибору мови та пошуку позитивно впливають на ергономіку Інтернет-ресурсу.

Юзабіліті – це дуже важливо для сьогодення. Жоден пристрій чи сайт не можуть бути спроектовані без використання цього підходу. Структуризація для сайту є необхідною умовою. Кожному товару повинен бути детальний опис та інструкція для замовлення, тому що для користувача ця інформація дуже важлива, щоб бути впевненим у надійності сайту. Кожному пункту меню потрібно виділити своє місце, при наведені курсором на цей пункт – повинна з'являтися підказка та зображення товару, якщо це комерційний сайт. Це значно полегшить визначитися з покупкою.

Дуже бажаними рішеннями є зручний для користувача режим зміни мови на сайті та функція пошуку, що полегшує процес знаходження потрібної інформації.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Steve Krug Don't make me think, revisited: a common sense approach to web usability (3rd edition), published by Pearson Education, Inc., publishing as New Riders.

[2] 8 признаков устаревшего сайта TexTerra [Online]. Available: https://texterra.ru/blog/priznaki-ustarevshego-sayta.html.

[3] Що потрібно знати про юзабіліті аудит та аналіз сайту? Lemarbet [Online]. Available: https://lemarbet.com/ua/razvitie-internet-magazina/yuzabiliti-sajta/.

[4] О принципах грамотного юзабилити Каспер системс [Online]. Available: https://www.kasper.by/blog/o-printsipah-gramotnogo-yuzabiliti/.

[5] 8 основных правил юзабилити сайта Cetera [Online]. Available: https://cetera.ru/about/articles/eight-basic-rules-of-site-usability/.

[6] Ключ к успеху вашего ресурса, или что такое юзабилити сайта WebForMySelf [Online]. Available: https://webformyself.com/klyuch-k-uspexu-vashego-resursa-ili-chto-takoe-yuzabiliti-sajta/.

[7] Види сайтів та їхній функціонал [Online]. Available: https://webmaestro.com.ua/ua/blog/vydy-saitiv/.

[8] Наповнення сайту контентом: як це робимо ми? [Online]. Available: https://webmaestro.com.ua/ua/blog/vydy-saitiv/.

[9] Сайт Харківського національного університету [Online]. Available: https://nure.ua/, дата звернення 05.09.2019

Створення Інтерактивного Додатку з Використанням Технологій Unreal Engine 4

Юлія Ульяновська
кафедра комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення
Університет митної справи та фінансів
Дніпро, Україна
yuliyauyv@gmail.com

Олексій Каляка
кафедра комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення
Університет митної справи та фінансів
Дніпро, Україна
alexey.kalyaka97@gmail.com

Creation of an Interactive Application Using Unreal Engine 4 Technologies

Yuliya Ulianovska
Department of Computer Science and Software Engineering
University of Customs and Finance
Dnipro, Ukraine
yuliyauyv@gmail.com

Oleksii Kaliaka
Department of Computer Science and Software Engineering
University of Customs and Finance
Dnipro, Ukraine
alexey.kalyaka97@gmail.com

***Анотація*—В роботі розглядається процес створення інтерактивного додатку з використанням технологій Unreal Engine 4. Було проведено дослідження найпопулярніших ігрових движків, методів програмування в ігрових движках, основні компоненти Unreal Engine. В результаті розробки було створено та досліджено інтерактивну модель, виявлені її переваги та недоліки. Отриману модель можна використовувати для підвищення кваліфікації працівників митних органів, а також для навчання студентів.**

Abstract*—*In this article there is examined the process of creating an interactive application using Unreal Engine 4 technologies. Were researched the most popular game engines, game programming methods, and the main components of Unreal Engine. As a result of development was created and researched the interactive model, were identified its advantages and disadvantages. The resulting model can be used to enhance skills of customs officials and at students education.

Ключові слова*—*Unreal engine 4, Unity 3D, ігрові додатки.

Keywords*—*Unreal engine 4, Unity 3D, game applications.

VII. Вступ

Значення сучасних ігрових движків важко переоцінити. За допомогою цього інструменту кожен бажаючий може дати волю своїй фантазії та розробити ігровий додаток своєї мрії.

До основних засобів розробки належать[1]:

- Unity 3D
- Unreal Engine
- CryEngine
- HeroEngine
- Rage Engine

Галузями застосування ігрових движків є не тільки комп'ютерні ігри, а й створення військових, навчальних, тренувальних симуляторів, тощо.

Митна служба Дубаї[2] нещодавно запровадила програму з підготовки інспекторів-оперативників із застосуванням технологій віртуальної реальності розробленій на Unity 3D. В митній системі України зазначені технології впроваджені не достатньо. В Університеті митної справи і фінансів більшу частину навчального часу виділяють на засвоєння теоретичних знань, майбутні митники мають нагоду побувати на митниці лише під час практик. Тому доцільним є створення програмного додатку для тренування майбутнього митного персоналу. В Україні ігрові технології навчання тільки починають поширюватися, тому поставлена задача є актуальною.

Завдання розробки інтерактивної моделі:

- Демонструвати основні стадії митного контролю.
- Навчати студентів дистанційно.
- Оцінювати знання та рівень підготовки співробітників.
- Навчальний симулятор повинен бути легким та зрозумілим для користувача та мати здатність легко розширюватися та змінювати контент.

Додаток допоможе майбутнім митникам оволодіти практичними навичками в проведенні митного огляду, заповненні митних декларацій. Студент має можливість ознайомитись з структурою та принципами функціонування митного посту.

VIII. Огляд інструментів розробки

Перше завдання яке з'являється під час роботи над додатком це інструмент розробки. Маючи велику кількість доступних ігрових движків, дуже важко виділити найкращий. Тому був проведений аналіз двох найпопулярніших движків, а саме: Unreal Engine 4 та Unity 3D.

Unreal Engine 4 – движок що було розроблено компанією Epic Games. Він має наступні особливості[3]:

- Багатопратформність. Розроблений для Windows додаток легко адаптувати для смартфонів, консолей чи VR.
- Можливість програмувати як на C++, так і за допомогою Blueprints.
- Легкість в освоєнні завдяки великому співтовариству розробників та великій кількості навчальних матеріалів.

До недоліків належать:

- Необхідність придбати ліцензію при бажанні продати розроблений продукт.

Unity 3D – це багатоплатформний інструмент для розробки 2D та 3D додатків, користується великою популярністю серед розробників. Має наступні переваги[4]:

- Вигідність. Необхідно придбати ліцензію всього один раз.
- Багатоплатформність. Підтримуються наступні операційні системи: Android, iOS, Blackberry, Windows, OSX, Wii, Playstation 3, Xbox, Flash, Web Player.
- Простота в освоєнні – багата кількість відео уроків та документації у відкритому доступі.
- Підтримка декількох язиків програмування: JavaScript, C# та Python.

До недоліків належить:

- Обмежений набір інструментів.

Після аналізу движків було обрано Unreal Engine, тому що він має багатий набір інструментів та підходить для некомерційних проектів.

Програмувати в Unreal Engine 4 можна з використанням C++ та Blueprint. Blueprints – це система візуального програмування створена для швидкого створення додатків, та дозволяє програмувати людям з базовими знаннями ООП. Завдяки своїй простоті та наочності Blueprints було обрано для реалізації симулятору.

IX. Розробка інтерактивного додатку

Першою стадією розробки було планування проекту та розділення завдань між розробниками. Діаграма (рис. 1) допомогла розділити завдання і кожен член команди міг працювати незалежно.

Рис. 8. Діаграма flow tree.

На прикладі Режиму 100% були виділені наступні стадії:

- Перевірка декларації. Користувач відкриває декларацію, яка зроблена у вигляді віджету, та перевіряє її заповнення.
- Перевірка та фото номерів. Користувач звіряє номера ТЗ з даними в декларації та фотографує їх.
- Перевірка та фото пломб. Звіряється та фотографується номер пломби. Результат підтверджується віджетом.
- Сканування рапісканом. Рапіскан запускається з кімнати керування. Результат сканування можна побачити на екрані монітору.
- Перевірка декларації. Після проведення митного контролю в декларації ставиться помітка про виконання.

Для підрахунку фінального результату та оцінки проходження митного контролю було створено схему нарахунку балів (рис 2). Отримані бали переводяться в стобальну систему та відображаються у вигляді віджета.

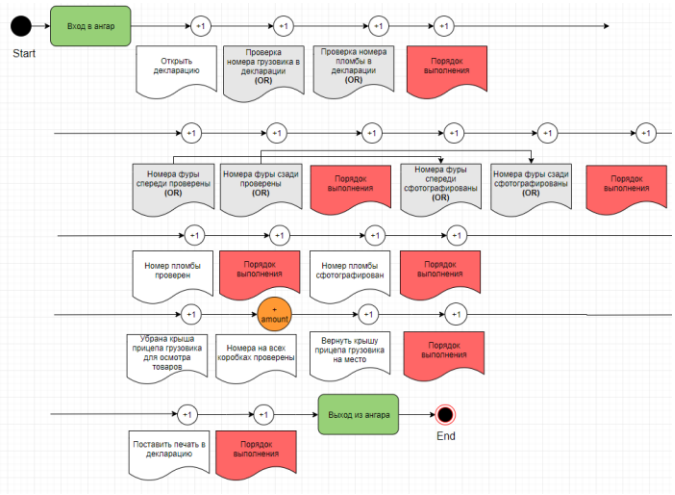


Рис. 9. Схема нарахунку балів.

Під час розробки використовувалася система керування версіями Git. Для спільної роботи та зберігання git-репозиторіїв використовувався веб-ресурс GitHub. Основні команди Git:

- Git pull – забирає зміни з віддаленого сховища, та зливає їх з поточною гілкою.
- Git push – передає локальні зміни до віддаленого сховища.
- Git branch – використовується для керування гілками. Кожен компонент симулятору розроблявся на окремій гілці.
- Git merge – використовується для об'єднання гілок та фінальної збірки проекту.

3D моделі створювалися окремо експертом з 3D моделювання в програмі Autodesk 3Ds Max.

Під час розробки більш за все використовувалися наступні компоненти Unreal engine 4:

- Collision box – активна зона, яка реагувала на наближення персонажу та активувала візуальні та інтерактивні компоненти.
- Cinematic – компонент за допомогою якого створювалися ігрові ролики та сцени.
- Widget – неарканні віджети, за допомогою яких був створений інтерфейс користувача та ігрові підказки.

В результаті командної роботи було детально відтворено митний пост «Маяки – Удобне – Паланка», та ангар (рис. 3) де проводиться митний контроль.

Рис. 10.Вигляд готового ангару.

X. Висновок

У результаті розробки був створений додаток який допоможе майбутнім митникам оволодіти практичними навичками в проведенні митного огляду та заповненні митних декларацій. Студент має можливість ознайомитись з структурою та принципами функціонування митного посту. На даному етапі введені аступні сценарії: перевірка декларації, звірка номерів автомобілів, фотографування автомобілів, звірка пломб, огляд та перевірка штрих-кодів товарів, керування рапісканом. За точність виконаної роботи студент буде отримувати оцінку. Проте додаток не лишився без недоліків. Головним недоліком є складність додавання нового контенту, а також неможливість швидкого орієнтування в коді новими розробниками, це недолік системи візуального програмування Blueprints.

Література References

[1] Д.Н.Пасько. "Современные игровые движки". Международный научный журнал «Инновационная наука» №2/2016. ISSN 2410-6070. м. Краснодар. ст. 127-130.

[2] Dubai Customs partners with HTC Vive and VRMADA for VR training. Інтернет ресурс.

[3] URL: https://www.intelligentcio.com/me/2018/10/18/dubai-customs-partners-with-htc-vive-and-vrmada-for-vr-training.

[4] Unrealenigine: офіційний сайт. Інтернет ресурс. URL: https://www.unrealengine.com/blog

[5] 4. Unity: офіційний сайт. Інтернет ресурс. URL: http://unity3d.com/

Секція 7.
Захист інформації. Інформаційна безпека.

Section 7.
Information protection. Information security.

Аналіз Технології Захисту Електронних Носіїв Біометричної інформації

Надія Казакова
кафедра інформаційних технологій
Одеський державний екологічний університет
Одеса, Україна
kaz2003@ukr.net

Олексій Фразе-Фразенко
кафедра інформаційних технологій
Одеський державний екологічний університет
Одеса, Україна
frazenko@gmail.com

Суліко Асабашвілі
кафедра автоматизованих систем та кібербезпеки
Одеська державна академія технічного регулювання і якості
Одеса, Україна
as.sulico@gmail.com

Biometric Information Electronic carriers Protection Technology Analysis

Nadiia Kazakova
dept.of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odesa, Ukraine
kaz2003@ukr.net

Oleksii Fraze-Frazenko
dept.of Information Technologies
Odessa State Environmental University
Odesa, Ukraine
frazenko@gmail.com

Suliko Asabashvili
dept. automated systems and cybersecurity
Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality
Odesa, Ukraine
as.sulico@gmail.com

***Анотація*—В роботі проаналізовано технології захисту електронних носіїв біометричної інформації на прикладі реалізації алгоритмів, процедур та протоколів захисту, які реалізовано у смарт-картках біометричних документів (ID-карток громадян України та біометричних паспортів для виїзду за кордон). Розглянуто питання стійкості смарт-карт до основних типів фізичних атак, спираючись на відомості про структуру сучасного криптоконтролера та в контексті забезпечення основних критеріїв захищеності інформації. Проведено аналіз програмних та апаратних засобів реалізації основних функцій ID-карток та сучасні підходи до захисту мікрочипів смарт-карт.**

***Abstract*—The paper analyzes the electronic carriers protection technologies of biometric information on the example of implementation of algorithms, procedures and protocols of protection, which are implemented in smart cards of biometric documents (ID-cards of citizens of Ukraine and biometric passports for traveling abroad). Consideration is given to the question of smart cards stability to the main types of physical attacks, based on information about the structure of the modern cryptocurrency controller and in the context of providing the basic criteria for information security. The analysis of software and hardware for the implementation of the basic functions of ID-cards and modern approaches to the protection of microchips of smart cards.**

Ключові слова—Infineon; ISO/IEC 14443A; паспорт; шифрування; SLE 78; INTEGRITY GUARD

Keywords— Infineon; ISO/IEC 14443A; passport; encryption; SLE 78; INTEGRITY GUARD

I. Вступ

Використання безконтактних смарт-карток на сьогодні набуває все більшої популярності. Так, в першу чергу, вони отримали широке впровадження у зв‘язку із запровадженням в Україні ID-карток громадянина України та біометричних паспортів для виїзду за кордон. У зв‘язку із цим виникає необхідність дослідження даної технології на предмет захисту від несанкціонованого доступу та модифікації інформації, яка на них зберігається та передається по каналах зв‘язку.

Для цього необхідно спочатку розглянути саме технології реалізації основних функцій ID-карток.

II. Аналіз засобів реалізації основних функцій ID-карток

Чип серії SLE 78 (SLE 78CLFX4000P) компанії Infineon, який використовується у паспортах, реалізує сучасні підходи до захисту інформації від фізичних атак та має запас доступної користувачеві пам'яті обсягом 400кБ, відповідно, на картку може бути занесений відносно великий обсяг інформації. Також чип реалізує вимоги стандарту ISO/IEC 14443A [1], щодо запису і зчитування даних та ICAO (International Civil Aviation Organization) до біометричної ідентифікації та специфікації машинозчитуваних документів. Безконтактні смарт-карти реалізують технологію радіочастотної ідентифікації RFID (Radio Frequency IDentification) та комунікації «ближнього поля» NFC (Near Field Communication), що є підмножиною RFID. Паспорт громадянина України у вигляді пластикової картки з безконтактним електронним носієм виконує основні функції: ідентифікації, автентифікації та електронного цифрового підпису.

Компанія UNIT розробила систему виготовлення та контролю біометричних документів яка є модульною та складається з наступних комплексів та можуть взаємодіяти за допомогою телекомунікаційних каналів зв'язку:

- комплекс реєстрації та видачі документів;
- комплекс центру обробки даних;
- комплекс виготовлення і контролю документів.

Програмне забезпечення призначене для збору біометричних даних осіб, які подають заявки на виготовлення біометричних закордонних паспортів взаємодіє з технічними засобами для збору біометричних даних: сканером відбитків пальців (DERMALOG ZF1); сканером підпису (STU-530); фотоапаратом (Canon EOS 1300D kit 18-55mm DCIII KIT); зчитувачем документів (DERMALOG XF-9e).

Для встановлення захищеного каналу зв'язку з безконтактним електронним носієм (БЕН) смарт-карти та роботи з даними, що містяться в ньому використовується програмне забезпечення з реалізації механізмів контролю доступу до БЕН смарт-карти.

Комп'ютерна програма "національна операційна система для паспортів" (НОС) встановлюється на інтегральну мікросхему електронного документу та забезпечує взаємодію пристроїв для зчитування та перевірки даних документу із даними, що містяться на інтегральній мікросхемі.

При передачі даних НОС забезпечує підтримку криптографічних алгоритмів, зокрема:

- алгоритми симетричної криптографії (DES, 3DES, AES з довжиною ключа до 256 біт);
- алгоритми асиметричної криптографії (RSA з довжиною ключа до 2048 біт, ECC з довжиною ключа до 521 біт);
- криптографічні алгоритми, що відповідають державним стандартам України на формування та перевірку електронного цифрового підпису за алгоритмами, визначеними ДСТУ 4145-2002, в поліноміальному базисі із ступенем поля 163 із використанням примітивних многочленів відповідно до таблиці 1 ДСТУ 4145-2002, базових точок згідно з розділом 7 ДСТУ 4145-2002 та відповідними еліптичними кривими, зазначеними у додатку Г до ДСТУ 4145-2002 (із обчисленням геш-функції згідно ГОСТ 34.311-95).

Відповідно до Закону України "Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах": інформація, що є власністю держави, або інформація з обмеженим доступом повинна бути захищена шляхом побудови КСЗІ і з наступним отриманням "Атестату відповідності", про що компанія UNIT має всі відповідні експертні висновки.

Найпопулярнішим ПЗ для зчитування даних із біометричних паспортів є IDReaderUA та ReadID – NFC Passport Reader, перевага останнього в зчитуванні MRZ (machine-readable zone) області для доступу до даних за допомогою камери. Результат роботи програми представлений на рисунку 1. (інформація не повна, з метою збереження конфіденційності).

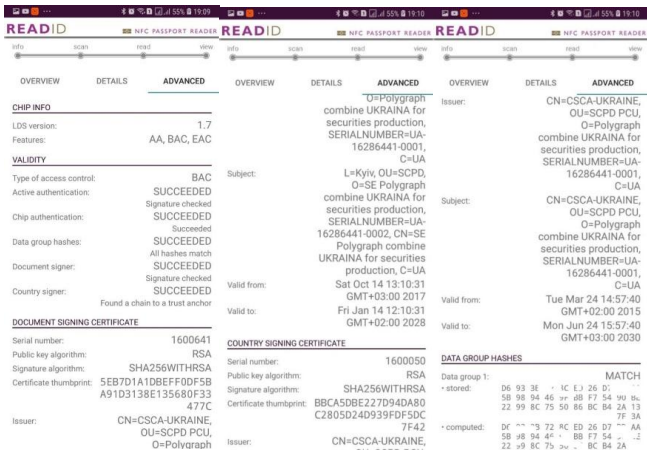


Рис. 1. – Результат роботи ReadID – NFC Passport Reader

Слід зазначити, що загрози для смарт-карти можуть бути реалізовані на всіх етапах її життєвого циклу (від розробки до використання). Випадкові чи навмисні дефекти не можуть бути проконтрольовані кінцевим користувачем, тому майже всі можливі загрози сконцентровані на етапі користування смарт-картою.

Відзначимо три рівні, на яких можуть проводитись атаки: соціальний, логічний та фізичний.

Атаки на логічному рівні здійснюються за рахунок класичного криптоаналізу, відомих несправностей у операційній системі смарт-карти та у коді додатків.

Атаки на фізичному рівні можуть покладатися на різні фізичні процеси та явища. Як наведено у [2], в даному випадку можна визначити три базові класи атак: пасивні

атаки (Observing Attacks); активні атаки без проникнення (Manipulating Attacks); проникаючі чи напівпроникаючі атаки (Invasive або Semi-Invasive Attacks).

До методів пасивних атак на смарт-карту відносяться атаки, засновані на спостереженні за будь-яким фізичним параметром, прикладами пасивних атак є атаки за енергоспоживанням, атаки за часом і атаки за електромагнітним випромінюванням. До активних атак без проникнення належать атаки, засновані на генерації випадкових апаратних помилок під час виконання криптоалгоритмів і подальшого їх аналізу. Класичним прикладом таких атак є диференціальні атаки на основі наведення апаратних помилок (DFA) і енергетичні атаки, що передбачають маніпуляцію тактовими сигналами і забезпечення мікросхеми енергією (glitching), вплив лазером або пучком електронів. До активних атак з проникненням відносяться атаки з проникненням в саму мікросхему, із подальшим вивченням архітектури та реверс-інжирінгом.

Традиційний підхід до захисту мікроконтролерів полягав у тому, що вже після виявлення нового сценарію атаки виробник впроваджував заходи щодо захисту від нього у своїй продукції.

III. Новий підхід до захисту мікрочипів смарт-карт

У 2010 році на конференції Black Hat американський хакер Крістофер Тарновський заявив, що йому вдалось зламати чип Infineon серії SLE 66, який до цього вважались майже незламними [2]. Відповідно попередні методи, за якими закривались вразливості чипа від відомих загроз, стали неефективними. У 2010 році розробники Infineon впровадили новий підхід до створення захищених чипів для довірених обчислень. Нова технологія отримала назву Integrity Guard та полягала в тому, що захист чипа будується таким чином, щоб протидіяти не тільки існуючим видам атак, а й тим, що можливо виникнуть у майбутньому. Технічна реалізація обладнання на базі цієї інновації включає контролер з надійними цифровими механізмами для захисту секретних даних і моніторингу стану безпеки [3].

Технологія Integrity Guard включає три базових механізми захисту:

- повний контроль цілісності (Comprehensive Error Detection);
- повне шифрування у чипі (Full On-Chip Encryption);
- спеціальна внутрішня топологія (Active I2-shield).

Механізм повного контролю цілісності умовно складається з трьох компонентів:

- Self-checking system,
- EDC Protection
- Cache Protection.

Self-checking system (система самоперевірки) передбачає роботу двох процесорів у перехресному режимі. Вони перевіряють результати обчислень одне одного і в разі їх невідповідності видають попередження та зупиняють роботу. EDC (Error detection code) Protection – захист пам’яті, шини і елементів ядра процесора за допомогою завадостійкого кодування.

Cache Protection передбачає захист вмісту кеша. Система слідкує за станом даних у кеші та автоматично контролює їх цілісність. У випадку помилки викликає режим тривоги.

Механізм Full On-Chip Encryption – це механізм повного шифрування даних всередині мікроконтролера. Він передбачає шифрування як інформації, що міститься у комірках пам’яті і на шині даних, так і на внутрішній шині процесора. Нововведенням є саме шифрування даних у процесорі. Тобто використовуються процесори, що реалізують шифровані обчислення. Це дозволяє протидіяти атакам, спрямованим на інформацію, що обробляється процесором. Шифрування внутрішніх сигналів є досить дієвим засобом захисту від більшості атак, оскільки спроби перехоплення такого сигналу не мають особливого сенсу.

Принцип побудови чипа за технологією Active I2-shield полягає у тому, що різні внутрішні сигнали мікроконтролера мають різний рівень впливу на його працездатність. Таким чином створюючи лінії внутрішнього розведення, які ранжуються в залежності від їх значущості. Також розробляється специфічний внутрішній дизайн, для ускладнення розуміння внутрішніх структур.

Для формальної та об’єктивної оцінки рівня безпеки вбудованого чипа використовують систему сертифікації Common Criteria [4], що характеризує інфраструктуру, в якій користувачі системи можуть описати вимоги, розробники заявити про властивості безпеки продуктів, а експерти з безпеки визначити, чи задовольняє продукт заявленим властивостям. Відповідно до цієї системи оцінка проводиться за трьома критеріями: конфіденційність, цілісність, доступність. Досліджувані системи аналізуються в трьох головних секторах: технічних засобах, програмному забезпеченні та комунікаціях. Разом оцінка містить 7 рівнів, кожен з яких в свою чергу має ще три: базовий, середній та вищий. Наприклад, EAL6: Semiformally Verified Design and Tested – система перевірена засобами в ситуації високого ризику, коли вартість активів, що захищаються виправдовує додаткові затрати.

Чипи для смарт-карт Infineon, що використовуються в українських біометричних документах, першими отримали відзнаку рівня EAL6+. Для сертифікації даної серії чипів знадобився приблизно рік розробок та випробувань. У відповідності до трьох основних критеріїв було проведено 150 тестів на проникнення, виконані незалежними ліцензованими лабораторіями. У червні 2010 року сімейство захищених контролерів Infineon SLE 78 отримало від уряду Німеччини дозвіл на використання SLE 78 в проектах пов'язаних з ID-документами. В ході CARTES 2015 компанії Infineon був вручений сертифікат, що підтверджує найвищу ступінь безпеки її нових чипів SLE 78 для електронних паспортів останнього покоління.

Чипи SLE 78 виділяються найвищою на сьогоднішній день щільністю пам'яті – до 1,1 Мб. Для прискорення обробки великих обсягів даних на прикордонних контрольних пунктах чип SLE 78 використовує протокол VHBR. Останній відповідає стандарту швидкості передачі даних 6,8 Мбіт/с за ISO/IEC 14443[1] та підвищує стабільність безконтактного зв'язку між електронним паспортом і зчитувальним пристроєм.

Хоча чип смарт-карти і відповідає високому рівню надійності, проте потрібно відмітити, що на період експлуатації біометричного документа успішна атака на нього хоч і не буде реалізована не слід виключати, що дані, які зберігаються на картці після її втрати не будуть отримані в неправомірних цілях, так як не були ліквідовані за правилами (термін експлуатації складає 10 років).

В Україні можливе використання двох видів чипів в якості мікроконтролера в електронних ідентифікаційних та реєстраційних документах [5]: чип SLE 78CLFX4000P компанії Infineon та чип P5CD080 компанії NXP. У якості критеріїв, для проведення порівняльного аналізу смарт-карт, використовуються наступні параметри: довжина криптографічних ключів, об’єм пам’яті, складність конструкції, стійкість до умов зовнішнього середовища, рівень сертифікату захищеності (Табл. 1).

ТАБЛИЦЯ I. КІЛЬКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИТЕРІЇВ.

Параметри	**Infineon SLE 78CLFX4000P**	**NXP P5CD080**
Довжина ключа RSA	до 4096 біт	до 5024 біт
Довжина ключа EC	до 521 біт	до 544 біт
Довжина ключа AES	до 256 біт	
Довжина ключа 3DES	до 168 біт	
RAM	8 кбайт	6 кбайт
Flash-пам'ять	404 кбайт	280 кбайт
Складність конструкції	подвійний процесор Active I2-shield	1 ЦП з додатковими криптопроцесорами
Діапазон робочих температур	-25,0 ºС – +85,0 ºС	
Common Criteria	EAL6+	EAL5+

IV. ВИСНОВКИ

Із викладеного вище, можна зробити висновки, що чип SLE 78CLFX4000P серії SLE 78 та смарт-карти на їх базі є на сьогодні захищеними на рівні який відповідає сучасним технологічним та нормативним вимогам в галузі інформаційної безпеки та підтверджують доцільність їх використання в біометричних документах громадян України. Але, досі актуальним залишається питання, перш за все, відмови у ідентифікації за карткою після закінчення її терміну використання. По-друге, існує необхідність реалізації технології ліквідації вмісту пам’яті після виходу терміну служби картки з метою унеможливлення зчитування зловмисником інформації в майбутньому. Передбачається, що одним із засобів вирішенням цього питання може бути алгоритм специфічного замикання комірок пам’яті для перемішування їх станів з використанням ефірної напруги чи надтонких акумуляторних елементів живлення. В будь-якому разі виникає дилема: сподіватись на те, що досить захищений мікроконтролер не зламають, чи не використовувати ID-карту на її повний потенціал.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] ISO/IEC 14443-2. Identification Cards - Contactless integrated circuit(s) cards /Proximity Cards. Part 2. Radio frequency power and signal interface International Standard. - 01.06.2001.

[2] Защита TPM 2.0: матеріали міжнародного форуму з практичної безпеки Positive Hack Days / О.Вернер – The Positive Hack Days — international forum on practical information security. – 2014.

[3] Integrity Guard – The newest generation of digital security technology: промоматеріали компанії Infineon [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.infineon.com.

[4] The Common Criteria for Information Technology Security Evaluation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Common_Criteria.

[5] Перелік засобів технічного захисту інформації, дозволених для забезпечення технічного захисту державних інформаційних ресурсів та інформації, вимога щодо захисту якої встановлена законом – [станом на 20 травня 2019 року] – Держспецзв’язку. 2019.

Порушення Цілісності Цифрового Зображення Внаслідок Його Блокової Обробки

Алла Кобозєва
кафедра Інформатики та управління захистом інформаційних систем
Одеський національний політехнічний університет
Одеса, Україна
alla_kobozeva@ukr.net

Іван Бобок
кафедра Інформаційних технологій проектування в електроніці й телекомунікаціях
Одеський національний політехнічний університет
Одеса, Україна
onu_metal@ukr.net

The Integrity Violation of a Digital Image Due to its Block Processing

Alla Kobozeva
dept. of Informatics and Information Security Management
Odesa National Polytechnic University
Odesa, Ukraine
alla_kobozeva@ukr.net

Ivan Bobok
dept. of Information Technologies of Design in Electronics and Telecommunications
Odesa National Polytechnic University
Odesa, Ukraine
onu_metal@ukr.net

***Анотація*—На основі результатів досліджень властивостей формальних параметрів блоків цифрового зображення – сингулярних чисел и сингулярних векторів, отриманих за допомогою нормального сингулярного розкладання, розроблено метод виявлення порушення цілісності зображення внаслідок його блокової обробки, який не має аналогів. Алгоритмічна реалізація методу є ефективною незалежно від конкретного виду блокової обробки, як свідчать результати обчислювального експерименту, є поліноміальною ступеня 2, що дає принципову можливість використання її для експертизи цілісності відеоматеріалів.**

***Abstract*—Based on the results of studies of the properties of the formal parameters of blocks of digital image – singular numbers and singular vectors that were obtained by normal singular decomposition, a method of detecting the integrity violation of the digital image due to its block processing was developed. The algorithmic implementation of the method is effective regardless of the specific type of block processing. The algorithmic implementation of the developed method is a polynomial of degree 2, which gives a fundamental possibility to use it for the detecting of the integrity violation of video materials.**

Ключові слова—цифрове зображення; порушення цілісності; блокова обробка; сингулярні числа; сингулярні вектори

Keywords—digital image; integrity violation; block processing; singular values; singular vectors

I. Вступ

Питання виявлення порушень цілісності інформації, зокрема цифрових зображень (ЦЗ), які розглядаються далі в роботі, є сьогодні одним з основних для фахівців в області інформаційної безпеки [1,2]. Ці порушення можуть проводитися різними способами, мати різні цілі й приводити до різних наслідків. Засобами графічних редакторів з ЦЗ можна забрати «непотрібний персонаж», «замінити» діючих осіб, додати реально відсутніх осіб, що може кардинальним образом змінити зміст зображеної сцени, а при відсутності можливості встановлення факту порушення цілісності таких зображень привести до значних негативних наслідків як для окремо взятих осіб, так і для суспільства в цілому, якщо ці зображення використовуються як речові докази в суді, у якості «чорного піару» тощо.

У зв’язку з вищезгаданим актуальною задачею сьогодні є задача забезпечення ефективної перевірки цілісності інформаційних контентів, зокрема ЦЗ, що використовуються з нерозважальними цілями, виявлення порушень їх цілісності, якщо такі мають місце.

Дуже широке поширення отримала сьогодні блокова обробка ЦЗ. Це більшою мірою стосується різних сучасних стеганографічних алгоритмів, особливо таких, які позиціонуються як стійкі до стиску із втратами [3], також це будь-яка обробка, що включає в себе збереження результуючого зображення у форматах із втратами (JPEG, JPEG2000) й т.д.

Блокова обробка ЦЗ, незалежно від конкретики, має свої особливості [4]: її природнім результатом найчастіше є зменшення кореляції значень яскравості для сусідів-пікселів, які знаходяться на границях блоків, що використовуються при обробці, особливо для тих пікселів, які, будучи найближчими сусідами, виявляться на границях різних блоків. З урахуванням цього проглядається принципова можливість розробки методу виявлення блокової обробки ЦЗ, який би не був орієнтований лише на конкретний вузький набір варіантів такої обробки.

Метою роботи є забезпечення ефективного виявлення порушення цілісності ЦЗ внаслідок його блокової обробки незалежно від її конкретного виду шляхом розробки відповідного методу.

II. Основна частина

Нехай **F** – $n\times m$-матриця ЦЗ, що піддається експертизі. Розіб'ємо стандартним чином [5] **F** на квадратні $l\times l$-блоки малого розміру. Довільний з отриманих блоків позначимо **B**. Нехай $\mathbf{B} = \mathbf{U\Sigma V}^{\mathrm{T}}$ – нормальне сингулярне розкладання [2], де **U**, **V** – ортогональні $l\times l$-матриці лівих і правих сингулярних векторів (СНВ) відповідно, при цьому стовпці **U** лексикографічно додатні, **Σ** – діагональна $l\times l$-матриця сингулярних чисел (СНЧ). В [6] було встановлено, що для оригінальних ЦЗ в більшості таких $l\times l$-блоків виконується співвідношення:

$$\angle(u_1, \overline{\overline{\sigma}}) \approx \angle(v_1, \overline{\overline{\sigma}}) \approx \angle(n^{\mathrm{O}}, e_1), \qquad (1)$$

де $\angle(a, b)$ – кут між векторами a і b; u_1 і v_1 – відповідно лівий і правий СНВ $l\times l$-блока, які відповідають максимальному сингулярному числу σ_1 цього блока, $\sigma 1 \geq \ldots \geq \sigma_l \geq 0$ – СНЧ блока,

$$\overline{\overline{\sigma}} = \left(\sigma_1^2, \sigma_2^2, ..., \sigma_l^2\right)^T \Big/ \left\| \left(\sigma_1^2, \sigma_2^2, ..., \sigma_l^2\right)^T \right\| \in R^l, \qquad (2)$$

де $n^{\mathrm{O}} = \left(1/\sqrt{l}, 1/\sqrt{l}, ..., 1/\sqrt{l}\right)^T \in R^l$ – n-оптимальний вектор простору R^l, $e1 = (1,0,\ldots,0) \in R^l$ – перший вектор стандартного базису R^l.

Незалежно від специфіки й конкретного виду, блокова обробка, як правило, приводить до специфічних наслідків [4]: відмінностям у змінах кількостей блоків малого розміру (2×2, 4×4), для яких виконується (1), матриці оригінального ЦЗ і такого, цілісність якого була порушена в результаті блокової обробки, при зсуві сітки розбивки матриці на блоки. Так для переважної більшості оригінальних ЦЗ ці зміни не перевищують 1%. Для переважної більшості ЦЗ, які зазнали блокову обробку, ці зміни перевищують (часто, значно) 1%. Враховуючи це, а також результати досліджень, які стосувалися мінімальних і максимальних значень відносної кількості 2×2-, 4×4-блоків, для яких має місце умова (2) при різних збурних діях [4], розроблений метод виявлення результатів блокової обробки ЦЗ. Розроблений метод не наводиться в роботі із причини свого значного обсягу.

У ході обчислювального експерименту, проведеного для оцінки ефективності алгоритмічної реалізації запропонованого методу, в якому були задіяні 860 оригінальних ЦЗ (400 ЦЗ розміром 800×800 пікселів в форматі TIF [7]; 300 ЦЗ розміром 400×400 пікселів в форматі TIF [8]; 160 ЦЗ розміром 800×800 пікселів в форматі TIF, зроблених непрофесійними відеокамерами), у якості блокової обробки розглядалися: збурення СНЧ і/або СНВ блоків; стиск зображення із втратами; стеганоперетворення ЦЗ, що здійснюють вбудову додаткової інформації (ДІ) поблоково (у просторовій, частотній областях, областях спектрального, сингулярного розкладання); комплексні збурні дії, що включають у себе стиск зображення із втратами; стеганоперетворення ЦЗ-контейнера, збереженого у форматі з втратами, за допомогою LSB-методу. В умовах кожного з перерахованих впливів на ЦЗ розроблений алгоритм показав високу ефективність, що оцінювалася за допомогою помилок 1-го й 2-го роду, а також за допомогою параметра ACC – точності виявлення порушення цілісності.

Порівняння ефективності SA з аналогами проводилося в умовах конкретних збурних дій з різними алгоритмами, оскільки прямих аналогів для розробленого методу у відкритих джерелах автором не знайдено. У всіх розглянутих випадках ефективність розробленого алгоритму порівнянна з ефективністю найкращих із сучасних аналогів. Крім того, при використанні SA у якості стеганоаналітичного алгоритму для виявлення LSB-вкладень у ЦЗ-контейнери, збережені із втратами, він залишається ефективним в умовах малої пропускної спроможності прихованого каналу зв'язку (ПСПК), коли більшість із алгоритмів-аналогів є неробочими. В умовах ПСПК = 0.01 біт/піксель розроблений алгоритм дав можливість підвищити ефективність стеганоаналізу на 65% (у порівнянні із кращим з розглянутих аналогів).

III. Висновки

У роботі розроблений метод, алгоритмічна реалізація якого забезпечує ефективне виявлення порушення цілісності ЦЗ внаслідок його блокової обробки незалежно від її конкретного виду. Запропонований у роботі метод і його алгоритмічна реалізація SA не мають аналогів, як свідчать дані, отримані з відкритих джерел, оскільки існуючі методи виявлення порушень цілісності зображень, як правило, розраховані на конкретні збурні дії.

Запропонована алгоритмічна реалізація розробленого методу є поліноміальною ступеня 2, що дає принципову можливість використання її для експертизи цілісності відеопослідовностей.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] D.M. Uliyan, H.A. Jalab, A.W. Abdul Wahab and S. Sadeghi, "Image region duplication forgery detection based on angular radial partitioning and Harris key-points," *Symmetry*, vol. 8, no. 7, pp. 56-65, 2016.

[2] A.A. Kobozeva, I.I. Bobok and A.I. Garbuz, "General principles of integrity checking of digital images and application for steganalysis," *Transport and Telecommunication*, vol. 17, no. 2, pp. 128-137, 2016.

[3] G. Konakhovich and A. Puzyrenko, Computer steganography: Theory and practice. Kyiv: MK-Press, 2006.

[4] I.I. Bobok, "Studying the changes of parameters' properties of digital image's blocks during block processing as a basis of the method of detection its integrity violation," *Legal, Normative and Metrological Support of the Information Protection in Ukraine*, no. 1, pp. 27-35, 2019.

[5] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, Digital image processing, 4th ed. New York: Pearson, 2018.

[6] I.I. Bobok, "Theoretical development of the general approach to solving the problem of detecting the integrity violations of digital content based on the analysis of a complete set of formal parameters," *Informatics and Mathematical Methods in Simulation*, vol. 7, no. 3, pp. 170-177, 2017.

[7] T. Gloe, R. Böhme, "The 'Dresden Image Database' for benchmarking digital image forensics," in Proceedings of the 25th *Symposium on Applied Computing* (ACM SAC 2010). Sierre, 2010, vol. 2, pp. 1585–1591.

[8] Y.-F. Hsu, S.-F. Chang, "Detecting image splicing using geometry invariants and camera characteristics consistency," in Proceedings of the *IEEE International Conference on Multimedia and Expo* (ICME'06). Toronto, 2006, pp. 549-552.

Мережева Модель Заперечуваного Шифрування

Андрій Гальченко
кафедра програмної інженерії
Запорізький національний університет
Запоріжжя, Україна
andream1993@ukr.net

Сергій Чопоров
кафедра програмної інженерії
Запорізький національний університет
Запоріжжя, Україна
s.choporoff@znu.edu.ua

Network Deniable Encryption Model

Andrii Galchenko
dept. of Software Engineering
Zaporizhzhia National University
Zaporizhzhia, Ukraine
andream1993@ukr.net

Sergey Choporov
dept. of Software Engineering
Zaporizhzhia National University
Zaporizhzhia, Ukraine
s.choporoff@znu.edu.ua

***Анотація*—В роботі були досліджені структура алгоритмів заперечуваного шифрування даних та клієнт-серверна архітектура, яка лежить в основі розробки мережевого програмного забезпечення. В результаті авторами були розроблена модель захисту інформації в мереженому просторі, з використанням алгоритмів заперечуваного шифрування. Крім того, для перевірки роботоспроможності вказаної моделі автори розробили стендові програми, які реалізують функції клієнта та сервера. Створені авторами інструменти мають важливе значення для подальшого дослідження та розробки прогресивних засобів захисту інформації, зокрема для розробки криптографічних систем на основі алгоритмів заперечуваного шифрування.**

***Abstract*— The deniable encryption algorithm structure and the client-server architecture are investigated in the paper. Authors suggest a network security model based on the deniable encryption algorithms. Also, authors develop the client and server software to test the suggested model. The developed instruments are useful to investigate and develop the modern security systems, especially the cryptography systems based on the deniable encryption algorithms.**

Ключові слова— алгоритм; заперечуване шифрування; клієнт-сервер; шифрограма; примушування; мережеве програмне забезпечення; IoT-пристрій

Keywords— algorithm; deniable encryption; client-server; crypt; coercion; newtwork software; IoT-device

I. Вступ

Сучасний інформаційний простір складається з пристроїв оброки та зберігання даних, зокрема смартфонів, кишенькових комп'ютерів та планшетів, персональних комп'ютерів і серверів, IoT-пристрої. Для зв'язку між собою вказані пристрої використовують мережеве програмне забезпечення.

Існує велика кількість областей для застосування мережених програм. Проте їх головним призначенням є обмін даними між пристроями в будь-якій точці інформаційного простору.

Вказані обставини створюють передумови для втрати даних та несанкціонованого доступу до них. Для попередження втрати даних розроблено велику кількість технічних засобів, зокрема апаратно-програмних:

- резервне копіювання та відновлення даних;
- розмежування доступу до даних;
- шифрування даних.

Шифрування даних є більш економічним та розповсюдженим методом захисту конфіденційності даних [1]. В теперішній час розроблено велику кількість алгоритмів перетворення даних і шляхів їх застосування. Стійкість вказаних систем ґрунтується лише на обчислювальній складності ключової інформації.

Таким чином, існуючі криптографічні системи вразливі до атак спрямованих на ключову інформацію та застосування примусу до користувачів вказаних систем.

II. ОПИС СХЕМИ ЗАПЕРЕЧУВАНОГО ШИФРУВАННЯ

В основу традиційних алгоритмів шифрування даних, так само як і алгоритмів заперечуваного шифрування даних, покладено використання різних схем математичного перетворення вхідних даних. Кожна схема має свою обчислювальну стійкість, яка ґрунтується переважно на неможливості вирішення задачі факторизації та пошуку дискретного логарифму.

На відміну від поширених алгоритмів шифрування, надійність алгоритмів заперечуваного шифрування ґрунтується не лише на обчислювальній стійкості. Їх структура дозволяє маніпулювати даними як на вході, так і на виході криптографічних систем. Вказане забезпечує додаткову стійкість алгоритмів шифрування до атак, в основі яких лежить вплив не на криптографічну систему захисту інформації, а на її користувачів (операторів) [2-8].

В загальному випадку алгоритми заперечуваного шифрування включають:

- блок генерації ключів (алгоритм 1);
- блок шифрування даних (алгоритм 2);
- блоки дешифрування публічних та секретних даних (алгоритм 3).

Єдиних вимог до генерації ключової інформації *K* (алгоритм 1) в алгоритмах заперечуваного шифрування даних не існує. Вони залежать лише від криптографічних систем, які лежать в основі алгоритмів шифрування. Проте вимоги щодо їх зберігання такі самі.

Алгоритми шифрування даних (алгоритм 2) в загальному випадку мають схожу структуру та включають наступні етапи (Рис. 1):

1. підготовка публічних *M* та секретних *T* даних до перетворення (визначення розміру блоків даних, розділення даних на блоки, генерація електронних підписів, тощо);
2. перетворення відкритих даних *(M, T)* в шифрограму *C* використовуючи одну з систем криптографічних перетворень даних (*F*-функція);
3. підготовка зашифрованих даних *C* до зберігання (необхідність залежить від строку життя шифрограми T_C).

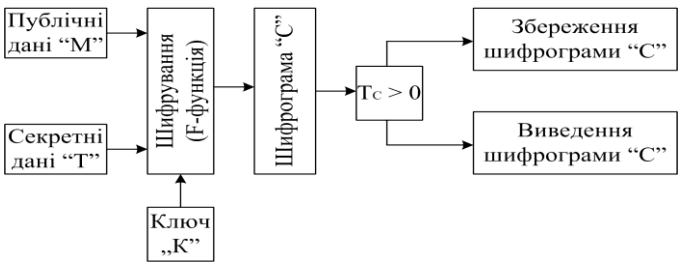


Рис. 1. Структурна схема шифрування даних

Процедура дешифрування (алгоритм 3) полягає у відновленні не одного, але декількох наборів вхідних даних з однієї шифрограми C. Вона найбільш вимоглива до системних ресурсів, складна в реалізації та включає наступні перетворення (Рис. 2):

1. підготовка зашифрованих даних *C* до відновлення (перевірка цілісності шифрограми);
2. отримання знеособлених даних з шифрограми *C* (проміжні значення отримані з *F'*-функції, які мають псевдовипадковий характер);
3. вибір даних (публічних *M'* або секретних *T'*), які будуть відновлені в результаті перетворення проміжних даних (F_A-функція);
4. підготовка вихідних даних (публічних *M'* або секретних *T'*) до зберігання (необхідність залежить від строку життя даних T_D) або виведення.

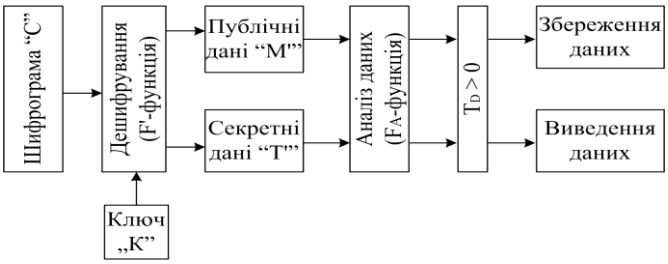


Рис. 2. Структурна схема дешифрування даних

Вказані перетворення дозволяють забезпечити конфіденційність секретних даних *T* в разі витоку шифрограми *C* та ключа *K*. Але вони не забезпечують збереження доступу до шифрограми та її цілісність.

III. МЕРЕЖЕВА СХЕМА ЗАПЕРЕЧУВАНОГО ШИФРУВАННЯ

Вищевказані алгоритми призначені для роботи з даними малого розміру та можуть бути використані для захисту інформації в каналах електронного зв'язку, зокрема в мережі Інтернет. Проте їх досить складно реалізувати на практиці.

Сьогодні існує велика кількість систем, які реалізують заперечуване шифрування. Інформація отримана про окремі системи свідчить про те, що вони не надають можливість варіативного дешифрування даних [9].

Вищевказані обставини стосуються не лише стаціонарних систем обробки даних, але й мережевих.

Саме тому авторами запропонована мережева модель заперечуваного шифрування даних, яка побудована на базі клієнт-серверної архітектури [10] (Рис. 3):

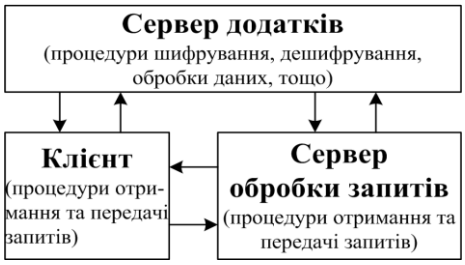


Рис. 3. Модель мереженої обробки даних з використанням алгоритмів заперечуваного шифрування

Вищевказана модель обробки даних складається з клієнта *H*, серверу обробки запитів $S_З$ та серверу додатків $S_Д$.

Згідно з приведеною моделлю клієнт виконує наступні функції:

- формує запити на шифрування-дешифрування даних та відправляє їх на сервер обробки запитів $S_З$;
- отримує зашифровані-дешифровані дані від серверу обробки запитів $S_З$ та забезпечує їх збереження в локальному сховищі.

Сервер обробки запитів $S_З$ виконує функції управління процесами шифрування-дешифрування даних та виконує наступні функції:

- обробляє запити від на шифрування-дешифрування даних від клієнта *H*;
- виконує запуск програм шифрування-дешифрування даних на сервері додатків $S_Д$;
- повертає результат шифрування-дешифрування даних клієнту *H*.

Сервер додатків $S_Д$ виконує шифрування-дешифрування блоків з даними клієнта *H* у відповідь на запит серверу обробки запитів $S_З$.

Таким чином, вказана схема обробки даних дозволяє використовувати ресурси серверів $S_З$ та $S_Д$ для шифрування даних та їх відновлення, в разі відсутності у клієнта необхідних системних ресурсів.

IV. ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ МЕРЕЖЕВОГО ШИФРУВАННЯ ДАНИХ

Для перевірки роботоспроможності запропонованої моделі автори створили стендове програмне забезпечення, на якому було проведено тестування моделі.

Стендове програмне забезпечення включає програму-імітатор роботи клієнта *H* і програму-імітатор роботи серверів $S_З$ та $S_Д$.

Тестування моделі проводилося авторами в наступному середовищі:

- комп'ютер з ОС Windows 10, розмір оперативної пам'яті 8 ГБ, розмір дискового простору 1 ТБ;

- мова реалізації програм Python;

- середовище розробки та запуску програм IDLE Python 3.7;

- тестові дані: текстові та графічні файли, розмір ключа 1024 біта.

Вказана реалізація програм має наступні обмеження:

- можлива лише однопотокова обробка даних між клієнтом та серверами;

- сервери $S_З$ та $S_Д$ об'єднані в один для спрощення реалізації;

- клієнт та сервери розташовані на отному комп'ютері.

Результати тестування моделі наведені в табл. 1:

ТАБЛИЦЯ I. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ МЕРЕЖЕВОГО ШИФРУВАННЯ ДАНИХ

Оцінка стану даних	**Вхідні дані**				**Шифр С**	**Вихідні дані**			
	публічні *M*		**секретні *T***			**публічні *M′***		**секретні *T′***	
	текстові	**графічні**	**текстові**	**текстові**		**текстові**	**графічні**	**текстові**	**текстові**
Цілісність	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Доступність	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Конфіденційність	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Робоспроможність моделі, %									
Отримано/Втрачено даних	100/0		100/0		100/0	100/0		100/0	

V. ВИСНОВКИ

В даній роботі автори дослідили структуру алгоритмів заперечуваного шифрування даних та клієнт-серверної архітектури, яка лежить в основі розробки мережевого програмного забезпечення.

З метою забезпечення можливості використання алгоритмів заперечуваного шифрування для захисту інформації в мереженому просторі автори розробили відповідну модель обробки даних та перевірили її роботу за допомогою стендових програм, які реалізують функції клієнта та сервера.

В подальшому автори планують реалізувати багатопотокову реалізацію обробки даних між клієнтом та серверами, вирішити проблему з безпечним обміном ключовими даними між клієнтом та серверами, створити розподілену мережеву систему шифрування-дешифрування даних з алгоритмів заперечуваного шифрування.

Створені авторами інструменти мають важливе значення для подальшого дослідження та розробки прогресивних засобів захисту інформації, зокрема для розробки криптографічних систем на основі алгоритмів заперечуваного шифрування.

Література References

[1] V. V. Mayshev, “Methodology of the choice of the means of cryptographic protection forinformation-telecommunication system” Vestnik Udmurtskogo Universiteta, vol. 2, no. 6, pp. 256-258, Dec., 2004.

[2] R. Canetti, C. Dwork, M. Naor, R. Ostrovsky, “Deniable Encryption” in Advances in Cryptology: 17th Annual International Cryptology Conference: Proceedings. Santa Barbara, California, 1997, pp. 90-104.

[3] H. Ibrahim, “Receiver-Deniable Public-Key Encryption” International Journal of Network Security, vol. 8, no. 2, pp. 159-165, Mar., 2009.

[4] Bo Meng, J. Wang, “A Receiver Deniable Encryption Scheme” in International Symposium on Information Processing (ISIP’09). China, 2009, pp. 254-257.

[5] N. Moldovyan, Vajchikauskas, “Rasshirenie kriptosxemy Rabina: algoritm otricaemogo shifrovaniya po otkrytomu klyuchu” Voprosy zashhity informacii, no. 2, pp. 12-13, 2014.

[6] International Advanced Researches & Engineering Congress. (2017). “Comparative Analysis of Block Cipher Modes of Operation” [Online]. Available: www.researchgate.net/publication/322294203_Comparative_Analysis_of_Block_Cipher_Modes_of_Operation

[7] A. Moldovyan, Y. Tatchina, “Sposoby psevdoveroyatnostnogo blochnogo shifrovaniya” Intellektual'nye texnologii na transporte, pp. 25-30, 2018.

[8] A. V. Galchenko, “Deniable encryption based on hybrid cryptographic systems using” Radio Electronics, Computer Science, Control, January, 2019.

[9] Rujuk. (2009). Программа для шифрования данных Truecrypt [Онлайн]. Доступ: nerusoft.com/programma-dlya-shifrovaniya-dannyx-truecrypt

[10] 10 Х. Борри, “Firebird. Руководство разработчика баз данных” БХВ-Петербург, 1-е изд. Санкт-Петербург, Росія: БХВ-Петербург, 2004, С. 16–22.

Спектр Довготривалої Української Мови в Оцінюванні Захищеності Мовної Інформації за Критерієм Розбірливості

Юрій Касьянов
кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування
Миколаїв, Україна
yukas.nik.ua@gmail.com

Вікторія Плютенко
Студентка кафедри комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування
Миколаїв, Україна
miurochka@gmail.com

Spectrum of Long Ukrainian in Speech Information Security Assessment by Intelligibility Criterion

Yurii Kasianov
Department of Computer Technology and Information Security
National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
yukas.nik.ua@gmail.com

Viktoria Pliutenko
Student of the Department of Computer Technology and Information Security
National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
miurochka@gmail.com

***Анотація*—Розглянуто задачу оцінювання захищеності мовної інформації з визначенням розбірливості мови в контрольних точках формантним методом. Експериментально отримано спектр довготривалої української мови, необхідний для такого оцінювання.**

***Abstract*— The problem of speech information security assessment with determination of speech intelligibility at control points by formant method is considered. The spectrum of long Ukrainian speech required for such evaluation was experimentally obtained.**

Ключові слова—оцінювання захищеності мовної інформації; критерій розбірливості мови; формантний метод; спектр мови

Keywords— speech information security assessment; speech intelligibility criterion; formant method; speech spectrum

I. Вступ

Однією з основних задач в процесі розробки та впровадження заходів технічного захисту мовної інформації, в тому числі при створенні комплексних систем захисту, є оцінювання ефективності використаних технічних засобів та ступеня захищеності виділеного приміщення. При цьому виходять із зрозумілості перехопленого мовного повідомлення.

Оскільки зрозумілість залежить як від рівня інформативного сигналу так і від маскувального впливу різного роду завад, то в якості загальноприйнятого критерію захищеності мовної інформації від витоку прямим акустичним каналом прийнято відповідність нормативним значенням відношення сигнал/шум у точках можливого знімання інформації (контрольних точках). Але даний критерій є неінваріантним по відношенню до виду завади і в умовах розробки і впровадження нових ефективних генераторів завад, особливо мовоподібних, суттєво ускладнює нормування та оцінювання захищеності мовної інформації [1]. Тому наразі в ряді провідних країн світу в якості критерію захищеності взято словесну розбірливість перехопленого мовного повідомлення, яка є безпосередньою мірою зрозумілості.

Для визначення розбірливості мови в контрольних точках у відомих методиках оцінювання захищеності мовної інформації за цим критерієм взято формантний підхід, який передбачає використання спектральних характеристик мови. Це потребує врахування національних мовних особливостей.

II. Оцінювання захищеності мовної інформації з визначенням розбірливості мови формантним методом. Мета роботи

Задача оцінювання захищеності мовної інформації за критерієм розбірливості мови полягає у визначенні розбірливості в контрольних точках та порівняння отриманих значень з нормативними. При цьому, на відміну від оцінювання якості каналів мовного зв'язку та акустики приміщень, де за критерій зазвичай береться складова розбірливість, в оцінюванні захищеності мовної інформації використовується словесна розбірливість, що дозволяє врахувати можливість часткового смислового розпізнавання інформації зловмисником.

Існує цілий ряд як суб'єктивних, так і об'єктивних методів визначення розбірливості мови [2], але у відомих методиках оцінювання захищеності мовної інформації за критерієм розбірливості мови використовуються формантні методи, що обумовлено необхідністю оперативного контролю при мінімальних затратах мінімальними силами. В [3] запропоновано для задач інформаційної безпеки об'єднати формантний та модуляційний методи, що дозволяє одночасно враховувати вплив шумової і реверберaційної завад.

Формантні методи базуються на формантній теорії розбірливості мови, розробленій Д. Коллардом і Г. Флетчером та розвинутій Ю.С. Биковим, Н.Б. Покровським, М.А. Сапожковим та ін., відповідно якої звуки мови розрізняються один від одного числом формант і їхнім розташуванням в частотному спектрі. Відносна кількість правильно прийнятих формант або формантна розбірливість (наразі частіше використовуються терміни "індекс артикуляції" та "артикуляційна розбірливість") визначає ймовірність правильного сприйняття окремих звуків мови.

В [4] викладено основи розробленої А.А.Хоревим, Ю.К. Макаровим В.К. Железняком та ін. інструментально-розрахункової методики оцінювання захищеності мовної інформації, що використовує формантний метод визначення словесної розбірливості мови у інтерпретації М.Б. Покровського [5], доповнений формулами апроксимації залежностей аналогічно методу AI та SII [6], що дає можливість автоматизації розрахунків. Ця методика була сертифікована ФСТЕК Росії.

Словесна розбірливість в контрольній точці (залишкова розбірливість) визначається за сумарною формантною розбірливістю (інтегральним індексом артикуляції), яка є сумою розбірливостей формант в частотних смугах мовного діапазону (октавних, третинноктавних тощо), в яких вона вважається незмінною (спектральних індексів артикуляції). Розбірливість формант в частотних смугах визначають, виходячи з імовірності появи формант в цих смугах, для чого потрібно мати функцію відносної появи формант в різних ділянках мовного діапазону або емпіричну функцію розподілу формант, та коефіцієнта сприйняття формант, який враховує їх втрати через шумові завади. Коефіцієнт сприйняття формант в частотних смугах визначається на основі відношень сигнал/шум в цих смугах, які отримують інструментальними вимірюваннями в контрольних точках. При цьому у виділеному приміщенні генерується тестовий інформативний сигнал, що представляє собою шум зі спектром довготривалої мови.

Таким чином, для оцінювання захищеності мовної інформації з визначенням розбірливості мови формантним методом необхідно мати такі спектральні характеристики мови спілкування, як функція відносної появи формант в різних ділянках мовного діапазону чи емпіричну функцію розподілу формант та спектр довготривалої мови. Такі характеристики для російської мови приведено в [5]. Усереднені рівні інтенсивності тривалих мовленнєвих сигналів російської мови в октавних смугах при заданих інтегральних рівнях наведено в [4].

Порівняльні дослідження частотного розподілу формант для російської та української мови описано в роботі [7]. В роботі [8] наведено результати дослідження спектру довготривалої української мови за допомогою програми Sound Forge.

Метою даної роботи було отримання спектру довготривалої української мови шляхом вимірювання рівнів тривалого мовленнєвого сигналу в октавних смугах.

III. Інструментальні дослідження спектру довготривалої української мови.

Експеримент проводився в 4 етапи: підготовчий, інструментально-вимірювальний, розрахунковий і аналітичний.

Підготовчий етап мав на меті підготовити фонограми тривалого мовленнєвого сигналу української мови.

Були сформовані аудіофайли фрагментів мовленнєвих сигналів з телевізійних новин українською мовою тривалістю близько 15 секунд, що відповідає вимозі довготривалої мови. Запис робився для двох груп дикторів: чоловіків і жінок. Кожна група складалася з п'яти різних дикторів. Записувались фрагменти, де диктор читає текст рівним голосом, з постійним рівнем мови, чітко без підкреслювання окремих звуків. Фрагменти брались з різних телевізійних каналів, щоб знизити вплив їх звукових налаштувань на результат. Запис проводився на ПК програмою Sound Forge у форматі нестисненого цифрового звуку Wav (44000 Гц, 16 біт, моно). Нерівномірність АЧХ звукової карти в діапазоні 100…10000 Гц не перевищувала 0,3 дБ за результатами тестування програмою RightMark Audio Analyzer.

Інструментально-вимірювальна стадія полягала у відтворенні на комп'ютері записаних фонограм та вимірюванні шумоміром рівнів сигналу у октавних смугах. Схема експериментальної установки наведена на рис. 1.

Підготовлені звукові файли відтворювались на ПК програмою Sound Forge і через звукову карту сигнал подавався на активну акустичну систему Primax Soundstorm (потужністю 14 Вт, номінальний діапазон частот 50…18000 Гц). Кожна з фонограм повторювалась

відповідну кількість разів для вимірювання шумоміром рівнів звуку в октавних смугах. Для мінімізації похибки, що вноситься каналом відтворення звуковою картою ЗК та активною акустичною системою ААС попередньо було проведено налаштування максимально плоскої АЧХ каналу відтворення за допомогою регуляторів тембру ААС та еквалайзера на комп'ютері при вимірюванні шумоміром рівнів сигналу "білого" шуму, генерованого програмою Sound Forge, в октавних смугах.

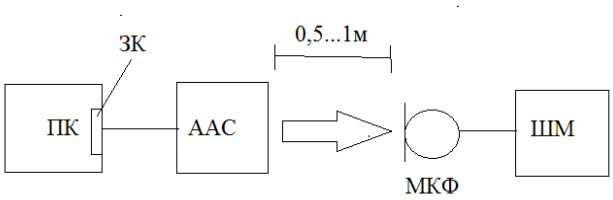


Рис.1 Схема експериментальної установки: ПК – персональний комп'ютер; ЗК – звукова карта; ААС – активна акустична система; МКФ – мікрофон; ШМ – шумомір

Вимірювання рівнів сигналу в 7-ми октавних смугах з середньогеометричними частотами 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц виконувалось шумоміром ВШВ-003. Інтегральний рівень мовленнєвого сигналу задавався рівним 70 дБ для кожної з фонограм. Відстань між ААС і мікрофоном шумоміра було взято такою, щоб мінімізувати вплив відбитого звуку на результат.

На розрахунковому етапі з допомогою програми Mathcad було проведено статистичне усереднення отриманих результатів за методом найменших квадратів та побудовано графіки (рис.2).

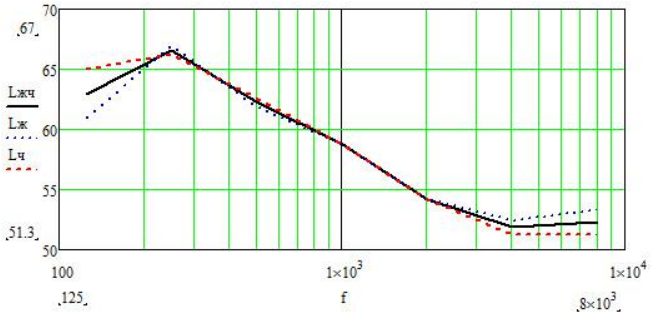


Рис.2 Графік усереднених октавних рівнів тривалого мовленнєвого сигналу української мови: $L_ч$ – для чоловічих голосів; $L_ж$ – для жіночих голосів; $L_{жч}$ – узагальнений

Розраховано усереднені октавні рівні тривалого мовленнєвого сигналу української мови для інших типових інтегральних рівнів, які представлені в табл. 1.

На аналітичному етапі оцінюється відповідність результатів теоретичним положенням та проводиться порівняння з уже існуючими даними.

Як бачимо з графіка усереднені рівні чоловічих та жіночих голосів суттєво відрізняються у крайніх октавних смугах, що зрозуміло (в низькочастотній смузі вищі рівні чоловічих голосів, а в високочастотній – жіночих).

ТАБЛИЦЯ І. УСЕРЕДНЕНІ РІВНІ ІНТЕНСИВНОСТІ МОВЛЕННЄВИХ СИГНАЛІВ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ В ОКТАВНИХ СМУГАХ

№	Частотний діапазон смуги, Гц	Середньогеометрична частота, Гц	Октавні рівні мовленнєвого сигналу при інтегральному рівні $L_Σ$			
			$L_Σ$=64	$L_Σ$=70	$L_Σ$=76	$L_Σ$=84
1	90…175	125	57	63	69	77
2	175…355	250	61	67	73	81
3	355…710	500	56	62	68	76
4	710…1400	1000	52	59	65	73
5	1400…2800	2000	48	54	60	68
6	2800…5600	4000	46	52	58	66
7	5600…11200	8000	46	52	58	66

Порівняння з октавними рівнями російськомовного сигналу, вказаними в [4] (при інтегральному рівні 70 дБ відповідно 53, 66, 66, 61, 56, 53, 49) показує, що октавні рівні російськомовного та україномовного сигналів відрізняються не більше ніж на 6%. Деякий сумнів викликає значна різниця в октавних рівнях першої низькочастотної смуги. Це може бути пов'язане з використанням в нашому експерименті телевізійних сигналів, а не "живого" звуку. Тому планується проведення уточнюючих експериментів.

IV. ВИСНОВКИ

Отримано спектр довготривалої української мови шляхом визначення усереднених октавних рівнів інтенсивності тривалого мовленнєвого сигналу, що дає можливість урахувати національні особливості мовлення в оцінюванні захищеності мовної інформації від витоку прямим акустичним каналом за критерієм словесної розбірливості при спілкуванні українською мовою.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Kasianov Yu.I., Nuzhniy S.M "Otsiniuvannia efektyvnosti generatora realnoi movopodibnoi zavady za kryteriiem rozbirlyvosti movy". Visnyk natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika" "Avtomatyka, vymiriuvannia ta keruvannia". 2016, issue 852, pp.105–110.

[2] Didkovskiy V.S., Didkovskaya M.V., Prodeus A.N. "Akusticheskaya ekspertiza kanalov rechevoy kommunikatsii: monografiya". Kiev, Imeks-LTD, 2008. 420 P.

[3] Prodeus A.N. "O nekotorykh osobennostyakh razvitiya obyektivnykh metodov izmereniy razborchivosti rechi". Elektronika i svyaz, tematicheskiy vypusk "Elektronika i nanotekhnologii, 2010, no. 2, pp. 217–233.

[4] Khorev A.A., Makarov Yu.K. "Metody zashchity rechevoy informatsii i otsenki ikh effektivnosti". Spetsialnaya, 2001, no. 4, pp. 22–33.

[5] Pokrovskiy N.B. "Raschet i izmerenie razborchivosti rechi". Moscow, The State Publishing House of Literature on Communications and Radio, 1962, 392 P.

[6] *ANSI*/ASA S3.5-1997 (R2017) American National Standard Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index / STANDARD by American National Standards of the Acoustical Society of America, 1997.01.01

[7] Prodeus A.N. "Chastotnoye raspredeleniye formant ukrainskoy i russkoy rechi". Elektronika i svyaz, 2009, no. 6, pp. 18–25.

[8] Kasianov Yu.I., Trofymchuk O.O. "Doslidzhennia spektru dovgotryvaloi ukrainskoi movy dlia otsiniuvannia zakhyshchenosti movnoi informatsii formantnym metodom". Materialy VII vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii "Suchasni problemy informatsiynoi bezpeky na transporti", NUK, Mykolaiv, 2017, pp. 31-36.

Удосконалення методу та технології оцінки рівня захисту мовної інформації

Сергій Нужний
кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Миколаїв, Україна
s.nuzhniy@gmail.com

Improving the Method and Technology of Assessing the Level Protection of Speech Information

Sergey Nuzhniy
Department of Computer Technologies and Information Security
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
s.nuzhniy@gmail.com

***Анотація* — Розглянуто метод та технологію забезпечення захищеності мовної інформації на об'єктах інформаційної діяльності в Україні та проведене їх порівняння з методами, що використовуються в США, Канаді та Європі. Вказано на необхідність переходу України до сучасних методів захисту мовної інформації. Запропоновано вдосконалені метод та технологію проведення перевірки рівня захищеності мовної інформації від витоку акустичними та вібраційними каналами за межі контрольованої зони**

***Abstract* — The method and technology of protection of speech information at information objects in Ukraine are assessing and compared with the methods used in the USA, Canada and Europe. The need for a transition of Ukraine to modern methods of protection of speech information is indicated. An improved method and technology for verify the level protection of speech information from leakage by acoustic and vibration channels outside the security boundary is proposed**

Ключові слова — цифрова фонограма; коефіцієнт розбірливості мови; деструктивні зміни фонемної структури; математичний аналіз

Keywords — digital phonogram; speech intelligibility; destructive changes in phonemic structure; mathematical analysis

I. Вступ

Захист мовної інформації є однією з головних умов ведення успішного бізнесу, безпеки його економічних, виробничих та інтелектуальних активів. Впевненість в можливості вільного спілкування, без стриманості та обмежень при обговоренні конфіденційних питань, є головним елементом успішного функціонування бізнесу.

Ще більш жорсткі вимоги до системи безпеки об'єкту висуваються за умови роботи з інформацією, що містить державну таємницю.

Особливості акустичного та вібраційного каналів витоку мовної інформації зумовлюють необхідність враховувати взаємно протиставні фактори. Використання систем зі значними рівнями акустичної та вібраційної завади підвищує рівень захищеності мовної інформації. Однак виникає ряд недоліків. Так, високий рівень завади стає демаскуючою ознакою об'єкта інформаційної діяльності (ОІД) та лише спонукатиме зловмисників використовувати більш складні та більш якісні технології і математичні методи. Суттєвим недоліком також є вплив високого рівня шуму на персонал об'єкта.

Тобто, визначення балансу між захистом інформації та її демаскуванням та впливом на персонал стає головною задачею при розробці нових підходів до проектування систем захисту.

II. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Перші відкриті звіти про дослідження з питання захисту мовної інформації почали з'являтись в першій половині 20-ого століття. В [1] Г. Міллер та Дж. Ліклайдер дослідили вплив частоти переключання акустичного сигналу та шумової завади в різних комбінаціях та з різними співвідношеннями сигнал/завада. В роботах вказано, що автори опирались на результати досліджень Е. Пойрсона (1920 р.), М. Марро (1936 р.) та ряду інших вчених, що оприлюднили свої дослідження на протязі 1937 – 1949 рр.

Значна частина досліджень полягала в визначенні впливу акустичних шумів різних типів та мовоподібних сигналів на біофізичні, психосоматичні та інші показники людського здоров'я. На початку 50-их років вказаний напрям отримав назву «Bioacoustics» («Біоакустика»). Результати досліджень були опубліковані в роботах Акустичного товариства Америки (*Acoustical Society of America, ASA*) – рекомендаціях та стандартах, а такі як [2-4] та інші, набули статусу *ANSI* та прийняті на міждержавному рівні.

В [4] установлено методи розрахунку коефіцієнту (індексу) розбірливості мови (КРМ) – *Speech Intelligibility Index* (*SII*). КРМ – це коефіцієнт, який характеризує розбірливість мови при різних несприятливих умовах поширення, таких як маскування шумом (завадою), фільтрація, реверберація та інше.

В Радянському Союзі аналогічні дослідження проводились в 50-60-х роках. Основні результати опубліковані в роботах Ю. С. Бикова [5], В.К. Іоффе і М. А. Сапожкова [6,7] та М. Б. Покровського [8] і в ГОСТ 16600-72 [9] Для проведення розрахунків введені поняття середньоквадратичних (тобто ефективних) рівнів сигналу та завади. В [8.9], для спрощення розрахунків реальний мовний сигнал замінено на білий шум. Така методика надала змогу отримувати високу якість досліджень у випадках, коли бажано мати тест-сигнали з заданими параметрами амплітудно-частотної характеристики.

Використання критерію розбірливості мови для визначення рівня її захищеності на пострадянському просторі вперше було запропоновано Хоревим А. А., Макаровим Ю. К., Железняком В. К. [10-11]. В основі лежить методика Покровського М. Б. [8] та ГОСТ 16600-72 [9]. Головною ідеєю робіт є визначення рівня залишкової розбірливості мовного сигналу після впливу на нього пасивних та активних завад.

Подальший розвиток задача набула в роботах Продеуса А. М., Дідковського В. С. [12], Бортникова А. Н., Лобова В. А. [13] та інших. Однак, основним принципом в їх роботах залишилось використання сигналу завади (білого, кольорового чи мовоподібного типів) для запобігання розпізнавання на його фоні небезпечного сигналу.

Основними недоліками вказаних методів є:

1) суб'єктивність методики;

2) значний об'єм робіт, які необхідно виконати при обстеженні ОІД;

3) вразливість методу захисту мовної інформації, основаного на використанні білого шуму в системах постановки активних акустичних/вібраційних завад.

III. Мета та задачі дослідження

Аналіз задачі розробки збалансованої системи захисту мовної інформації вказує на необхідність ***вирішення першочергових задач***:

- визначення вимог до рівня захищеності мовної інформації;
- визначення принципів побудови системи захисту;
- визначення типу шуму в системі постановки активних завад;
- оцінка рівня захищеності мовної інформації та її відповідність встановленим вимогам.

Таким чином, **метою даної роботи** є вдосконалення теоретичних та технологічних основ побудови систем захисту мовної інформації від витоку акустичними та вібраційними каналами за межі контрольованої зони

IV. Аналіз вимог до рівня захищеності мовної інформації та принципів побудови системи захисту

Всі об'єкти, що вимагають захисту мовної інформації можне розділити на групи:

1) Джерело завади та слухачі знаходяться в контрольованій зоні. Метою завади є створення незначного шумового фону, який буде маскувати випадкові звуки та тиху розмову. До таких об'єктів відносяться, наприклад, читальні зали бібліотек, комп'ютерні зали та інше. Рівень шумової завади повинен складати 34…40 дБ [2–4].

Рівень захищеності мовної інформації – «не захищена».

2) Джерело завади та слухачі знаходяться в контрольованій зоні, яка додатково розділена відбивачами звуку на окремі напіввідкриті зони. Прикладом є офісні приміщення типу «open-concept office», торговельні зали супермаркетів та інше.

Завадовий сигнал створює дещо підвищений рівень акустичного фону (45…55 дБ) в загальному об'ємі приміщення [4,14]. Однак в відокремлених кабінах (High-panelled cubicles) рівень шумової завади зменшується до величини 34…36 дБ. Зменшення рівня шумової завади та захист розмови від випадкового підслуховування забезпечується конструкційними елементами кабін.

Рівень захищеності мовної інформації – «мінімальна конфіденційність мовлення».

3) Диктори розмовляють в контрольованій зоні, а точки можливого перехоплення знаходяться за її межами. В такому випадку, за необхідності, використовують

системи постановки активних завад на межі контрольованої зони.

Принципи побудови таких систем, методи та технології оцінки рівня захищеності мовної інформації визначаються відповідно до національних та міжнародних нормативних документів: для США – ASA [2–4]; для Європи – ISO і IEC [14–17]; для Канади – ASTM [18]; для України – НД ТЗІ [19–21].

Порівняння вимог вказаних методів до захищеності мовної інформації доцільно виконувати з використанням [10,11]. Результати порівняння наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Взаємопов'язаність коефіцієнтів SPC [18,22], W і SNR [11,11]

Рівень	SPC			CMP	SNR	
	Опис рівня захисту мови	Числове значення, дБ	Частота розпізнавання	W, %	Опис рівня захисту мови	Числове значення, дБ
Standard speech privacy	Іноді зрозуміла і часто чутна	≤ 70	1 коротка фраза за 2 хв.	40	Часткове приховування змісту переговорів у ВП	– 6
Standard speech security	Дуже рідко зрозуміла і іноді чутна	70 – 80	1 коротка фраза за 15 хв. – 1 год	30	Значне приховування змісту переговорів у ВП	– 8
High speech security	За суттю не зрозуміла і дуже рідко чутна	80 – 85	1 коротка фраза за 2 – 4,5 год	20	Приховування предмета переговорів у ВП	– 10
Very high speech security	Нерозбірлива й по суті не чутна	> 85	1 коротка фраза за 16 – 20год	10	Приховування факту ведення переговорів в ВП	– 13

V. АНАЛІЗ СТАНУ ЗАХИЩЕНОСТІ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВІД ВИТОКУ АКУСТИЧНИМИ ТА ВІБРАЦІЙНИМИ КАНАЛАМИ В УКРАЇНІ

В Україні захист мовної інформації регламентується вимогами нормативних документів НД ТЗІ [19–21] та оснований на встановленні рівня SNR при виключеній та включеній системі постановки активної завади. В якості завади, згідно вимог НД ТЗІ, використовується білий шум.

Наразі існує цілий ряд сертифікованих ДССЗЗІ України генераторів активної завади ("РІАС", "МАРС-ТЗО-4-2", "Топаз" і т.д.) [12,23]. Однак, аналіз засобів знімання акустичної та вібраційної інформації, яка озвучується на ОІД, методів її фільтрації, очищення і подальшої обробки показують суттєві недоліки можливостей систем захисту [22,23]. Використання білого шуму для оцінки рівня захищеності мовної інформації не забезпечує отримання достовірної оцінки [22].

Одночасно з цим необхідно враховувати ряд суб'єктивних факторів, які будуть суттєво впливати на впровадження передових методів та технологій захисту мовної інформації – недостатній рівень освіти персоналу більшості ліцензіатів та складність адаптації вимог ASA, ISO і IEC до існуючих систем захисту мовної інформації.

Таким чином є необхідність в розробці нових методу та технології захисту мовної інформації на ОІД які повинні врахувати вказані фактори

VI. ОСОБЛИВОСТІ ВДОСКОНАЛЕНИХ МЕТОДУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Основними етапами визначення рівня захищеності є:

1) Вимірювання рівнів тестових мовних сигналів в контрольній точці (за межами контрольованої зони) на середньогеометричних частотах ⅓-октавних смуг.

2) Визначається формантна розбірливість в ⅓-октавних смугах:

$$A=\begin{cases} 0.035\cdot E^{1.27}, \text{ якщо } E<11 \\ 0.14\cdot E-0.78, \text{ якщо } 11\le E\le 36 \\ 1.73\cdot 10^{-4}\cdot E^{3}-0.025\cdot E^{2}+1.21\cdot E-15.34, \text{ якщо } E>3 \end{cases}$$

3) Визначається загальна формантна розбірливість як сума значень формантної розбірливості для окремих ⅓-октавних смуг:

$$A=\sum_{i=1}^{20}\Delta A_i$$

4) За отриманою загальною форматною розбірливістю визначаються розбірливості S (складова) та W (словесна):

$$S=\begin{cases} 4A^{1.43}, \text{ якщо } A\le 0.15 \\ 1.1\cdot\left[1-1{,}17\exp(-2.9A)\right], \text{ якщо } 0.15\le A\le 0.7 \\ 1.01\cdot\left[1-9.1\exp(-6.9A)\right], \text{ якщо } A>0.7 \end{cases}$$

$$W=\begin{cases} 1.54A^{0.25}\left[1-\exp(-11A)\right], \text{ якщо } A<0.15 \\ 1-\exp\left(-\dfrac{11A}{1+0.7A}\right), \text{ якщо } A\ge 0.15 \end{cases}$$

5) Визначається коефіцієнт залишкової розбірливості мови S^R

$$S^R=\frac{1}{m}\sum_{y=1}^{m}\left[R_y^a H_y\sum_{i=1}^{n}I_i A_i\right],$$

VII. Аналіз результатів дослідження

Одними з основних недоліків існуючих методів для оцінювання захищеності мовної інформації є:

- суб'єктивність та значний об'єм робіт для їх реалізації
- використання в якості тестового сигналу білого шуму, що призводить до втрати лінгвістичної складової для аналізу.

Тому перехід до об'єктивованих методів аналізу захищеності мовної інформації є необхідним. Це дозволяє вирішити вказані проблеми і отримати інструментальню підтверджені значення рівня захищеності мовної інформації.

Подальшими напрямками досліджень по даній проблемі є отримання бази коефіцієнтів R^a (коефіцієнт важливості розпізнавання алофону для розпізнавання слава (фрази, речення)) та H (коефіцієнт частоти вживання даного алофону в мові) для української мови. Вказані коефіцієнти необхідно визначити як для загальновживаних текстів, так і для фаховоспрямованих.

VIII. Висновки

В роботі запропоновано об'єктивізовані метод та технологія оцінки ступеня захищеності мовної інформації на об'єктах інформаційної діяльності України на основі розробки об'єктивізованої методології визначення оцінки ступеню захищеності мовної та вібраційної інформації, яка озвучується на ОІД, за коефіцієнт залишкової розбірливості мови.

Запропоновані метод та технологія є подальшим розвитком інструментальної методики контролю захищеності мовної інформації, яка діє в Україні в рамках нормативних документів по технічному захисту мовної інформації на ОІД, та суб'єктивного методу визначення оцінки ступеня захищеності мовної інформації за критерієм розбірливості мови.

Запропоновані метод та технологія є адаптацією та подальшим розвитком методу визначення рівня захищеності мовної інформації за коефіцієнтом (індексом) розбірливості мови – *SII* (*Speech Intelligibility Index*.

Література References

[1] George A. Miller, J. C. R. Licklider The Intelligibility of Interrupted Speech // The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 22, No. 2 March, 1950 [Online]. Available: http://www.andrew.cmu.edu/user/nbradley/afrl/PAPERS/IntelligibilityOfInterruptedSpeech.pdf

[2] ASA S3.42-1992 PART 1 (R2017) American National Standard Testing Hearing Aids with a Broad-Band Noise Signal / STANDARD by American National Standards of the Acoustical Society of America, 1992.01.01.

[3] ASA S3.37-1987 (R2017) American National Standard Preferred Earhook Nozzle Thread for Postauricular Hearing Aids / STANDARD by American National Standards of the Acoustical Society of America, 1987.01.01.

[4] ASA S3.5-1997 (R2017) American National Standard Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index / STANDARD by American National Standards of the Acoustical Society of America, 1997.01.01.

[5] Bykov, YU. S. (1959). Teoriya razborchivosti rechi i povysheniya effektivnosti radiotelefonnoy svyazi. M.-L .: Gosenergoizdat, 350.

[6] Ioffe, V. K., Sapozhkov, M. A. (1951). K voprosu o metodike rascheta razborchivosti rechi. Trudy komissii po akustike AN SSSR, Vol. 6.

[7] Sapozhkov, M. A. (1963). Rechevoy signal v kibernetike i svyazi. - M .: Svyaz'izdat,. 472.

[8] Pokrovskyy, N. B. (1962). Raschet y yzmerenye razborchyvosty rechy – M.: HYzLVSR, 392.

[9] HOST 16600-72. Peredacha rechy po traktam radyotelefonnoy svyazy. Trebovanyya k razborchyvosty rechy y metodы artykulyatsyonnыkh yzmerenyy M.: YPK Yzdatel'stvo standartov, 90.

[10] Khorev, A. A., Makarov, YU. K. (2001). Metody zashchity rechevoy informatsii i otsenki ikh effektivnosti. Spetsial'naya tekhnika, 4. 22 - 33.

[11] Khorev, A. A. (2005). Sposoby i sredstva zashchity rechevoy (akusticheskoy) informatsii ot utechki po tekhnicheskim kanalam. Spetsial'naya tekhnika, 5. 54 – 59. & 6. 54 - 62.

[12] Didkovskiy, V. S., Didkovskaya, M. V. Prodeus, A. N. (2008). Akusticheskaya ekspertiza kanalov rechevoy kommunikatsii. Kiyev: Imeks-LTD. 420.

[13] Bortnikov, A. N., Gubin, S.V., Lobov, V.A., Siromashenko, A.V., Chernyshov, P.V. (2007). Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy vozmozhnostey perekhvata rechevoy informatsii pri realizatsii metodov dvukhkanal'nogo s"yoma. Voprosy zashchity informatsii, 1. 11-17.

[14] ISO 3382 (2012), "Acoustics – Measurement of room acoustics parameters – Part 3: Open plan offices"

[15] ISO 9921:2003 Ergonomics – Assessment of speech communication. Available at: https://www.iso.org/standard/33589.html.

[16] ISO 7240-24:2010 Fire detection and fire alarm systems – Part 24: Sound-system loudspeakers

[17] IEC 60268-16:2011 Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. Available at: https://webstore.iec.ch/publication/1214.

[18] ASTM E2638-10 ASTM Intl., West Conshohocken, PA.

[19] НД ТЗІ 2.4–010–2015.

[20] НД ТЗІ 2.4–019–2015.

[21] НД ТЗІ 2.2–008–2015.

[22] Blintsov, V., Nuzhniy, S., Parkhuts, L., & Kasianov, Y. (2018). The objectified procedure and a technology for assessing the state of complex noise speech information protection. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 5 (9 (95)), 26–34. doi: http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144146

[23] Kas'yanov, YU. Í., Nuzhniy, S. M. (2016). Otsínyuvannya yefektivností generatora real'noí movopodíbnoí zavadi za kriteríêm rozbírlivostí movi. "Avtomatika, vimíryuvannya ta keruvannya", (852). L'viv: Izd-vo NULP, 105-110. Available at: http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/36473

Визначення Частоти Вживання Алофонів (Трифонів) в Українській Мові для Оцінки Рівня Захисту Мовної Інформації

Сергій Нужний
кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Миколаїв, Україна
s.nuzhniy@gmail.com

Заноскіна Поліна
кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Миколаїв, Україна
lilianrhade@gmail.com

Determination of Frequency of Use Allophones (Triphones) in the Ukrainian Language to Assess the Level Protection of Speech Information

Sergey Nuzhniy
Department of Computer Technologies and Information Security
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
s.nuzhniy@gmail.com

Polina Zanoskina
Department of Computer Technologies and Information Security
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
lilianrhade@gmail.com

***Анотація* — Об'єктизовані методи розпізнавання мови диктора базуються на виявленні та аналіз фонем досліджуваної фонограми. Обмеженням використання методів є наявність в фонограмі сторонніх шумів. Розглянуто вплив методів фільтрації та цифрової обробки на можливість відновлення та розпізнавання мови диктора в умовах впливу значної шумової завади. Запропоновано використання методу відновлення тексту фонограми, основаного на дослідженні більш складних фонемних елементів – алофонів. В дослідженні використано «трифони» як лінгвістичну модель алофонів. Проведено дослідження частоти вживання трифонів в українській мові за різними професійними спрямуваннями. Дослідження є складовою частиною робіт по розробці системи підтримки прийняття рішення для оцінки рівня захисту мовної інформації**

***Abstract* — Objective methods of speech recognition are based on the detection and analysis of the phoneme of the studied phonogram. The limitation of the use of the methods is the presence in the phonogram of extraneous noise. The influence of filtering and digital processing methods on the ability to restore and recognize the speaker's language in the conditions of significant noise interference is considered. It is suggested to use the method of reconstruction of the phonogram text based on the study of more complex phonemic elements – allophones. The research used "triphones" as a linguistic model of allophones. The frequency of use of triphones in the Ukrainian language by different professional directions was conducted. The research is a part of the work on developing a decision-support system to assess the level protection of speech information**

Ключові слова — цифрова фонограма; деструктивні зміни формантної структури мови; математичний аналіз; алофони; трифони

Keywords — digital phonogram; destructive changes in formant speech structure; mathematical analysis; allophones; triphones

I. Вступ

Розпізнавання мовної інформації, яка озвучена диктором, в загальному випадку, вирішує чотири задачі:

1) Автентифікація диктора та фонограми – виявлення в фонограмі специфічних ознак мови диктора, які однозначно вказують на певну особу, та встановлення оригінальності тексту і його лінгвістичного та

семантичного складу. Співвідношення сигнал/завада SNR, зазвичай, не гірше +5..+7 дБА.

2) Встановлення автентичності фонограми – встановлення оригінальності тексту і його лінгвістичного та семантичного складу. Ідентифікація диктора не є однозначною – пов'язано з рядом причин:

- використання диктором коротких фраз загального значення (так, ні, можливо та інші);
- наявність імпульсних та реверберацийних завад з рівнем SNR ≥ 5 дБА;
- ненавмисне (хвороба, психічний стан та інше) та свідоме спотворення диктором голосу.

3) Відновлення тексту фонограми та встановлення автентичності його окремих частин – відновлення лінгвістичного та семантичного складу фонограми і встановлення оригінальності всього тексту або окремих його частин. На фонограмі присутні сторонні завади з рівнем SNR ≥ –3…0 дБА.

4) Відновлення тексту фонограм в їх значному спотворенні шумовою завадою (SNR ≤ –10 дБА). Вказані задачі характерні для випадків аналізу фонограм, що були отримані в промислових цехах та випробувальних лабораторіях із значним рівнем шуму, аеропорти, магістральні автостради та інше. Даний випадок відноситься до задач оцінки рівня захисту мовної інформації від витоку акустичними та вібраційними каналами за межі контрольованої зони, в умовах постановки активних шумових завад. Такий рівень зашумлення призводить до суттєвого спотворення спектру мовного сигналу, в тому числі й до деструктивних змін в формантній структурі фонем. Це призводило до унеможливлення відновлення мовної інформації.

Однак, розвиток методів цифрової обробки сигналів, фільтрації завад на основі адаптивних фільтрів, вейвлет-аналізу та нейронних мереж призвів до появи методів та технологій відновлення мовного сигналу з заданим рівнем достовірності навіть при умовах деструктивних змін.

Таким чином, на даний час актуальними є обидві задачі:

- розробка нових методів, технологій та технічних засобів для захисту периметрів контрольованих зон від витоку мовної інформації акустичними та вібраційними каналами;
- розробка (вдосконалення) методів, технологій та технічних засобів для оцінки рівня захисту мовної інформації на межі контрольованої зони від витоку мовної інформації акустичними та вібраційними каналами.

Для вирішення задачі оцінки рівня захисту мовної інформації необхідно визначити частоту вживання алофонів (трифонів) в українській мові за різними професійними спрямуваннями.

II. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Розробка методу лінгвістичного аналізу тексті в українською мовою, на основі аналізу частоти вживання букв українського алфавіту для задач інформаційної безпеки, розглянуто в роботах Архипової [1,2].

Аналогічні дослідження були проведені Сушко, Фомичовим та Барсуковим. В [3] приведені результати дослідження частоти повторюваності букв і біграм у відкритих текстах українською мовою. Проте, специфікою застосування результатів дослідження автори вважають криптоаналіз – аналіз фонограм в роботах авторів не розглядається. В роботі Сушко і Бабенко [4] для задач криптоаналізу проведено аналіз ентропії української мови.

В роботі [5] розглянуто вплив орфографії на частотність букв в художніх творах українською мовою.

Для задач аналізу впливу сторонніх завад на оцінку рівня захисту мовної інформації на межі контрольованої зони від витоку мовної інформації акустичними та вібраційними каналами дослідження частоти вживання фонем в спеціалізованих текстах українською мовою наведено в [6].

Аналіз приведених джерел показує, що для розробки систем підтримки прийняття рішення (СППР) використання фонем як мінімальної мовної одиниці має ряд недоліків, основними з яких є суттєвий деструктивний вплив шумової завади на частотний спектр формант в фонемах та частотні викривлення, які додатково вносяться в частотний спектр методами фільтрації, цифрових та вейвлет-перетворень.

Зменшення впливу досягається при використання в якості мінімальних мовних одиниць алофонів – вони є більш стійкими до шумів та викривлення спектру. Одночасно з цим алофони несуть інформацію й про диктора, особливості його мови, емоційний стан та інше [7]. Однак, це призводить до лавиноподібного збільшення об'ємів інформації, яку необхідно обробляти.

Для вирішення проблеми запропоновано обмежити об'єми оброблюваної інформації першими трьома формантами фонем, що дозволяє використовувати, для розробки баз даних, трифони як моделі алофонів.

III. Мета та задачі дослідження

Аналіз задачі розробки СППР для оцінки рівня захисту мовної інформації на межі контрольованої зони від витоку мовної інформації акустичними та вібраційними каналами вказує на необхідність ***вирішення першочергових задач***:

- визначення частоти вживання трифонів в українській мові;
- визначення впливу основних типів шумової завади і їх інтенсивності на стійкість алофонів та можливість розпізнавання;
- вдосконалення методики оцінка рівня захищеності мовної інформації та її відповідність встановленим вимогам.

Таким чином, **метою даної роботи** є вдосконалення теоретичних та технологічних основ побудови СППР оцінки рівня захисту мовної інформації на межі контрольованої зони від витоку мовної інформації акустичними та вібраційними каналами

IV. Аналіз рівня захищеності мовної інформації при використанны сучасних систем активного захисту

На об'єктах інформаційної діяльності, згідно з [8-10], в якості шуму повинен використовуватись білий шум або його клони. Однак, як показано в [7,13], при використанні сучасних систем фільтрації, цифрової обробки та вейвлет-перетворень такі системи захисту стають не ефективними, а методи та технології оцінки захищеності не спроможні адекватно оцінити рівень захисту. На рис. 1 наведено приклад фільтрації завади (білий шум) в середовищі Matlab . Фонограма слова «корабель» записана з рівнем SNR = –10 дБА. Їх спектральний аналіз наведено на рис. 2.

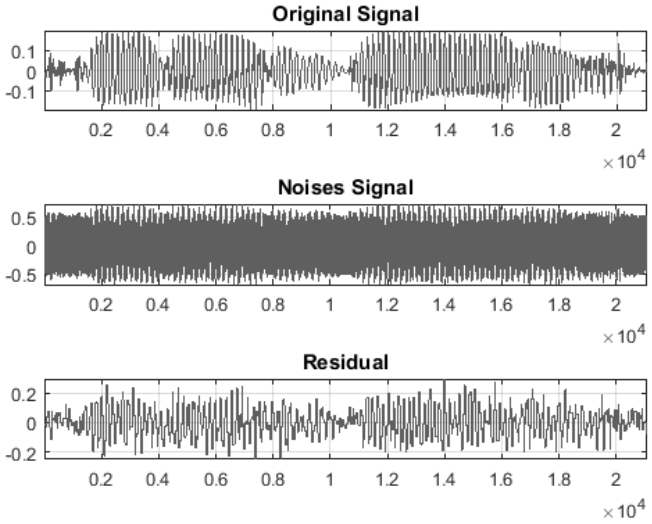


Рис.1 – Результати фільтрації фонограми з рівнем SNR –10 дБА слова «корабель» методом вейвлет-перетворень

Як видно з рис. 2 для очищеного від завади сигналу (Residual) можна визначити частоту основного тону та «за спадами» розпізнати форманти F1, F2 та F3.

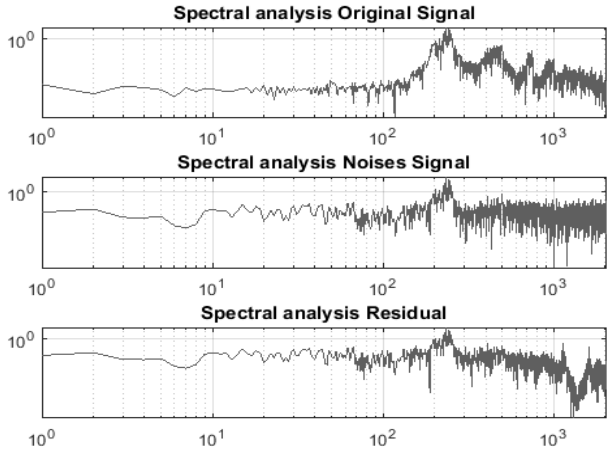


Рис.2 – Спектральний аналіз фонограм оригінального слова «корабель», SNR –10 дБА та після його обробки

Як видно з рис. 2 для очищеного від завади сигналу (Residual) можна визначити частоту основного тону та «за спадами» розпізнати форманти F1, F2 та F3.

Підвищення достовірності розпізнавання можливе при переході від аналізу частоти вживання фонем до частоти вживання алофонів. Для слова «корабель» частоту вживання фонем [к], [о] та [р] можна визначити за рис. 3 або [2,3,6] – становити 4.01; 8,23 та 4,12, відповідно.

На рис.4 наведено результати дослідження частоти вживання трифонів на основі фонеми [о].

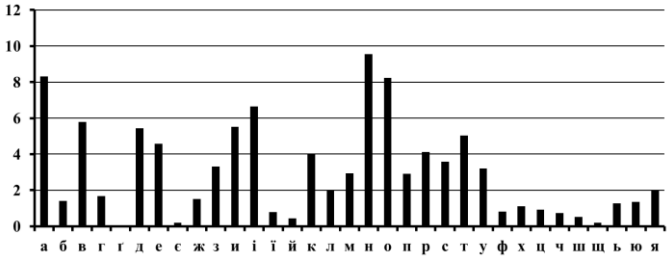


Рис.3 – Усереднені значення частоти вживання фонем в українській мові за [2,3,6]

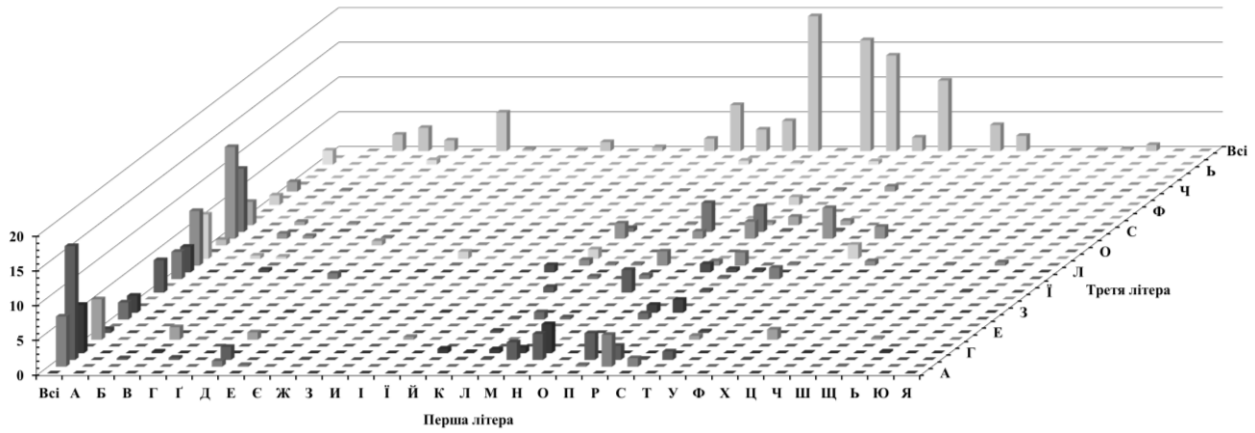


Рис.4 – Усереднені значення частоти вживання трифонів в українській мові на основі фонеми [о]

Згідно отриманих результатів частота вживання трифону [к**о**р] в українській мові становить 2,21 %.

При цьому з 1444 трифонів, які створені на основі голосної фонеми [о], використовуються тільки 117 – їх частота використання не нульова.

V. Аналіз результатів дослідження

Аналіз частоти вживання трифонів, які створені на основі голосної фонеми [о], показує, що їх можна поділити на чотири групи:

1) Трифони, які мають найбільшу частоту вживання – більше 2%. Такими трофонами є [кор], [мов], [нов], [ног], [ної], [ном], [нос], [пов], [пор], [пос], [роб], [ров], [тор] та [фон].

2) Трифони, які мають середньо частоту вживання – в діапазоні від 0,5 % до 2 %. До них відносяться [бор], [вод], [гою], [доб], [дов], [дод], [док], [доп], [зон], [йог], [йол], [кої], [ком], [кон], [кос], [лог], [лож], [лою], [мог], [нок], [нор], [пож], [поз], [пол], [пом], [пох], [роз], [ром], [рот], [соб], [тов], [тод], [ток], [тот], [точ], [фор], [ход] та [хом].

3) Трифони, які мають низку частоту вживання – в діапазоні від 0,1 % до 0,5 %.

4) Трифони, які засновані на дифонах [ао], [ґо], [єо], [ио], [їо], [уо], [цо], [юо], [яо], [оґ], [єо], [ио], [іо], [ой], [оу], [оф], [оц], [ощ], [оь] та [оя] мають частоту вживання менше 0,1 %.

Одночасно з цим необхідно враховувати близькі за методом творення фонеми, за рахунок деструктивного впливу шумової завади чи засобів фільтрації та/або обробки фонограми, можуть змінювати формантні частоти.

VI. Висновки

В роботі для вирішення задачі оцінки рівня захисту мовної інформації запропоновано використання об’єктизованих методів, які ґрунтуються на формантних методах та інструментальному дослідженню частотного складу формант в фонемах, що дозволяє визначати можливість відновлення мовного сигналу після його фільтрації та очищення при значних рівнях шумової завади (SNR ≤ –10 дБА).

Запропоновано використання методу відновлення тексту фонограми, основаного на врахуванні частоти вживання алофонів в українській мові загальної спрямованості та за різними професійними спрямуваннями. Використання в якості мінімальних мовних одиниць алофонів дозволяє суттєво підвищити якість розпізнавання мовного сигналу, в порівнянні з використанням фонем, після його фільтрації та очищення при значних рівнях шумової завади (SNR ≤ –10 дБА).

Запропоновано використання «трифонів» як лінгвістичної моделі алофонів, що дає змогу абстрагуватись від особистісних характеристик диктора, його емоційного стану, здоров’я та інших, і формалізувати бази даних частоти вживання алофонів в українській мові. Такий підхід є обґрунтованим – при значних рівнях шумової завади (SNR ≤ –10 дБА) відбуваються деструктивні зміни в частотному спектрі фонем, особливо на середніх та високих частотах, які передають особистісну інформацію.

Розглянуто частоти вживання трифонів в українській мові загальної спрямованості та за різними професійними напрямками. Показано, що незважаючи на значну теоретичну кількість трифонів (близько 55 тисяч), їх реально вживана кількість є значно меншою. Так, для трифонів з головною голосною фонемою [о] (теоретичній кількості трифонів 1444), реально вживана кількість – 117.

Література References

[1] Arkhypova O. O., Zhuravl′ov V. M., Kumeyko V. M. (2009) Artykulyatsiyni tablytsi sliv ukrayins′koyi movy. Pravove, normatyvne ta metrolohichne zabezpechennya systemy zakhystu informatsiyi v Ukrayini, (2/19). Kiyev, 13–17.

[2] Arkhypova O. O., Zhuravl′ov V. M. (2009) Chastotnyy analiz vykorystannya bukv ukrayins′koyi movy. Radio Electronics, Computer Science, Control, (2). Zaporizhzhia, 53-56.

[3] Sushko, S. O & Fomychova, L. YA & Barsukov, YE. S. (2010). The frequencies of the frequency of letters and bihram in clear text in Ukrainian Information Security Research Journal. doi: 12. 10.18372/2410-7840.12.1968.

[4] Babenko T. V., Sushko S. O. (2012). About an entropy of Ukrainian language. Ukrainian Information Security Research Journal. doi: 14. 10.18372/2410-7840.14.3397.

[5] Kulchytskyi I. M., Shandruk U. S. (2015). Influence spell the frequency of letters in the text. Information Systems and Networks (814). L′viv: Izd-vo NULP, 300-309. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2015_814_30.

[6] Nuzhnyi S. M., Zanoskina P. V. (2018) General Approaches to the Synthesis of Articulation Tables of the Ukrainian Language for Assessing the Degree of Protection of the Excessive-Noise Speech Information. Modern special technique scientific and practical journal (4/55). Kiyev, 66-75. Available at: http://suchasnaspetstehnika.com/journal/ukr/2018_4.pdf

[7] Blintsov, V., Nuzhniy, S., Parkhuts, L., Kasianov, YU. (2018). The objectified procedure and a technology for assessing the state of complex noise speech information protection. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 5 (9 (95)), 26–34. doi: http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144146

[8] ND TZI 2.4–010–2015.

[9] ND TZI 2.4–019–2015.

[10] ND TZI 2.2–008–2015.

[11] Khorev A. A., Makarov YU. K. (2001). Metody zashchity rechevoy informatsii i otsenki ikh effektivnosti. Spetsial'naya tekhnika, 4. 22 - 33.

[12] Khorev A. A. (2005). Sposoby i sredstva zashchity rechevoy (akusticheskoy) informatsii ot utechki po tekhnicheskim kanalam. Spetsial'naya tekhnika, 5. 54 – 59. & 6. 54 - 62.

[13] Kas'yanov YU. Í., Nuzhniy S. M. (2016). Otsínyuvannya yefektivností generatora real'noí movopodíbnoí zavadi za kriteríêm rozbírlivostí movi. "Avtomatika, vimíryuvannya ta keruvannya", (852). L′viv: Izd-vo NULP, 105-110. Available at: http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/36473

Методика Оптимізації Систем Захисту Периметра

Марина Турти
кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Миколаїв, Україна
turtym@meta.ua

Method of Perimeter Protection Systems Optimization

Marina Turty
Department of Computer Technologies and Information Security
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
turtym@meta.ua

***Анотація* — На основі аналізу сучасних систем охорони периметру (СОП) і нормативно-правової бази їх створення визначені критерії оптимізації СОП об'єктів інформаційної діяльності (ОІД) і параметри СОП, що є впливовими факторами для визначених критеріїв оптимізації, розроблено методику оптимальної комплектації СОП.**

***Abstract* — On the basis of the analysis of modern perimeter protection systems (PPS) and the regulatory framework for their creation the criteria for optimization of PPS of information activities objects (IAO) and PPS parameters, which are influential factors for the defined optimization criteria, has been determined; the method of optimal configuration of PPS has been developed.**

Ключові слова — система захисту периметра, критерії якості систем периметрального захисту, критерії оптимізації, впливові фактори, методика оптимальної комплектації.

Keywords — perimeter protection system, quality criteria of perimeter protection systems, optimization criteria, influential factors, method of optimal set.

Захист інформації на об'єктах інформаційної діяльності здійснюється по рубежах захисту, першим з яких є периметр ОІД. Сучасні СОП можуть бути реалізовані на основі різноманітних технічних засобів контролю і охорони периметру. [1-8] і різняться за складом, принципами дії, вартістю, спектром виконуваних функцій, ступенем інтеграції, способом обліку і методами обробки первинних даних та методами отримання висновку. Всі вони мають певні переваги і недоліки, тому комплектація системи охорони і контролю периметра кожного ОІД є індивідуальною. Розробкою систем охорони периметру і аналізом їх ефективності займається багато вітчизняних і зарубіжних науковців [1-13].

На сьогодні фірми, які займаються розробкою і впровадженням СОП, зазвичай використовують готові шаблонні рішення, котрі можуть не врахувати всіх особливостей кожної із ділянок периметру відповідної території і особливості взаємодії різних засобів захисту. Оцінювання таких систем найчастіше здійснюється з врахуванням лише двох факторів – покриття зони областями дії компонентів і вартість системи. Тому актуальною є задача пошуку компромісів між показниками якості системи (ймовірністю виявлення загроз і рівнем хибних тривог) і її ресурсоємністю [12].

Вирішення цієї задачі може здійснюватися за двома напрямками – шляхом оптимальної комплектації СОП з наявних підсистем периметрального захисту і їх компонентів та шляхом вдосконалення цих підсистем і компонентів. Однак на даний час відсутні прості методи вибору компонентів засобів охорони периметру, що забезпечують найбільшу ефективність та достатній контроль ОІД.

I. Мета і задачі дослідження

Метою даної роботи є підвищення ефективності систем периметрального захисту шляхом оптимізації їх комплектації.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати сучасні системи охорони периметру і нормативно-правове забезпечення та методи їх створення; розробити методику оптимальної комплектації систем периметрального захисту (визначити критерії оптимізації систем охорони периметру ОІД; визначити параметри систем периметрального захисту, що є впливовими факторами для визначених критеріїв оптимізації.

II. Аналіз сучасних СОП і нормативно-правового забезпечення та методів їх створення

Особливості проектування СОП пов'язані з тим, що територія, що охороняється, як правило, має велику протяжність, датчики різняться за принципом дії і встановлюються на різних конструкціях, технічні засоби охорони периметра працюють цілий рік у вуличних умовах, що необхідно враховувати при виборі обладнання.

СОП можуть бути представлені як окремі системи безпеки або як складові автоматизованої системи управління підприємством (організацією) з різним ступенем інтеграції. Охоронна діяльність буде ефективною, якщо вона органічно інтегрована в систему безпеки ОІД. При визначенні меж контрольованої зони враховується модель порушника і можливості витоку інформації технічними каналами.

При виборі системи охорони периметра слід враховувати ряд факторів:

- уявлення про потенційного порушника. і про можливі способи подолання ним кордону, що охороняється;
- особливості конструкції пасивного загородження;
- наявність смуги відчуження. Багато сповіщувачів вимагають неодмінної наявності вільного простору зовні або всередині охоронюваного простору;
- природні та сезонні явища, зокрема висоту снігового покриву взимку, активне зростання трави, чагарників і дерев влітку. Кліматичні умови (температура, її перепади, вологість, тиск, обсяг і частота опадів) також впливають на вибір складових СОП;
- розташування автомобільних і залізничних магістралей, які є джерелом сильних перешкод. Допустима відстань до них, як правило, вказується у паспортах на периметральні сповіщувачі;
- кількість і види розривів (воріт, хвірток). На лінійних ділянках периметру встановлюються інші типи сповіщувачів, аніж на воротах, хвіртках та інших отворах в механічній огорожі;
- маскування (важливе для військових об’єктів і дозволяє збільшити ймовірність виявлення порушника) та естетичність (важлива для цивільних об’єктів);
- додаткові фактори: особливості рельєфу, сейсмічна активність регіону, топографія об'єкту, види навколишньої рослинності, наявність поблизу периметра ліній електропередач, трубопроводів, кабельних ліній, шляхів міграції тварин тощо.

Структура СОП визначається виконуваними нею функціями, переліченими вище факторами і застосованою елементною базою. В загальному випадку до складу СОП входять [6]: огородження; система освітлення контрольованої зони (КЗ); система контролю і управління доступом (СКУД) у КЗ персоналу, відвідувачів і транспорту; датчики порушень периметру ОІД; сповіщувачі про порушення периметру ОІД; система відео спостереження за КЗ; пульти охорони; комунікації між складовими СОП; пости спостереження; система патрулювання території; система управління СОП.

За типом комунікацій розрізняють безпровідні і провідникові СОП. Останні поділяються в свою чергу на електропровідникові і оптоволоконні. За зоною виявлення розрізняють СОП "козиркового" і "приземного" типу. За принципом дії датчиків розрізняють наступні типи СОП: ємнісні, вібраційні, інфрачервоні (активні і пасивні) провідниково-радіохвильові, радіопроменеві вібраційно-чутливі системи, оптичні скануючі на основі оптичних датчиків із функцією сканування.

Бездротові датчики використовуються, якщо прокладання кабелів неможливе або ускладнене. Вони живляться від автономного джерела, а передача сигналу тривоги здійснюється за допомогою радіоканалу. В якості альтернативи, використовуються пасивні інфрачервоні датчики, однопозиційні НВЧ або комбіновані прилади, де передбачені і НВЧ, і ІЧ пристрої. Сучасні технології дозволяють поєднати роботу датчиків з роботою відеокамери. В останні роки інтенсивно розробляються і впроваджуються технічні засоби охорони, в яких роль чутливих елементів виконують випромінюючі кабелі - коаксіальні кабелі з прорідженою або спеціальною перфорованою екрануючою оболонкою, що мають наступні переваги: забезпечення скритності; забезпечення рубежу охорони довільної конфігурації, що дозволяє використовувати їх на місцевості без попередньої інженерної підготовки, а також існування можливості зміни напряму лінії охорони без застосування додаткового обладнання і збільшення довжини ділянки охорони при невеликих апаратурних затратах [8].

В якості технічних засобів контролю доступу можуть виступати кодові клавіатури, магнітні картки, картки зі штрих-кодом, нанесеним на паперову або пластикову основу, Proximity карти, радіокарти, які використовують для передачі коду зчитувачу радіоканал, інфрачервоні брелоки, смарт-карти, електронні ключі, біометричні системи.

Вибір системи відеоспостереження визначається тим, що планує бачити і як в подальшому буде використовувати зображення замовник. Визначаються вимоги до якості зображення, що мають бути забезпечені при конкретних умовах експлуатації при визначеній моделі порушника, оптимальна ємність зберігання, швидкість та режими запису зображення з відеокамер, а також формат запису зображення.

В основі аналогових систем відеоспостереження – відеокамера, монітори для перегляду відеозапису, пристрої запису, прилади обробки зображення та оптичних аксесуари відеозйомки (фільтри, об’єктиви). Аналогові системи відеоспостереження досі популярні через невисоку вартість і достатню якість, просту конструкцію і довговічність. Єдиним мінусом аналогових

камер є відсутність кодування сигналу при його передачі, тобто сигнал може перехопити і підмінити сторонній. IP системи відеоспостереження будуються на основі IP камер, для запису не обов'язково встановлювати відеореєстратор, можна використовувати звичайний персональний комп'ютер з спеціальним програмним забезпеченням. Для досягнення безпеки особливо відповідальних або територіально-розподілених об'єктів використовують цифрові системи відеоспостереження, що інтегруються в комплексні системи безпеки і забезпечують візуальний контроль над різними об'єктами.

Сучасні комплекси безпеки фіксують, записують і аналізують інформацію, що надходить від цифрової системи відеоспостереження, системи контролю доступу, охоронних і пожежних датчиків, "вирішують" як діяти системі в автономному режимі або за вказівкою оператора. Дані систем відеоспостереження використовуються в системах управління СОП для керування камерами, сповіщувачами, освітленням, СКУД. Більшість ефективних систем управління СОП є інтелектуальними [5, 9, 10, 13-14] і опрацьовують нечіткі дані. Вибір методів обробки нечітких даних і засобів їх реалізації є окремою задачею, яка вирішується з врахуванням особливостей об'єкта захисту, моделі порушника і мети отримання висновків [5, 10]. Наприклад, на кордоні і в зоні АТО [2] необхідно виявляти і позиціонувати рухомі об'єкти, в якості яких можуть бути не тільки правопорушник кордону, а й окремі групи бойовиків, що переміщаються в пішому порядку або на транспортних засобах, оцінювати можливість несанкціонованого доступу до окремої позиції спостереження або автоматичного спрацювання засобу ураження. Розвиток прикордонної інфраструктури та ОІД великої протяжності передбачає [11] створення „інтелектуальної" системи охорони, а саме, розгортання: мережі інтегрованих веж з обладнанням технічного спостереження та засобами передачі даних (для відкритих і рівнинних ділянок); бездротових систем спостереження, здатних здійснювати фото (відео) зйомку і автоматичну передачу зображення (для напіввідкритих гірсько-лісистих ділянок); сигналізаційних комплексів охорони протяжних ділянок – на окремих напрямках; систем відеоконтролю і сигналізації шляхом встановлення мультиспектральних камер та датчиків на існуючі спостережні вежі; пересувних комплексів технічного спостереження з можливістю одночасного здійснення радіолокаційного та оптико-електронного спостереження; командних центрів управління органів охорони для отримання інформації про тривоги від усіх розгорнутих технічних засобів охорони і своєчасного реагування на обстановку; системи передачі даних від засобів спостереження до командних центрів.

Нормативно-правову базу створення СОП складають закони України, НД ТЗІ, постанови Кабінету Міністрів України, галузеві нормативні документи. Так в Законі України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» [15], який визначає правові та організаційні основи забезпечення захисту життєво важливих інтересів людини і громадянина, суспільства та держави, національних інтересів України у кіберпросторі, особлива увага в [15] звертається на захист критично важливих об'єктів інфраструктури незалежно від їх форми власності. Охорона різних об'єктів критичної інфраструктури здійснюється згідно із діючими державними і галузевими нормативно-правовими документами. Законом України «Про правовий режим земель охоронних зон об'єктів магістральних трубопроводів [16] встановлюються охоронні зони вздовж магістральних нафтопроводів залежно від їх класу. Згідно зі ст. 292 Кримінального кодексу України [17] передбачається карна відповідальність за пошкодження чи руйнування магістральних або промислових нафто-, газо-, конденсатопроводів чи нафтопродуктопроводів, відводів від них, технологічно пов'язаних з ними об'єктів, споруд, засобів обліку, автоматики, телемеханіки, зв'язку, сигналізації, а також незаконне втручання в роботу технологічного обладнання, якщо ці дії призвели до порушення нормальної роботи зазначених трубопроводів або створили небезпеку для життя. Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» [18] встановлює обмеження на використання земель у спеціальних зонах об'єктів енергетики. Додаткові вимоги щодо особливого режиму використання земель у межах спеціальних зон об'єктів енергетики встановлюються Правилами охорони електричних мереж, які затверджуються Кабінетом Міністрів України, іншими нормативно-правовими актами. Порядок встановлення особливого режиму охорони на території забороненої зони та контрольованої зони гідроелектротехнічних споруд визначається окремою Постановою Кабінету міністрів України від 31 березня 2004 р. № 416 [19].

СОП є складними технічними системами, оптимальна комплектація котрих є задачею багатокритеріальної нелінійнійної екстремальної комбінаторики, при розв'язку якої слід враховувати дискретність, перервність та мультимодальність області шуканих розв'язків. Ці особливості унеможливлюють застосування класичних градієнтних методів для їх розв'язання. Для аналізу і синтезу СОП можуть застосовуватися, в залежності від цілей дослідження, різні методи [12, 20].

- використання знакових графів – когнітивних карт, є одним з найбільш простих методів аналізу процесів функціонування систем є;
- метод дерева цілей, орієнтований на одержання повної і відносно стійкої протягом певного періоду структури цілей, проблем, функцій тощо. Термін «дерево цілей» використовується для деревоподібних ієрархічних структур і в залежності від мети досліджень має не тільки різне змістовне навантаження вузлів і ребер, а й різні назви: дерево рішень; дерево цілей і функцій; дерево проблем; дерево напрямків розвитку (дерево прогнозування розвитку, прогнозний граф); дерево відмов (дерево наслідків);
- таблиці рішень – компактне представлення моделі функціонування системи із складною логікою.

Варіантом таблиці рішень є дерево рішень, причому таблиці рішень використовується при великій кількості дій і можливих комбінацій умов, а дерево рішень – при їх відносно малій кількості;

- методи комбінаторно-морфологічного аналізу і синтезу, які дозволяють знаходити найбільшу кількість, а гранично й всі можливі шляхи розв'язання поставленої проблеми шляхом комбінування основних структурних елементів систем або ознак рішень. У цьому випадку система або проблема може бути піддана декомпозиції різними способами і розглядатися в різних аспектах;
- метод аналізу ієрархій (MAI), котрий вирішує задачу вибору певної альтернативи з множини можливих, які характеризуються складною ієрархією критеріїв якості, що за змістом є мультидеревом. Існує декілька модифікацій MAI, які різняться за характером зв'язків між критеріями і альтернативами, розташованими на нижньому рівні ієрархії (видом ієрархії), та за методами порівняння альтернатив;
- генетичні алгоритми (ГА) – еволюційні алгоритми синтезу оптимальних систем шляхом послідовного підбору, комбінування і варіації шуканих параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію, зокрема оператора «схрещення». Ефективність синтезу оптимальних систем за допомогою ГА суттєво залежить від методів відображення хромосом, що представляються стрічками генів, на множину альтернативних структур системи, від параметрів селекції та мутації і параметрів ініціалізації генератора псевдовипадкових чисел.

III. Визначення критеріїв оптимальності систем охорони периметру

В якості критеріїв оптимізації комплектації СОП обираємо: виконання функцій із заданими показниками якості протягом заданого терміну часу, зокрема, забезпечення ймовірності виявлення порушника не менше заданої і забезпечення ймовірності хибної тривоги не більше заданої; вартість, яка підлягає мінімізації; відповідність умовам функціонування; узгодженість складових СОП і СОП з інтегральною автоматизованою системою управління ОІД (в разі її наявності). Ці критерії можна поділити на три групи:

- критерії обмеження, що лімітуються згідно документів про сертифікацію компонента, наприклад, діапазон робочих температур, стійкість до завад і пошкоджень, тощо;
- критерії ефективності - ймовірності виявлення порушника та хибної тривоги;
- критерії ресурсоємності, які визначаються витратами на розробку СОП, витратами на придбання та монтаж обладнання, експлуатаційними витратами, які часто приймають пропорційними до середнього потоку хибних спрацьовувань.

Функцію мети для поставленої задачі оптимізації може бути сформована у двох варіантах

$$FM = w_e F_e + w_r F_r, \quad (1)$$

$$F_r \to \min, \quad (2)$$

де w_e і w_r - вагові коефіцієнти груп критеріїв ефективності та ресурсоємності;

F_e і F_r - інтегральні показники ефективності та ресурсоємності.

Якщо використовується функція мети (1), і групи критеріїв F_e і F_r є рівнозначними, то w_e=w_r=0,5. В іншому випадку w_e і w_r визначаються як локальні пріоритети за матрицею попарних порівнянь, і рівність w_e+w_r=1 зберігається. Критерії-обмеження враховуватимемо при комплектації СОП в обох випадках для видалення складових, які непридатні для застосування у даних природних умовах чи на даному ОІД, тобто використовуватимемо їх для відтинання неперспективних гілок дерев рішень (видалення варіантів з морфологічної таблиці). Другий варіант відповідає задачі мінімізації вартості СОП при обмеженнях знизу показників якості системи і відповідності комплектуючих умовам експлуатації.

СОП можуть виконувати наступні функції:

- визначення факту проникнення порушника в КЗ, фіксація зображення порушника;
- аналіз ситуацій і прогноз можливості проникнення порушника в контрольовану зону;
- ведення журналу реєстрації фактів порушення режиму контрольованої зони (в разі необхідності – із визначенням ознак ситуацій, які надалі використовуються для прогнозу);
- управління освітленням, системою тривожних сповішувачів, маршрутами патрулювання;
- управління СКУД персоналу, відвідувачів, транспорту до КЗ, окремих приміщень, блоків приміщень, будівель (управління турнікетами, дверима, воротами, ліфтами, шлюзами проходу, потоком відвідувачів; облік робочого часу персоналу; управління вїздом/виїздом автотранспорту; реєстрація ввезення/вивезення вантажів);
- управління системою відео спостереження, яка отримує зображення з відеокамер і здійснює їх передачу по комунікаційним каналам на монітори постів охорони і періодичну архівацію, а в разі необхідності – визначає факт порушення режиму периметру, напрям і швидкість руху порушника, ступінь небезпечності його поточних і прогнозованих дій, і коригує режими роботи відеокамер в залежності від отриманих результатів.

При визначенні оптимальної структури СОП підлягає визначенню: наявність і тип огородження, його розташування; тип і склад системи освітлення, її режим роботи, розташування прожекторів та інших освітлювальних приладів; елементна база і структура СКУД, розташування її складових; тип і розташування датчиків порушень периметру ОІД; тип і розташування сповіщувачів, режими їх роботи; тип і розташування відеокамер, режими їх налагодження і роботи, маршрути передачі зображень, обладнання і режими перегляду зображень на постах охорони, режими архівації; розташування та обладнання постів охорони; режими роботи співробітників служби охорони і система патрулювання території, маршрути патрулювання, кадровий склад; розташування та обладнання пультів охорони; тип, структура і схема комунікацій між складовими СОП; структури систем управління складовими СОП і СОП в цілому; тип і склад системи антивандального захисту, захисту від негоди тощо.

IV. Визначення факторів, що впливають на ефективність СОП об'єктів інформаційної діяльності

При виборі системи охорони периметра слід враховувати ряд факторів:

- уявлення про потенційного порушника, засоби, які потенційно він може застосувати та його потенційно можливі стратегії дій, можливі способи подолання порушником периметру;
- наявність смуги відчуження зовні або всередині охоронюваного простору;
- наявність природних перешкод на шляху порушника і природних перешкод для спостереження службою охорони за КЗ та прилеглою до ОІД зоною, наявність поблизу ОІД об'єктів, що можуть бути використані порушником для спостереження за ОІД;
- природні та сезонні умови експлуатації (температура, її перепади, вологість, тиск, обсяг і частота опадів, тривалість світлого і темного періодів доби), особливості рельєфу, топографії об'єкту, сейсмічну активність регіону, види навколишньої рослинності і динаміку їх сезонних змін;
- особливості конструкції пасивного загородження (її прозорість для спостережень, здатність протистояти механічним впливам, гнучкість, стійкість до вібрацій), кількість і види розривів в периметрі (наявність воріт, дверей, хвірток, шлагбаумів, вікон в будівлях, що розташовані на периметрі);
- наявність поблизу і на території ОІД ліній електропередач, трубопроводів, кабельних ліній тощо і їх розташування, розташування автомобільних і залізничних магістралей, шляхів пересування пішоходів, наявність поблизу ОІД шляхів міграції тварин;
- особливості існуючої системи комунікацій, її тип і схеми прокладки провідникових комунікацій;
- вимоги до інформації системи управління СОП.

V. Алгоритм оптимальної комплектації СОП

Розроблений узагальнений алгоритм визначення оптимальної комплектації СОП містить наступні етапи:

Етап 1. Опис вхідних даних. Вхідними даними для визначення оптимальної комплектації СОП є наступні блоки даних.

- блок моделі порушника, який містить: моделі стратегії дій і засобів, які може застосувати потенційний порушник згідно прийнятої моделі порушника, з врахуванням умов спостереження за КЗ і її оточенням;
- блок структури КЗ, який містить опис топографії КЗ і небезпечних зон за кожним типом технічного каналу витоку;
- блок прилеглої до ОІД території, який містить опис топографії прилеглої до ОІД території; опис транспортних шляхів на прилеглій до ОІД території із зазначенням інтенсивності руху, характеристик типових рухомих об'єктів, рівнів вібрацій, що викликаються ними; наявності поблизу ОІД шляхів міграції тварин;
- блок природних і сезонних умов, який містить інформацію щодо середньодобової температури, її добових і сезонних перепадів; середньої вологості; тиску; обсягу і частоти опадів; тривалості світлого і темного періодів доби; сейсмічної активності регіону; видів навколишньої рослинності, динаміки сезонних змін їх маскуючих властивостей;
- блок опису периметру, який містить: координати однотипних ділянок периметру; опис однотипних ділянок периметру (тип огорожі, її стійкість до вібрацій, механічних впливів, природні перешкоди); типи і координати розривів в периметрі (воріт, дверей, хвірток, шлагбаумів, вікон в будівлях, що розташовані на периметрі); характеристики ґрунту однотипних ділянок периметру, що визначають можливість прокладання наземних і підземних комунікацій.
- блок магістралей, який містить опис розташування наявних на КЗ і прилеглій території: магістральних газопроводів, нафтопроводів, аміакопроводів; ліній електропередач; трансформаторних підстанцій; електростанцій; гідротехнічних споруд.
- блок комунікацій ОІД, який містить опис наявних в КЗ: ліній телефонного зв'язку; мережі електроживлення; систем охоронної сигналізації; систем тривожного сповіщення; системи пожежогасіння; локальної комп'ютерної мережі.
- блок системи освітлення, який містить опис координат освітлювальних приладів; типів,

потужності і спектральних характеристик освітлювальних приладів; систем живлення освітлювальних приладів.

- блок режиму, який містить опис груп персоналу, відвідувачів, транспорту, вантажів із зазначенням їх прав доступу в КЗ і її окремі ділянки; опис розташування постів спостереження; опис кадрового складу служби охорони і режимів чергувань; опис маршрутів патрулювання КЗ.
- блок виконуваних функцій, який містить опис функцій, які мають виконувати складові СОП, обрані з переліку можливих функцій і, в разі наявності, вимог до показників їх якості.
- блок вимог до показників якості СОП, який містить форму функції мети; вимоги до ймовірності виявлення порушника; вимоги до ймовірності хибних спрацьовувань.

Етап 2. Вибір елементної бази, яка відповідає умовам експлуатації СОП, зазначеним в блоці природних і сезонних умов та характеристикам ґрунту, зазначеним в блоці опису периметра, для генерації варіантів складових СОП.

Етап 3. Перевірка відповідності КЗ моделі порушника і зонам небезпеки за даними блоків моделі порушника і структури КЗ у випадку модернізації СОП, або визначення меж КЗ при проектуванні СОП.

Етап 4. Генерація варіантів СОП

Етап 5. Формування морфологічної таблиці.

Етап 6. Вибір оптимального варіанту з морфологічної таблиці

Етап 7. Дослідження стійкості отриманого варіанту до змінних умов функціонування і впливу завад

Етап 8. Перевірка узгодженості складових СОП і узгодженості СОП з іншими системами ОІД.

VI. Висновки

В даній роботі проведено аналіз технічних рішень СОП, нормативно-правової бази та методи їх створення; визначені критерії оптимізації систем охорони периметру ОІД та параметри систем периметрального захисту, що є впливовими факторами для визначених критеріїв оптимізації; розроблено методику оптимальної комплектації систем периметрального захисту.

Література References

[1] Armerding T. Long live perimeter security Available:: https://www.csoonline.com/article/2134133/long-live-perimeter-security.html (дата звернення 15.05.2019)

[2] Бабій Ю. О. Удосконалення принципу перевірки достовірності визначення координат рухомого об'єкту сейсмічним приймачем //Зб. матеріалів X Науково-практич. конф. „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. Застосування підрозділів, комплексів, засобів зв'язку та автоматизації в АТО". 9 – 10 листопада 2017 року. - К.: Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, 2017. - С.74-75.

[3] Крюков И. Н. Технические средства обнаружения. Теория и практика построения. Монография /И. Н. Крюков. – М.: Радиотехника, 2014. – 216 с.

[4] Кукушкин В. Первый рубеж охраны объекта — защита периметра. URL: http://psj.ru/saver_people/detail.php?ID=7760)

[5] Лантвойт О. Б. Аналіз методів і розробка нового технічного рішення визначення місцеположення об'єкта пасивними засобами локації / О.Б. Лантвойт, М.І. Лисий, І.М. Плосконос // Науковий журнал „Системи озброєння та військова техніка", Харків. – 2010. – Вип.1 (21). – С.170 – 174.

[6] Магауенов Р.Г. Система охранной сигнализации: основы теории и принципы построения: учеб. пособие. – М: Горячая линия – Телеком, 2004. – 367 с. URL: https://www.proektant.org/arh/1422.html

[7] Погребенник В.Д.,. Політило Р.В. Принципи побудови систем охоронної сигналізації. URL: http://vlp.com.ua/files/14_3.pdf.

[8] Хівріч В.В. Сучасні системи периметрального захисту: проблеми вибору // Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні проблеми інформаційної безпеки на транспорті».-Миколаїв: НУК, 2018 - С.138 - 141.

[9] Murray J. Securing Critical Infrastructure: Perimeter protection strategy at key national security sites including transport hubs, power facilities, prisons and correctional centres Available: https://senstar.com/wp-content/uploads/2014/03/Securing-Critical-Infrastructure-White-Paper.pdf

[10] Бабарика А.О., Табенський С.М. Застосування алгоритмів розпізнавання образів в оптикоелектронних системах охорони державного кордону //Збірник матеріалів X Науково-практичної конференції „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. Застосування підрозділів, комплексів, засобів зв'язку та автоматизації в АТО". 9 – 10 листопада 2017 року. - К.: Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, 2017. - С.73.

[11] Басараб О.К. Застосування пересувних комплексів технічного спостереження в охороні державного кордону // Збірник матеріалів X Науково-практич. конференції „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. Застосування підрозділів, комплексів, засобів зв'язку та автоматизації в АТО". 9 – 10 листопада 2017 року. - К.: Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, 2017. - С.76.

[12] Биковий П.Є. Методи і засоби оптимізації функціонально-вартісних характеристик комп'ютеризованих систем сигналізації на основі генетичного алгоритму. Автореф. Дис….канд.технічних наук. 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Тернопіль: Тернопільський Національний економічний ун-т, 2010. – 23 с.

[13] Биковий П.Є. Система нечіткого виводу для оцінки ризиків вразливості систем безпеки периметру території // Вісник Хмельницького національного університету, №2, '2010, С. 174-180.

[14] Створення „інтелектуальної" системи охорони державного кордону URL: http://dpsu.gov.ua/ua/stvorennya-intelektualnoi-sistemi-ohoroniderzhavnogo-kordonu/.

[15] Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України». URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2163-19.

[16] Закон України «Про правовий режим земель охоронних зон об'єктів магістральних трубопроводів». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3041-17 (дата звернення 14.01.2019).

[17] Кримінальний кодекс України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14.

[18] Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2480-17.

[19] Порядок встановлення особливого режиму охорони на території забороненої зони та контрольованої зони гідроелектротехнічних споруд, затверджений Постановою Кабінету міністрів України від 31 березня 2004 р. № 416. URL: https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/5505702 (дата звернення 14.01.2019).

[20] Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: Навч. посібник. – Львів: «Новий світ-2000», 2000. – 424 с.

Прогнозування Захищеності Інформації

Альона Єрмакова
кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Миколаїв, Україна
ermakova735@gmail.com

Марина Турти
кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Миколаїв, Україна
turtym@meta.ua

Forecasting Information Security

Alona Ermakova
Department of Computer Technologies and Information Security
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
ermakova735@gmail.com

Marina Turty
Department of Computer Technologies and Information Security
Admiral Makarov National University of Shipbuilding
Mykolaiv, Ukraine
turtym@meta.ua

***Анотація*—Проведено огляд сучасних методів прогнозування показників захищеності інформації у кіберпросторі. Визначені джерела інформації для побудови прогнозів, фактори, що впливають на точність прогнозування. Створена узагальнена інформаційна модель прогнозування захищеності інформації, яка враховує визначені особливості джерел інформації, умов функціонування системи, методів отримання і обробки даних при прогнозування, методів оцінювання якості прогнозів.**

Abstract—The modern methods of forecasting information security indicators in cyberspace have been analized. Sources of information for forecasting, factors that influence the accuracy of forecasting have been identified. A generalized information model of information security forecasting has been created, which takes into account certain features of information sources, conditions of system functioning, methods of obtaining and processing data in forecasting, methods of estimating the quality of forecasts.

Ключові слова—кіберпростір, метод прогнозування, точність прогнозу, впливові фактори, узагальнена інформаційна модель.

Keywords—cyberspace, forecasting method, prediction accuracy, influencing factors, generalized information model.

I. Вступ

Розвиток інформаційних технологій (ІТ) супроводжується зростанням кількості і якісними змінами загроз і засобів захисту інформації. Тому прийняття рішень в галузі інформаційної безпеки тісно пов'язане з прогнозуванням тенденцій розвитку загроз інформації і засобів захисту. На основі цих прогнозів приймаються рішення щодо засобів захисту, доцільних для застосування на конкретному об'єкті інформаційної діяльності на поточний час з врахуванням перспектив розвитку як загроз і порушників, так і засобів захисту, що можуть визначатися як на основі статистичних, так і на основі експертних оцінок. Крім того, рівень кваліфікації користувачів ІТ, їх вимоги до спектру і якості інформаційних сервісів також є динамічними. Прогнозування захищеності інформаційних ресурсів повинне здійснюватися з врахуванням діючих міжнародних, національних і галузевих нормативно-правових актів, складу суб'єктів інформаційних відносин, їх спільних і конкурентних інтересів, наявності впливу (як позитивного, так і негативного) інформації з глобальної мережі на кінцевих користувачів, в тому числі потенційних загроз інформаційній безпеці людини.

Оскільки рівень захищеності інформації залежить від великої кількості впливових факторів, які різняться за своєю фізичною природою і, відповідно, за математичними описами, то існує безліч методів прогнозування в галузі інформаційної безпеки, на основі аналізу певних наборів детермінованих та стохастичних, чітких та нечітких, якісних та кількісних факторів, і дозволяють отримати якісні і кількісні оцінки показників захищеності з врахуванням взаємних зв'язків факторів,

ступеня повноти інформації і ступеня довіри до джерела інформації щодо значень впливових факторів тощо [1-13].

Законом України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» [14] серед завдань урядової команди реагування на комп'ютерні надзвичайні події України CERT-UA визначено «накопичення та проведення аналізу даних про кіберінциденти, ведення державного реєстру кіберінцидентів», що може бути джерелом інформації при прогнозуванні. Вхідні дані для побудови прогнозів можуть бути також отримані шляхом аналізу фахової літератури і Інтернет-джерел, зібрані на конкретному об'єкті шляхом аналізу журналів реєстрації подій або за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке може як збирати дані щодо інцидентів кібербезпеки, так і визначати корельованість даних [3].

Система управління інформаційною безпекою ґрунтується на підході, що враховує ризики інформаційної безпеки як бізнес-ризики, і є дуже великим комплексом з ускладненою логікою, тому при її розробці доцільно застосовувати проектні рішення, що перевірені на математичних моделях, тобто рішення, щодо котрих зібрана віртуальна статистика, яка підтверджує їх працездатність [1-3, 5, 7, 8, 10, 12, 13].

II. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

«Можливість прогнозування може допомогти захисникам домогтися рентабельного, якщо не оптимального, розподілу оборонних ресурсів» [5], наприклад, може знадобитися виділити більше ресурсів для глибокої перевірки пакетів в разі великої ймовірності кібератаки або в разі прогнозованої атаки з великим ризиком.

На даний час існує багато методів і методик визначення трендів для показників якості апаратного і програмного забезпечення. Найбільш апробованим є процедури оцінювання надійності систем захисту інформації на основі прогнозів за статистичними даними, однак наукові дослідження в цій галузі проводяться багатьма вітчизняними і зарубіжними науковцями [6-9, 11, 12], як і розробка методів і методик на основі експертних оцінок [3, 5, 10, 16, 18, 19].

Автоматизоване виявлення кібератак за допомогою стохастичних систем попередження, що запобігають внутрішнім і зовнішнім датчикам, є предметом постійних науково-дослідних зусиль, що фінансуються різними урядами, наприклад, урядами Китаю та США [3]. У 2015 в США була започаткована дослідницька програма «Кібер-атака», метою якої є дослідження мультидисциплінарних методів точного і своєчасного прогнозування кібератак. Програма стартувала в лютому 2016 року, і, як очікується, триватиме до серпня 2019 [3].

Динаміка розвитку інформаційних технологій обумовлює періодичну появу рішень, які кардинально впливають на стан інформаційної безпеки.

III. Мета і задачі дослідження

Метою даної роботи є розробка узагальненої інформаційної моделі прогнозування захищеності інформації.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати наступні задачі: провести аналіз методів прогнозування; розробити інформаційну модель прогнозування захищеності інформації.

IV. Аналіз методів прогнозування

В статті [2] визначаються чотири основні завдання: прогнозування атаки і розпізнавання намірів, при яких необхідно прогнозувати наступний хід служби захисту або наступні наміри атакуючого; прогнозування вторгнення, при якому необхідно прогнозувати майбутні кібератаки, прогнозування стану безпеки мережі. Методи і підходи для вирішення цих завдань часто мають спільну теоретичну основу і доповнюють один одного. В [2] проведено порівняльний аналіз методів, заснованих на дискретних моделях, таких як графи атак, байєсовські мережі і марківські моделі, безперервні моделі (часові ряди і моделі Грея) і окреслені проблеми прогнозування у кібербезпеці, зокрема, репрезентативність вибірок даних, релевантність даних, методологія оцінювання прогнозів. Висока швидкість змін якісних і кількісних показників процесів у кіберпросторі призводить до того, що набори даних, на основі яких будуються прогнози, швидко застарівають, стають ненадійними для функціонуючих мереж. На даний час методологія прогнозування атак відстає від методології виявлення вторгнень, але можна передбачати її вдосконалення за наступними напрямками:

- розвиток методів і засобів видобутку даних і формування наборів даних для навчання і тестування системи [1, 2];
- подальший розвиток і поширення використання аналітики великих даних;
- розвиток методології машинного навчання в галузі кібербезпеки як для моніторингу атак і одночасного їх прогнозування, так і для визначення особливостей атак різних типів і створення відповідних шаблонів;
- розвиток співробітництва в галузі кібербезпеки, наприклад, розробка і сикористання спільних систем виявлення вторгнень або платформ обміну сповіщеннями.

Спектр методів прогнозування досить широкий. Зокрема, відомі дослідження в галузі кібербезпеки, що стосуються використання [5]:

- байєсівського методу для прогнозування збільшення або зменшення кібератак;
- прихованої марківської моделі для прогнозування збільшення або зменшення кількості ботів;

- сезонної моделі авторегресійного інтегрованого ковзного середнього (ARIMA) для прогнозування кібератак;
- моделі авторегресійного дробово-інтегрованого ковзного середнього (FARIMA) для прогнозування частоти кібератак, коли дані часового ряду демонструють тривалі залежності;
- моделі авторегресійного дробово-інтегрованого ковзного середього з узагальненою умовною гетероскедастичністю (GARCH), тобто FARIMA + GARCH, для підвищення точності прогнозів шляхом подальшого обліку екстремальних значень, представлених даними часового ряду;
- маркованого точкового процесу для моделювання екстремальних рівнів кібератак з урахуванням як величин рівнів ряду, так зсувів у часі між часовими рядами;
- модель зв'язки виноградної лози для кількісної оцінки ефективності кіберзахисту із застосуванням механізмів раннього попередження і для прогнозування багатовимірних часових рядів атак при одночасному обліку багатовимірної залежності між часовими рядами [5].

Статистичні методи використовуються при аналізі кібер-інцидентів, при виявленні і прогнозуванні атак. Більшість зареєстрованих кібератак є зовнішніми відносно організацій-жертв. George Onoh довів [3], що на основі загальнодоступних даних за допомогою нейронних мереж, здатних реалізувати машинний алгоритм навчання, можуть бути визначені індикатори атак певного типу, зокрема, прямої атаки вгадування пароля. OnohG. використав загальнодоступні дані (з Twitter, Facebook, Instagram, блогів і форумів) для навчання байєсівської нейроної мережі. Ця стохастична графічна модель (тип статистичної моделі) представляє набір випадкових змінних та їх умовні залежності через спрямований ациклічний графік (DAG). Інформаційна база для навчання нейронної мережі в [3] формувалася із загальнодоступних відомостей англійською мовою, які фільтрувалися за ключовими фразами «атака грубої сили», «вгадування пароля» та іншими комбінаціями слів та спорідненими словами. Аналіз зібраних даних проводився в Weka – середовищі для аналізу знань, яке написане на Java, є безкоштовним і постачається з набором інструментів і алгоритмів машинного навчання, з яких в [3] для побудови та тестування моделі був використаний NaiveBaes класифікатор. Для підвищення точності системи може бути збільшений обсяг вибірки даних; додані дані, представлені не тільки англійською, а й іншими мовами; удосконалені критерії фільтрації.

Для виявлення вразливостей мобільних терміналів, зокрема, смартфонів та планшетних комп'ютерів, які підключаються до серверів та інших ресурсів локальної і глобальної мереж через локальний браузер або через спеціалізовані програмні додатки на сьогоднішній день найбільшого поширення набуло використання підходу OWASP [6], який передбачає формування вимог та індикаторів безпеки мобільних додатків, посібника з тестування мобільної безпеки і контрольного списку безпеки мобільних додатків. Тестування 10 мобільних програмних додатків [6] виявило при такому підході використання таких уразливостей як обходження перевірки root-прав; обходження або відсутність перевірки SSL-сертифікату; відображення критичної або персональної інформації у log-файлах; експорт компоненти, які дозволяють виконувати модулі програми сторонніми програмами; вразливості у WebView, які дозволяють віддалене виконання зловмисного коду; використання старих алгоритмів шифрування; відсутність шифрування даних, які зберігаються на пристрої. Для виявлення таких вразливостей мобільних програмних додатків в [6] пропонується застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення, яке грає роль додаткової точки підключення до системи.

Особливий вид даних про кіберзагрози - це часові ряди кібератак, які спостерігаються інструментом кіберзахисту, відомим як honeypots, який навіть пасивно (у спрощеному варіанті)відстежує вхідні інтернет-з'єднання. Такі набори даних характеризуються складними нелінійними залежностями.

У 2013 році Axelrad, E. T., Sticha, P. J., Brdiczka, O., &Shen, J. у роботі під «Байєсівська мережева модель прогнозування інсайдерських загроз» запропонували модель прогнозування інсайдерської загрози шляхом аналізу психологічних даних осіб. Зокрема, вони вимірювали такі змінні як доброзичливість, невротизм, сумлінність, захоплення, сприйнятий стрес, ворожість та задоволеність роботою. Вони зробили висновок, що ці фактори можуть бути використані для прогнозування поведінки за допомогою байєсівських мереж [3].

Найбільш перспективними методами для дослідження такого мінливого середовища, як кібербпростір, і практичного використання у кібербезпеці визнано машинне навчання (machine learning - ML) та інтелектуальний аналіз даних (data mining - DM). Поточний аналіз даних вирішує проблему залежності прогнозів від штучно передбаченої моделі прогнозування при машинному навчанні, «кидає виклик модельним підходам загалом» [2].

Методи ML та DM не можуть працювати без репрезентативних наборів даних, формування яких є складним і забирає багато часу. «Щоб мати можливість виявити аномалію і зловживання, доцільно отримувати і аналізувати дані на рівні мережі та, якщо можливо, ядра операційної системи. Якщо доступні дані NetFlow, то вони повинні бути доповнені на рівні мережі даними, отриманими від мережевих датчиків, які генерують додаткові функції пакетів або потоків» [1].

Бурхливий розвиток методів ML і DM зумовив необхідність їх впорядкування. В огляді [1] наведена

систематизація літературних джерел щодо методів ML і DM, які використовуються кібер-аналітиками для виявлення вторгнень, описані деякі відомі набори кібер-даних, що використовуються в ML/DM, проведено аналіз складності алгоритмів ML/DM, окреслено основні проблеми використання ML/DM для забезпечення кібербезпеки, і надані деякі рекомендації щодо використання ML/DM в конкретних умовах, але велика кількість і складність методів не дозволяє на даний час в загальному випадку «для атаки певного типу визначити найефективніші методи її виявлення». При визначенні ефективність методів має враховуватися множина критеріїв, зокрема, точність, складність, час класифікації невідомого екземпляра навченою моделлю, зрозумілість остаточного рішення (класифікації) кожного методу ML або DM, кількість помилкових рішень, періодичність перенавчання моделі. Залежно від об'єкта і мети дослідження критерії ефективності можуть мати різну вагу.

В [5] пропонується нова двостороння рекурентна нейронна мережа (BRNN) з довготривалою структурою короткочасної пам'яті (LSTM), або скорочено BRNN-LSTM, для обліку статистичних властивостей, що демонструються даними часових рядів частоти кібератак. Інфраструктура дає користувачам гнучкість у виборі кількості рівнів LSTM, які включені в структуру BRNN. Апробація системи на реальних наборах даних про частоту кібератак показала, що BRNN-LSTM може досягти значно більш високої точності прогнозування, ніж статистичні моделі прогнозування, включаючи модель, запропоновану в літературі [4], моделі ARIMA, ARIMA+GARCH, FARIMA+GARCH і гібридні моделі.

Статистичні методи широко використовуються в контексті досліджень кібербезпеки, заснованих на даних, таких як виявлення вторгнень, ефективно виявляє шкідливі програми і вразливості. В [5] пропонується використовувати контрольовані методи ML, в тому числі логістичну регресію, нейронні мережі і випадковий ліс [5]. Ці моделі навчаються з використанням великомасштабних даних про уразливість. Однак, на відміну від моделей глибокого навчання, які можуть безпосередньо працювати з необробленими даними, ці моделі вимагають попередньої обробки даних для визначення функцій. Є й інші підходи до виявлення вразливостей. Наприклад, архітектурний підхід до виявлення вразливостей на основі пам'яті, який складається з онлайн-детектора атак і автономного локатора вразливостей, пов'язаних механізмом запису і відтворення. Зокрема, він записує історію виконання програми і одночасно стежить за її виконанням для атак. Якщо атака виявлена онлайн-детектором, то історія виконання відтворюється автономним локатором для визначення вразливості, яка використовується.

У контексті аналізу часових рядів були розроблені різні статистичні підходи. Наприклад, моделі ARIMA, Holt-Winters і GARCH є одними з найбільш популярних статистичних підходів для аналізу даних часових рядів [5]. Інші статистичні моделі, такі як моделі гаусівської суміші, приховані моделі Маркова і моделі простору станів, були розроблені для аналізу даних часових рядів з невизначеностями і/або деякими неспостережуваними факторами.

Корисність прогнозів захищеності інформації у підсумку залежить від ступеня точності прогнозування. Для оцінювання якості прогнозів захищеності інформації можуть бути використані результати моделювання систем захисту за допомогою теоретичних моделей безпеки, теорії графів [13], мереж Петрі [7, 10], оцінки ризиків [12] тощо. Точність прогнозування може бути забезпечена за рахунок використання великих обсягів даних, але збирання великих обсягів даних про кібератаки може виявитися складним завданням [5]. Крім того, похибки прогнозування суттєво залежать від точності вимірювань даних і зашумлення бази прогнозування. Так, наприклад, експериментальні дослідження функціонування комунікаційних систем LoRa у густонаселеному місті, де широко використовувалася стільниковий зв'язок і пристрої Wi-Fi, [9] показали, що внаслідок неспрямованого прийому система чутлива до завад, ефект яких еквівалентний допплерівського зсуву, і при перевищенні завадою певного рівня корисний сигнал може бути втрачений. В [9] запропоновано методику оцінки параметрів пристрою в місті і методику захисту на основі декомпозиції сигналів відповідно до завад.

В роботі [11] проведено аналіз фізичних причин виникнення помилок прогнозу і визначені «основні можливі проблеми, які потрібно вирішити для забезпечення високої достовірності прогнозу. У порядку значимості до них відносяться: розробка методики вибору прогнозованих параметрів, що задовольняють вказані потреби; дослідження можливостей побудови прогнозних і екстраполярних функціоналів від досліджуваних параметрів, які дозволяють в необхідній мірі врахувати стохастичні залежності в досліджуваних процесах і дослідити вплив похибки вимірювань значень контрольованої реалізації процесу на результати прогнозу».

Запропоновані в [8] метод і програмне забезпечення на основі марківських випадкових процесів показали можливість реалізувати кількісну оцінку безпеки інформації з обмеженим доступом при впливі на автоматизовану інформаційну систему залежних загроз.

Наразі виявлено, що глибоке навчання є дуже ефективним у прогнозуванні часових рядів [5]:

- глибоке навчання успішно використовувалося для прогнозування фінансових даних, які містять шум і волатильність, зокрема дозволяє досягти більшої точності, ніж статистичні моделі часових рядів при прогнозуванні транспортного трафіку;
- клас моделей глибокого навчання, відомий як нейронні мережі з прямим зв'язком, з точки зору

точності прогнозування і складності моделі є кращими предикторами;

- прогнозування із застосуванням підходу глибокого навчання може знизити рівень помилок в порівнянні з моделями ARIMA більш ніж на 80%;
- інфраструктура BRNN+LSTM забезпечує більшу точність прогнозування, аніж моделі ARIMA, ARIMA+GARCH, FARIMA+GARCH і гібридні моделі;
- апробація для прогнозування рівня кібератак структури BRNN-LSTM на п'яти реальних наборах даних показала, що така система може пристосовуватися до складних явищ, які характеризуються довгостроковими залежностями і високою нелінійністю, і має суттєві переваги над іншими підходами до прогнозування з точки зору точності прогнозів.

Окремим питанням є відображення результатів прогнозування в доступному для розуміння користувача вигляді. Це особливо важливе при оцінюванні близькості поточного стану системи до критичної ситуації або до ситуації, в якій відбуваються якісні зміни в досліджуваному об'єкті. В разі використання багатофакторної моделі для візуалізації можуть бути використані кольорове маркування [15], спеціальні методи відображення на площині багатовимірного простору [16].

V. Розробка інформаційної моделі прогнозування захищеності інформації

При розробці інформаційної моделі прогнозування захищеності інформації були враховані особливості процесів отримання, обробки і аналізу даних, зокрема:

- наявність множини джерел інформації, які різняться за ступенем довіри, змістом інформації, кількістю інформації, що може бути використана для побудови якісних і кількісних прогнозів, формою представлення інформації, мовою, рівнем складності доступу;
- наявність індикаторів вразливостей, загроз і атак;
- наявність програмних засобів отримання статистичних даних щодо виявлених вразливостей, характеристик атак і кількості атак, які реєструють історію процесу;
- наявність методів і засобів виявлення кореляції і автокореляції, мультиколінеарності і гетероскедастичності, а також періодичних коливань в часових рядах даних;
- стохастичний характер бази прогнозування, її зашумленість, характер шумів, впливові фактори, що визначаються умовами функціонування системи, кваліфікаційними і психологічними особливостями зловмисників, ІТ-фахівців і фахівців із захисту інформації;
- швидкість зміни умов функціонування системи, що зумовлює необхідність моніторингу кіберпростору і автоматичне переналагодження системи в реальному часі відповідно до виявлених трендів за результатами статистичної обробки реальних і віртуальних статистичних даних;
- необхідність отримання якісних і кількісних прогнозів, короткострокових і довгострокових прогнозів;
- наявність різноманітних методів прогнозування, що базуються на різних теоретичних засадах, але використовують однакові вхідні дані;
- необхідність всебічного оцінювання якості прогнозів і представлення результатів прогнозування у вигляді, зручному як для сприймання користувачем, так і для автоматичного переналагодження системи.

Структурна схема розробленої моделі наведена на рис.1.

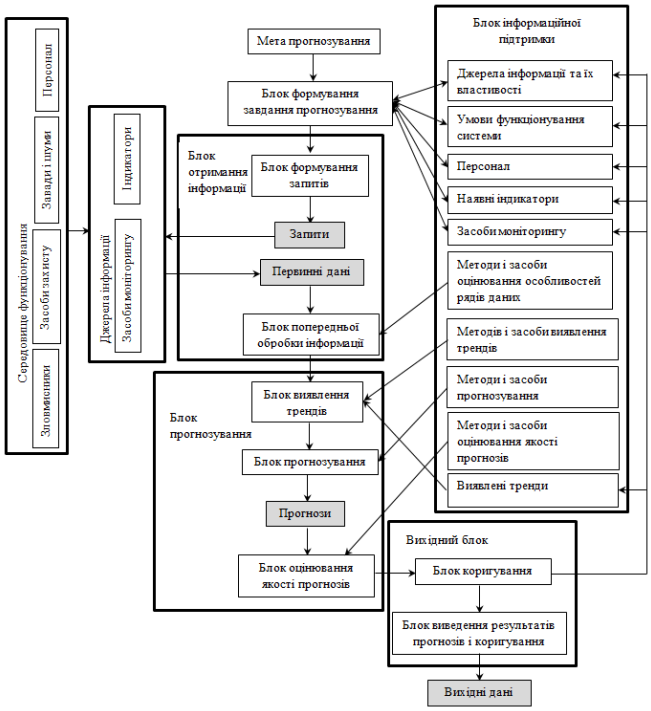


Рис.1 Структурна схема інформаційної моделі

VI. Висновки

Таким чином, в даній роботі на основі проведеного аналізу сучасних методів прогнозування показників захищеності інформації у кіберпросторі визначені джерела інформації для побудови прогнозів, фактори, що впливають на точність прогнозування, і створена узагальнена інформаційна модель прогнозування захищеності інформації, яка враховує визначені особливості джерел інформації, умов функціонування системи, методів отримання і обробки даних при прогнозування, методів оцінювання якості прогнозів.

Науково-обґрунтовані результати прогнозування можуть бути основою для розробки систем технічного захисту інформації і організаційно-профілактичних заходів щодо забезпечення адекватної поточному стану кіберпростору захищеності інформації при мінімізації матеріальних збитків за рахунок вибору оптимальних стратегій, застосовуваних методів і засобів захисту. Процедура оптимізації має бути наскрізною і охоплювати стадії отримання даних, їх обробки, побудови прогнозів і реалізації на основі отриманих результатів нейромережевих ефективних систем захисту [18, 19].

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Buczak A.L., Guven E.A Survey of Data Mining and Machine Learning Methods for Cyber Security Intrusion Detection // IEEE Communications Surveys & Tutorials. -V. 18. -Issue 2. -Secondquarter 2016. - P.1153 – 1176. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/7307098

[2] Martin HusákM., KomárkováJ., Bou-HarbE.;ČeledaP. Survey of Attack Projection, Prediction, and Forecasting in Cyber Security//IEEE Communications Surveys & Tutorials .-V. 21.- Issue 1. - Firstquarter2019. - P.640 – 660. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/327449459_Survey_of_Attack_Projection_Prediction_and_Forecasting_in_Cyber_Security

[3] Onoh G. Predicting Cyber-Attacks Using Publicly Available Data //Journal of The Colloquium for Information System Security Education (CISSE) Edition 6, Issue 1 - September 2018. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/328749220_Predicting_Cyber-Attacks_Using_Publicly_Available_Data

[4] Tyler S.Free Resources for National Cybersecurity Awareness Month. [Online]. Available: https://resources.infosecinstitute.com/free-resources-for-national-cybersecurity-awareness-month/

[5] Xing Fang, Maochao Xu, Shouhuai Xu, Peng Zhao A deep learning framework for predicting cyber attacks rates //EURASIP Journal on Information Security. December 2019. - 2019:5. [Online]. Available:: https://link.springer.com/article/10.1186/s13635-019-0090-6.

[6] Antonishyn M.V. Analiz pidkhodiv do vyyavlennya urazlyvostey mobil′nykh prohramnykh zastosunkiv // Zb. tez XXXVII naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh ta spetsialistiv Instytutu problem modelyuvannya v enerhetytsi im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny, m. Kyyiv, 15 travnya 2019 r. / IPME im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny. – 2019. – S.29. [Online]. Available: https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/05/% 97-2019.pdf

[7] Babiichuk D. O., Matematychni osnovy pobudovy imitatsiinoi modeli funktsionuvannia systemy upravlinnia informatsiinoiu bezpekoiu. Materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi tekhnichnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh naukovtsiv «Aktualni problemy suchasnoi prykladnoi matematyky»,-Mykolaiv: NUK, 2017, S.7-9.

[8] Bardak I.V., Rosenko A.P. Razrabotka metoda kolichestvennoy otsenki i prognozirovaniya bezopasnosti informatsii ogranichennogo dostupa na osnove markovskikh sluchaynykh protsessov. [Online]. Available: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metoda-kolichestvennoy-otsenki-i-prognozirovaniya-bezopasnosti-informatsii-ogranichennogo-dostupa-na-osnove-markovskih

[9] Berezkin A.L. Vyyavlennya syhnaliv systemoyu Lora v umovakh pereshkod // Zb. tez XXXVII naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh ta spetsialistiv Instytutu problem modelyuvannya v enerhetytsi im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny, m. Kyyiv, 15 travnya 2019 r. / IPME im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny. – 2019. – S.26-28. [Online]. Available: https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/05/% 97-2019.pdf

[10] Dudykevych V. B., Harasym Yu. R., Doslidzhennia modeli otsiniuvannia zhyvuchosti system zakhystu informatsii korporatyvnykh merezh zviazku za dopomohoiu merezh Petri. Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika", 2011, № 699: Informatsiini systemy ta merezhi, S. 82–94. [Online]. Available:: http://science.lp.edu.ua/sites/ default/files/ Papers/09_71.pdf

[11] Dudykevych V., Opirs′kyy I. Vyznachennya dzherel pomylok prohnozuvannya nesanktsionovanoho dostupu v informatsiynykh merezhakh derzhavy // Bezpeka informatsiyi. - 2016. - T. 22, №1. - PP. 7-11. - [Online]. Available: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bezin_2016_22_1_3

[12] Zubok V.YU. Vykorystannya modeley zahroz ta otsinka ryzykiv kiberatak na hlobal′nu marshrutyzatsiyu v Interneti // Zb. tez XXXVII naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh ta spetsialistiv Instytutu problem modelyuvannya v enerhetytsi im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny, m. Kyyiv, 15 travnya 2019 r. / IPME im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny. – 2019. – C.15-18. [Online]. Available: https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/05/% 97-2019.pdf

[13] Samarai V. P., Modeliuvannia bezpeky mizhnarodnykh system i mizhnarodnoi systemy bezpeky v teorii hrafiv [Online]. Available: http://www.kymu.edu.ua/vmv/v/p06/samaray.pdf

[14] Zakon Ukrayiny «Pro osnovni zasady zabezpechennya kiberbezpeky Ukrayiny» [Online]. Available: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19?find=1&text=%E0%ED%E0%EB%B3#w11

[15] Davydyuk A.V. Formalizovanyy pidkhid do avtomatyzatsiyi upravlinnya ryzykamy kiberbezpeky // Zb. tez XXXVII naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh ta spetsialistiv Instytutu problem modelyuvannya v enerhetytsi im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny, m. Kyyiv, 15 travnya 2019 r. / IPME im. H.YE. Pukhova NAN Ukrayiny. – 2019. – S.34. [Online]. Available: https://ipme.kiev.ua/ wp-content/uploads/2019/05/% 97-2019.pdf

[16] Turty M.YU. Matematychni osnovy vizualizatsiyi stanu systemy v N-vymirnomu prostori oznak system pidtrymky pryynyattya rishen′ //Materialy II Vseukrayins′koyi naukovo-praktychnoyi tekhnichnoyi konferentsiyi studentiv, aspirantiv ta molodykh naukovtsiv «Aktual′ni problemy suchasnoyi prykladnoyi matematyky» .-Mykolayiv: NUK, 2017. - S.102 - 103.

[17] Kutkovets′kyy V.YA., Turty M.V. Odnovymirna analitychna heometriya z vizualizatsiyeyu chitkykh abo odnoznachnykh nechitkykh otsinok intelektual′nykh rishen′. // Mohylyans′ki chytannya – 2018: Dosvid ta tendentsiyi rozvytku suspil′stva v Ukrayini: hlobal′nyy, natsional′nyy ta rehional′nyy aspekty: KHKHI Vseukr. nauk.-metod. konf.: tezy dopovidey. Sektsiyi: Komp`yuterni nauky, Tekhnichni nauky, Mykolayiv, 12-17 lystop. 2018r. / CHNUim. Petra Mohyly. – Mykolayiv: Vyd-vo CHNU im. Petra Mohyly. 2018 – S.103-105.

[18] Turty M.V. Zadacha optymizatsiyi protsedur obrobky nechitkykh danykh v informatsiyniy bezpetsi // Materialy mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi «Suchasni informatsiyno-telekomunikatsiyni tekhnolohiyi». T.4. Suchasni tekhnolohiyi informatsiynoyi bezpeky. – K.: DUIKT, 2015. - S.153-155.

[19] Turty M.V. Neyronna merezha dlya upravlinnya tekhnichnymy zasobamy zakhystu informatsiyi // Perspektyvni napryamy zakhystu informatsiyi: materialy pershoyi vseukrayins′koyi nauk.-pr. konf. M.Odesa 7-9 veresnya 2015 r. – Odesa: ONAZ, 2015. – S.101-103.

Секція 8.

Інтелектуальний аналіз даних, Data Mining і Big Data–технології.

Section 8.

Intellectual data analyses, Data Mining and Big Data technologies.

Application of Microsoft Azure Machine Learning Studio in O.M. Beketov NUUE Educational Process

Boris Bocharov
Department of Applied Mathematics and Information Technologies
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
boris.bocharov@kname.edu.ua

Maria Voevodina
Department of Applied Mathematics and Information Technologies
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
voevodina@kname.edu.ua

Dmitry Voronov
Student of CS 2017-1 group
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
dmytro.voronov@kname.edu.ua

Marina Smyslova
Student of CS 2016-1 group
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Kharkiv, Ukraine
marina.smyslova@kname.edu.ua

***Анотація* — У статті описується використання Microsoft Azure Machine Learning Studio в навчальному процесі Харківського університету міського господарства імені О.М. Бекетова. Наведено компетенції, які отримують магістри в процесі вивчення Big Data та Data Science**

***Abstract* — The article describes the use of Microsoft Azure Machine Learning Studio in the educational process of O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. The competencies obtained by masters in the process of studying Big Data and Data Science are given**

Ключові слова — дистанційне навчання, машинне навчання, великі дані, наука о даних, microsoft azure

Keywords—distance learning, machine learning, big data, data science, microsoft azure

I. INTRODUCTION

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv has been using Microsoft Azure cloud technologies in the educational process for several years [1-5].

The University has acquired the Microsoft Azure license. Microsoft Azure is a complete cloud platform that can host the existing applications, streamline new applications development and even enhance on-premises applications. Azure integrates the cloud services to applications developing, testing, deploying, managing and, at the same time, takes advantage of cloud computing efficiencies [1-6].

Applications hosted in Azure App Service are subject to certain limits on the resources they can use. The limits are defined by the App Service plan associated with the app.

If the application is hosted in a Free (our University license) or Shared plan, then the limits on the resources the app can use are defined by Quotas.

If the application is hosted in a Basic, Standard or Premium plan, then the limits on the resources they can use are set by the size (Small, Medium, Large) and instance count (1, 2, 3, ...) of the App Service plan.

This year the University has acquired the Microsoft Azure Machine Learning Studio license.

II. AZURE MACHINE LEARNING STUDIO

Azure Machine Learning is a cloud-based service for performing predictive analytics tasks, with which you can easily create models and integrate them into industrial solutions. Using this service, you can quickly and without the help of specially trained analysts test various hypotheses using only an Internet browser on any computer anywhere in the world. [7-17].

An elastic cloud infrastructure is the best choice for solutions that require large settlement capacities in short periods of time.

The purpose of machine learning is partial or full automation of solving complex professional problems in various fields of human activity. Machine learning methods can be used to predict equipment failure, predict sales and balances, attract and retain customers, launch new products and a wide range of other tasks. The scope of machine learning is constantly expanding. Ubiquitous informatization leads to the accumulation of huge amounts of data in science,

manufacturing, business, transport, healthcare. The arising tasks of forecasting, management and decision-making often come down to training on precedents. Previously, when there was no such data, these tasks were either not posed at all, or were solved by completely different methods.

Azure ML is represented by two components: Azure ML Studio–a development environment accessible through a browser and providing a visual interface for creating models in the style of Drag & Drop, as well as Azure ML web services for using models in an industrial solution. The core of Azure ML is based on the most modern implementations of machine learning algorithms that are used internally by Microsoft, and also provides hundreds of packages for popular languages such as R and Python.

Azure Machine Learning fully supports open source technologies. You can use tens of thousands of open source Python packages, such as the following machine learning frameworks: Scikit-learn, Tensor Flow, Microsoft Cognitive Toolkit, Spark ML.

The logical process of constructing a machine learning algorithm:

- Definition of purpose. All machine learning algorithms are useless without the clearly defined purpose of the experiment.
- Data collection. During this stage, a data sample is formed, which is necessary for further training of the model.
- Data preparation. At this stage, data is prepared by forming characteristics, removing outliers, and sample separation.
- Model development. In the process of developing the model, one or more data models and the corresponding training algorithms are selected, which, according to the developer, will give the desired result.
- Model training. During training, the learning algorithm searches for hidden patterns in the data sample in order to find a prediction method. The search process itself is determined by the selected model and learning algorithm.
- Model Evaluation. After the model is trained, it is necessary to study its prognostic characteristics. Most often, for this, the model is run on a test sample and the final level of errors is evaluated. Depending on this and the accuracy requirements, the model can either be accepted as final or retrained after adding new input characteristics or even changing the learning algorithm.
- Using the model. In the case of successful testing of the trained model, the stage of its use begins. And this is the case when Azure ML becomes indispensable, giving all the necessary tools for publishing, monitoring and monetizing algorithms.

Briefly, in order to perform tasks intelligence forecasting (predictive analytic) with Azure Machine Learning you should perform the following steps:

- Upload, or import online, some current or accumulated data (e.g., demographics of your customer and its total costs).
- To build and validate the model (e.g. to predict costs based on demographics).
- To create a web service that uses your models to perform fast predictions in real time (to decide what offers to provide to a new client based on their demographics).

The Azure ML service (also known as project Passau) presented two conceptual components: Experiments and Web Services and one development tool called ML Studio. You can invite other people with a Microsoft account (Live ID), for collaboration in your working environment (workspaces) using ML Studio and they don't need to pay for an Azure subscription to work with you.

Experiments can be represented as a stream configuration (data-flow) that you would like to do with your information and your models. You, as a researcher Azure ML data, focusing on experiments and can spend all your time in ML Studio, doing just a rebuild of experiments, change parameters, algorithms, criteria of validation, periodic changes in the data and so on. ML Studio is a web application and it looks like the Azure management portal. The interface looks clean, nice and works well not only in IE, but in Firefox and Chrome.

III. Results and Conclusions

Data science and big data are used almost everywhere in both commercial and non-commercial settings. The number of use cases is vast, and the examples we'll provide throughout this book only scratch the surface of the possibilities.

Commercial companies in almost every industry use data science and big data togain insights into their customers, processes, staff, completion, and products. Many companies use data science to offer customers a better user experience, as well as to cross-sell, up-sell, and personalize their offerings.

Human resource professionals use people analytics and text mining to screen candidates, monitor the mood of employees, and study informal networks among coworkers.

Financial institutions use data science to predict stock markets, determine the risk of lending money, and learn how to attract new clients for their services.

At the present time, at least 50% of trades world-wide are performed automatically by machines based on algorithms developed by quants, as data scientists who work on trading algorithms are often called, with the help of big data and data science techniques.

Governmental organizations are also aware of data's value. Many governmental organizations not only rely on internal data scientists to discover valuable information, but also share their data with the public.

Universities use data science in their research but also to enhance the study experience of their students. The rise of massive open online courses (MOOC) produces a lot of data, which allows universities to study how this type of learning can complement traditional classes. MOOC s are an invaluable asset if you want to become a data scientist and big data professional, so definitely look at a few of the better-known ones: Coursera, Udacity, and edX. The big data and data science landscape changes quickly, and MOOC s allow you to stay up to date by following courses from top universities. If you aren't acquainted with them yet, take time to do so now; you'll come to love them as we have.

Nongovernmental organizations (NGOs) are also no strangers to using data. They use it to raise money and defend their causes. The World Wildlife Fund (WWF), for instance, employs data scientists to increase the effectiveness of their fundraising efforts. Many data scientists devote part of their time to helping NGO s, because NGOs often lack the resources to collect data and employ data scientists. DataKind is one such data scientist group that devotes its time to the benefit of mankind.

Application of Microsoft Azure Machine Learning Studio in O.M.Beketov NUUE Educational Process will improve the quality of education and the competitiveness of our graduates in the labor market.

Much attention is paid to specific theoretical and practical skills in processing different types of data. The main categories of data are these:

- Structured
- Unstructured
- Natural language
- Machine-generated
- Graph-based
- Audio, video, and images
- Streaming

Our students with a master's degree will be able to occupy Data Scientist Machine Learning Engineer positions in various IT companies.

As a result of training, students will receive the following competencies:

- Setting the research goal – defining the what, the why, and the how of your project in a project charter.
- Retrieving data – finding and getting access to data needed in your project. This data is either found within the company or retrieved from a third party.
- Data preparation – checking and remediating data errors, enriching the data with data from other data sources, and transforming it into a suitable format for models.
- Data exploration – diving deeper into your data using descriptive statistics and visual techniques.
- Data modeling – using machine learning and statistical techniques to achieve your project goal.
- Presentation and automation – presenting your results to the stakeholders and industrializing your analysis process for repetitive reuse and integration with other tools.

REFERENCES

[1] Bocharov Boris. Cloud technologies in the O. M. Beketov NUUE educational process. / Boris Bocharov // Комп'ютерні технології в міському та регіональному господарстві: матер. міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – с. 122-123.

[2] Бочаров Б.П. Інформаційні технології в освіті : монографія / Б.П. Бочаров, М.Ю. Воєводіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 197 с.

[3] Bocharov Boris. Landing Page Concept for the Educational Site / Boris Bocharov, Maria Voevodina, Roman Klimenko // Дистанційне навчання як сучасна освітня технологія: збірник тез доповідей на Всеукраїнському науково-методичному семінарі з елементами вебінару. – Харків: РВВ ХТЕІ КНТЕУ, 2018. – с. 9.

[4] Bocharov Boris. Application of Microsoft Azure Cloud Technologies in O.M.Beketov NUUE Educational Process / Boris. Bocharov, Maria Voevodina // Информационные системы и технологии: материалы 6-й Международ. науч.-техн. конф., посвященной 80-летию В.В. Свиридова, Коблево-Харьков, 11-16 сентября 2017 г.: тезисы докладов. – Х.: ХНУРЕ, 2017. – с. 237-238.

[5] Bocharov Boris. Decision support system for the management of distributed automated teaching system / Boris Bocharov, Maria Voevodina, Yuri Levikov // Материалы научно-технической конференции «Информационные системы и технологии». – Х.: 2012. – С.14.

[6] ISO 29990:2010. Learning services for non-formal education and training. Basic requirements for service providers [http://www.iso.org/iso/ru/catalogue_detail?csnumber=53392].

[7] ISO/IWA 2 «Quality management systems. Guidelines for the application of ISO 9001:2000 in education» [http://www.iso.org/iso/ru/catalogue_detail? csnumber=42356]

[8] Шаронова Н.В. Модель извлечения глубинных знаний для систем организационного управления / Н.В. Шаронова, В.А. Тарловский, Н.Ф. Хайрова // Информационные технологии: вестник ХНТУ. – №2(38). – 2010. – С.97-102.

[9] Pierson Lillian. Data Science For Dummies / Lillian Pierson, Jake Porway.– Willey, 2017. – 189 с.

[10] Федоров, Д. Ю. Программирование на языке высокого уровня Python : учебное пособие для прикладного бакалавриата / Д. Ю. Федоров. –М. : Издательство Юрайт, 2018. — 126 с.

[11] Elston Stephen. Data Science in the Cloud with Microsoft Azure Machine Learning / Stephen Elston. – O'Reilly, 2018. – 210 с.

[12] Mester Tomi. Data Science Fundamentals for Marketing and Business Professionals / Tomi Mester.– Radar, 2017. – 410 с.

[13] Provost Foster. Data Science for Business / Foster Provost, Tom Fawcett. – O'Reilly, 2013. – 235 с.

[14] Ozsvald Ian. High Performance Python : Practical Performant Programming for Humans / Ian Ozsvald, Micha Gorelick. – O'Reilly, 2014. – 358 с.

[15] Hilpisch Yves. Derivatives Analytics with Python / Yves Hilpisch. – O'Reilly, 2016. – 278 с.

[16] Roman Dean. Python for Data Developers / Dean Roman. – O'Reilly, 2016. – 278 с.

[17] Vander Jake. Python Data Science Handbook / Jake Vander.– O'Reilly, 2018. – 341 с.

Використання Нейронних Мереж у Системах Розпізнання Мови

Владислав Козачков
Кафедра системного програмного забезпечення та технологій дистанційного навчання
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна
kozachkov97@gmail.com

Олексій Маслєєв
Кафедра системного програмного забезпечення та технологій дистанційного навчання
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна
leadxst@gmail.com

Юрій Гунченко
Кафедра системного програмного забезпечення та технологій дистанційного навчання
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна
gunchenko@onu.edu.ua

The Use of Neural Networks in Speech Recognition Systems

Vladyslav Kozachkov
Chair of system software and technologies of distance learning
Odessa I.I. Mechnikov National University
Odessa, Ukraine
kozachkov97@gmail.com

Oleksiy Masleyev
Chair of system software and technologies of distance learning
Odessa I.I. Mechnikov National University
Odessa, Ukraine
leadxst@gmail.com

Yurii Gunchenko
Chair of system software and technologies of distance learning
Odessa I.I. Mechnikov National University
Odessa, Ukraine
gunchenko@onu.edu.ua

***Анотація*—Розглянуто основні методи розпізнавання мови, оцінено перспективи використання нейронних мереж у процесі розпізнавання мови, проведено порівняння відкритих систем розпізнавання мови та аналіз його результатів, запропоновано перспективний шлях для більш детального та точного порівняння та аналізу різних методів розпізнавання мови на основі часткової модифікації систем.**

***Abstract*—The basic methods of speech recognition are reviewed, the prospects of neural network usage in the process of speech recognition are estimated, a comparison of open systems of speech recognition and analysis of its results was performed, a promising way for more detailed and accurate comparison and analysis of various methods of speech recognition based on partial modification of systems is proposed.**

Ключові слова—розпізнання мови; нейронні мережі; прихована Марківська модель; часові динамічні алгоритми

Keywords—speech recognition; neural networks; hidden Markov model; dynamic time warping

I. Вступ

Застосування комп'ютерних систем у сучасному світі є надзвичайно широким і бере участь практично у всіх сферах людської діяльності. Комп'ютерні системи призначені для того, щоб знизити втрати часу та сил при обробці різних даних та інформації. Проте, взаємодія людини з комп'ютером та з приладами поки що не є ідеальною або досить ефективною. Зазвичай для взаємодії з системами потрібні специфічні засоби введення, а також певні навички роботи з ними.

Мовне спілкування – інструмент, який використається людством протягом багатьох тисяч років, і для людей воно давно є природнім та зручним. Застосування мовного спілкування для доступу до штучних систем дозволяє значно знизити час, що втрачається на взаємодію, а також зменшити складність систем за рахунок заміни більшості пристроїв введення на мікрофони з включенням у програмне забезпечення підсистем автоматичного розпізнання мови.

Основні типи задач, що вирішуються за допомогою розпізнання мови [1]:

- розпізнання окремо вимовлених слів (мовне керування обчислювальною машиною),
- розпізнання злитої мови (перетворення природної мови людини у текст),

- ідентифікація за зразком мови (для цілей безпеки).

II. Методи розпізнання мови

На сьогодні основою систем розпізнання мови є різні методи, що вживаються для етапу акустичного моделювання, які можна розподілити на декілька класів.

Серед методів розпізнання на основі порівняння з еталоном зазвичай використовується метод динамічного програмування – часові динамічні алгоритми (DTW – Dynamic Time Warping). У даному методі визначення слова може здійснюватися через порівняння числових форм сигналів або шляхом порівняння спектрограми сигналів. У обох випадках процес порівняння повинен компенсувати різні довжини послідовностей та нелінійний характер звуку. Алгоритм DTW вирішує ці проблеми шляхом знаходження деформації, відповідної певної відстані між двома рядами різної довжини [2].

Одним з недоліків даного методу є необхідність збереження порівняно великих за обсягом баз зі зразками мовних рядів, або необхідність організації постійного доступу до них у тому випадку, якщо вони відділені від вузла обробки.

Частіше використовуються контекстно-залежні методи, у яких з потоку мови виділяються окремі лексичні елементи – фонеми та алофони, згодом поєднані у склади та морфеми. Серед цих методів найчастіше використовують приховані Марковські моделі (ПММ, Hidden Markov Model) та нейронні мережі (НМ).

Прихована Марковська модель – модель, що складається з кількох станів, у кожному з яких система може приймати одне з декількох значень якогось параметра. У моделі також задані ймовірності переходів між станами. Використання ПММ для розпізнання мови базується на двох наближеннях:

- мова може бути розбита на фрагменти, що відповідають станам ПММ, і у межах кожного фрагменту параметри мови вважаються постійними;
- ймовірність кожного фрагменту залежить виключно від поточного стану системи та не залежить від попередніх станів.

Модель називається прихованою, оскільки нас, зазвичай, не цікавить конкретна послідовність станів, у якій знаходиться система. Таким чином, система виступає як «чорний ящик», що приховує дійсні стани системи.

Для здійснення розпізнання на основі ПММ потрібно побудувати кодову книгу, що містить множину еталонних наборів для характерних ознак мови. Проблемою даного методу, як і для DTW, є необхідність зберігання бази зразків або необхідність організації постійного доступу до неї.

Під штучною нейронною мережею (НМ) мається на увазі математична модель та пристрої паралельних обчислень, які являють собою систему з'єднаних та взаємодіючих простих процесорів, або штучних нейронів.

Під час генерації нейронні мережі не програмуються у звичайному сенсі цього слова, а навчаються. Технічно, навчання полягає у пошуку та підборі коефіцієнтів зв'язків між нейронами.

Розпізнання за допомогою НМ має певну перевагу перед алгоритмами, заснованими на обчисленні метрик, яка полягає у тому, що обчислювальні витрати не залежать від кількості слів у словнику. При збільшенні розміру словника зростає розмір навчальної вибірки, що збільшує час, втрачений на навчання мережі, але не збільшує трудомісткість процесу розпізнання. Недолік цього підходу – відсутність можливості розширення словнику після закінчення навчання, який, втім, можна вирішити шляхом застосування теорії адаптивного резонансу, при якої НМ зберігають пластичність під час запам'ятовування нових образів і в той же час не допускають критичних модифікацій старої пам'яті.

III. Системи розпізнання мови

На сьогодні найбільш розповсюдженими є системи, засновані на ПММ, особливо серед систем з відкритим кодом (наприклад, Sphinx, Simon, Kaldi) [3]. Проте, підхід з застосуванням НМ вважається більш перспективним [4]. Багато систем, створених великими компаніями та корпораціями (наприклад, система компанії Google Speech-to-Text або система Yandex.SpeechKit) використовують алгоритми розпізнання на основі нейронних мереж [5,6].

Порівняння характеристик існуючих систем є складною задачею через те, що деякі системи закриті, як відносно вихідного коду, так і відносно можливостей тестування. До того ж, системи, створені великими компаніями, досить складно порівнювати з системами, створеними невеликими групами розробників – системи великих компаній зазвичай якісніше виконані та показують більшу точність та кращу швидкодію, ніж більшість відкритих проектів [7].

Незважаючи на ці фактори, все одно є можливість порівнювати між собою системи з відкритим вихідним кодом. Було виконано порівняння шести систем: CMU Sphinx, HTK, iAtros, Kaldi, Julius та RWTH ASR [8]. Вибір був заснований на частоті згадки у сучасних науково-дослідницьких журналах, існуючих розробках останніх років та популярності у індивідуальних розробників програмного забезпечення. Далі буде приведено порівняння за такими показниками, як точність та швидкість розпізнавання.

За точністю системи порівнювались за найпоширенішими метриками: Word Error Rate (*WER*) та Word Recognition Rate (*WRR*), що обчислюються за наступними формулами:

$$WER = (S + I + D)/T, \quad (1)$$

$$WRR = 1 - WER, \quad (2)$$

де S – число операцій заміни слів, I – число операцій вставки слів, D – число операцій видалення слів із розпізнаної фрази для отримання початкової фрази, T – число слів у початковій фразі. Обидва показники вимірюються у відсотках.

За швидкістю розпізнавання системи порівнювалися з використанням показника Real Time Factor (Speed Factor, SF) – відношення часу розпізнавання до довжини сигналу. Цей показник можна обчислити за наступною формулою:

$$SF = (T_{розп})/T, \quad (3)$$

де $T_{розп}$ – час розпізнавання сигналу, T – його довжина. Показник вимірюється у долях від реального часу.

Усі системи навчені за допомогою мовного корпусу WSJ1 (Wall Street Journal 1). Даний корпус включає в себе близько 160 годин тренувальних даних і 10 годин тестових даних, які представляють собою записи дикторів обох статей на англійській мові.

Після проведення експерименту та обробки їх результатів було отримано наступну таблицю (табл. 1).

ТАБЛИЦЯ I. РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯННЯ ЗА ТОЧНІСТЮ ТА ШВИДКІСТЮ

Система	**Параметри порівняння**		
	WER, %	***WRR, %***	***SF***
HTK	19,8	80,2	1.4
CMU Sphinx (pocketsphinx /sphinx4)	21.4/22.7	78.6/77.3	0.5/1
Kaldi	6.5	93.5	0.6
Julius	23.1	76.9	1.3
iAtros	16.1	83.9	2.1
RWTH ASR	15.5	84.5	3.8

Бачимо, що однією з найкращих за точністю та швидкістю є система Kaldi (найкращий результат WER – 6.5% та другий результат SF – 0.6). Слід зазначити, що усі представлені системи використовують у акустичному моделюванні переважно метод прихованих Марковьских моделей (деякі використовують лише його, інші – декілька методів), але з усіх них лише Kaldi використовує, поміж інших, метод нейронних мереж. Але, через певну різницю у інших частинах систем (витяг ознак, мовне моделювання, саме розпізнання), поки не можна казати, що саме вживання нейронних мереж є основною перевагою зазначеної системи.

ВИСНОВКИ

На сьогодні найбільш вживаними є такі методи розпізнавання мови, як метод прихованих Марковських моделей та метод нейронних мереж. Хоча Марковські моделі вживаються частіше, що особливо помітно серед відкритих систем, метод нейронних мереж вважається більш перспективним та вже використовується у деяких пропріетарних системах. Порівняння деяких відкритих систем показало певну перевагу однієї з систем, що частково використовує, окрім ПММ, нейронні мережі, але через певну часткову та загальну різницю систем поки не можна з упевненістю казати, що нейронні мережі однозначно дають кращі результати, ніж ПММ.

Надалі, для отримання більш переконливих результатів, можна провести порівняння існуючої системи з модифікаціями, створеними саме на її основі, але з використанням інших алгоритмів акустичного моделювання (наприклад, вихідна система створена з використанням ПММ, а потім модифікована за допомогою НМ). Оскільки інші частини систем не будуть значно відрізнятися, такий спосіб може дати необхідну статистичну інформацію, за якої можна буде точніше судити, який підхід і за яких умовах дає кращі результати, і чи дійсно нейронні мережі є більш перспективним підходом для розпізнання мови.

Як основу можна вибрати одну з відкритих систем, які було порівняно раніше, наприклад, Kaldi, яка показала найкращі результати у точності та швидкості, або Sphinx, який, незважаючи на посередні показники у точності розпізнання, є найбільш швидким, підтримує велику кількість мов, а також має більш докладну документацію і є більш зручним для можливого вбудовування у інші системи.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

[1] Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана. (2017). “Распознавание речи” [Online]. Available: https://ru.bmstu.wiki/Распознаванте_речи

[2] Алборова Ж. В., “Алгоритм и методы распознавания речи,” в *Молодежный научно-технический вестник* – 2016. [Online]. Available: https://docplayer.ru/42471925-Algoritm-i-metody-raspoznavaniya-rechi.html.

[3] “Overview of the CMUSphinx toolkit”. [Online]. Available: https://cmusphinx.github.io/wiki/tutorialoverview/.

[4] Д. В. Бобкин, К. Ю. Жигалов, “Исследование надежности распознавания речи системой Google Voice Search,” в *Cloud of Science*. 2015. Т. 2. № 3. [Online]. Available: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-nadezhnosti-raspoznavaniya-rechi-sistemoy-google-voice-search.

[5] Cloud Speech-to-Text – Speech Recognition | Cloud Speech-to-Text | Google Cloud. [Online]. Available: https://cloud.google.com/speech-to-text/.

[6] Распознавание речи от Яндекса. Под капотом у Yandex.SpeechKit / Блог компании Яндекс / Хабр (2013). [Online]. Available: https://habr.com/ru/company/yandex/blog/198556/.

[7] Локтионов Н.П., “Обзор систем распознавания речи,” в *Молодежный научный форум: Технические и математические науки*: электр. сб. ст. по мат. XLIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 3(43). [Online]. Available: https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/3(43).pdf.

[8] Беленко М.В., Балакшин П.В., “Сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым исходным кодом,” в Международный научно-исследовательский журнал, выпуск № 4(58) Апрель 2017, Технические науки. [Online]. Available: https://research-journal.org/technical/sravnitelnyj-analiz-sistem-raspoznavaniya-rechi-s-otkrytym-kodom/

Multiagent Approach for Modelling Crowd Behavior

Oleksiy Lanovyy
dept. of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
oleksiy.lanovyy@nure.ua

Artem Lanovyy
dept. of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
artem.lanovyi@nure.ua

Abstract — The research considers the problems connected with the modeling of crowd behavior. Particular attention is paid to the problems of an increase or a sharp decrease in the speed of the local flow of people in the crowd.

Keywords — crowd modeling; multiagent approach; behavioral force

I. INTRODUCTION

The human crowd is a complex social phenomenon. In some cases, a crowd can be a well-organized structure and demonstrate great constructive power. Attempts to predict and to control the crowd behavior in different situations have become a milestone for the works of many psychologists, sociologists, mathematicians and programmers.

While analyzing the works on mathematical crowd modeling, we can come to the conclusion that there are two main approaches: the construction of micro- and macromodels. In micromodels people as elements of the crowd are described individually using basic primitives. Movements are defined by ordinary equations with a certain set of constraints and most often they are projected onto two-dimensional surfaces that combine the area available for movement and obstacles within the area.

II. PROBLEM STATEMENT

The practical side of the use of crowd models is of great interest. There is a significant demand for crowd visualization systems in the entertainment industry – the use of ready-made visualized models of mass and battle scenes can significantly reduce the financial costs of creating cinematic products and increase its entertainment.

The paper proposes a solution to the problem by constructing a framed agent-oriented crowd model taking into account the restrictions imposed by social phenomena and the environment.

In this context the main objectives of the study are:

- formation of a simplified framework of the crowd model, taking into account the general principles of its creation (number, manageability, orientation, heterogeneity, etc.);
- use of discrete-event, agent-oriented approach to build detailed models of individual agents of the system for a more complete simulation of the crowd dynamics;
- implementation of the granularity function of individual elements with the possibility of reassignment of their properties, the formation of conditions of boundary transitions;
- ensuring compatibility of different models at the level of requests and the possibility of structural modeling by identifying incompatible inputs and outputs, as well as a variety of inputs and outputs.

III. GOALS AND OBJECTIVES ESTABLISHMENT

The generalized crowd model consists of two parts: the environment (or state space) and a set of separate autonomous elements of the system (agents) which interact with each other and with the environment. For a more complete description of many phenomena and processes taking place in the crowd, it is also necessary to take into account the "local" changes in the collective behavior of a sufficiently large number of agents. Beside other factors, the behavior of each individual agent depends on the choice of behavior strategies of other agents who make an immediate environment of the agent.

When constructing mathematical models focused on the demonstration of social interaction between agents, it is essential to take into account the conformity of behavior, when individual behavior is largely determined by social factors forming the system of social restrictions. Critical mass models [1] represent one of the directions of conformity research. These models are characterized by the following features:

- agents make discrete (or binary) choices;
- agents are homogeneous in their preferences, i.e. their behavior can be described by a single objective function;
- the utility function of an agent increases with the proportion of other agents of its environment who have made the same choice.

The position of the agent a_i can be represented by discrete points of its state space $r_a(t)$, which can continuously change over a long period of time t. Then the dynamics of the agent can be described by the following equation of motion:

$$\frac{dr_a(t)}{dt} = v_a(t) \quad (1)$$

Functions that limit temporal changes in the actual speed of the agent's movement can also be interpreted as driving forces of that movement, and can be called behavioral or social forces.

If the behavioral force is a reflection of various systematic influences on the behavior of the agent (from the environment or other agents), the frequency of such influences can be characterized as random behavioral changes (resulting from accidental or intentional deviations of the agent's trajectory) and is described by the following expression:

$$\frac{dv_a}{dt} = f_a(t) + \xi_a(t) \tag{2}$$

The behavioral force $f_a(t)$ will be the sum of several force vectors that correspond to the different simultaneous influences on the agent's behavior a_i:

$$f_a(t) = f_a^0(v_a) + f_{a\beta}(r_a) + \\ + \sum_{\beta(\neq a)} f_{a\beta}(r_a, v_a, r_\beta, v_\beta) + \sum_n f_{an}(r_a, r_n, t) + \xi_a(t), \tag{3}$$

where $f_a^0(v_a)$ is the deviation within the so called relaxation time τ_a connected with the deviation of the actual speed v_a from the desired speed v_a^0 due to the influence of the crowd; $f_{a\beta}$ is a boundary repulsive force which steadily increases as the decreasing distance between the location r_a of the agent a_i and the nearest boundary point r_a^β decreases; $f_{a\beta}(r_a, v_a, r_\beta, v_\beta)$ is a repulsive force which indicates the fact that each of the agents maintains a situation-dependent distance from the other agents β; $f_{an}(r_a, r_n, t)$ is the force of mutual gravitational embrace between agents a and n (friends or relatives). Here below the desired speed v_a^0 is taken as the standard walking speed in the direction e_a:

$$f_a^0(v_a) = \frac{1}{\tau_a}(v_a^0 e_a - v_a), \tag{4}$$

we explain the equilibrium between the behavioral forces for which the acceleration tends to zero based on these expressions: if there are no external influences (both physical and social), the position of the agent in space is determined by the expression:

$$\sum_{\beta(\neq a)} f_{a\beta}(r_a, 0, r_\beta, 0) = 0. \tag{5}$$

A classic example of the situation where the speed of agents in a crowd equals 0 is waiting on a railway platform for a train to arrive. In case of additional factors of attraction (or repulsion) fan (such as the performance of a celebrity at a rock concert or the occurrence of a local hazard), the equation (6) can be supplemented:

$$\sum_{\beta(\neq a)} f_{a\beta}(r_a, 0, r_\beta, 0) + \sum_n f_{an}(r_a, r_n) = 0. \tag{6}$$

Taking into account the possibility of a situation in a crowd when an agent a_i with the speed v_a^0, cannot catch up with a deliberately slower agent β_i ($v_a^0 > v_\beta^0$) due to the crowd counteraction, we change the expression (4) in such a way that there is a balance between the force of acceleration f_a^0 and the repulsive force $f_{a\beta}$. In this case the expression (4) becomes:

$$\frac{1}{\tau_a}(v_a^0 e_a - v_a) + f_{\alpha\beta}(r_a, v_a, r_\beta, v_\beta) = 0, \tag{7}$$

where the actual speed of the agents in the crowd is denoted by v_a. Having determined the distance vector between the agents a and β as $\|r_a - r_\beta\|$, we direct the repulsive force $f_{a\beta}$, in the direction of motion e_a, we get (8):

$$f_{\alpha\beta}(\tau_a) + f_{\alpha\beta}(r_a, e_a v_a, r_\beta + \Delta r_{a\beta} e_a, v_a e_a) = \\ \frac{v_a^0 - v_a}{\tau_a} + f_{\alpha\beta}(r_a, e_a v_a, r_\beta + \Delta r_{a\beta} e_a, v_a e_a) = 0, \tag{8}$$

where $f_{a\beta}(\tau_a)$ is the force of acceleration τ_a is the time which the agent a_i needs to accelerate in order to achieve the desired speed v_a. From this formula (given that the repulsive force increases when the distance decreases) it follows that the closer the agents are to each other ($\Delta r_{a\beta} = \|r_a - r_\beta\| \to 0$), the greater the difference between their own desired speed v_a^0 and the speed of the previous agent v_β is. This fact corresponds to the well-known phenomenon of "pushing" in the crowd.

IV. Summary

At summary, in this paper we described and have proposed models have been related to the phenomenon of the local flow of people in the crowd. The ultimate goal of the research is to develop a software implementation of a model that could help assess the risks related to the crowd dynamics in different settings and identify possible ways of their resolution in case of emergency and minimize the consequences.

References

[1] Cristiani, E., Piccoli, B., Tosin, A. (2011). Multiscale modeling of granular flows with application to crowd dynamics. Multiscale Model. Simul., 9(1), 155-182.

[2] Helbing, D., Johansson, A., Al-Abideen, H. Z. (2007). Dynamics of crowd disasters: An empirical study. Physical Review E 75: 046109.

[3] Lighthill, M. J., Whitham, G. B. (1956) On kinematic waves. II. A theory of traffic flow on long crowded roads. Proceedings of the Royal Society of London, 229 (1178), 317–345.

[4] Piccoli, B., Tosin, A. (2011). Time-evolving measures and macroscopic modeling of pedestrian flow. Arch. Ration. Mech. Anal, 199(3),707-738.

Исследование Гибридной Нейронной Сети Новой Топологии для Решения Задачи Прогнозирования

В.М. Синеглазов
Кафедра авиационных компьютерно-интегрированных комплексов
Национальный авиационный университет
Киев, Украина
svm@nau.edu.ua ORCID 0000-0002-3297-9060

Е.И. Чумаченко, К.Д. Рязановский, А.Т. Кот
Кафедра технической кибернетики
Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"
Киев, Украина
chumachenko@tk.kpi.ua ORCID 0000-0003-3006-7460,
kudgey@mail.ru, anatoly.kot@gmail.com

The Study of a Hybrid Neural Network of a New Topology for Solving the Forecasting Problem

V.M. Sineglazov
Aviation Computer-Integrated Complexes Department
National Aviation University
Kyiv, Ukraine
svm@nau.edu.ua ORCID 0000-0002-3297-9060

O.I. Chumachenko, K D. Riazanovskiy, A.T. Kot
Technical Cybernetic Department
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine
chumachenko@tk.kpi.ua ORCID 0000-0003-3006-7460,
kudgey@mail.ru, anatoly.kot@gmail.com

***Аннотация*—в докладе рассмотрено исследование новой топологии гибридной нейронной сети для решения задач прогнозирования. Представленная гибридная сеть состоит из двух частей: нейронная сеть, состоящая из нейронов, которые строятся на принципах нечеткой логики, и полиномиальная нейронная сеть (ПНН). При построении общей архитектуры используется метод группового учета аргументов (МГУА). В качестве топологий нечетких нейронов первой сети использовалась модифицированная сеть TSK (Tagaki, Sugeno, Kang). Описан гибридный алгоритм обучения полной сети. Представлены результаты обучения предложенной сети, а также сравнение с результатами других популярных моделей: Random Forest, линейная регрессия, машина опорных векторов, XGBoost.**

***Abstract*—the report examines the study of a new topology of a hybrid neural network (HNN) for solving forecasting problems. The presented hybrid network consists of two parts: a neural network consisting of neurons that are built on the principles of fuzzy logic, and a polynomial neural network (PNN). When constructing a common architecture, the group method of data handling (GMDH) is used. As the topologies of the fuzzy neurons of the first network, a modified TSK network (Tagaki, Sugeno, Kang) was used. A hybrid algorithm for learning a complete network is described. The results of training the proposed network are presented, as well as a comparison with the results of other popular models: Random Forest, Linear Regression, Support Vector Machines, XGBoost.**

Ключевые слова—нейронная сеть, нечеткий вывод, гибридная топология, полиномиальная нейронная сеть, МГУА, TSK, прогнозирование.

Keywords—neural network, fuzzy inference, hybrid topology, polynomial neural network, GMDH, TSK, forecasting.

I. INTRODUCTION

The forecasting task is one of the most common tasks that arise in the field of machine learning. It is common in many areas of life. There are many tools and algorithms for solving this problem [1][2]. Due to its diversity, the problem of forecasting and approximating data cannot always be solved by the same tools and algorithms. The most successful are neural networks (NS) [3]. Due to their flexibility and scalability, they can solve the most diverse and complex problems that are beyond the power of classical machine learning algorithms.

Another area of intelligent data processing was the use of fuzzy logic methods. First proposed by the researcher Zadeh in 1965, they were developed and involved in many areas of life [4]. It was successful to combine the principles of neural networks and fuzzy inference [5]. Due to their structure, namely the rules, they are easily interpreted and understandable to humans, in contrast to the usual classical NN (perceptron, radial basis function network, etc.).

The group method of data handling (GMDH) is widespread in solving forecasting problems. This method, proposed by A. Ivakhnenko half a century ago, has not yet lost its relevance and significance [6]. Using the basic principles of GMDH gives great opportunities for hybridization of various neural networks and their subsequent configuration.

II. Problem Statement

The objective of this report is to study the hybridization of neuro-fuzzy networks and conventional NNs to solve the forecasting problem. Possible topologies for constructing a hybrid NN are studied, as well as methods for their machine learning.

III. Problem Solution

To solve this problem, a hybridization of two neural networks is proposed: a neuro-fuzzy system, whose neurons are based on the TSK network [7], and a polynomial neural network (PNN) [9].

A. Neuro-fuzzy part

The topology of this network is a single layer of neurons, each of which is a small modified fuzzy TSK network. The initial number of neurons in the layer is the number of possible combinations of input features by the number of inputs to each neuron. In the future, only those neurons that give the smallest error remain. Each neuron has one output. The topology of the neuro-fuzzy network is shown in Fig. 1.

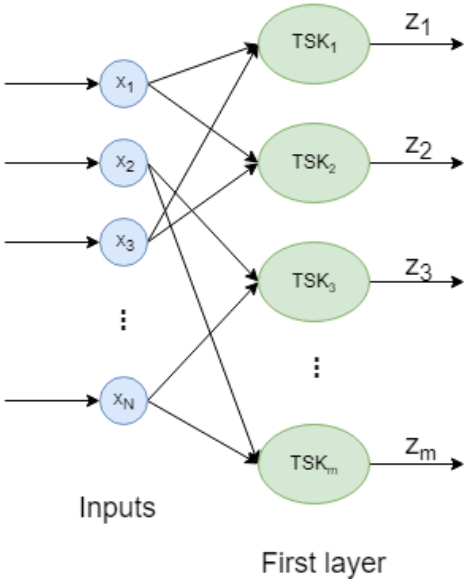


Fig. 1. Neuro-fuzzy network topology

Each neuron of this network has its own set of tunable parameters and performs fuzzy inference according to the principles of the TSK network. The TSK network structure is shown in Fig. 2 [8].

The first layer performs fuzzification of the inputs. As a membership function, a Gaussian function can be used, which has two parameters that can be further trained by the gradient descent method or its modifications.

The neurons of the second layer are rule neurons. Each neuron of this layer performs the product of membership function values associated with this rule. The output of each neuron of the second layer is the activation value of a particular rule.

Each neuron of the third layer contains a vector of linear parameters, the dimension of which is N + 1, where N is the number of inputs of the neuron. The parameters of this layer are adjusted by the least squares method. It also performs the scalar product of the parameter vector by the input vector and the scalar activation value of a particular rule.

The fourth layer performs separate summation of the outputs of the neurons of the second layer and the third layer.

On the fifth layer, two components calculated on the 4th layer are divided.

As a result, we get the only value at the output, which is the value of the prediction. Comparing it with the actual value in the training sample, we obtain a prediction error, due to which the parameters of the layers of each neuron are adjusted.

After training each neuron, we calculate its mean squared error. If it exceeds the value set by the researcher, then the neuron is excluded from the network.

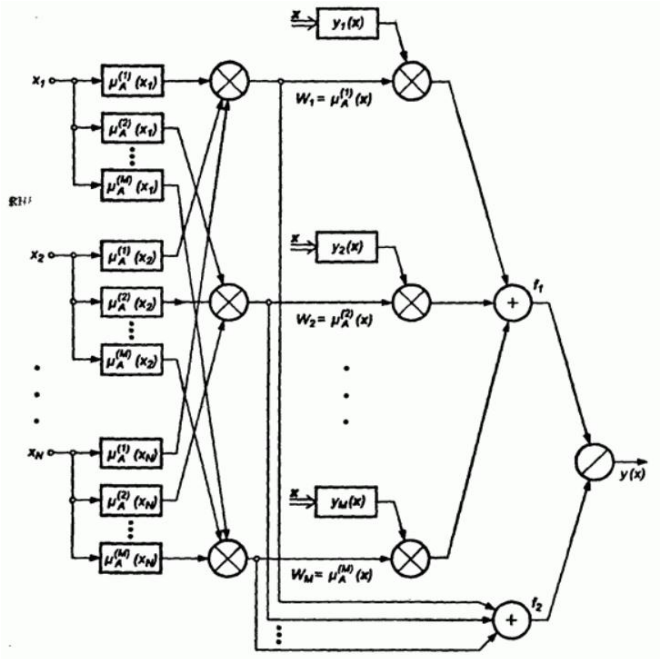


Fig. 2. TSK structure

B. Polynomial neural network

The third and subsequent layers of neurons of the previous neuro-fuzzy system already in turn performed a first-order polynomial transformation of fuzzified data. This polynomial network uses polynomials of the second order for a more accurate prediction result.

To build a network the GMDH algorithm is used. The network has a wedge shape and converges to one neuron, the output of which is the result of prediction.

The network topology is shown in Fig. 3.

Each network neuron performs polynomial transformation of a certain order, in particular, of the second, into a number of input variables, for example, two or three. Thus, each neuron has a vector of parameters that

enter the polynomial linearly. They are configured using the least squares method: a pseudoinverse matrix is used.

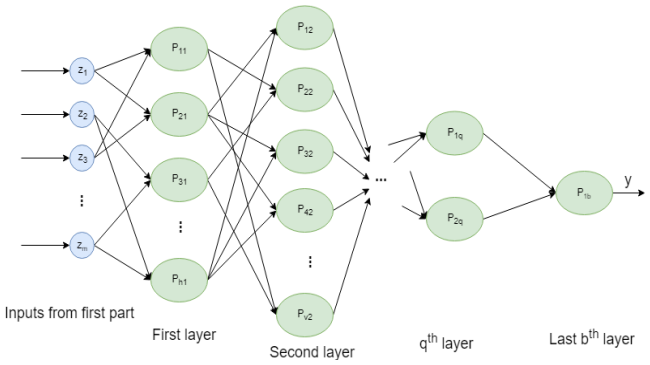


Fig. 3. PNN topology

The construction of this part of the hybrid network is the same as the previous one: neurons are formed according to all combinations of input features by the number of inputs into one neuron, then each neuron is trained, the parameter values are found, then the MSE of each neuron is calculated and neurons with an error exceeding the specified are excluded from the network layer. If after training neurons have not reached the required accuracy, then the outputs of this layer are fed to the next new layer, which is created and trained in the same way. This construction takes place until the desired accuracy is achieved in some neuron, or until the system has reached high complexity.

C. Hybridization of the neuro-fuzzy system and the polynomial network

The construction of a complete hybrid neural network occurs with the tuning and training of TSK neurons. In exceptional cases, the required accuracy can be achieved on the neurons of this layer, then the process of constructing a polynomial network is not required. In most cases, after training a neuro-fuzzy system, a polynomial construction takes place. Neurons of this network should be checked on a training and test sample, since the creation of many layers and neurons can quickly lead to overfitting.

The network has several parameters that require manual tuning by the researcher: the order of polynomials, the number of inputs to neurons, an error that should not be exceeded. Correct adjustment can improve the performance of accuracy, but it requires a balance between the training time and the required accuracy.

A possible option for the development of the first network can be an increase in the number of its layers using an algorithm for constructing layers and selecting neurons of a polynomial network.

The full hybrid network topology for the prediction problem is shown in Fig. 4.

The advantage of this topology is that excluding neurons with bad accuracy we reduce the final size of the network, and also some features of the input data may be redundant with sufficient accuracy of the predictions, which will reduce the dimensionality of the processed data.

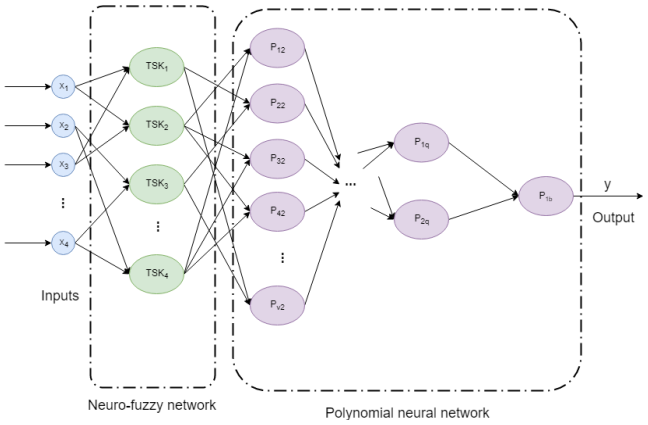


Fig. 4. Hybrid neural network topology

IV. EXAMPLE ON REAL SET

Evaluation and comparison of the work of the proposed hybrid NN with other models was carried out on the Boston Home Prices dataset.

The dataset contains 13 features expressed by real numbers. The result of forecasting is the price of the house. It is also a real number.

The following parameters were selected in the programmed hybrid network model:

- the number of inputs to neurons TSK – 2,
- number of inputs to polynomial neurons – 3,
- mean squared error (MSE) is used as an error,
- maximum error on the layer of fuzzy neurons – 30,
- maximum error on the first layer of polynomial neurons – 11.6,
- maximum error on the second layer of polynomial neurons – 9.5.

Model learning results:

- on the first layer of fuzzy neurons TSK from all possible 78 combinations 11 neurons were selected. The smallest neuron error on the training set is 18.713, on the test set is 25.886,
- on the next layer of 55 polynomial neurons 11 neurons were selected. The neuron with the most accurate indicators has the following errors: on the training set it has 11.4, on the test set it has 12.6.
- on the next layer of 55 polynomial neurons 3 neurons were selected. The neuron with the most accurate indicators has the following errors: on the training set it has 9.25, on the test set it has 19.81. That is, overfitting is already observed.

The neuron with the best accuracy is a neuron from the first layer of the polynomial network. Its inputs are the 0th, 3rd and 4th neurons from the TSK fuzzy neuron layer. The 0th neuron takes in the input of the 0th and 5th features, the 3rd takes 4th and 12th features, the 4th takes 5th and 9th features. Thus, the hybrid network has an error of 11.4 on the training set and 12.6 on the test set, while requiring only 5 features for entry from 13. The network came out small, fast and accurate. Its architecture is shown in Fig. 5.

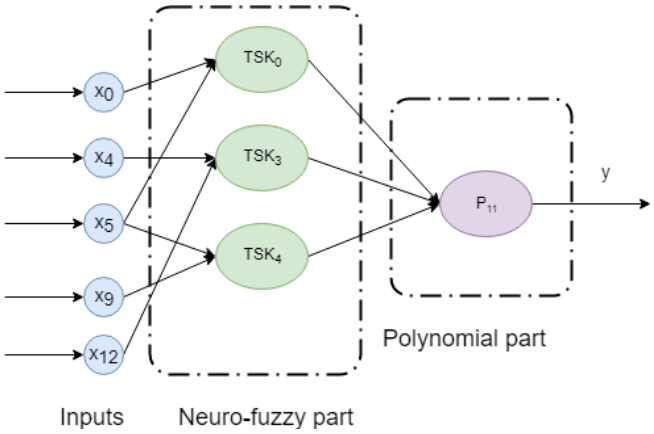


Fig. 5. HNN architecture for Boston home price prediction

To compare the proposed hybrid network, experiments were conducted with other models on the same dataset. The learning results of the models are presented in Table 1.

ТАБЛИЦЯ II. MSE OF DIFFERENT MODELS

List of models	Test data error
Proposed hybrid NN	12.6
Random Forest	14.19
XGBoost	15.71
Linear Regression	30.05
Support Vector Machines	42.81

The proposed hybrid network has the smallest error on the test set, compared with other models, using a shortened set of features.

V. CONCLUSION

The results showed that the use of a hybrid neural network consisting of fuzzy neurons based on the TSK network and a polynomial NN can effectively solve the forecasting problem. Model accuracy indicators are superior to those of other popular models, such as Random Forest, XGBoost, Linear Regression, Support Vector Machines. Moreover, the proposed hybrid NS uses a shortened set of features and has a simple and understandable architecture.

REFERENCES

[1] S. Makridakis, E. Spiliotis , V. Assimakopoulos, "Statistical and Machine Learning forecasting methods: Concerns and ways forward," 2018, PLOS ONE 13(3): e0194889.

[2] B. Pavlyshenko, "Machine-Learning Models for Sales Time Series Forecasting," 2019, Data. 4. 15. 10.3390/data4010015.

[3] P. Zhang, E. Patuwo, M. Hu, "Forecasting With Artificial Neural Networks: The State of the Art," in International Journal of Forecasting, v. 14, pp. 35-62, 1998.

[4] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," in Information and Control, vol. 8, pp. 338-353, June 1965.

[5] S. K. Halgamuge, M. Glesner, "Neural networks in designing fuzzy systems for real world applications," in Fuzzy Sets and Systems, vol. 65, pp. 1-12, July 1994.

[6] A. Ivakhnenko, "Polynomial theory of complex systems," in IEEE Trans Syst Man Cybern. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on. 1. 364 – 378, 1971.

[7] Y. P. Zaychenko, "FNN TSK" in Fuzzy models and methods in intelligent systems, pp. 120-124, 2008.

[8] S. Osovskiy, "The structure of the fuzzy network TSK" in Neural network for information processing, pp. 299-302, 2002.

[9] Sung-Kwun Oh, Witold Pedrycz, Byoung-Jun Park, "Polynomial neural networks architecture: analysis and design," in Computers & Electrical Engineering, vol. 29, iss. 6, pp. 703-725, 2003.

Оценивание Показателя Хёрста Самоподобных Процессов с Тяжёлыми Хвостами и Долгосрочной Зависимостью Приращений

Вадим Шергин
кафедра искусственного интеллекта
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
vadim.shergin@nure.ua

Estimating the Hurst Exponent of Heavy-Tailed Self-Similar Processes with Long-Range Dependence

Vadim Shergin
Artificial Intelligence dept.
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkov, Ukraine
vadim.shergin@nure.ua

***Анотація* — Досліджено моделі самоподібних процесів з важкими хвостами розподілів та довгостроковими залежностями. Було показано, що фрактальний рух Леві є найбільш загальною моделлю цього класу. Як було встановлено, традиційні методи оцінки показника Херста засновані на статистиках другого порядку, тому не є прийнятними до процесів, що мають водночас важкі хвости, та довгострокову залежність. Запропоновано застосування методу дробових моментів для оцінки показника Херста самоподібних процесів. Проведені чисельні моделювання та отримані результати показують безперечну перевагу запропонованого методу порівняно з R/S- та DFA- аналізом щодо точності оцінок показника Херста. Простота у реалізації також є перевагою запропонованого методу.**

***Abstract* — Models of heavy-tailed self-similar processes with long-range dependence has been studied. It was shown that fractional Levy motion is the most general model of this class. As it was found, commonly used methods for estimating the Hurst exponent are based on second-order statistics, so are inapplicable to the processes having both heavy tails and long-range dependence. The method of fractional moments is proposed for estimating the Hurst exponent for self-similar processes. Numerical simulations were made and obtained results shows an undoubted advantage of proposed method in comparison with R/S and DFA analysis on the accuracy of the Hurst exponent estimates. The simplicity in implementation, is another odds of the proposed method.**

Ключові слова* — *самоподібні процеси; важкі хвости; довгострокова залежність; фрактальний рух Леві; показник Херста; дробові моменти

Keywords* — *self-similar processes; heavy tails; long-range dependence; fractional Levy motion; Hurst exponent; fractional moments

I. Введение

Моделирование и оценка параметров случайных процессов являются неотъемлемой составляющей цифровой обработки сигналов.

Фрактальное движение Леви (FLM) – это случайный процесс с тремя ключевыми свойствами [1-3]: самоподобие, «тяжелые хвосты» распределения и долгосрочная взаимозависимость приращений процесса. Числовыми мерами этих трех свойств являются, соответственно, показатель Хёрста (H), показатель устойчивости (α) и коэффициенты взаимосвязи приращений, обобщающие автокорреляционную функцию. Так как наличие статистически устойчивой оценки $H \neq ½$ рассматривается [1] как характерный признак фрактальности процесса, то оценивание показателя Хёрста является одной из первоочередных задач анализа случайных процесов.

В настоящее время существует множество методов оценки показателя Хёрста, но все они ориентированы лишь на частные случаи рассматриваемых процессов, когда свойство самоподобия сочетается либо с долгосрочной зависимостью (фрактальное броуновское движение) [4], либо с тяжёлыми хвостами распределений (устойчивый процесс Леви) [1, 3], но не с обоими одновременно.

Общим свойством большинства известных методов оценивания показателя Хёрста (R/S анализ, детрендированный флуктуационный анализ (DFA) и других) является то, что все они основаны на использовании статистических свойств выборок второго порядка (дисперсия, стандартное отклонение, коэффициенты корреляции). Это свойство ограничивает область применения традиционных методов оценки показателя Хёрста лишь такими самоподобными процессами, которые имеют дисперсию, т.е. не имеют тяжёлых хвостов.

С другой стороны, анализ свойств самоподобия процессов с тяжёлыми хвостами распределений обычно ограничивается процессами с независимыми приращениями (гауссовыми или нет, одинаково распределенными или нет) [2-3, 5]. В результате, оценки показателя Хёрста, основанные не на обоих упомянутых свойствах FLM, а только на одном из них, оказываются далёкими от адекватности.

Метод дробных моментов в равной степени работоспособен как в случае гауссовых распределений, так и при наличии тяжёлых хвостов, как при независимости приращений, так и при наличии положительной или отрицательной взаимосвязи [3, 6]. Таким образом, этот метод может быть успешно применён и для оценивания показателя Хёрста, что и является целью данной работы.

II. Анализ предметной области и постановка задачи

Стохастический процесс X_t, $t \geq 0$ называется самоподобным, если для любых значений $c > 0$ процессы X_{ct} и $c^H X_t$ имеют одинаковые конечномерные распределения [3]:

$$\mathrm{Law}\{X_{ct}\} = \mathrm{Law}\{c^H X_t\}. \qquad (1)$$

Индекс $0 < H < 1$ называется индексом Хёрста (или показателем Хёрста), который является мерой самоподобия случайного процесса.

Самоподобный случайный процесс называется фрактальным движением Леви (FLM), если он обладает следующими свойствами [1]:

- Процесс начинается с нуля ($X_0 = 0$);
- Приращения являются стационарными: для любого $s < t$ величина $X_t - X_s$ эквивалентна по распределению величине X_{t-s};
- Стохастическая непрерывность.

Кроме того, обычно приращения FLM обычно рассматриваются как симметричные и несмещённые.

Из стационарности приращений, самоподобия и нулевых начальных условий следует, что для любых $t \geq 0$, $\tau \geq 0$,

$$\begin{aligned} Scale\{X_{t+\tau} - X_t\} &= Scale\{X_\tau - X_0\} = \\ &= \tau^H \cdot Scale\{X_1 - X_0\} = \tau^H \cdot Scale\{X_1\}. \end{aligned} \qquad (2)$$

Здесь «*Scale*» обозначает некоторую меру рассеяния соответствующих случайных величин, имеющую те же единицы, что и измеряемая величина.

Наиболее известным частным случаем FLM является дробное броуновское движение (FBM), характерным свойством которого является гауссово распределение приращений процесса.

Согласно (2) дисперсия приращений связана с шириной временного интервала степенным законом, но если (и только если!) эта дисперсия существует:

$$D\{X_{t+\tau} - X_t\} = \tau^{2H} D\{X_1 - X_0\} = \tau^{2H} \sigma_1^2. \qquad (3)$$

Другой частный случай FLM характеризуется независимостью от его приращений и называется обычным (ординарным) процессом Леви (OLP).

Общим свойством традиционных методов оценивания показателя Хёрста [4-5] является то, что все они основаны на (3), а не на (2), то есть на использовании статистических свойств выборок второго порядка. Это свойство ограничивает область применения таких методов процессами, имеющими дисперсию (FBM).

III. Случайные процессы с тяжёлыми хвостами

Случайная величина X имеет тяжёлый хвост распределения (правый, левый, или оба), если [3, 5]

$$\begin{aligned} &\Pr(X > x) \to c_1 \cdot x^{-\alpha} \\ &\Pr(X < -|x|) \to c_2 |x|^{-\alpha} \end{aligned} \quad \text{as } x \to \infty. \qquad (4)$$

В симметричном случае FLM имеет симметричные тяжёлые хвосты (4). Значения и приращения таких FLM следуют симметричным альфа-устойчивым (*SaS* -) распределениям с плотностью $g(x;\alpha,\gamma)$.

Распределение называется устойчивым [7], если для любых независимых одинаково распределённых случайных величин X, Y, Z и для любых постоянных $a > 0$, $b > 0$ случайная величина $aX + bY$ имеет такое же распределение, что и $cZ + d$ для некоторых постоянных $c > 0$ и d (зависящих от a и b). В общем случае устойчивые распределения образуют четырёхпараметрическое семейство непрерывных вероятностных распределений. *SaS* -распределения являются его частным случаем и характеризуются двумя параметрами:

показателем устойчивости $0<\alpha\le 2$ и параметром масштаба ("Scale-factor") $\gamma>0$.

Для любых независимых *SaS* -величин $X\to g(x,\alpha,\gamma_X)$ и $Y\to g(y,\alpha,\gamma_y)$, их линейная комбинация следует тому же закону: $Z=aX+bY\to g(z,\alpha,\gamma_z)$. Параметры масштаба этих законов связаны между собой следующим образом:

$$|c\cdot\gamma_z|^{\alpha}=|a\cdot\gamma_X|^{\alpha}+|b\cdot\gamma_y|^{\alpha}. \qquad (5)$$

Гауссово распределение (нормальный закон) является частным случаем *SaS* -распределения при $\alpha=2$. В этом случае (5) представляет собой обычное правило сложения дисперсий.

Важной особенностью негауссовых устойчивых распределений является отсутствие моментов, имеющих порядок $s\ge\alpha$, и, в частности, отсутствие моментов второго порядка, то есть дисперсии.

Известно [3], что FLM является процессом с независимыми приращениями (OLP) тогда и только тогда, когда $H=1/\alpha$. В этом (и только в этом) случае оценка показателя Хёрста сводится к оценке индекса устойчивости.

Приведённый выше анализ позволяет сделать вывод, что методы оценки показателя Хёрста, успешно применяемые к частным случаям FLM (FBM и OLP), становятся неприменимыми в общем случае. Аналогичная проблема (отсутствие моментов второго порядка) возникает при оценке индекса устойчивости (α). Как показано в [6], эта проблема может быть успешно преодолена с помощью метода дробных моментов.

В данной работе предлагается применить этот метод (дробных моментов) непосредственно для оценки показателя Хёрста фрактального процесса Леви.

IV. Метод дробных моментов

Известно [7], что альфа-устойчивая случайная величина имеет статистические моменты порядка $-1<s<\alpha$. Для строго устойчивых симметричных (SαS) величин момент s-порядка является двусторонним преобразованием Меллина её плотности распределения. Искомый момент имеет вид [6]:

$$\left(\mathcal{M}g(x;\alpha,\lambda)\right)(s)=\gamma^{s}\,\frac{\Gamma(1-s/\alpha)}{\cos(\frac{\pi s}{2})\cdot\Gamma(1-s)}. \qquad (6)$$

Обозначив

$$\chi(s,\alpha)=\frac{\Gamma(1-s/\alpha)}{\cos(\pi s/2)\cdot\Gamma(1-s)}, \qquad (7)$$

получим:

$$M\{|X|^{s}\}=\gamma^{s}\cdot\chi(s,\alpha). \qquad (8)$$

Важно отметить, что функция (7) не зависит от параметра масштаба γ.

Рассмотрим последовательные одношаговые приращения FLM (с произвольным временным шагом τ):

$$U_t=X_t-X_{t-\tau},\qquad V_t=X_{t+\tau}-X_t, \qquad (9)$$

и соответствующие двухшаговые приращения:

$$W_t=X_{t+\tau}-X_{t-\tau}=U_t+V_t. \qquad (10)$$

Масштабы одношаговых приращений, очевидно, равны друг другу ($\gamma_u=\gamma_v$), а из (2) и (5) следует, что $\gamma_u=\tau^H$ и $\gamma_w=(2\tau)^H$. Тогда из (1), (9)-(10) получим:

$$M\{|W|^{s}\}=(2\tau)^{sH}\chi(s,\alpha)=2^{sH}M\{|U|^{s}\}=2^{sH}M\{|V|^{s}\}. \qquad (11)$$

Заменив в (12) теоретические значения моментов порядка s их выборочными значениями, и обозначив

$$\begin{aligned} w&=\log_2\left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|W_t|^{s}\right),\\ u&=\log_2\left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|U_t|^{s}\right),\\ v&=\log_2\left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|V_t|^{s}\right), \end{aligned} \qquad (12)$$

получим желаемую оценку показателя Хёрста:

$$H=\frac{1}{s}\left(w-\tfrac{1}{2}(u+v)\right). \qquad (13)$$

Как видно из (12)-(13), предлагаемый способ очень прост в реализации, что является его несомненным преимуществом.

V. Численный эксперимент

Для проверки работоспособности предлагаемого метода были сгенерированы $M=100$ реализаций FLM с заданными фиксированными значениями индекса устойчивости и показателя Хёрста. Длина выборки составляла $N=4096$ точек в каждой из реализаций. Результаты оценки показателя Хёрста традиционными методами (R/S и DFA, реализованными в [8]), основанными на гипотезе независимости приращений, представлены на рис.1. Можно видеть, что такие оценки далеки от состоятельности.

Затем был проверен предлагаемый метод (12)-(13), основанный на дробных моментах. Порядок используемых моментов варьировался от -0,5 до 2,0. Минимальные, максимальные и средние значения оценок показателя Хёрста приведены на рис.2 и рис.3.

Важно отметить, что значение индекса устойчивости (α), определяет границы сходимости предлагаемого метода относительно используемого дробного момента s: $-1/2 < s < \alpha/2$. Этот факт следует из (7) и подтверждается результатами моделирования (рис.2-3).

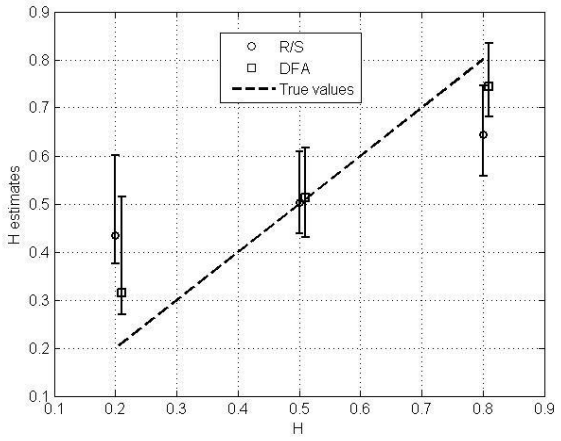


Рис. 1. Оценки показателя Хёрста, полученные методами R/S-анализа и DFA для $H = 0{,}2, 0{,}5, 0{,}8$, $\alpha = 1{,}5$.

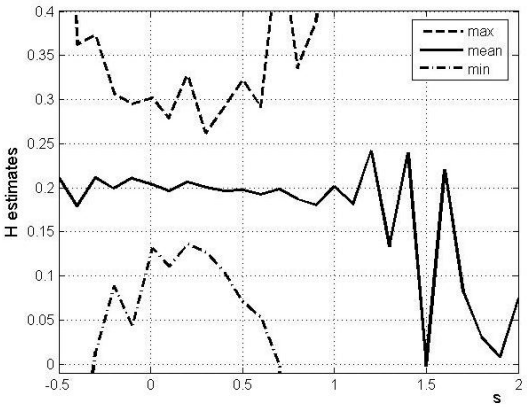


Рис. 2. Зависимость оценки показателя Хёрста от порядка дробных моментов при $H = 0{,}2$, $\alpha = 1{,}5$.

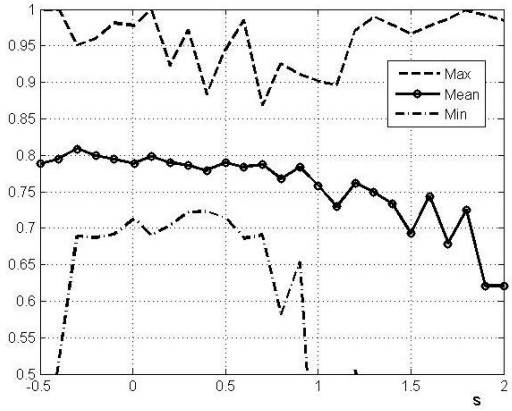


Рис. 3. Зависимость оценки показателя Хёрста от порядка дробных моментов при $H = 0{,}8$, $\alpha = 1{,}5$.

Значение индекса устойчивости обычно не известно априори, однако, учитывая, что в большинстве практических приложений FLM [1] $\alpha > 1$, то можно рекомендовать использовать моменты порядка $s = 1/2$.

Результаты численных экспериментов (рис.1-рис.3) подтверждают, работоспособность предлагаемого метода как для процессов с тяжёлыми хвостами ($\alpha \neq 2$), так и при наличии долгосрочной зависимости приращений ($H \neq 1/\alpha$), а также, что наиболее существенно, и в случае совместного влияния этих факторов.

VI. Выводы

Исследована модель фрактального движения Леви. Было показано, что традиционные методы оценки показателя Хёрста основаны на статистиках второго порядка, поэтому эти методы неприменимы к процессам с совместным воздействием тяжёлых хвостов и долгосрочной зависимостью.

Было предложено применить метод дробных моментов (ранее использовавшийся для оценки индекса устойчивости), для оценки показателя Хёрста.

Проведено численное моделирование, и полученные результаты полностью подтверждают применимость предложенного метода для поставленной задачи, т.е. для оценки показателя Хёрста процессов с тяжёлыми хвостами и долгосрочной зависимостью. При этом получаемые оценки намного точнее, чем при использовании традиционных методов.

Теоретическое обоснование этого факта, а также изучение статистических свойств предложенных оценок (состоятельность, несмещённость, эффективность) рассматриваются автором как перспективное направление дальнейших исследований.

Литература References

[1] N. Laskin, I. Lambadaris, F.C. Harmantzis, M. Devetsikiotis, "Fractional Lévy motion and its application to network traffic modeling", *Computer Networks*, Vol. 40(3) – 2002, pp. 363-375.

[2] S. Engelke, J.H.C. Woerner (2013). "A unifying approach to fractional Lévy processes". *Stochastics and Dynamics*, 13 – 2013. DOI: 10.1142/S021949371250017.

[3] L. Kirichenko, V. Shergin, "Analysis of the properties of ordinary Levy motion based on the estimation of stability index", *Int. J. "Information Content and Processing"*, Vol. 1, Number 2 – 2014, pp.170-181.

[4] J.W. Kantelhardt, "Fractal and Multifractal Time Series". – 2008: http://arxiv.org/abs/0804.0747

[5] S. Borak, A. Misiorek, R.Weron, "Models for heavy-tailed asset returns". SFB649DP2010-049, Sonderforschungsbereich 649, Humboldt University, Berlin, Germany, 40. – 2010.

[6] V.L. Shergin, "Estimation of the stability factor of alpha-stable laws using fractional moments method", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6 – 2013, pp.25-30.

[7] V.M. Zolotarev, "One-dimensional stable distributions". American Mathematical Society, 1986.

Методи Виявлення Радіолокаційних Позначок Різнорідних Рухомих Об'єктів

Ігор Шубін
Кафедра Програмної інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
igor.shubin@nure.ua

Станіслав Снісар
Кафедра Програмної інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
sn.stanislav4@gmail.com

Світлана Солонська
Кафедра природничих і гуманітарних дисциплін
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Харків, Україна
solonskaya@ukr.net

Владислав Славгородський
Кафедра Програмної інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
kearir12@gmail.com

Methods for Detecting Radar Markers of Heterogeneous Moving Objects

Igor Shubin
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
igor.shubin@nure.ua

Stanislav Snisar,
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
sn.stanislav4@gmail.com

Svitlana Solonska
Department of Natural sciences and humanities
Kharkiv National Automobile and Highway University
Kharkiv, Ukraine
solonskaya@ukr.net

Vlad Slavhorodskyi
Department of Software Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
kearir12@gmail.com

***Анотація* — Метою даної роботи є розробка методу формування образу трасового сліду радіолокаційних відміток для інформаційної системи виявлення відміток рухомих об'єктів на фоні віддзеркалень-завад з урахуванням можливостей впровадження системи предикатних функцій і рівнянь, що дозволяє формалізувати та відстежувати динаміку зміни картини протягом певної кількості оглядів радіолокаційної станції (РЛС). Передбачається сформувати певну узагальнену предикатну ознаку, що характеризує поведінку сигнальної позначки протягом кількох оглядів сканувальною антеною системи, як деякий образ, подібний образу, яким користується оператор при ототожненні сигнальних відміток. Цей образ, як правило, враховує розмір, форму, характер зміни розміру і форми картинного трасового сліду сигнальної позначки. Для виявлення і використання подібних ознак в інтелектуальній системі пропонується використовувати засоби математичного апарату алгебри скінченних предикатів.**

***Abstract* — The aim of this research is to develop a method of forming a trace image of radar markers for the information system for detecting the moving objects markings against the background of reflections-interferences, taking into account the possibilities of implementing a system of predicate functions and equations, which allows to formalize and track the dynamics of picture changes during a certain number of radar surveys. It is envisaged to form a certain generalized predicate trait that characterizes the behavior of the signal marerk over several surveys by the scanning antenna of the system, as some image similar to the image used by the operator when identifying the signal markers. This image usually takes into account the size, shape, nature of the resizing and the shape of the picture trail of the signal mark. In order to identify and use such**

masrkers in the intelligent system, it is proposed to use the mathematical apparatus of finite predicate algebra.

Ключові слова — діаграма спрямованості, дискретне віддзеркалення-завада, просторовий імпульс, ангел-відлуння, матриця амплітуд, радіус-вектор

Keywords — direction pattern, discrete reflection-interference, spatial pulse, angel-echo, signal amplitude matrix, radius-vector.

I. Вступ

У системах обробки радіолокаційних сигналів існують операції, засновані на аналізі сукупної інформації, що забезпечують зав'язок трас відміток літальних апаратів та їх супровід [1, 4, 5]. Ці алгоритми не використовують переваги експерта, пов'язані з можливістю паралельного сприйняття інформації як картини з подальшим прийняттям рішення з аналізу вторинних логічних ознак, що особливо ефективно при виділенні слабких сигналів малопомітних об'єктів.

II. Формування картини трасового сліду

Простір радіолокаційних відміток, сформований в динамічної пам'яті зі штучним післясвітінням при пропонованому способі обробки, має певний розподіл їх розташування і амплітуд $q_{ij}(r,\beta,t,T_o,\Delta)$. Цей розподіл залежить від координат r,β: відстані та азимута до об'єкта локації, часу t, періоду огляду РЛС T_0 і параметра Δ штучного післясвітіння (рис. 1.1). Такий розподіл оцінок (картина) повністю характеризує даний простір як джерело інформації.

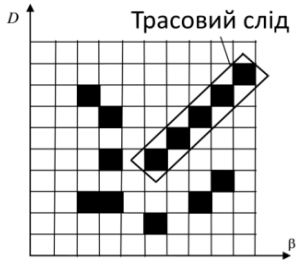


Рис. 1. Модель трасового сліду відміток рухомого об'єкту і фону завад

Зображення віддалених об'єктів на екрані індикатора РЛС або на його еквіваленті в матричній пам'яті формується в межах одного огляду РЛС у вигляді відміток, а в межах декількох оглядів, в залежності від швидкості переміщення об'єктів, на яких здійснюється локація, може сформуватися трасовий слід. Розмір позначки визначається імпульсним обсягом, тобто за дальністю – тривалістю імпульсу, а за азимутом – шириною діаграми спрямованості (ДС) антени. При цьому існують дві відмінні риси поведінки відміток в просторі та часі. Перша – істотні просторові переміщення для створення трасового сліду, властиві позначкам від рухомих об'єктів і меншою мірою від дискретних віддзеркалень-завад (ДВЗ) типу «ангел-відлуння». Друга – флуктуації амплітуди, більш властиві позначкам ДВЗ і меншою мірою – позначкам рухомих об'єктів [1, 2, 3].

Розмір позначки за рахунок променеподібного характеру ДС антени залежить від дальності до об'єкта. Тому введена модель «точкової» позначки з координатами, визначеними центром пачки імпульсів, та з амплітудою, яка визначається для сигналів слабкої інтенсивності сумарної за час накопичення пачки сигналів енергією, а для інших сигналів – середньої ефективної величиною енергії [1]. Тому скористаємося математичним представленням просторового імпульсу, що має нескінченно малу площу основи, стягує в точку нескінченно велику амплітуду. Така модель описується двовимірної дельта-функцією:

$$q_s(\vec{r}) = Q_s\delta(\vec{r}-\vec{r}_0), \quad \delta(\vec{r}) = \begin{cases} \infty & \text{при } \vec{r} = \vec{r}_0 \\ 0 & \text{при } \vec{r} \neq \vec{r}_0 \end{cases}, \qquad (1)$$

де Q_s – амплітуда позначки, інтегральна за площею; $\vec{r}$ – поточне значення радіус-вектора; $\vec{r}_0$ – радіус-вектор центру позначки.

Як було зазначено, простір радіолокаційних відміток будемо формувати в динамічній пам'яті зі штучним післясвітінням з можливістю створення трасового сліду з відміток рухомого об'єкту.

Вважаємо, що формується в пам'яті масив даних, котрий являє собою прямокутну матрицю амплітуд радіолокаційного сигналу $\|A\|$ розміром $M \times N$. Кожен елемент матриці a_{ij} жорстко пов'язаний з відповідною ділянко зони локації відповідно, де i, j – номери дискрет матриці за дальністю (D) і азимутом (β).

Режим штучного післясвітіння в масиві амплітуд $\|A_{ij}\|$ здійснюється зменшенням величини амплітуди q_{ij}^{k-1} попереднього (k-1)-го огляду на певну величину Δ в разі відсутності сигналу в поточному k-тому огляді.

$$q_{ij}^k = q_{ij}^{k-1} - \Delta, \ \text{при} \ q_{ij}^k = 0 \cap \ q_{ij}^{k-1} > 0. \qquad (2)$$

Для таких умов модель трасового сліду відміток рухомого об'єкту буде визначатися як сукупність відміток уздовж радіуса-вектора з дискретністю, яка визначається швидкістю об'єкта V_o і часом огляду РЛС T_s (рис. 1.1).

$$q_s(r,\ \phi) = \begin{cases} \sum_{k=1}^{k}[Q_s(t-(k-1)\cdot T_s)-(k-1)\cdot\Delta]\cdot \\ \cdot\delta[(r-V_o\cdot T_s\cdot k)(\phi-\phi_o)] \\ при\ \phi=\phi_o \\ 0 \quad при \quad \phi\neq\phi_o. \end{cases} \qquad (3)$$

де k – кількість оглядів, що відповідають кількості відміток в трасовому сліді; ϕ, ϕ_o – фазовий поточний кут, визначається вектором швидкості рухомого об'єкту.

Виділення відміток рухомих об'єктів на тлі ДВЗ передбачає виконання операцій накопичення, як енергії корисного сигналу, так і інформації про його трасовий

слід у вигляді предикатних ознак і функцій, сформованих за кілька оглядів РЛС. Для виконання цих операцій виділяється рухлива підматриця ||B|| розміром $k \times l$, де k і l набагато менше m і n. Центр підматриці або ковзного вікна збігається з поточними координатами локації. Розмір ковзного вікна вибирається, виходячи з необхідного для аналізу кількості відміток, що згасають в трасовому сліді. Ефективність виділення відміток цілей на тлі ДВЗ визначається відношенням сигнал / перешкода, яке визначається як [7]:

$$g = \frac{[Q_s(t-(k-1)\cdot T_s)-(k-1)\cdot\Delta]^2}{Q_{nr}^2}, \qquad (4)$$

де Q_{nr}^2 - дисперсія оцінок віддзеркалень-завад «ангел-відлуння».

Аналіз показує, що відношення сигнал / перешкода g може досягати скільки завгодно великих значень при зменшенні параметра загасання Δ. Однак при цьому підвищується ймовірність помилкової тривоги за рахунок відміток ДВЗ, що довго згасають і з'явилися в попередніх оглядах РЛС. За попередніми оцінками накопиченої енергії сигналу та інформації про формування трасового сліду за кілька оглядів РЛС можна зробити висновок, що при розмірах ковзного вікна порядку 9х9 ефективність виділення відміток повітряних об'єктів при середніх швидкостях їх руху на тлі ДВЗ найкраща.

III. Сфери практичного застосування методу поза радіолокацією

Однією зі сфер, що найбільш динамічно розвиваються є багатоканальні інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) в різних сферах народного господарства, в тому числі на транспорті та телемедицині. У ІКТ активно використовуються всі останні досягнення в області передачі, прийому та обробки сигнальної інформації.

Багатоканальна інформаційна система – це система збору, передачі та обробки сигналів про об'єкти: у транспорті – це місце розташування і швидкість; у телемедицині – масиви даних про сигнали, знятих у пацієнта в процесі проведення обстеження або моніторингу функціональної активності організму. При створенні таких систем важливим є оптимальна за витратами передача великих масивів даних про сигнали, отриманих в процесі проведення моніторингу функціональної активності системи. Як показали порівняльні дослідження, істотного зменшення необхідного обсягу переданих даних про сигнали можна домогтися, використовуючи виділення семантичних складових на етапі попередньої обробки інформації за допомогою формування і аналізу поведінки (стану) картини сигнальної обстановки [6]. Причому вимірювальна система, що забезпечує даними інформаційну систему того чи іншого виду діяльності транспорту або діагностики стану здоров'я людини, як правило, є багатоканальною.

Так, для оцінки процесу діяльності транспортної системи та діагностики її стану необхідно синхронно отримувати та аналізувати набір сигналів *M*, що приймаються вимірювальними каналами. Наприклад, в диспетчерському пункті наземного транспорту обласного масштабу для моніторингу функціонального стану транспорту проводиться одночасний прийом сигналів від 8 до 200 датчиків транспортних одиниць.

IV. Висновки

Для вдосконалення процедури автоматичної обробки сигнальної інформації доцільно використовувати технології інтелектуальних систем, які наближають процедури сприйняття та аналізу картин сигналів і сигнальних образів до логіки експерта.

Застосування алгебри предикатів при формуванні та описі спектральних зображень дає можливість визначати семантичні складові поведінкової картини, і на їх основі автоматизувати процес аналізу картин для класифікації повітряних об'єктів в реальному масштабі часу.

Запропонований метод формування та аналізу картинних образів радіолокаційної інформації в оглядових РЛС для інтелектуальних систем виявлення повітряних об'єктів говорять про доцільність застосування класифікації всієї сукупності зображень картин відміток на корисні і некорисні. Такий підхід дозволяє створювати універсальні алгоритми автоматизації операцій багатооглядової обробки інформації та підвищувати ефективність виявлення слабких корисних сигналів за рахунок накопичення сигнальної (енергетичної) і логічної (інтелектуальної) інформації.

Література References

[1] В. В. Жирнов, С. В. Солонская, И. И. Зима, “Применение вейвлет-преобразования для формирования радиолокационных виртуальных изображений,” Радиотехника: ХНУРЭ, Харьков, 2013, № 175, С. 142-146.

[2] С. К. Липатов, В. И. Камраз, и др., “Об исследовании отражений от ясного неба радиолокатором со сверхвысоким разрешением,” Вопросы спец. радиоэлектроники. Сер. РЛТ., вып.1, 1986.

[3] “Справочник по радиолокации в 2 кн. под ред. М. И. Сколника,” М.: Техносфера, 2014, 672 с.

[4] G. N. Saddik, R. S. Singh, and E. R. Brown, “Ultra-wideband, multifunctional communications. Radar system,” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 55, pp. 1431-1437, July 2007.

[5] S. Watts, C.J. Baker, K.D. Ward, “Maritime surveillance radar. Part 2. Detection performance prediction in sea clutter,” IEE Proc. Radar & Signal Process, vol. 137, № 2, pp. 63-72, 1990.

[6] V. V. Zhirnov, S. V. Solonska, “Data transformation in information systems of mobile objects management,” Pultusk, near Warsaw, Poland, Conference Proceedings ATVN-EU-GP, pp. 102-105, 2005.

[7] V.V. Zhirnov, S.V. Solonska, “Intellectual multisurvey processing of radar information,” Proceedings 6th International Conference on antenna theory and techniques (ICATT-07), pp. 371-374, 2007.

Особливості Аналізу Споживання Природного Газу з Використанням Самоподібних Структур

Юрій Пономарьов
заступник директора з наукової роботи
Інститут транспорту газу
АТ "Укртрансгаз"
Харків, Україна
ponomarev-yv@utg.ua

Володимир Кобзєв
кафедра Прикладної математики
Харківський національний університет радіоелектроніки
Харків, Україна
volodymyr.kobziev@nure.ua

Віктор Луценко, Сергій Бондарев
відділ метрологічного та програмно-технічного забезпечення експлуатації газовимірювальних систем
Інститут транспорту газу АТ "Укртрансгаз"
Харків, Україна
lutcenko-va@utg.ua, bondarev-sa@utg.ua

Peculiarities of Analysis of Natural Gas Consumption Using Self-Similar Structures

Yurii Ponomarev
Deputy Director
for Scientific Work
Institute of Gas Transportation
JSC "Ukrtransgaz"
Kharkiv, Ukraine
ponomarev-yv@utg.ua

Volodymyr Kobziev
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.kobziev@nure.ua

Victor Lutsenko, Serhii Bondarev
Department of metrological and programmatic maintenance of operation of gas measuring systems
Institute of Gas Transportation JSC "Ukrtransgaz"
Kharkiv, Ukraine
lutcenko-va@utg.ua, bondarev-sa@utg.ua

***Анотація*—Розглядається особливості аналізу часових рядів споживання природного газу в умовах наявності в них самоподібних структур.**

***Abstract*—The peculiarities of analysis and forecasting of time series of natural gas consumption under conditions of presence of self-similar structures are considered.**

Ключові слова—природний газ, споживання, прогноз, самоподібні структури.

Keywords—natural gas, consumption, forecast, self-similar structures.

I. Вступ

Газотранспортна система України має декілька входів та виходів з різними характеристиками продуктивності, об'єднує тисячі кілометрів магістральних газогонів та величезну кількість (близько 2000) газорозподільчих станцій (ГРС). Найчастіше ГРС розташовуються в місцях розподілу гілок магістральних газогонів або приєднання до них потужних споживачів (груп споживачів).

Однією з головних задач АТ «Укртрансгаз» є забезпечення надійного оперативного обліку витрат природного газу як на входах і виходах системи, так і в усіх внутрішніх точках його розподілу. Для цього ГРС обладнані вузлами обліку газу, які на основі періодичного опитування первинних вимірювачів температури, тиску та ряду інших параметрів газу, обчислюють об'єми газу (непряме вимірювання) [1], зберігають отримані дані у своїй довготривалій пам'яті та згідно регламенту корпоративної комп'ютерної мережі АТ «Укртрансгаз» передають їх до структурних підрозділів, де вона архівуються та може використовуватися для різного роду досліджень [2].

На цей час забезпечення надійного оперативного обліку витрат природного газу досягається опитуванням первинних вимірювачів його параметрів кожні 15 хвилин. Накопичені внаслідок цього дані вимірювань дають можливість проведення різноманітного аналізу характеру змін параметрів газу у часі, що минув, та прогнозування їх змін у майбутньому.

II. Основний матеріал

Залежності зафіксованих з встановленим періодом значень параметрів газу, найчастіше його об'єму, від часу утворюють часові ряди зі своїми закономірностями. Такі часові ряди можна розглядати, як реалізації деяких випадкових процесів, у тому числі з довгостроковими внутрішніми залежностями.

Необхідно обрати математичний опис змін обсягів споживаного природного газу у часі, у якому буде враховано їх нестандартний характер, у тому числі наявність внутрішніх довгострокових залежностей.

Розглянемо дискретну випадкову послідовність відліків обсягів споживання газу:

$$X = \{x_i, i = 1,2,...\},$$

де x_i - випадкові величини із заданим законом розподілу. Будемо вважати, що усі розглядувані випадкові процеси мають обмежену коваріацію $B(x_i, x_{i+\tau}) < \infty$ для будь якого τ, та (як наслідок) обмежену дисперсію $\sigma^2_{x_i} = B(x_i, x_i) < \infty$.

Випадковий процес зміни обсягів споживання газу буде володіти властивістю самоподібності, якщо агрегований процес *m*-го порядку

$$X^{(m)} = [x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, ..., x_n^{(m)}] = \{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_{(k-1)m+i}, k = 1,23,...\} \quad (1)$$

буде мати кореляційну функцію $r^{(m)}(k)$, яка співпадає з кореляційною функцією $r(k)$ вихідного випадкового процесу для будь яких значень *m*. При виконанні даної умови можна стверджувати, що дисперсія агрегованого процесу $X^{(m)}$ спадає згідно виразу

$$D(X^{(m)}) \approx m^{-\beta}, \quad 0 < \beta < 1, \quad m \to \infty, \quad (2)$$

тобто дисперсія агрегованих процесів – середніх вибірок – зменшується повільніше, ніж величина, обернена розміру вибірки.

Як результат цього, у самоподібних процесах має місце явище довгострокової залежності, яке приводить до розбіжності кореляційної функції процесу:

$$\sum_k r(k) \to \infty, \quad r(k) \approx k^{-\beta}. \quad (3)$$

Енергетичний спектр самоподібних процесів має вигляд

$$f(\omega) = \sum_k r(k) \cdot e^{-j\omega k} \approx c \cdot \omega^{-(1-\beta)}, \quad \omega \to 0. \quad (4)$$

Співвідношення (1)-(4) визначають суть самоподібного процесу, кореляційні властивості такого процесу, усередненого на різних часових інтервалах, залишаються незмінними.

Ступінь самоподібності випадкового процесу характеризує параметр Херста *H*. Існує декілька підходів до його оцінювання. Для вибіркового випадкового набору $X_j \quad (j = 1,..., N)$ можна визначити вибіркове середнє *M*, вибіркову дисперсію S^2_N та інтегральне відхилення

$$D_j = \sum_{k=1}^{j} X_k - j \cdot M.$$

Мінливість випадкового процесу на інтервалі *N* визначають як неспадаючу функцію довжини інтервалу

$$R_N = \max D_j - \min D_j, \quad 1 < j < N.$$

Херст показав [3], що для більшості природніх процесів при великих значеннях *N* виконується співвідношення:

$$\frac{R}{S} \approx \left(\frac{N}{2}\right)^H \quad \text{або інакше} \quad \log\left(\frac{R}{S}\right) \approx H \cdot \log\left(\frac{N}{2}\right).$$

Величина *H* (параметр Херста) лежить в інтервалі 0,5 < *H* < 1,0. Для процесів, які не мають властивості самоподібності, *H* = 0,5. Для самоподібних процесів з довгостроковою залежністю цей параметр змінюється в межах 0,7-0,9.

Параметр β у формулах (1) - (3) задає асимптотичні властивості характеристик самоподібних випадкових процесів та може бути визначений через параметр Херста:

$$\beta = 2 - 2H.$$

Серед законів розподілу ймовірностей, що описують процеси з властивістю самоподібності, привертає увагу розподіл Вейбула, щільність якого має вигляд:

$$w(x) = \alpha\beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^{\beta}}, \quad (5)$$

Її форма залежить від значень параметрів α та β і може суттєво змінюватися.

Існує декілька способів оцінювання параметрів цього розподілу. У роботі [4] встановлено, що розміри відносних похибок параметрів розподілу Вейбула є найменшими серед чотирьох розглянутих негаусових розподілів.

Підтвердження адекватності моделі змін обсягів споживаного природного газу у часі з урахуванням властивості самоподібності на основі обробки великого обсягу наявних даних дасть можливість використовувати таку модель для прогнозування обсягів споживання на заданий період часу у майбутньому.

III. Висновки

1. Розглянуті особливості часових рядів споживання природного газу, які вказують на потенційну властивість їх самоподібності та три характерні особливості самоподібних процесів.

2. Запропоновано використання моделі змін обсягів споживаного природного газу у часі з урахуванням властивості самоподібності для аналізу сукупностей наявних даних та прогнозування їх поведінки у майбутньому.

Література References

[1] Кобзев В.Г., Пономарев Ю.В., Бондарев С.А., Эксаров Э.В. Программно-технический комплекс определения количества природного газа при нестационарном потоке / 17 Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика – 2010». 2010. – с. 149-150.

[2] Луценко В., Бондарев С., Пономарьов Ю. Особливості архітектури централізованого інформаційного сервісу для обліку природного газу в газотранспортній системі / Інформаційні системи та технології // 7-ма Міжнародна науково-технічна конференція, Коблеве - Харків, 10-15 вересня 2018 року / наук. ред.А.Д. Тевяшев, Л.Б. Петришин, В.Г. Кобзєв. – Х.: ХНУРЕ, 2018. – с. 39-41.

[3] H.E. Hurst. Long-term storage capacity of reservoirs // Transactions of American Society of Civil Engineers. — 1951. — Т. 116. — С. 770.

[4] А.Н. Титов, И.К. Нуриев, Р.Ф. Тазиева. Оценка параметров вероятностной модели по экспериментальным данным / Вестник Казанского технологического университета, 2013, № 21. - с. 324-330.

Методы и Технологии Повышения Эффективности Информационных Cloud Систем с Big Data Сегментами

Владимир Саенко
кафедра информационных управляющих систем
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
vladimir.sayenko@nure.ua

Александр Шилин
кафедра информационных управляющих систем
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Харьков, Украина
oleksandr.shylin1@nure.ua

Methods and Technologies for Increasing the Efficiency of Information Cloud Systems with Big Data Segments

Vladimir Sayenko
Information Control System department
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
vladimir.sayenko@nure.ua

Alexandr Shilin
Information Control System department
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
oleksandr.shylin1@nure.ua

***Аннотация*—Для крупных информационных систем типа «Электронный супермаркет» объем генерируемых данных растет очень быстро. Для обработки таких данных наиболее применимым является подход, основанный на разделении данных и обработке их кусками. Примером такой концепции является Map-Reduce и Apache Hadoop. Примером облачной реализаций являются Big Query Engine от Google, как часть Google Cloud Platform (GCP). Главное преимущество заключается в исключительном ускорении вычислений и простом синтаксисе SQL. Если система содержит и технологию Hadoop, и Cloud, возникают сложности в ее эффективном использовании. В этом исследовании предлагается вариант обхода этих ограничений. Для реализации был разработан новый метод обработки данных, который привел к необходимости изменения инфраструктуры системы и технологии обработки потоков данных.**

***Abstract*—For large information systems such as Electronic Supermarket, the volume of generated data is growing very rapidly. For processing such data, the most applicable approach is based on the separation of data and processing it by pieces. An example of that concept is Map-Reduce and Apache Hadoop. This concept is implemented in the Google Cloud Platform (GCP) as Google Big Query Engine. The main advantage is the exceptional computing speed and simple SQL syntax. The SQL syntax is understood by both developers and business analysts. If the system contains both Hadoop and Cloud technologies, the usage difficulties is arise. This study proposes a workaround for these restrictions. In the paper a new data processing method was developed. The system infrastructure and technology for processing data flows were changed too.**

***Ключевые слова*—BigData, Apache Hadoop, Apache Spark, Cloud, Big Query, Google Cloud Platform, ETL, extract-transform-load, кодирование, токенизация.**

***Keywords*—BigData, Apache Hadoop, Apache Spark, Cloud, Big Query, Google Cloud Platform, ETL, extract-transform-load, encryption, tokenization.**

I. Введение

Новая парадигма разработки и сопровождения информационных систем – использование виртуальных ресурсов и облачных пространств. Системы становятся все больше и больше, это означает, что число пользователей системы может достигать нескольких миллионов. Число запросов ежесекундно также может быть несколько миллионов. Данные генерируются очень большими объёмами. Возникают потребности в огромных ресурсах и высокопроизводительных серверах. Старые

подходы для обработки данных становятся неэффективными. Появляются совершенно новые технологии работы с данными, позволяющие производить распределённые вычисления. Например, к таким подходам относится Map-Reduce framework. Его открытая реализация Apache Hadoop [1] – это огромный инфраструктурный компонент, который устанавливается на целый кластер серверов и позволяет автоматизировать распределённые вычисления. Благодаря использованию облачных технологий мы можем гибко настраивать конфигурацию кластера, добавлять новые или удалять излишние элементы кластера вручную, а также избежать затрат на покупку и поддержку физического кластера серверов. В последнее время стали популярны коммерческие реализации Map-Reduce фреймворка. Одной из таких является Google Big Query [2, 4], являющийся компонентом экосистемы Google Cloud Platform. Данный инструмент имеет ряд преимуществ над стандартной реализаций, главным из которых является линейный рост времени исчисления с ростом количества данных. К сожалению, он также не лишён недостатков, главным из которых является отсутствие некоторых привычных инструментов для шифрования и токенизации данных, что не позволяет полностью отказаться от Hadoop кластера и вынуждает использовать комбинированный подход.

II. Общее описание существующей структуры

A. *Описание существующей системы*

Рассматриваем систему – интернет-магазин. Интернет-магазин генерирует большое количество данных, которые шифруются/дешифруются на Hadoop кластере и вычисляются с помощью Big Query.

В существующей системе выделяем три направления: формирование инфраструктуры системы, формирование потоков данных, шифрование данных.

Существующая инфраструктура (рис. 1) использует классическую Bigdata архитектуру, в которой мы имеем Apache Hadoop Cluster в Google Cloud Platform, Apache Azkaban в качестве job scheduler, а также Apache Spark для написания основных ETL модулей.

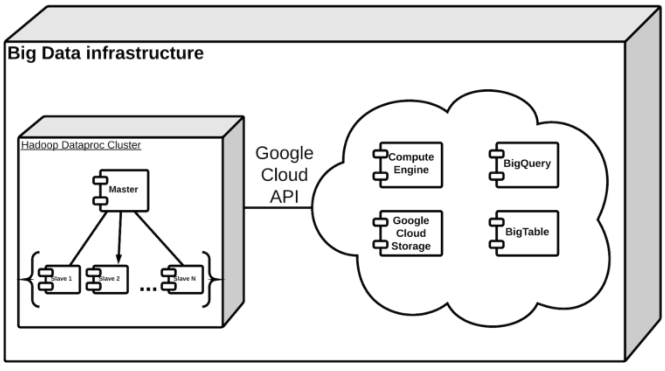


Рис. 1. Существующая архитектура системы

Специфика некоторых программ такова, что исходные данные приходят из разных источников и в разном виде. Другая часть имеет повышенные требования по безопасности, таким образом, некоторые данные приходят в шифрованном виде, некоторые имеют зашифрованными отдельные колонки таблиц, некоторые же наоборот, должны быть зашифрованы перед передачей. Для шифрования/дешифрования файлов используются открытые реализации OpenPGP. Для шифрования/дешифрования колонок используется платное программное обеспечение от компании Protegrity [5]. Плюсы: огромный пул инструментов для разработчиков, большое количество документации и примеров кода, относительная дешевизна, если считать только траты на съём виртуальных машин в облаке, возможность конфигурировать кластер необходимым образом под свои желания. Минусы: требует большого количества ресурсов для поддержания кластера в рабочем состоянии, кластер не является динамически расширяемым, скорость выполнения программ зависит от его загруженности.

B. *Описание задачии исследования*

Суть проблемы состоит в том, что BigQuery не имеет полностью аналогичных инструментов для данных операций, поэтому приходится поддерживать часть старого кластера, что в свою очередь отнимает ресурсы.

Основная задача – избавиться от Hadoop Cluster, что должно значительно уменьшить расходы на поддержание всей инфраструктуры. Для этого предлагается использование готовых или создание аналогичных инструментов для Google BigQuery для переноса операций шифрования и дешифрования на Google Cloud Platform.

III. Возможные пути повышения эффективности системы

A. *Пути повышения эфекктивности системы*

Так как проблема повышенных расходов на поддержание комбинации новой и старой архитектур является комплексной, решение также должно быть комплексным. Предложена новая архитектура системы, основная цель изменения – повышение эффективности системы. Предложен метод обработки данных и соответствующая технология.

B. *Описание новой архитектуры*

Предложение по улучшению системы сводилось к изменению технологий обработки данных, использованию новых модулей и инструментария. В результате разработки изменилась архитектура, все задачи были перенесены в облачную среду.

Переход на новую архитектуру в которой используется Google BigQuery Engine для обсчёта данных, SQL для написания ETL модулей, а также Apache Airflow в качестве job scheduler. Плюсы: минимальные расходы на поддержание инфраструктуры, очень высокая скорость

вычисления – при увеличении объёма данных время исчисления повышается линейно. Минусы: плата снимается за каждый байт данных, присутствуют не все инструменты из необходимых.

C. Описание метода обработки данных

Функциональные изменения потребовали формального решения задач. Для этого был разработан соответствующий метод.

На вход системы приходит зашифрованный или незашифрованный файл, опционально содержащий ряд зашифрованных или расшифрованных колонок, в зависимости от поставленной задачи. После выполнения операций дешифрования или шифрования на выходе мы получаем расшифрованный или зашифрованный файл, опционально содержащий ряд расшифрованных или зашифрованных колонок.

Для осуществления операций шифрования и дешифрования система должна содержать открытый и закрытый ключи соответственно. Для шифрования или дешифрования отдельных колонок, нам также необходимо знать соответствующие токены шифрования. Весь инструментарий для данных операций обеспечивается сугубо средствами Google Cloud Platform, без вмешательства сторонних сервисов или компонентов.

D. Описание технологии

Итак, особенность существующей инфраструктуры – наличие двух технологий обработки данных при разных схемах реализации процедур шифрования\дешифрования.

Неотъемлемыми компонентами обоих технологических подходов является Google Cloud Platform в качестве облачного сервиса, а также его составляющие BigQuery и Google Storage. Первый используется для выборки, вычисления данных, их трансформации и хранения в табличном виде, подобном реляционным базам данных, поддерживает несколько SQL диалектов, а также пользовательские функции, так называемые UDF (user-defined functions). Второй – хранилище файлов в зашифрованном или сыром (необработанном) виде.

Старая технология использует OpenPGP в качестве инструмента для шифрования и дешифрования. Новая технология в качестве основного инструмента предполагает использование готовых инструментов асимметричного потокового OpenSSL шифрования для шифрования и дешифрования файлов на Google Cloud Platform [3, 6]. При переходе с OpenPGP могут возникнуть проблемы с совместимостью PGP и SSL ключей. Данная проблема является достаточно критичной, так как часть ключей генерируется сторонним вендором. Путей решения этой проблемы несколько – инженерный и бизнес путь. Первый способ заключается в создании утилиты, способной переводить PGP ключ в SSL формат. Это является осуществимым, так как в основе обоих технологий лежит RSA шифрование. Второй способ – согласование использования другой технологии шифрования между донором и реципиентом данных. Успешность и доступность этого способа зависит от окупаемости и мотивированности с точки зрения компании.

Для шифрования и дешифрования отдельных колонок таблиц используется Protegrity Tokenize в связке со Spark Dataframe. Данный компонент написан на Java и достаточно просто поддаётся реверс-инженирингу. Предлагаемое решение – воссоздание аналогичного функционала функций токенизации и детокенизации с помощью Big Query non-temporary UDF (user defined function). Данный инструмент поддерживает языки SQL и JavaScript, имеет готовые реализации симметричного шифрования или его частей (например сети Фейстеля).

Старая технология использует Apache Spark для манипуляции инструментами OpenPGP и Protegrity Big Data Protector, что требует наличия Hadoop кластера для запуска данных программ. Новая технология позволяет полностью отказаться от Apache Spark и наличия Apache Hadoop Cluster. Использование нового инструмента для шифрования/дешифрования файлов – OpenSSL stream encryptor – выполняется с помощью GCP API. Реализации доступны для языков Java, Scala, Groovy, Python, Go и Bash. Также, для новой технологии предполагается выполнение операций шифрования/дешифрования отдельных колонок прямо внутри SQL кода ETL модулей путём вызова самописной user-defined function, и выполнения средствами BigQuery Engine.

IV. Заключение

В данной работе рассмотрен проект по переносу части функциональных задач со старой архитектуры на новую. Предложенное решение позволяет уменьшить расходы компании путём оптимизации Big Data инфраструктуры, а также увеличить скорость выдачи данных конечному пользователю за счёт уменьшения промежуточных звеньев операций.

Литература References

[1] T. White, “Hadoop: The definitive guide”, 4th ed. Sebastopol, ORLY, 2015, ch. 2, pp. 19-43

[2] Standart SQL User-Defined Functions | BigQuery | Google Cloud [Online]. Available: https://cloud.google.com/bigquery/docs/reference/standard-sql/user-defined-functions

[3] Asymmetric encryption | Cloud KMS | Google Cloud [Online]. Available: https://cloud.google.com/kms/docs/asymmetric-encryption

[4] M. Zaharia, B. Chambers, “Spark: The definitive guide: Big Data Processing Made Simple”, 1st ed. Sebastopol, ORLY, 2018, ch. 2, pp. 13-31

[5] Big Data Protector | Protegrity [Online]. Available: https://www.protegrity.com/products/protegrity-protectors/big-data-protector/

[6] G. Simmons, “Symmetric and Asymmetric Encryption”, Computing Surveys, Vol.11, No.4, Dec 1979. - pp. 11-26,

Дослідження Методів Аналізу Особливостей Папілярних Візерунків

Назарій Кононенко
кафедра Прикладної математики
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
nazarii.kononenko@nure.ua

Володимир Кобзєв
кафедра Прикладної математики
Харківський національний університет
радіоелектроніки
Харків, Україна
volodymyr.kobziev@nure.ua

Investigation of Methods of Papillary Patterns Features Analysis

Nazarii Kononenko
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
nazarii.kononenko@nure.ua

Volodymyr Kobziev
Department of Applied Mathematics
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
volodymyr.kobziev@nure.ua

***Анотація*—Розглядаються методи аналізу особливостей папілярного візерунку на пальцях людини та пов'язані з ними психофізичні характеристики.**

***Abstract*—The methods of analysis of the features of the papillary pattern on the fingers of the person and the related psychophysical characteristics are considered.**

Ключові слова—папілярні візерунки, методи аналізу, фільтри.

Keywords—papillary patterns, methods of analysis, filters.

I. Вступ

Відомо [1], що шкірні покрови формуються в період формування центральної нервової системи. Тому дерматогліфічні ознаки можна розглядати як оригінальні маркери її морфологічної організації.

Патерни відбитків пальців мають кілька загальних функцій. Вони містять папілярні лінії, які мають однаковий анатомічний характер та відмінні властивості, такі як зовнішні порізи і деталі структури.

У папілярних візерунках рук (пальців і долонь) зберігається інформація, яка дозволяє встановити психофізичний стан окремої людини. Ця можливість обумовлена індивідуальністю будови шкіри на пальцях і долонях рук кожної людини [2].

На думку ряду дослідників, характер людини, який визначається за папілярними візерунками, доцільно виражати через відомі характеристики людини, які використовуються на сучасному етапі в аналітичній психології. До таких основних психофізіологічних характеристик відносяться відкритість людини (рівень екстра/інтроверсії) і рівні розвитку емоційності та логіки. Згідно з останніми науковими даними, вивчення можливостей проявів довільних рис характеру і емоційних параметрів людини, одержуваних при аналізі папілярних малюнків пальців, є достатньо актуальним .

II. Основний матеріал

Аналіз папілярних візерунків повинен враховувати їх схожість у периферійних зонах та суттєві відмінності у центральній зоні. До таких відмінностей належать тип візерунка, відстань між сусідніми папілярними лініями, товщина папілярних ліній, кількість та розташування особливих точок.

Для їх виявлення застосовують комбінацію декількох методів обробки цифрових зображень, серед яких методи виділення границь, методи скелетизації та виділення особливих точок.

Фільтр Габора – лінійний фільтр, імпульсна перехідна характеристика якого представляється у вигляді добутку функції Гауса на гармонійну функцію:

$$g(x,y) = Gauss(x',y')\cos\left(\frac{2\pi x'}{\lambda} + \varphi\right),$$

$$Gauss(x',y') = e^{-\left(\frac{x'^2}{2\pi\sigma_x^2} + \frac{\gamma^2 y'^2}{2\pi\sigma_y^2}\right)},$$

$$x' = x\cos\theta + y\sin\theta,$$

$$y' = -x\sin\theta + y\cos\theta,$$

де λ – довжина хвилі; φ – фаза; θ – орієнтація маски фільтра над зображенням; γ – коефіцієнт стиснення.

Зміна орієнтації θ дає можливість змінювати напрямок виявлення границі. В обробці зображень фільтр Габора зазвичай використовується для виділення границь, виявлення контуру об'єкта, вилучення ознак текстури, виділення області образу відбитка пальця, вилучення локального спрямування та інших цілей [3].

Оператор Собеля базується на згортці зображення невеликими сепарабельними цілочисельними фільтрами в вертикальному та горизонтальному напрямках.. Це дискретний диференціальний оператор, що обчислює наближене значення градієнта чи норми градієнта для яскравості зображення.

Оператор використовує ядра 3×3, з якими згортає зображення для обчислення наближених значень часткових похідних по горизонталі та по вертикалі. Якщо A вихідне зображення, а G_x та G_y — два зображення, де кожна точка містить часткові похідні по x та по y відповідно. Вони обчислюються як двовимірна згортка:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A, \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A$$

Координата x зростає направо, а y – униз. Для кожної точки зображення наближене значення градієнта обчислюється через наближенні значення часткових похідних:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

Найбільш відомим методом по виділенню границь на зображенні є алгоритм Кенні. Він був розроблений з урахуванням трьох критеріїв [4]:

– гарне виявлення за рахунок підвищення відносини сигнал/шум;

– хороша локалізація (правильне визначення положення границі);

– єдиний відгук на одну границю.

За цими критеріями побудована цільова функція вартості помилок, шляхом мінімізації якої знаходиться «оптимальний» лінійний оператор для згортки із зображенням.

Алгоритм Кенні складається з наступних п'яти етапів:

Етап 1. Згладжування. Розмиття зображення для видалення шуму з допомогою фільтра Гауса.

Етап 2. Пошук градієнтів. Межі відзначаються там, де градієнт зображення набуває максимальне значення. Вони можуть мати різне спрямування, використовується чотири фільтра для виявлення горизонтальних, вертикальних і діагональних ребер в розмите зображення. Кут напрямку вектору градієнта округляється і може приймати такі значення: 0, 45, 90, 135.

Етап 3. Вибір локальних максимумів. Тільки вони визначаються як границі.

Етап 4. Подвійна порогова фільтрація. Потенційні межі визначаються порогами.

Етап 5. Трасування області неоднозначності. Межі визначаються шляхом придушення всіх країв, незв'язаних з певними (сильними) межами. Попередньо зображення перетворюють у відтінки сірого, щоб зменшити обчислювальні витрати.

Якщо на всьому фрагменті немає жодної точки зі значенням, більшим верхнього порогу, то він видаляється. Такий гістерезис дозволяє зменшити число розривів в вихідних межах. Включення шумозаглушення в алгоритм Кенні з одного боку – підвищує стійкість результатів, а з іншого – збільшує обчислювальні витрати.

Обробка зображення відбитків пальців вказаними методами може проводитися паралельно. Комбінація виявлених особливостей папілярних візерунків декількох пальців лежить у основі класифікації психофізичного стану людини.

III. Висновки

За рахунок зростання програмно-технічних можливостей стає доступним різнобічний аналіз папілярних візерунків, що швидко знайшло своє застосування в криміналістиці. Високий рівень аналізу дактилоскопічних даних дозволяє не тільки ідентифікувати володаря відбитків пальців, а й дати його психологічний портрет.

Література References

[1] Папілярні візерунки: Ідентифікація та визначення характеристик особистості (Дактилоскопія і дерматогліфіка). / За ред. Л.Г. Еджубова і М.М. Богданова. - М.: АК, 2002. - 316 с.

[2] Bykh A., Visotska E., Kobzev V., Analysis of Dermatoglyphic Signs for Definition Psychic Function-al State of Human's Organism / Information Scienceand Computing, Book 7. Artificial Intelligence and Decision Making, 2008., P. 49−52.

[3] Гудков В.Ю. Автоматичне детектування загальних ознак дактилоскопічних зображень. Інформаційно-аналітичні аспекти в задачах управління: праці ІСА РАН / За ред. В.Л. Арлазарова і Н.Є. Ємельянова. - М.: Видавництво ЛКИ, 2010. - с. 338-355.

[4] Еджубов Л.Г., Карпухіна Е.С., Мяснянкіна В.Н. та ін. Банк даних детального опису папілярних візерунків // Зб. науч. ст. під ред. Л.Г. Еджубова. М .: ВЦ МВС РФ, 2002. С. 304.

Точность Прогнозирования Методом k-ближайших Соседей

Абдурахмон Кадыров
Государственное образовательное учреждение
«Худжандский Государственный университет имени академика Бободжона Гафурова»
Худжанд, Таджикистан
kadir55@mail.ru

Forecasting Accuracy by the k-nearest Neighbors

Abdurahmon Kadyrov
State educational institution “Khujand State University named after academician Bobojon Gafurov”
Khujand, Tajikistan
kadir55@mail.ru

***Аннотация*—В статье сравниваются торговые предложения, выработанные методом прогнозирования k-ближайшего соседа на основе расстояния Махаланобиса с результатами, полученными другими популярными методами прогнозирования.**

***Abstract*—the article compares the trade proposals generated by predicting the k-nearest-neighbor method using the Mahalanobis distance with the results obtained by other popular forecasting methods.**

Ключевые слова—процесс авторегрессии, авторегрессионная скользящая средняя, авторегрессионное интегрированное скользящее среднее, расстояние Махаланобиса.

Keywords—*the process of autoregression, autoregressive moving average, autoregressive integrated moving averages, Mahalanobis distance.*

Главная цель данной статьи состоит в том, чтобы сравнить торговые предложения, выработанные посредством прогнозирования методом *k*-ближайшего соседа с применением расстояния Махаланобиса с результатами, полученными другими популярными методами прогнозирования.

Наиболее значимыми методами прогнозирования временных рядов являются процесс авторегрессии (АР), скользящих средних (СС), авторегрессионная скользящая средняя (АРСС), и авторегрессионное интегрированное скользящее среднее (АРИСС). Для одних и тех же наборов данных пяти разных валют шаг за шагом созданы модели и затем осуществлено сравнение точности прогнозирования, выработанных торговых предложений этими моделями с результатами предложенного нами алгоритма *k-NN* прогнозирования.

Процессы авторегрессии и скользящего среднего очень полезны для анализа ретроспективных временных рядов. Обе эти модели применимы только к данным стационарных временных рядов. Каждый метод имеет свои плюсы и минусы. Модель *АРИСС* сочетает в себе процедуры *АР* и *СС* для улучшения прогнозирования заданных временных рядов, впитывая преимущества как *АР,* так и *СС*.

В 1926 году Юл первые ввел авторегрессионную модель анализа временных рядов. Он описывает текущее значение временного ряда, используя их ретроспективные значения и случайные всплески.

Пусть $\epsilon_1, \epsilon_2, \ldots \epsilon_t$ есть чисто случайно сгенерированная процессом с нулевым средним и дисперсией σ^2. Тогда авторегрессионный процесс прогрессивного порядка *p*, АР(*p*) для временного ряда $\{x_1, x_2, \ldots x_t\}$ задается как:

$$x_t = \alpha + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \cdots + \phi_p x_{t-p} + \epsilon_t \quad (1)$$

или

$$\Phi_p(L) x_t = \alpha + \epsilon_t \quad (2)$$

где

$$\Phi_p(L) = 1 - \varphi_1 L - \varphi_2 L^2 - \varphi_3 L^3 - \cdots - \varphi_p L^p \quad (3)$$

$$L_j x_t = x_{t-1} - j \quad (4)$$

Процесс *АР* всегда обратим. Для того, чтобы быть неподвижным, корни $\Phi_p(L) = 0$ должны лежать вне единичного круга [1, 2].

Процесс скользящего среднего (СС), впервые был введен Слузтки (Sluztky) в 1927 г. Это можно

рассматривать в качестве линейной регрессии текущего значения данных и ошибок, белых шумов. Процесс скользящего среднего порядка *q*, *CC* (*q*) данных временного ряда может быть записан в виде:

$$x_t = \alpha + \epsilon_t + \theta_1\epsilon_{t-1} + \theta_2\epsilon_{t-2} + \cdots + \theta_p\epsilon_{t-q} \quad (5)$$

или

$$x_t = \alpha + \Theta_q(L)_{\epsilon t} \quad (6)$$

где

$$\Theta_q(L)1 + \theta_1 L + \theta_2 L^2 + \theta_3 L^3 + \cdots + \theta_q L^q \quad (7)$$

$$Ljxt = xt - j.$$

Конечный процесс *CC* всегда неподвижен. Процесс обратим, если корень $\Theta_q(L) = 0$ лежит вне единичной окружности [3, 4].

Процесс *APCC* (*p, q*) представляет собой комбинацию процесса авторегрессии порядка *p* и скользящего среднего порядка *q*. Герман Уолд был человеком, который первый собрал модель *AP* и *CC,* создал процесс *APCC* в 1938 г. С тех пор этот метод был использован во многих областях исследования временных рядов. Процесс *APCC* определяется как:

$$x_t = \alpha + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \cdots + \phi_p x_{t-p} + \epsilon_t + \theta_1\epsilon_{t-1} + \theta_2\epsilon_{t-2} + \cdots + \theta_p\epsilon_{t-p} \quad (8)$$

или

$$\Phi_p(L)x_t = \alpha + \Theta_q(L)\epsilon_t \quad (9)$$

где

$$\Phi_p(L) = 1 - \varphi_1 L - \varphi_2 L - \varphi_3 L - \cdots - \varphi_p L_p \quad (10)$$

и

$$\Theta_q(L) = 1 + \theta_1 L + \theta_2 L^2 + \theta_3 L^3 + \cdots + \theta_q L^q. \quad (11)$$

Процесс *APCC* обратим, если корни $\Theta_q(L) = 0$ лежат вне единичной окружности, и стационарен, если корни $\Phi_p(L) = 0$ лежат вне единичной окружности [1, 2]. Предположим, что $\Theta_q(L) = 0$ и $\Phi_p(L) = 0$.

Все вышеперечисленные методы применимы для прогнозирования временных рядов стационарных процессов. Однако, в действительности, большинство временных рядов не является стационарными. Для нестационарных временных рядов, корни полинома *AP* не лежат вне единичного круга. Таким образом, мы не можем использовать общую смешанную *APCC* (*p, q*) модель для прогнозирования. В таких случаях временные ряды могут быть преобразованы в стационарный процесс посредством разностей. Это также известно, как интегральная часть алгоритма

$$(1 - L)^d \text{ где } L_j X_t = X_{t-j} \quad (12)$$

Как правило, *d* является положительным целым числом и отражает количество раз, когда x_t должно быть разным для достижения стационарного преобразования.

Как правило, $d \in \{0,1,2, \ldots, D\}$. Когда *d=0,* процесс АРИСС становится стационарным АРСС процессом.

Таким образом, авторегрессионное интегрированное скользящее среднее, *АРИСС (p, d, q)* можно записать как

$$\Phi_p(L)(1 - L)^d x_t = \alpha + \Theta_q(L)\epsilon_t \quad (13)$$

где

$$\Phi_p(L) = 1 - \varphi_1 L - \varphi_2 L^2 - \varphi_3 L^3 - \cdots - \varphi_p L^p$$

и

$$\Theta_q(L) = 1 + \theta_1 L + \theta_2 L^2 + \theta_3 L^3 + \cdots + \theta_q L^q.$$

Рассмотрим простой случай, когда *p, q, d* все равны 1. Тогда модель *АРИСС* может быть записана как

$$\Phi_1(L)(1 - L)x_t = \alpha + \Theta_1(L)\epsilon_t$$

и мы можем расширить модель как

$$(1 - \Phi_1 L)(1 - L)x_t = \alpha + (1 + \theta_1 L)\epsilon_t,$$

что сводится к

$$x_t = \alpha + (1 + \phi_1)x_{t-1} - \phi_1 x_{t-2} + \epsilon_t + \theta_1\epsilon_t + \theta_1\epsilon_{t-1}.$$

Иногда выбор лучшего порядка АРИСС (*p, d, q*) является сложней задачей. Поскольку прогнозирование сильно зависит от порядка модели, очень важно выбрать правильный порядок. Процедура должна быть завершена в два этапа. Сначала нам нужно выяснить порядок разностей процесса. Чтобы определить правильный порядок дифференциации, мы продолжаем процедуру разложения до тех пор, пока временные ряды не станут неподвижными, и блок дополненной Дики-Фуллера [1,2] обычно используется для определения стационарности временного ряда

$$In(L) = 2M - 2In(L) \quad (14)$$

где *M* - количество параметров в модели, а *ln (L)* - безусловная функция логарифмического правдоподобия, заданная формулой

$$In(L) = -\frac{n}{2}In(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2}\sigma^2\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^2 \quad (15)$$

Здесь μ и σ - среднее и стандартное отклонение временных рядов соответственно. Скользящая средняя вычисляется путем изменения значений p и q в модели АРИСС, и модель с наименьшим скользящим средним обычно выбирается для прогнозирования.

Процедура подготовки данных для каждого пяти наборов данных выбранных валют осуществляется так. Определим соответствующую модель АРИСС для каждого набора данных и после можем сравнить прогнозирования подходом АРИСС и с алгоритмом *k-NN* на основе расстояния Махаланобиса. Сравнение будет осуществляться по двум основным аспектам прогнозирования. Основная характеристика точности прогнозирования будет определяется различными мерами ошибок. Второй аспект, это прогнозы АРИСС которые будет трансформироваться в торговые сигналы с использованием описаний торговой стратегии и далее будет сравниваться с торговыми лозами полученными процедурой *k-NN*.

Порядок дифференцирования будет определяться с помощью теста. Для этого осуществляются разложения, пока данные не становятся неподвижными. Для того, чтобы выяснить порядок p полинома АР и q полинома скользящего среднего, мы предлагаем положительную постоянную $m=5$ с $p+q=m$. Тогда мы будем варьировать значения p и q такие, что $p + q \leq m$ и оценивать параметры $\varphi_1; \varphi_2; \ldots; \varphi_p \theta_1; \theta_2; \ldots; \theta_q$ каждой модели АРИСС (p,d,q). Информационный критерий Акайке (ИКА) вычисляется для каждой модели, чтобы выбрать модель с минимальной ИКА. Мы обсудили общие модели прогнозирования интегрированных скользящей средних с авторегрессией для пяти наборов данных курсов валют. Для сравнения точности прогнозирования моделей АРИСС с предложенной процедурой прогнозирования методом *k*-ближайшего соседа на основе расстояния Махаланобиса используем все меры ошибок.

В следующих таблицах приведены *U*-статистика, среднеквадратическая ошибка и нормированная среднеквадратичная ошибка для валют Европейских стран (EUR), Российской Федерации (RUB), Китая (CNY), Таджикистана (TJS) и Узбекистана (UZS), для алгоритма *k-NN* с расстоянием Махаланобиса и модели АРИСС.

Таблица 1.*U*-статистика моделей *k-NN* и АРИСС

Валюта	***k-NN* прогнозирование**	**АРИСС прогнозирование**
EUR	0: 16748184	0: 14691536
RUB	0: 22251281	0: 20423380
CNY	0: 30304086	0: 35985560
UZS	0: 21693213	0: 28301529
TJS	0: 58311581	0: 65600438

Таблица 2. Средняя квадратичная ошибка моделей *k-NN* и АРИСС

Валюта	***k-NN* прогнозирование**	**АРИСС прогнозирование**
EUR	0: 003898012	0: 003456137
RUB	0: 003454303	0: 00318494
CNY	0: 00690517	0: 008302838
UZS	0: 005559151	0: 007286362
TJS	0: 005979865	0: 00731294

Таблица 3. Нормализованная среднеквадратичная ошибка с моделями *k-NN* и АРИСС

Валюта	***k-NN* прогнозирование**	**АРИСС прогнозирование**
EUR	0: 16748184	0: 14691536
RUB	0: 22251281	0: 20423380
CNY	0: 30304086	0: 35985560
UZS	0: 21693213	0: 28301529
TJS	0: 58311581	0: 65600438

Как видно из полученных результатов, приведенных в таблицах 1, 2 и 3, в большинстве случаев (3 из 5) предлагаемая модель прогнозирования *k-NN* на основе расстояния Махаланобиса выполняет процедуры АРИСС. В случае с валютой EUR и RUB, метод АРИСС, по-видимому, прогнозирует относительно лучше по сравнению с методом ближайшего соседа. Хотя наша основная цель сравнить торговые характеристики обоих методов, мы хотели бы дополнительно прогнозировать данные и выяснить ситуацию. Для этого мы рассчитали следующие статистические показатели для всех наборов данных:

- Общая вариация. Общее отклонение или общая сумма квадратов является мерой наблюдаемых значений вокруг среднего значения. Она состоит из суммы квадратов разностей каждого значения данных со средним значением.

$$\text{Общее изменение} = \sum_{t=1}^{n} (x_t - \bar{x})^2 \qquad (16)$$

- Стандартное отклонение. В статистике, стандартное отклонение является мерой разброса оценок в наборе данных. Это мера используется для количественного определения количества изменений или дисперсии набора, значений данных. Чем меньше стандартное отклонение, тем ближе данные к его среднему значению.

Таблица 4. Общее варьирование и стандартное отклонение

Валюта	Всего изменение	стандарт отклонение
EUR	10: 99275618	0: 104846346
RUB	36: 55015706	0: 191180954
CNY	0: 000877177	0: 000936577
UZS	4: 313622939	0: 065678177
TJS	4: 193662329	0: 064758492

Учитывая рассчитанные значения общего отклонения и стандартного отклонения (приведенного в таблице 4), мы заметили, что дневные ставки в евро и рублях имеют относительно более высокую общую вариацию, отклонение по сравнению с остальными наборами данных. Это означает, что эти данные более разбросаны по сравнению с другими данными, и, следовательно, более изменчивы. Таким образом, к одному из выводов мы можем прийти с учетом точности прогноза, что для валютных курсов относительно более высокой общей вариацией (или стандартным отклонением), модель АРИСС (*p,d,q*) работает относительно лучше по сравнению с процедурой *k-NN*.

Одна из причин лучшего прогноза метода АРИСС для временных рядов с более высокой вариацией является наличие компоненты скользящего среднего для корректировки в соответствии с ошибками предыдущего прогнозирования, в отличие от прогнозирования методом ближайшего соседа, что особенно важно, когда данные более изменчивы.

Новизна прогнозирования *k*-ближайшего соседа состоит в том, чтобы охватить аналогичные истории и прогнозы лучше, но с использованием самых актуальных данных. Выбор правильной функции расстояния может оказать огромное влияние на его производительность. Даже если метод *k*-ближайшего соседа, основанный на расстоянии Махаланобиса, превосходит популярное АРИСС процесса в большинстве случаев (3 из 5), эти результаты показывают, что мы можем ещё больше улучшить *k-NN* метод прогнозирования путем корректировки алгоритма, учитывая предыдущие ошибки прогнозирования.

Поскольку основная цель валютного трейдера – заработать больше денег, мы оценили эти две модели прогнозирования *(k-NN* и АРИСС) с учетом их торговых показателей. Для этого преобразовали прогнозы АРИСС в торговые сигналы, используя технологии торговой стратегии. Затем показатели производительности, были рассчитаны объем дохода и коэффициент Шарпа и сравнены с коэффициентами прогнозирования методом*k*-ближайшего соседа. Более высокие значения этих показателей указывают на то, что модель работает лучше. Расчетная общая доходность и коэффициент Шарпа для торговой стратегии по алгоритму *k-NN* и процессу АРИСС приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5. Модели полного возврата *k-NN* и АРИСС

Валюта	*k-NN* прогнозирование	АРИСС прогнозирование
EUR	0: 52991777	0: 89316418
RUB	4: 16807227	4: 16807227
CNY	0: 67755404	0: 47532224
UZS	5: 42108879	5: 16742874
TJS	4: 38589604	4: 03711714

Окончательный вывод модели прогнозирования в значительной степени такой же, как и в случае с подсчетами ошибок. Предложенный *k-NN* метод прогнозирования на основе расстояния Махаланобиса превосходит процесс АРИСС в большинстве случаев. Согласно точности прогноза, оба набора дневных обменных курсов EUR и RUB поддерживают модель АРИСС. Однако при сравнении общего дохода и коэффициент Шарпа, дневные курсы RUB к USD в значительной степени дали те же численные значения для обеих моделей. Таким образом, результаты торговых решений также показали, что модель прогнозирования *k*-ближайший соседей дает более точные и прибыльные торговые сигналы по сравнению с общим процессом АРИСС.

Таблица 6. Коэффициент Шарпа для моделей *k-NN* и АРИСС

Валюта	*k-NN* прогнозирование	АРИСС прогнозирование
EUR	0: 27890809	0: 50803011
RUB	2: 41593434	2: 41593434
CNY	0: 18429771	0: 12818451
UZS	1: 67419376	1: 42328537
TJS	1: 26400087	1: 04713284

Эти результаты побудили нас исследовать больше исследовать поведение данных временных рядов и выбрать наиболее подходящая методика прогнозирования. Изучив точность прогнозирования данных смоделированных временных рядов методом *k-NN* на основе расстояния Махаланобиса и общей модели прогнозирования АРИСС можно заключить, что более высокая точность прогнозирования достигается алгоритмом *k-NN*.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Denis Kwiatkowski, Peter C.B. Phillips, Peter Schmidt, and Yougcheol Shin, Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics* (1992). 159-178.
2. Gebhard Kirchgassner and Jurgen Wolters, *Introduction to Modern Time Series Analysis.* Springer, 2007.

Математичне Моделювання Перехідних Процесів у Довгому Газопроводі з Локальним Витоком

Василь Чекурін
Інженерно-технічний факультет
Куявсько-Поморська вища школа в Бидґощі
Бидгощ, Польща
v.chekurin@gmail.com

Юрій Пономарьов
Науково-дослідний інститут транспорту газу
ПАТ «Укртрансгаз»
Харків, Україна
ponomarev-yv@utg.ua

Ольга Химко
кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Національний університет «Львівська політехніка»
Львів, Україна
olgakhymko@ukr.net

Mathematical Modeling of Transient Processes in a Long Gas Pipeline with a Local Leakage

Vasyl Chekurin
Technical Department
Kujawy and Pomorze University in Bydgoszcz
Bydgoszcz, Poland
v.chekurin@gmail.com

Yuriy Ponomarev
Research and Development Institute for Gas Transfer
PJSC "UKRTRANSGAZ"
Kharkiv, Ukraine
ponomarev-yv@utg.ua

Olga Khymko
dept. of Automation and Computer-Integrated Technologies
Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine
olgakhymko@ukr.net

***Анотація*—У доповіді представлені математична модель та результати числових досліджень перехідних процесів у довгому газопроводі, спричинених локальним витіканням газу через малий наскрізний дефект у стінці труби.**

***Abstract*—The mathematical model and results of numerical study of transient flow processes in a long gas pipeline, caused by a local gas leak through a small defect emerged in the pipe wall, have been considered in the paper.**

Ключові слова—довгі трубопроводи; витоки; рівнння газової динаміки; перехідні процеси.

Keywords—long pipelines; leakages; gas dynamics equations; transient processe.

I. Вступ

Неконтрольована розгерметизація трубопроводу створює аварійно-небезпечні ситуації, екологічні загрози та економічні втрати. Її спричиняють наскрізні дефекти тіла труби, які виникають через корозійні процеси, порушення технології спорудження та правил експлуатації, а також розриви нитки трубопроводу, викликані тектонічними процесами, господарською діяльністю, профілактичними, діагностичними чи аварійно-відновлювальними роботами тощо.

Підвищення вимог технологічної й екологічної безпеки спонукають до пошуку методів і засобів контролю витоків флюїдів. Для цього застосовують системи контролю цілісності трубопроводів. Їх поділяють на два типи.

Системи першого типу (англ. Before-the-event-systems) виявляють ознаки, які свідчать про можливість настання розгерметизації через деякий час. З цією метою виявляють недосконалості тіла труби, небезпечні з точки зору руйнування. Для цього використовують, зокрема, внутрішньотрубну діагностику.

Системи другого типу (англ. After-the-event-systems) фіксують зміни фізичних параметрів флюїду всередині трубопроводу чи параметрів стану довкілля, зумовлені витоком. На цій основі встановлюють момент розгерметизації, місце порушення герметичності та інтенсивність витоку флюїду. Тому їх можна розглядати як системи виявлення витоків.

Відомі методи виявлення витоків можна класифікувати за різними ознаками – за фізичними принципами функціонування (наприклад акустичні, оптичні, радіолокаційні, ІЧ-радіометричні), за характером даних, способами відбору цих даних та алгоритмами їхнього оброблення, ступенем автоматизації процесів відбору даних тощо [1].

Серед них можна виділити методи обчислювального моніторингу (англ. Real Time Transient Modeling – RTTM) [2]. Вони базуються на даних вимірювання параметрів газу в трубі. Виявлення та ідентифікації витоків тут здійснюють, використовуючи розв'язки крайових задач, сформульованих з використанням емпіричних даних у рамках моделей, які описують перенесення маси, імпульсу та енергії в трубопроводі. Тому основним складником цих методів є програмне забезпечення, призначене для розв'язування крайових задач газової динаміки у реальному часі.

Проблема виявлення витоків є актуальна і для України, оскільки методи і засоби контролю, які застосовують у газовій галузі, не задовольняють сучасні вимоги [3].

Розглянуто математичну модель і результати досліджень перехідних процесів у газопроводі, спричинених раптовою локальною розгерметизацією труби.

II. Математична модель спричинених витоками перехідних процесів у газопроводі

За ізотермічного наближення рух газу у трубопроводі сталого діаметра за наявності витоку описує одновимірна нестаціонарна система рівнянь газової динаміки, яка містить рівняння балансу газу та імпульсу, а також термічне рівняння стану. У безрозмірній формі ці рівняння матимуть вигляд [4,5]

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = -Ma \cdot \frac{\partial j}{\partial \xi} - Ma \cdot \rho l_{\text{м}}, \\
&\frac{\partial j}{\partial \tau} = -Ma \cdot \frac{\partial}{\partial \xi}\left(jv + \frac{Z_t}{Ma^2}\, p \right) - Ma \cdot \beta |v| v \rho - \\
&\qquad - Ma \cdot \rho \frac{d\gamma}{d\xi} - Ma \cdot l_{\text{м}} j,
\end{aligned} \tag{1}$$

$$p = z\theta\rho. \tag{2}$$

Тут використані позначення: $\xi \equiv (2x - L)/L$, $\xi \in [-1,1]$ – безрозмірна координата вздовж осі трубопроводу; $\rho \equiv D/D_t$ – безрозмірна густина газу (густина D, нормована на характерне (типове для цього газопроводу) її значення D_t); $j \equiv J/J_t$ – безрозмірна густина масового току в трубопроводі (густина масового потоку J, віднесена до характерного її значення J_t); $Ma \equiv V_t/C_t$ характерне значення числа Маха, де $V_t = J_t/D_t$ – характерна швидкість руху газу, C_t – характерна швидкість звуку в газі (визначається з рівняння стану (2)); $\tau = t/t_t$, $t_t \equiv L/C_t$ – безрозмірна часова змінна; $v \equiv V/V_t$ – безрозмірна швидкість руху газу; $l_{\text{м}} \equiv L_{\text{м}} L_t/V_t$ – безрозмірна питома інтенсивність витоків, де $L_{\text{м}}$ – питома інтенсивність витоків газу в $1/\text{с}$; $p \equiv P/P_t$ – безрозмірний тиск газу (тиск P, нормований на його характерне значення P_t); $Z_t \equiv Z(D_t, T_t)$ – характерне значення фактора стисливості $Z = Z(D,T)$ (коефіцієнта надстисливості); $\beta \equiv \lambda L_t/2D_{pipe}$ – нормований локальний коефіцієнт гідравлічного опору, де λ – локальний коефіцієнт гідравлічного опору, D_{pipe} – внутрішній діаметр труби; $\gamma = \gamma(\xi) = H(\xi L)/H_t$ – безрозмірна функція координати ξ, що визначає вертикальний профіль осі газопроводу, де $H_t = V_t^2/g$; $z = z(\rho,\theta) \equiv Z(\rho D_t, \theta T_t)/Z_t$ – нормований фактор стисливості; θ – безрозмірна температура (температура T газу, нормована на її характерне значення T_t), за ізотермічного наближення приймається $\theta = 1$.

Зазвичай математичну модель динаміки газу у трубопроводі формулюють стосовно тиску $P(x,t)$ та швидкості $V(x,t)$. Тут, завдяки використанню змінних $\rho(\xi,\tau)$ та $j(\xi,\tau)$ як ключових функції системи (1), її перше рівняння – лінійне. Визначивши ключові функції шляхом розв'язування відповідної крайової задачі, за допомогою термічного рівняння стану (2) можна знайти функцію $p(\xi,\tau)$, а відтак обчислити відповідні розмірні параметри $D(x,t) = D_t \rho(x/L, t/t_t)$, $P(x,t) = P_t p(x/L, t/t_t)$, $J(x,t) = J_t j(x/L, t/t_t)$ та $V(x,t) = V_t v(x/L, t/t_t)$.

Щоб отримати математичну модель перехідних режимів, які виникають у момент локальної розгерметизації, систему (1) слід доповнити відповідними початковими і крайовими умовами.

Розглядатимемо перехідні процеси, які виникають в момент розгерметизації під час стаціонарного режиму роботи газопроводу. Тому за початкові умови візьмемо

$$\rho|_{\tau=0} = \rho_0(\xi), \quad j|_{\tau=0} = j_0. \tag{3}$$

Тут $\rho_0(\xi)$ та $j_0 = const$ – безрозмірні густина та масовий потік газу в трубопроводі за стаціонарного режимі течії підчас якого утворився локальний витік.

Функція $\rho_0(\xi)$ задовольняє відповідне стаціонарні рівняння динаміки газу в трубопроводі, яке випливає із системи (2) за відсутності витоків. Покладаючи у (2) $\partial\rho/\partial\tau = \partial j/\partial\tau = 0$ та $l_{\text{м}} = 0$, отримуємо звичайне диференціальне рівняння стосовно функції $\rho_0(\xi)$

$$\frac{d\rho_0}{d\xi} = -\frac{\left(\beta\rho_0 j_0^{\,2} + \rho_0^{\,3}\dfrac{\partial\gamma}{\partial\xi}\right)}{j_0^{\,2} + \dfrac{Z_t\rho_0^{\,2}}{Ma^2}\left(z + \rho_0\dfrac{\partial z}{\partial\rho_0}\right)},\ j_0 = const\,. \qquad (4)$$

Якщо відомі значення густини на вході ρ_0^{in} або на виході ρ_0^{out} газопроводу, то можна сформулювати задачі Коші (4), (5_1) або (4), (5_2) для рівняння (4), де

$$\rho_0\big|_{\xi=-1} = \rho_0^{in},\ \rho_0\big|_{\xi=1} = \rho_0^{out}\ . \qquad (5)$$

Розв'язавши задачу (4), (5_1) за відомого j_0, знайдемо функцію $\rho_0(\xi)$, а відтак зможемо обчислити $\rho_0^{out} = \rho_0(1)$. Так само, розв'язавши (4), (5_2), знайдемо $\rho_0(\xi)$ і обчислимо $\rho_0^{in} = \rho_0(-1)$.

Дослідження перехідних процесів проведемо для трьох моделей керування нестаціонарними режимами роботи газопроводу: 1) на вході змінюють тиск за законом $P^{in}(t)$, а на виході – за законом $P^{out}(t)$; 2) на вході змінюють тиск за законом $P^{in}(t)$, а на виході – густину масового потоку за законом $J^{out}(t)$; 3) на вході змінюють густину масового потоку за законом $J^{in}(t)$, а на виході – тиск за законом $P^{out}(t)$. Для кожної із цих моделей матимемо відповідний комплект крайових умов (6) – (8) для системи (1):

$$\rho\big|_{\xi=-1} = \rho^{in}(\tau),\quad \rho\big|_{\xi=1} = \rho^{out}(\tau), \qquad (6)$$

$$\rho\big|_{\xi=-1} = \rho^{in}(\tau),\quad j\big|_{\xi=1} = j^{out}(\tau), \qquad (7)$$

$$j\big|_{\xi=-1} = j^{in}(\tau),\quad \rho\big|_{\xi=1} = \rho^{out}(\tau), \qquad (8)$$

де $\rho^{in}(\tau)$, $\rho^{out}(\tau)$, $j^{in}(\tau)$ та $j^{out}(\tau)$ – задані функції.

Щоб дослідити параметри перехідного процесу, спричиненого витоком, розглядатимемо крайові задачі для системи (1) за стаціонарних крайових умов виду (6)-(8):

$$\rho\big|_{\xi=-1} = \rho_0^{in},\quad \rho\big|_{\xi=1} = \rho_0^{out}, \qquad (9)$$

$$\rho\big|_{\xi=-1} = \rho_0^{in},\quad j\big|_{\xi=1} = j_0, \qquad (10)$$

$$j\big|_{\xi=-1} = j_0,\quad \rho\big|_{\xi=1} = \rho_0^{out}, \qquad (11)$$

Таким чином, дослідження перехідних процесів течії газу в довгому трубопроводі, спричинених розгерметизацією, за трьох різних моделей керування, зводиться до розв'язування трьох крайових задач для системи (1) з початковими умовами (3) і крайовими умовами (9) (задача I), (10) (задача II) та (11) (задача III). Для цього необхідно визначати функцію витоку $\hat{l}_{\text{м}}(\xi,\tau) \equiv \rho l_{\text{м}}(\xi,\tau)$.

III. Математична модель малого локального витоку

Встановимо функцію витоку. Розглянемо випадок, коли площа отвору, який утворився в результаті розгерметизації трубопроводу, мала проти площі поперечного перерізу трубопроводу, а густина потоку витоку J_L мала проти густини J_0 масового потоку в трубопроводі.

Відоме співвідношення, яке виражає усталену швидкість V_L газу, що витікає через малий отвір, залежно від відношення $\psi = P'/P$ і термодинамічних властивостей газу [6]. Тут P та P' – відповідно значення тиску в об'ємі, із якого газ витікає, та зовнішнього середовища. Зі зменшенням ψ швидкість зростає. За значення $\psi = \psi^* \equiv \left(2/(\kappa_L+1)\right)^{\kappa_L/(\kappa_L-1)}$ швидкість витоку досягає свого максимального значення $V_L = V_L^*$, яке дорівнює швидкості звуку. Тут κ_L – показник ізоентропи газу. Виходячи із цього отримали для густини масового потоку газу при $\psi = \psi^*$ таку наближену формулу

$$J_L^* \equiv \sqrt{2\frac{\kappa_L}{\kappa_L - 1}P_L D_L\left(\frac{2}{\kappa_L+1}\right)^{\frac{2}{\kappa_L-1}}} \qquad (12)$$

Тут P_L та D_L – тиск та густина газу в трубі в точці розгерметизації.

Перейдемо у формулі (12) до безрозмірних змінних та використаємо рівняння стану (2). Тоді, беручи до уваги, що час виходу витоку на усталений режим, який визначає формула (12), малий проти тривалості перехідного процесу, а зона його локалізації мала проти довжини L трубопроводу, подамо функцію витоку як

$$\hat{l}_{\text{м}} = \frac{1}{Ma}k_L\rho\delta(\xi - \xi_L)H(\tau - \tau_L)\,. \qquad (13)$$

Тут $\delta(\ldots)$ – дельта-функція Дірака, $H(\ldots)$ – одинична функція Гевісайда, ξ_L та τ_L – координата та момент часу розгерметизації, $k_L \equiv \left(2\kappa_L/(\kappa_L-1)\left(2/(\kappa_L+1)\right)^{2/(\kappa_L-1)}\right)^{1/2}$.

Якщо розглядати витік як розподілений на деякому відрізку Δ_ξ з тривалістю Δ_τ виходу на усталений режим, то у формулі замість $\delta(\ldots)$ та $H(\ldots)$ слід використати відповідні «гладкі» функції $\delta_L\left(\xi,\Delta_\xi\right)$ та $H_L\left(\tau,\Delta_\tau\right)$, беручи їх, наприклад, у вигляді

$$\delta_L\left(\xi,\Delta_\xi\right)=\frac{2e^{-2\frac{\xi}{\Delta_\xi}}}{\Delta_\xi\left(1+e^{-2\frac{\xi}{\Delta_\xi}}\right)^2},\ H_L\left(\tau,\Delta_\tau\right)=\frac{1}{1+e^{-2\frac{\tau}{\Delta_\tau}}} \quad (14)$$

IV. Дослідження перехідних процесів

Метою досліджень було вивчення впливу моделі керування течією на перебіг перехідних процесів, зумовлених локальною розгерметизацією, та оцінювання інформативних параметрів, які можна використати для формулювання обернених задач ідентифікації витоку.

Розглядали горизонтальний трубопровід довжиною $L=120\cdot10^3$ м, діаметром $D=1.378$ м та коефіцієнтом гідравлічного опору $\lambda=9.92\cdot10^{-3}$. Характерні значення параметрів потоку брали $D_t=50.52$ кг/м^3, $J_t=483.95$ кг/м^{2}с. За ними обчислювали: $\beta=413{,}46$, $P_t=6.65$ МПа, $V_t=9{,}448$ м/с, $t_t=355.43$ с, $Ma=0.028$.

Дослідження провели для двох моделей керування перехідними процесами, розглядаючи задачі для системи (1) з крайовими умовами (9) (задача I) та (11) (задача III), які розв'язували чисельно. З цією метою, використовуючи метод скінченних різниць зводили їх до відповідних задач Коші для систем звичайних диференціальних рівнянь, які, у свою чергу, розв'язували, застосовуючи відомий алгоритм RKF45. Розв'язки цих задач отримали для випадку «гладкої» моделі витоку, використовуючи у формулі (13) функції (14) замість $\delta(\ldots)$ та $H(\ldots)$. Задачу III розв'язали також, застосовуючи модель «різкої» функції витоку (13). Деякі результати проведених досліджень показані на рисунках.

Рис. 1 та 2 ілюструють результати чисельного розв'язування задачі I. На Рис.1 подані графіки розподілів безрозмірної густини масового потоку j у трубопроводі в моменти часу $\tau=$ 0, 1.2, 6, 8.4, 12, 18, 24, 36, 48, 84, 120. Стрілка на рисунку вказує напрям зміни кривих у часі.

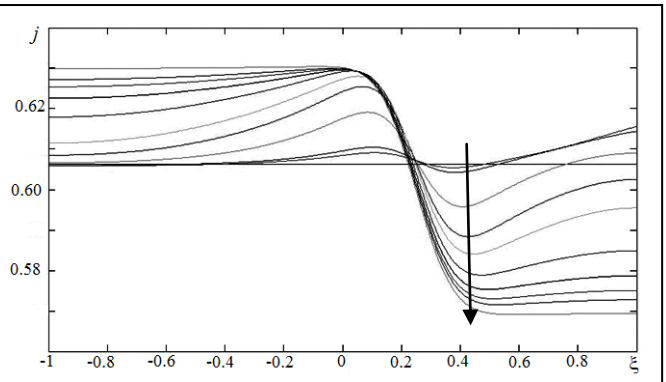


Рис. 1. Розподіли безрозмірної густини масового потоку в трубопроводі в різні моменти часу за застосування першої моделі керування перехідним процесом

На Рис. 2 показані залежності від часу τ значень потоку j на вході та виході трубопроводу.

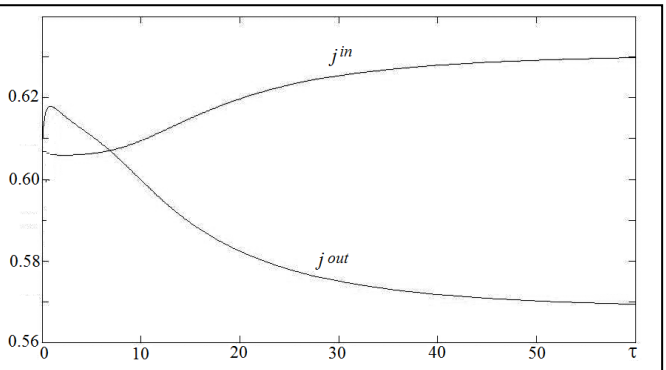


Рис. 2. Залежності від часу значень безрозмірного потоку на вході та виході за застосування першої моделі керування перехідним процесом

Аналогічні залежності для випадку третьої моделі керування показані на Рис. 3 та 4.

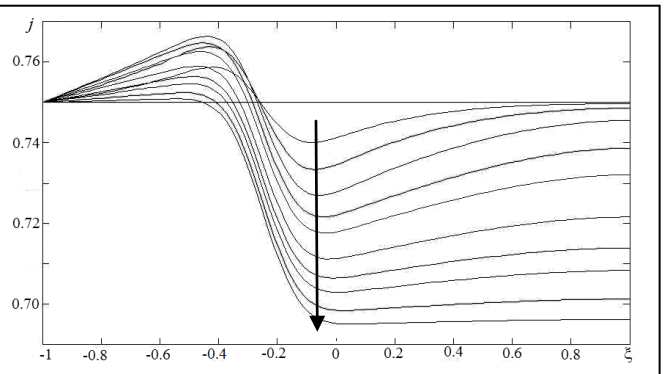


Рис. 3. Розподіли безрозмірної густини масового потоку в різні моменти часу за застосування третьої моделі керування перехідним процесом

Криві на Рис. 3 відповідають тим самим моментам часу, що і у попередньому випадку.

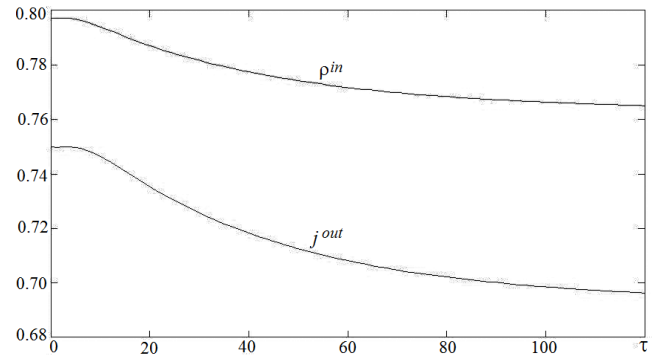


Рис. 4. Залежності від часу значень безрозмірних густини газу на вході та масового потоку та виході за застосування третьої моделі керування перехідним процесом

На Рис. 5, 6 та 7 наведені деякі результати отримані із розв'язку задачі III за застосування моделі «різкої» функції витоку згідно формули (13). Рис. 5 містить графіки розподілів безрозмірної густини масового потоку газу в трубопроводі у моменти часу $\tau = 0, 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 120$.

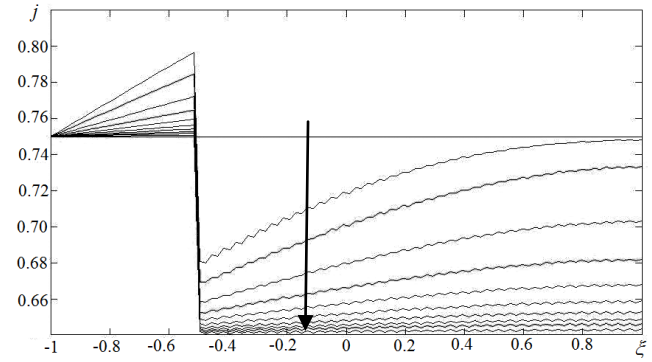


Рис. 5. Розподіли безрозмірної густини масового потоку в різні моменти часу за застосування третьої моделі керування перехідним процесом (модель «різкої» функції витоку)

На Рис. 6 подані графіки розподілів значень безрозмірної густини у трубопроводі у ті ж моменти часу.

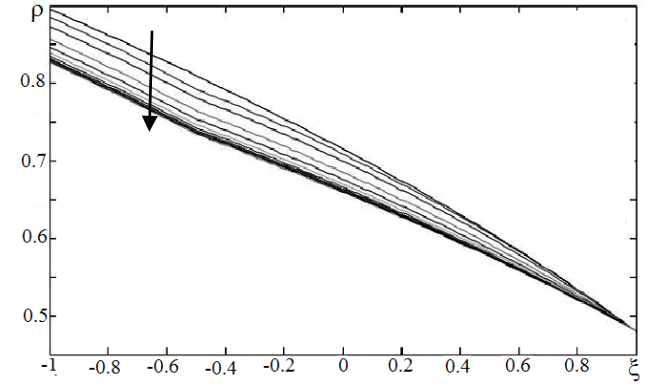


Рис. 6. Розподіли безрозмірної густини газу в різні моменти часу за застосування третьої моделі керування перехідним процесом (модель «різкої» функції витоку)

На Рис. 7 показані залежності безрозмірних густини газу на вході та густини масового потоку на виході, отримані із розв'язку задачі III за застосування моделі функції витоку (13).

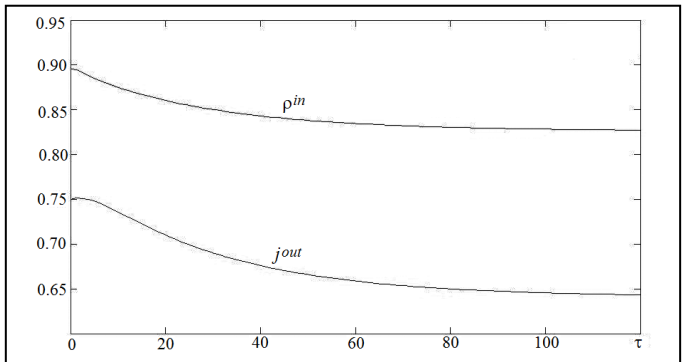


Рис. 7. Залежності від часу значень безрозмірних густини газу на вході та масового потоку виході за застосування третьої моделі керування перехідним процесом (модель «різкої» функції витоку)

Аналізуючи графіки, подані на Рис. 2 та 4, 7, доходимо до висновку, що, вимірюючи тиск та масовий потік газу на вході та виході трубопроводу, можна отримати емпіричні дані, які містять інформацію про витік.

V. Висновки

Розроблені математична модель перехідних процесів у довгому трубопроводі, зумовлених локальним витоком, та метод розв'язування прямих задач, сформульованих в рамках цієї моделі, дозволяють здійснювати апріорне оцінювання інформативних параметрів, які можна використати в обернених задачах виявлення та ідентифікації витоків.

Проведені кількісні дослідження підтвердили можливість використання результатів моніторингу значень тиску та масового потоку на вході і виході трубопроводу як інформативних параметрів для обернених задач ідентифікації витоків у довгих газопроводах.

Література References

[1] Murvay P.-S., Silea I. A survey on gas leak detection and localization techniques// Journal of Loss Prevention in the Process Industry.– 2012, 25. – Pp. 966-973.

[2] Geiger G. State-of-the-Art in Leak Detection and Localisation. Pipeline Technology 2006 Conference. [Online] Available: http://www.pipeline-conference.com/sites/default/files/papers/321_Geiger.pdf.

[3] . Вакалюк Я. І., Карпаш О. М. Вибір методу визначення місць витоків газу з підземних газопроводів//Методи та прилади контролю якості, № 1 (30), 2013, 55 – 63.

[4] Чекурін В., Химко О. Чисельне дослідження перехідних процесів у довгому газопроводі, спричинених розгерметизацією// Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології.–2017, вип. 26, С. 100-111.

[5] Chekurin V., Khymko O. Mathematical modeling of a small pressure disturbance in gas flow of a long pipeline// Mathematical Modeling and Computing.– 2017, Vol. 4, No. 2, pp. 126-138.

[6] Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика.–М.: «Энергоатомиздат», 1983. – 408с.

З М І С Т

Секція 1. Сучасні інформаційні системи та технології: проблеми, методи, моделі. Управління проектами та програмами

Section 1. Modern information systems and technologies: problems, methods, models. Projects and program managements 3

Lubomyr Petryshyn, Agnieszka Rogóż-Duda
ANALIZA PROCESOWA ZINTEGROWANYCH INFORMATYCZNYCH SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA 4

Lubomyr Petryshyn, Agnieszka Rogóż-Duda, Mykhailo Petryshyn
WIZUALIZACYJNE MODELOWANIE ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA 9

Володимир Безкоровайний, Вікторія Бортнікова
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ 15

Володимир Безкоровайний, Ольга Шевченко, Оксана Драз
СТРАТЕГИИ ГЕНЕРАЦИИ ВАРИАНТОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУР ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ 18

Віктор Борисенко, Тетяна Борисенко
МОДЕЛІ ІНТЕГРАЦІЇ ПАТЕРНІВ ПРОЕКТУВАННЯ, ORM І SPRING 22

Андрій Бугай, Володимир Воловецький, Юрій Пономарьов
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ЕКСПЛУАТУВАННЯ СВЕРДЛОВИН ГАЗОСХОВИЩ В УМОВАХ ГІДРАТОУТВОРЕННЯ 26

Віктор Луценко, Сергій Бондарев, Юрій Пономарьов
ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ПОБУДОВИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ДОВІДНИКА ГАЗОВИМІРЮВАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ 30

Volodymyr Matuzko
RISE AND PREVALENCE OF NEURAL NETWORKS IN MACHINE TRANSLATION 33

Світлана Пономарьова, Надія Калита
ЗАДАЧА МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАНУ АДАПТАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КОМАНДИ 35

Володимир Ісаєнко, Валерій Козловський, Юрій Тесля
ЦИФРОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ: ДО МЕТИ ЧЕРЕЗ ПРОЕКТИ 38

Сергій Максимчук, Вадим Яковенко
РОЗРОБКА 3D ПРОЕКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПІВ AGILE МЕТОДОЛОГІЇ 43

Віктор Левикін, Оксана Чала
ЗАДАЧА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕМПОРАЛЬНОЮ БАЗОЮ ЗНАНЬ ДЛЯ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ 47

Сергій Чалий, Володимир Лещинський
ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ВХІДНИХ ДАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ЗМІН У ВИМОГАХ КОРИСТУВАЧІВ 51

Секція 2. Математичне та комп'ютерне моделювання у інформаційних системах

Section 2. Mathematical and computer modeling in information systems 55

Андрій Єрохін, Георгій Зацеркляний
МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННОГО ПРОЦЕСУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ БУДІВЛІ 56

Людмила Кириченко, Петр Зинченко
КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАШУМЛЕННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ РЕКУРРЕНТНОГО АНАЛИЗА 60

Игорь Конох, Наталия Истомина
МОДЕЛЬ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДИКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ 63

Андрій Левченко
АЛГОРИТМИ БАЗОВИХ АРИФМЕТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ДЛЯ ДВІЙКОВИХ ЧИСЕЛ ПРЕДСТАВЛЕНИХ ЯК МАСИВИ 67

Олег М. Литвин, Олександра Литвин, Марк Бобков
ТЕСТУВАННЯ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ СУМ ФУР'Є ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ 2D ЗОБРАЖЕНЬ З ОБЧИСЛЕННЯМ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОЕКЦІЙ 72

Володимир Луханін
КОНСТРУКТИВНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОДНОГО КЛАСУ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ ДЛЯ НЕЛІНІЙНИХ ЕЛІПТИЧНИХ РІВНЯНЬ 79

Олена Двірна
ВИКОРИСТАННЯ ГРІД-ГРАФІВ КОМБІНАТОРНИХ КОНФІГУРАЦІЙ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ 85

Алла Нагорная
ЗАДАЧА КВАДРАТИЧНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА МНОЖЕСТВЕ РАЗМЕЩЕНИЙ 89

Лариса Халанчук, Сергій Чопоров
ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕОМЕТРІЇ ОБЛАСТІ НА ГЕНЕРАЦІЮ СІТКИ 93

Сергій Чопоров, Андрій Лісняк, Оксана Чопорова
МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРЯМОКУТНОЇ ПЛАСТИНИ З КРУГЛИМ ВИРІЗОМ 97

Ирина Оксанич, Игорь Шевченко
СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА И БИЗНЕС-ОПЕРАЦИИ 100

Павел Тытюк, Игорь Шевченко
О КЛАССИФИКАЦИИ ЗОН И СИТУАЦИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ 102

Секція 3. Інформаційні технології сталого розвитку. Геоінформаційні системи та технології

Section 3. Information technologies of sustainable development. Geo-information systems and technologies 104

Анна Бакурова, Олеся Юськів
РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПЛАНІВ ІНВЕСТИЦІЙ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ 105

Юрій Гунченко, Сергій Шворов, Тарас Давиденко
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ЗБРОДЖУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР У БАТАТОМОДУЛЬНИХ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСАХ 109

Світлана Кузніченко, Ірина Бучинська, Людмила Коваленко
ВИКОРИСТАННЯ OWA-ОПЕРАТОРА ЯГЕРА З НЕЧІТКИМИ КВАНТИФІКАТОРАМИ В ГІС-ОРІЄНТОВАНИХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ МОДЕЛЯХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ 113

Андрій Тевяшев, Ольга Матвієнко, Гліб Нікітенко
АНАЛІТИЧНА ПІДСИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ І ФУНКЦІОНУВАННЯМ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ 117

Володимир Ткаченко, Микола Губа, Олександр Зелений
КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ПОРТАЛУ ВІДКРИТИХ ДАНИХ РЕГІОНУ 122

Олександр Шумейко, Геннадій Шевченко, Дмитро Кравцов
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХОСНОЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕЕЙ 126

Секція 4. Розпізнавання образів, цифрова обробка зображень і сигналів

Section 4. Pattern recognition, digital processing of images and signals 131

Валентин Есилевский, Андрей Тевяшев, Антон Колядин
ТРАНСФЕРНОЕ ОБУЧЕНИЕ В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 132

Артем Ізмайлов
ЗАСТОСУВАННЯ ТРІЙКОВОГО СИМЕТРИЧНОГО ОРТОГОНАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСІВ І СЕРЕДОВИЩ 135

Андрій Тевяшев, Антон Колядін
МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ПОСЕКТОРНОГО СКАНУВАННЯ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СТАНЦІЯХ КРУГОВОГО МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ 140

Сергій Удовенко, Лариса Чала, Вадим Шергін
ГІБРИДНИЙ МЕТОД АВТОМАТИЧНОГО ПОШУКУ ЗОБРАЖЕНЬ В МЕДІАФАЙЛАХ 143

Світлана Прохорець, Манап Хажмурадов
ВИКОРИСТАННЯ ПОВІЛЬНИХ НЕЙТРОНІВ ДЛЯ НЕЙТРОННОЇ РАДІОГРАФІЇ 147

Секція 5. Інформаційні технології в соціумі, освіті, економіці, медицині, управлінні, поліграфії, екології та юриспруденції

Section 5. Information technologies in society, education, economics, medicine, management, polygraphs, ecology and jurisprudence 151

Boris Bocharov, Alexandra Marchenko, Evgeny Yakovlev, Dmitry Nikonov
DETERMINATION OF TWO CARS COLLISION PLACE IN THE ABSENCE OF TRACES 152

Mohamed AlKilani, Volodymyr Kobziev
STAGES OF DATA ANALYSIS PROCESS TO IMPLEMENTING E-GOVERNMENT PROJECT 154

Анна Бакурова, Еліна Терещенко, Марія Пасічник
НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ЯКІСНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОДУКЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В ЮРИСПРУДЕНЦІЇ 158

Володимир Бредіхін, Вікторія Вербицька
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ ТА ПРОГРАМ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ 162

Борис Железко, Ольга Синявская
ЦЕНТРЫ ИТ-КОМПЕТЕНЦИЙ В ВУЗАХ И ИХ РОЛЬ В РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ И ПРОГРАММ 166

Олександр Зелений, Вячеслав Ляшенко, Жанна Дейнеко
ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ 170

Олена Кіріленко, Галина Труш
ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗПАПЕРОВОГО ОБЛІКУ ТА АРХІВУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ НА КАФЕДРАХ УНІВЕРСИТЕТУ 174

Андрій Литвиненко, Юлія Дорофєєва
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЄДИНОБОРЦІВ В ПРОЦЕСІ ЗМАГАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ 179

Анатолій Литвинов
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ НА БАЗІ СИСТЕМИ MAPLE 181

Тетяна Полозова, Ірина Шейко
ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ КОРПОРАТИВНИХ ERP-СИСТЕМ НА БАЗІ SAP-ТЕХНОЛОГІЙ 184

Kseniya Yakushenka
DIGITAL TRANSFORMATION OF INFORMATION SUPPORT FOR ECONOMIC MANAGEMENT OF A SINGLE INFORMATION SPACE OF AN INTEGRATION ASSOCIATION 188

Валентин Козлов, Юрій Козлов, Володимир Кобзєв
КОМПЕТЕНТНІСНИЙ МЕТОД ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ОЦІНЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СПЕЦІАЛІСТА 193

Владимир Саенко
ОБЛАЧНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И АКАДЕМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО DEVOPS 196

Секція 6. Програмна інженерія

Section 6. Software engineering 201

Ольга Ашурова, Ігор Шубін
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРИК ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У РОЗРОБЦІ АДАПТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ 202

Владимир Бондарев, Юлия Черепанова
ВЕБ-ПОРТАЛ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ 206

Denys Goldiner, Andriy Tevyashev
SYSTEM ANALYSIS OF THE PARALLEL EXECUTION PROBLEM 210

Александр Олейник, Зоя Дударь
ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В КОНТЕКСТЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ 214

Олександр Галак, Ігор Шубін, Андрій Козирєв
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ТА АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ ГРАНИЦЬ РЕГІОНІВ ЗАБРУДНЕННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ 217

Андрій Козирєв, Ігор Шубін
АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕФАКТОРІНГУ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНИХ ГІПЕРМЕДІЙНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ 221

Дмитро Бугай, Михайло Копоть
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ ЗРУЧНОСТІ КОРИСТУВАННЯ СКЛАДНИМИ ВЕБ-СИСТЕМАМИ 225

Юлія Ульяновська, Олексій Каляка
СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО ДОДАТКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ UNREAL ENGINE 4 228

Секція 7. Захист інформації. Інформаційна безпека

Section 7. Information protection. Information security 231

Надія Казакова, Олексій Фразе-Фразенко, Суліко Асабашвілі
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОННИХ НОСІЇВ БІОМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ 232

Алла Кобозєва, Іван Бобок
ПОРУШЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ ВНАСЛІДОК ЙОГО БЛОКОВОЇ ОБРОБКИ 236

Андрій Гальченко, Сергій Чопоров
МЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ ЗАПЕРЕЧУВАНОГО ШИФРУВАННЯ 239

Юрій Касьянов, Вікторія Плютенко
СПЕКТР ДОВГОТРИВАЛОЇ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ В ОЦІНЮВАННІ ЗАХИЩЕНОСТІ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА КРИТЕРІЄМ РОЗБІРЛИВОСТІ 243

Сергій Нужний
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАХИСТУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ 246

Сергій Нужний, Заноскіна Поліна
ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ВЖИВАННЯ АЛОФОНІВ (ТРИФОНІВ) В УКРАЇНСЬКІЙ МОВІ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЗАХИСТУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ 250

Марина Турти
МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ПЕРИМЕТРА 254

Альона Єрмакова, Марина Турти
ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ 260

Секція 8. Інтелектуальний аналіз даних, Data Mining та Big Data-технології

Section 8. Intellectual data analysis, Data Mining and Big Data technologies 266

Boris Bocharov, Maria Voevodina, Dmitry Voronov, Marina Smyslova
APPLICATION OF MICROSOFT AZURE MACHINE LEARNING STUDIO IN O. M. BEKETOV NUUE EDUCATIONAL PROCESS 267

Владислав Козачков, Олексій Маслєєв, Юрій Гунченко
ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАННЯ МОВИ 270

Oleksiy Lanovyy, Artem Lanovyy
MULTIAGENT APPROACH FOR MODELLING CROWD BEHAVIOR 273

В. М. Синеглазов, Е. И. Чумаченко, К. Д. Рязановский, А. Т. Кот
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НОВОЙ ТОПОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ 275

Вадим Шергин
ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ХЁРСТА САМОПОДОБНЫХ ПРОЦЕССОВ С ТЯЖЁЛЫМИ ХВОСТАМИ И ДОЛГОСРОЧНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ ПРИРАЩЕНИЙ 279

Ігор Шубін, Станіслав Снісар, Світлана Солонська, Владислав Славгородський
МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ПОЗНАЧОК РІЗНОРІДНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ 283

Юрій Пономарьов, Володимир Кобзєв, Віктор Луценко, Сергій Бондарев
МОЖЛИВОСТІ АНАЛІЗУ СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ САМОПОДІБНИХ СТРУКТУР 286

Владимир Саенко, Александр Шилин
МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ CLOUD СИСТЕМ С BIG DATA СЕГМЕНТАМИ 288

Назарій Кононенко, Володимир Кобзєв
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПАПІЛЯРНИХ ВІЗЕРУНКІВ 291

Абдурахмон Кадыров
ТОЧНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТОДОМ K-БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ 293

Василь Чекурін, Юрій Пономарьов, Ольга Химко
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ У ДОВГОМУ ГАЗОПРОВОДІ З ЛОКАЛЬНИМ ВИТОКОМ 297

Наукове видання

«Інформаційні системи та технології» ІСТ-2019

М А Т Е Р І А Л И
8-ї Міжнародної науково-технічної конференції

9-14 вересня 2019

Коблеве-Харків, Україна

«INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES» IST-2018

Proceedings
of the 8-th International Scientific and Technical Conference

September 9–14, 2019

Kobleve-Kharkiv, Ukraine

Наукові редактори: А.Д. Тевяшев, Л.Б. Петришин, В.Г. Кобзєв
Коректор – Н.Р. Сухина
Комп'ютерна верстка – Ю.В. Міщеряков, Т.Є. Сергієнко

Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, пр. Науки, 14,
ХНУРЕ

Підписано до друку 14.09.2019.
Папір 80 г/м^2.
Умов.-друк. арк. – 19,25. Обл.-вид. арк. – 17,9.
Наклад 150. Зам. № 574 від 14.09.2019.

Віддруковано в ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД»
61024, м. Харків, вул. Максиміліанівська, 11
Тел.: (057) 756-53-25
www.madrid.in.ua e-mail: info@madrid.in.ua