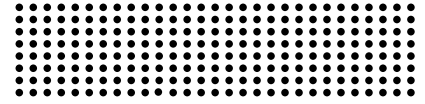
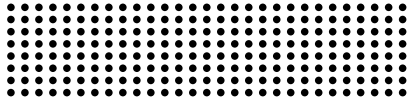


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**



#02(026) листопад 2019



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

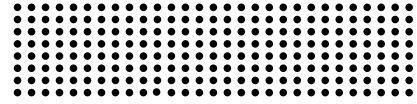
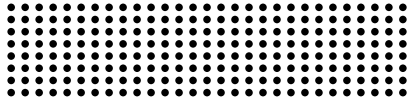
Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського національного технічного університету
(протокол №3 від 05 листопада 2019 року)

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України
(Наказ Міністерства освіти і науки України №820 від 11.07.2016 р.),
у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт
на здобуття наукових ступенів доктора та кандидата технічних наук

Журнал включено до наукометричних баз, електронних бібліотек та репозитаріїв:
Index Copernicus, Crossref, Google Scholar, Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI),
Directory of Open Access Journals (DOAJ), AcademicKeys, National Library of Ukraine (Vernadsky)

ISSN 1998-7005 (Print)
ISSN 2313-0687 (Online)

02 (026) листопад 2019



**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
KHERSON NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY**

**JOURNAL
OF INFORMATION
TECHNOLOGY**

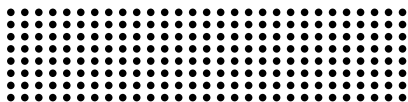
Recommended for publication by the Academic Council of
Kherson National Technical University
(Minutes № 3 on 5th November 2019)

The journal is included in the List of scientific professional publications of Ukraine
(Order № 820 of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated 11 July 2016)
where the results of the theses of Doctor and Candidate of Engineering Science can be published

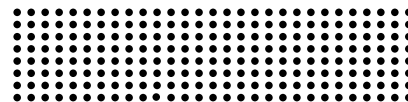
The journal is included in the scientometric bases, electronic libraries and repositories:
Index Copernicus, Crossref, Google Scholar, Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI),
Directory of Open Access Journals (DOAJ), AcademicKeys, National Library of Ukraine (Vernadsky)

ISSN 1998-7005 (Print)
ISSN 2313-0687 (Online)

02 (026) November 2019



РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ



РЕДАКЦІЙНА РАДА

Головний редактор

ШЕРСТЮК Володимир Григорович
/доктор технічних наук, професор/

Заступники головного редактора

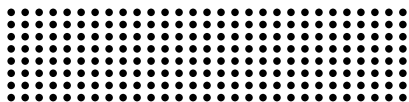
ЖАРІКОВА Марина Віталіївна
/доктор технічних наук, професор/
ЛЯШЕНКО Олена Миколаївна
/кандидат технічних наук, доцент/

Відповідальні секретарі

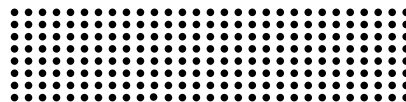
ОГНЕВА Оксана Євгенівна
/кандидат технічних наук, доцент/
КИБАЛКО Ігор Іванович
/кандидат технічних наук, доцент/

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Бардачов Юрій Миколайович засл. діяч науки і техніки України	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Тулученко Галина Яківна	д.т.н., професор	Херсонський національний технічний університет, Україна
Гнатушенко Володимир Володимирович	д.т.н., професор	Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", Україна
Гожий Олександр Петрович	д.т.н., професор	Чорноморський державний університет ім. П.Могили, Україна
Каргін Анатолій Олексійович	д.т.н., професор	Український державний університет залізничного транспорту, Україна
Шекета Василь Іванович	д.т.н., професор	Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна
Осипенко Володимир Васильович	д.т.н., професор	Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
Konrad Gromaszek	Associate Professor	Lublin University of Technology
Smailova Saule	Associate Professor	D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, Kazakhstan



EDITORIAL BOARD



EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

SHERSTYUK Volodymyr Hryhorovych
/Doctor of Engineering Science, Professor/

Deputies Editor-in-Chief

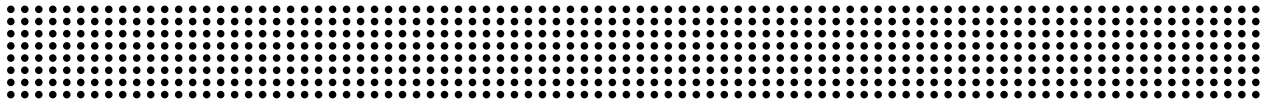
ZHARIKOVA Maryna Vitaliivna
/Doctor of Engineering Science, Professor/
LIASHENKO Olena Mykolaivna
/Ph.D., Associate Professor/

Executive Secretary

OHNIEVA Oksana Ievhenivna
/Ph.D., Associate Professor/
KYBALKO Ihor Ivanovych
/Ph.D., Associate Professor/

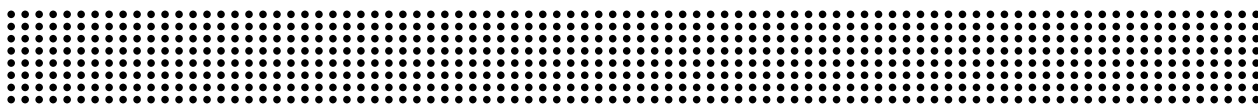
MEMBERS OF EDITORIAL BOARD

Bardachov Yurii Mykolaiovych Merited Figure of Science and Technology of Ukraine	Doctor of Engineering Science, Professor	Kherson National Technical University, Ukraine
Tuluchenko Halyna Yakivna	Doctor of Engineering Science, Professor	Kherson National Technical University, Ukraine
Hnatushenko Volodymyr Volodymyrovych	Doctor of Engineering Science, Professor	Dnipro University of Technology, Ukraine
Hozhyi Oleksandr Petrovych	Doctor of Engineering Science, Professor	Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine
Karhin Anatolii Oleksiiovych	Doctor of Engineering Science, Professor	Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine
Sheketa Vasyl Ivanovych	Doctor of Engineering Science, Professor	Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine
Osypenko Volodymyr Vasylovych	Doctor of Engineering Science, Professor	Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
Konrad Gromaszek	Associate Professor	Lublin University of Technology
Smailova Saule	Associate Professor	D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, Kazakhstan



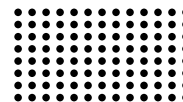
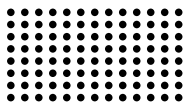
ЗМІСТ

Шерстюк В., Сокол І., Гусев В., Левківський Р. РОЗПОДІЛЕНІ МОДЕЛІ СИНХРОНІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУР АНСАМБЛЮ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ	7
Приходько С., Приходько Н., Книрик К. УДОСКОНАЛЕННЯ ТРЬОХФАКТОРНОЇ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТРУДОМІСКОСТІ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКІВ	21
Бичков О., Меркулова К., Жабська Є. СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ	32
Khodakov V., Krugla N., Sokolov A., Veselovskaya G. THE IMPROVEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND METHODS ON CONTROL OF COMPLEX COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEMS FOR SUPPORT OF CAREER GUIDANCE WORK IN THE HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	44
Ohnieva O. DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM FOR MODELING GREEN PEA YIELD	55
Ковилін Є., Волковський О. КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ЗАПИТ-ВІДПОВІДЬ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НАУКОВИХ ТЕКСТІВ	63
P`yatakov E., Khodakov V., Sokolov A., Odintsov V., Veselovskaya G. HUMAN CAPITAL AND DEVELOPMENT TASKS IN THE LIGHT OF INCREASING THE EDUCATION QUALITY AND IMPROVING COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES OF TRAINUNG	76
Шерстюк В., Захарченко Р., Штуца О., Чорний Д. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНОМУ ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ VR ТЕХНОЛОГІЙ	91
Жарікова М., Сакович Б., Назаренко Р. ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНА ДИНАМІЧНА ОЦІНКА РИЗИКУ ВІД ПРОЦЕСІВ РУЙНІВНОГО ХАРАКТЕРУ	100
Veselovskaya G., Yastrebova O., Iatsenko D. THE RESEARCH AND ELABORATION OF ACTUAL ASPECTS IN THE SUBJECT AREA OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR COMPUTERIZED TRAINING USING THE METHODOLOGY OF EXPERT SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	110



CONTENTS

Sherstiuk V., Sokol I., Husiev V., Levkivskyi R. DISTRIBUTED SYNCHRONIZATION MODELS FOR INFORMATION STRUCTURES OF ENSEMBLE OF UNMANNED VEHICLES	7
Prykhodko S., Prykhodko N., Knyrik K. IMPROVING THE THREE-FACTOR NON-LINEAR REGRESSION MODEL TO ESTIMATE MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT EFFORTS	21
Bychkov O., Merkulova K., Zhabska Y. CREATION OF THE FACE RECOGNITION SYSTEM BASED ON WAVELET TRANSFORMS	32
Khodakov V., Krugla N., Sokolov A., Veselovskaya G. THE IMPROVEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND METHODS ON CONTROL OF COMPLEX COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEMS FOR SUPPORT OF CAREER GUIDANCE WORK IN THE HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	44
Ohnieva O. DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM FOR MODELING GREEN PEA YIELD	55
Kovylin Y., Volkovsky O. COMPUTER MODEL OF QUESTION-ANSWER SYSTEM BASED ON AUTOMATIC GENERATION OF SCIENTIFIC TEXTS	63
P`yatakov E., Khodakov V., Sokolov A., Odintsov V., Veselovskaya G. HUMAN CAPITAL AND DEVELOPMENT TASKS IN THE LIGHT OF INCREASING THE EDUCATION QUALITY AND IMPROVING COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES OF TRAINUNG	76
Sherstyuk V., Zakharchenko R., Shtutsa O., Chorny D. EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE MODERN TRAINING PROCESS USING VR TECHNOLOGIES	91
Zharikova M., Sakovych B., Nazarenko R. SPATIALLY DISTRIBUTED DYNAMIC ASSESSMENT OF RISK FROM DESTRUCTIVE PROCESSES	100
Veselovskaya G., Yastrebova O., Iatsenko D. THE RESEARCH AND ELABORATION OF ACTUAL ASPECTS IN THE SUBJECT AREA OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR COMPUTERIZED TRAINING USING THE METHODOLOGY OF EXPERT SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	110



РОЗПОДІЛЕНІ МОДЕЛІ СИНХРОНІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУР АНСАМБЛЮ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

УДК 004.9

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.7-20>

Володимир Шерстюк,

д.т.н., професор,

Херсонський національний технічний університет, Україна,
E-mail: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID 0000-0002-9096-2582

Ігор Сокол,

к.т.н., доцент, докторант,

Херсонський національний технічний університет, Україна,
ORCID 0000-0002-7324-1441

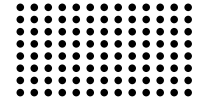
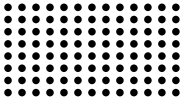
Віктор Гусєв,

к.т.н., доцент, начальник коледжу Херсонської державної морської академії
ORCID 0000-0001-7775-2276

Руслан Левківський,

заст. начальника коледжу Херсонської державної морської академії
ORCID 0000-0003-3114-179X

Анотація. У статті розглянуто актуальне питання дослідження та розробки методів координації для великих груп інтелектуальних безпілотних апаратів, що виконують спільні місії у гетерогенних ансамблях. Для управління ансамблем безпілотних апаратів використано сценарно-прецедентний підхід, що надає можливість використання ретроспективних шаблонів прийняття рішень у проблемних ситуаціях, які розглядаються як динамічні прецеденти, що містять опис прийнятних рішень у вигляді сукупності сценаріїв активності, адаптивних до змінних умов зовнішнього середовища. Цей підхід може бути використаний для координації гетерогенних ансамблів безпілотних апаратів за умови наявності достатньої множини прецедентів, необхідних для прийняття рішень при виникненні ситуацій різних можливих класів (компетентності) та синхронізації сховищ прецедентів кожного з безпілотних апаратів. Для вирішення задач синхронізації сховищ прецедентів запропоновано модель розподіленого сховища прецедентів та модель розподіленого спільного простору спостережень. Сховище прецедентів подано як ієрархічно організовану структуру, в якій певні розподілені розділи просторово пов'язані на основі геоінформаційної системи. Доступ до всіх служб забезпечується через Інтернет-з'єднання та спеціальні хмарні шлюзи. Сховище прецедентів може надавати множину прецедентів, доречних до контексту проблемної ситуації, як безпосередньо на вимогу безпілотного апарата, так і через використання механізмів передзамовлення, реакції на вхід до спільного простору та інших методів обробки запитів із використанням XML. Модель розподіленого спільного простору спостережень подано у вигляді тривимірної розподіленої дошки, доступної



кожному з безпілотних апаратів через механізм обміну координаційними примітивами. Визначено набір координаційних примітивів, що забезпечують прозорість та надійність спільних спостережень групи безпілотних апаратів. Новизна запропонованого підходу полягає у розробці інформаційно розподілених моделей віртуального сховища прецедентів та спільного віртуального простору спостережень. Запропоновані моделі мають порівняно невисоку обчислювальну складність, що забезпечує функціонування системи управління в реальному часі. Практична значимість запропонованих моделей полягає в тому, що вони забезпечують можливість координації безпілотних апаратів у гетерогенних ансамблях під час виконання спільних місій в умовах значних обмежень за часом, неповноти та невизначеності інформації через обмін інформацією в розподілених інформаційних структурах.

Ключові слова: прецедент, компетентність, сховище прецедентів, координація, синхронізація, простір взаємодії, безпілотний апарат.

Постановка проблеми. Епіцентром сучасних досліджень є складні технічні системи, що містять групи пілотованих та безпілотних апаратів (БА), які спільно виконують певні визначені програми (місії). Завдяки суттєвому технологічному прогресу безпілотники можуть використовуватись великими і навіть надвеликими групами, що є особливо актуальним для вирішення різних задач, небезпечних для життя та/або здоров'я людини, наприклад, задач спостереження, пошуку і порятунку, запобігання та локалізації надзвичайних ситуацій, а також широкого кола військових задач. Така група апаратів може включати наземні, повітряні, надводні, підводні та інші види безпілотників. Наразі, чисельна група безпілотних апаратів може розглядатися як упорядкований набір БА, які спільно і одночасно виконують свої сценарії активності в рамках даної місії для досягнення певної загальної мети, виконуючи при цьому різні ролі й функції. Враховуючи різноманіття функцій, завдань та ролей різних БА в групі, такі групи прийнято називати різнорідними ансамблями [1].

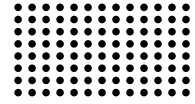
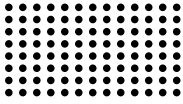
Наразі існує чимало практичних застосувань, які можуть бути вирішені гетерогенними ансамблями безпілотників, що мають різний розмір, можливості, ролі та навіть середовище руху, але використовуються разом із спільною метою [2]. Одним із таких застосувань є інтелектуальне рибальство (смарт-рибальство), де до виконання місії може залучатися широкий спектр БА різного призначення в межах своєї компетенції. Наприклад, безпілотні літальні апарати можуть залучатися як поодиночі, так і групами до пошуку рибних зграй. Безпілотні підводні апарати поодиночі або групами можуть за допомогою сенсорів ефективно розпізнавати види (породи) риб та їх чисельність у зграях, оцінюючи доцільність їх вилову. Підводні БА мають і інше групове використання – вони

можуть заганяти рибні зграї до риболовних знарядь. Носіями цих рибальських знарядь можуть бути надводні БА, які також можуть використовуватись поодиночі, попарно або групами. А носієм усіх вищеназваних безпілотників та одночасно накопичувачем виловленої риби може бути великий корабель, який може обслуговуватись командою або також може бути безпілотним.

Звичайно, що для виконання вищеназваних місій не підходять прості БА, що керуються дистанційно операторами, адже задачею є навпаки, вивести людину за межі небезпечних процесів. Отже, БА повинні бути автономними, мати можливість приймати власні рішення в динамічному, частково спостережуваному та непередбачуваному середовищі, тому вони стають дедалі розумнішими за рахунок впровадження інтелектуальних можливостей в їх системи управління.

З іншого боку, спільне виконання взаємопов'язаних місій вимагає чіткої координації. Зрозуміло, що чим складнішими є структура та функції ансамблю БА, тим складнішою є задача їх координації. Проте, розробка та практичне застосування надійних методів координації для автономних інтелектуальних БА у великих ансамблях на даний час ще відпрацьовані недостатньо, отже, їх дослідження є актуальною та перспективною задачею. Найактуальнішим питанням на сьогодні є забезпечення можливості співпраці БА у гетерогенних ансамблях через обмін інформацією у реальному часі в умовах значних обмежень у часі, неповноти та невизначеності інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виконуючі місії в рамках спільної задачі ансамблю, БА повинні мати можливість спілкуватися, координуватися та співпрацювати один з одним. На цей час існує достатньо багато підходів до управління великими



групами БА, у той же час перелік задач координації та співпраці БА в ансамблі є значно ширшим та багаторівневим, починаючи від задачі уникнення зіткнень аж до задачі розподіленого планування [3]. Традиційно для координації групових дій БА використовують біоінспіровані методи, засновані на поведінці рою чи зграї [4]. Однак у багатьох випадках використання групи БА як рою (зграї) є надмірно дорогим рішенням, особливо при виконанні складних, довгострокових та багатокрокових місій. Більшість дослідників вирішували конкретні задачі координації роїв за допомогою простих наборів правил, що імітують поведінку в природних системах [5; 6].

У більш складній формі координація та співпраця БА вимагають наявності певної системи нормативних правил та процедур. Для цього запропоновано декілька підходів, заснованих на моделях і правилах, а також на алгоритмічних методах виконання процедур взаємодії [7]. Однак, складність процесів взаємодії БА у ансамблях не дозволяє використовувати безпосередньо підхід, заснований на моделях, у той час як побудувати вичерпну множину правил координації та відтестувати їх при виконанні реальних місій практично неможливо. Отже, використання підходів, заснованих на моделях або правилах, в системах реального часу є неприйнятним [8]. Використання розподілених систем правил хоча й дозволяє детально описувати та аналізувати поведінку певної групи БА, дуже важко пристосувати їх до вирішення реальних проблем навігації та взаємодії за складних умов [9].

Графові структури [10] теж іноді використовуються для подання принципів взаємодії, вони дозволяють значно спрощувати систему правил, подаючи взаємодії у вигляді графів або віртуальних структур, вершинами яких є БА, а ребрами – взаємозв'язки між ними. Однак, через високу обчислювальну складність при використанні такого підходу майже неможливо гарантувати достатню продуктивність для роботи в реальному часі [11]. Інші можливі методи спрощення системи правил взаємодії, такі як гібридизація, абстракція, логіка часу, також є нелінійними, а тому також є схильними до цього недоліку [12].

Подолати труднощі щодо обчислювальної складності можливо за використання прецедентного підходу [13], де час пошуку рішення практично не залежить від чисельності динамічних об'єктів у описі навігаційної ситуації.

Проте, цей підхід має свої недоліки, найбільш суттєвими з них є залежність часу пошуку рішення від обсягу накопиченого масиву прецедентів та необхідність підтримання достатньої компетентності масиву прецедентів відносно вичерпної множини можливих ситуацій.

Сценарно-прецедентний підхід дозволяє подавати взаємодію між БА у вигляді сценаріїв активності, що дозволяє його використання для координованого контролю різнорідних ансамблів БА [14]. На відміну від класичного прецедентного підходу, що ґрунтується на наявності ретроспективних описів фактів прийняття певних рішень у певних ситуаціях, поданих у вигляді статичних (незмінюваних) прецедентів [14; 15], сценарно-прецедентний підхід надає можливість розглядати прецеденти у динаміці, подаючи як описи ситуацій, так і описи прийнятих рішень у вигляді сценаріїв активності [16]. Подолання недоліків прецедентного підходу можливе також за рахунок певної гібридизації з підходами, заснованими на правилах та на моделях, що дозволяє подолати обчислювальну складність та забезпечити працездатність у реальному часі [17].

Сценарно-прецедентний підхід базується на наступних припущеннях:

- активність взаємодії БА є повторюваною і відтворюваною;
- існують певні стереотипи координації БА у подібних ситуаціях;
- взаємодії БА можуть бути подані у формі сценаріїв.

Таким чином, активність взаємодії БА може бути подана у вигляді певних шаблонів (прецедентів), які можуть бути адаптовані до змінних умов зовнішнього середовища за допомогою сценаріїв. Отже, цей підхід надає можливість накопичення зразків групової взаємодії для різних класів ситуацій, тому може бути використаний для вирішення задач координації ансамблю БА. Шаблони взаємодії мають накопичуватися у сховищі прецедентів (СП) у вигляді прецедентів, що містять опис ситуації (умову) та опис рішення (множину сценаріїв, що мають відтворюватися у ситуації даного класу).

Найважливішими умовами успішного застосування сценарно-прецедентного підходу для вирішення задач координації БА у гетерогенних ансамблях БА є:

- наявність достатньої множини прецедентів, необхідних для прийняття рішень при виникненні ситуацій різних можливих класів;

– синхронізація прецедентів, доступних кожному з БА, щодо часу та змісту.

Перша умова фактично вимагає наявності достатньої компетенції СП для пошуку підходящого прецеденту та вибору релевантної множини сценаріїв, а друга умова вимагає еквівалентності СП, що є доступними різним БА, які входять до ансамблю. Оскільки від виконання цих умов залежить успішність вирішення задачі координації, в цій статті розглянемо шляхи забезпечення виконання вищезазначених умов.

Мета дослідження. Зазвичай спільна активність БА у ансамблі суттєво обмежується простором взаємодії, обмеженнями щодо позиційної та функціональної структури, прийнятими нормативними правилами та реакцією зовнішнього середовища, що породжує множини динамічних, навігаційних та ситуативних збурень. В таких умовах спільна активність БА потребує належної координації виконуваних ними сценаріїв, і саме координація сценаріїв активності лежить в основі нашого подальшого розгляду [18].

Зрозуміло, що прийнятний рівень компетентності СП є аж надто важливим для забезпечення функціонування сценарно-прецедентної системи, що координує ансамбль БА. Однак, обсяг наявної пам'яті в системах управління БА, зазвичай, є обмеженим. Це зменшує потужність множини прецедентів, що можуть зберігатися там одночасно, та обмежує компетенцію СП. Метою даної роботи є розробка ієрархічного розподіленого сховища прецедентів для сценарно-прецедентної системи координації активності, яка зможе належним чином працювати в неоднорідному ансамблі БА та забезпечувати необхідну продуктивність для роботи в режимі реального часу.

Виклад матеріалу дослідження. Нехай $s(t)$ – проблемна ситуація, опис якої подано просторовою конфігурацією [17], в якій кожен БА може бути представлений як кортеж $\langle Pos(A_i, t_j), \varphi_k \rangle$, де $A_i \in i$ -м БА ансамблю, t_j – це час, $Pos(A_i, t_j)$ – позиція A_i на час t_j , і φ_k – функція, яку виконує A_i на час t_j . Припустимо, що певний прототип $e_{s(t)}$ може бути використаний для прийняття рішень у проблемній ситуації $s(t)$ у якості прецедента. Отже, прецедент $e_{s(t)}$ має містити певне рішення $r_{s(t)}$, яке може бути подане у вигляді сценарію активності $\Sigma_{s(t)}$ або послідовності сценаріїв

(плану) $Pl_{s(t)} = [\Sigma_{s(t)}^1, \dots, \Sigma_{s(t)}^m]$ для прийняття рішень у разі впливу m ситуативних збурень, що діють одночасно або перетинаються в часі. Вочевидь, для кожної проблемної ситуації $s(t)$ може існувати безліч прецедентів $E_{s(t)} = \{e_{s(t)}^1, \dots, e_{s(t)}^n\}$, що пропонують різні прототиби рішень $R = \{r_{s(t)}^1, \dots, r_{s(t)}^n\}$ для досягнення певної мети $G_{s(t)}$, які можуть відрізнятися відповідністю критеріям контролю $Q_{s(t)}$, дотримання обмежень $B_{s(t)}$, та оцінкою можливості μ досягнення цільового стану $G_{s(t)}$. Отже, завданням сценарно-прецедентної системи є підбір найбільш релевантного прототипу рішення з множини R на основі певної функції уподобань $\gamma(R)$, беручи до уваги $B_{s(t)}$, $Q_{s(t)}$ і $\mu(G_{s(t)})$. Адаптація прецеденту $e_{s(t)}$ до умов, які склалися на момент часу t , вимагає, щоб сценарій $\Sigma_{s(t)}$ (або послідовність сценаріїв $[\Sigma_{s(t)}^1, \dots, \Sigma_{s(t)}^m]$) була узгодженою з множиною накладених обмежень $B_{s(t)}$ та контекстом $Ctx(s(t))$ ситуації. У випадку взаємодії групи БА ансамблю, план $Pl_{s(t)}$ має складатися з множини послідовностей сценаріїв $\left\{ [\Sigma_{s(t)}^1, \dots, \Sigma_{s(t)}^m]_1, \dots, [\Sigma_{s(t)}^1, \dots, \Sigma_{s(t)}^m]_n \right\}$ для кожного з n БА ансамблю. Отже, сценарно-прецедентний підхід використовує сценарії активності у якості певного інструменту адаптації прототипу (прецеденту) до динаміки середовища, що спричиняє певну проблемну ситуацію.

Структура прецедентів та організація сховища прецедентів. У випадку виявлення проблемної ситуації $s(t)$ для того, щоб прийняти рішення відповідно до накопиченого досвіду, необхідно знайти подібну ситуацію в минулому.

Доступні ситуації можуть бути подані множиною прецедентів (сховищем прецедентів):

$$\mathcal{M} = \{ \langle s_1, r_1 \rangle, \langle s_2, r_2 \rangle, \dots, \langle s_n, r_n \rangle \}. \quad (1)$$

Рішення r певного прецеденту $e = \langle s, r \rangle$ – це заздалегідь визначений план взаємодії Pl , що містить множини релевантних сценаріїв активності $\Sigma = \{ \Sigma_1, \dots, \Sigma_k \}$. Однією з головних вимог до сценарно-прецедентної системи, що працює в реальному часі, є своєчасне і належне виконання пошуку доречних рішень. Очевидно, що поки система збирає та записує інформацію на деякому кроці t_{k+1} , вона одночасно має

оцінювати ситуацію на момент t_k і, якщо необхідно, корегувати сценарій активності, знайти відповідний прецедент, запропонувати адекватні керуючі дії, які впливають на траєкторію руху БА та виконувати ним дії. Залежно від швидкості БА, різниця $\Delta t = t_{k+1} - t_k$ може бути дуже малою.

Очевидно, що структура СП повинна відображати послідовність пошукових операцій, які будуть виконуватися системою щодо пошуку можливих рішень у проблемній ситуації. Виходячи з такої послідовності, зручно виділити низку контекстів рішень в основі структури прецедента, яка, з одного боку, надасть можливість для більш компактного зберігання та індексації прецедентів, а з іншого боку, значно спростить пошук таких ситуацій шляхом послідовного уточнення контекстів.

Ми будемо використовувати наступну вкладену послідовність контекстів:

$$s = \langle S^{SP}, \langle S^M, \langle S^{CTZ}, \langle S^{STR}, \langle S^D \rangle \rangle \rangle \rangle, \quad (2)$$

де S^{SP} – просторовий контекст, що визначається взаємним розташуванням БА у просторі взаємодії та описом множини наявних перешкод;

S^M – контекст середовища, що визначається значеннями його параметрів;

S^{CTZ} – безпековий контекст, що визначається доменами безпеки та відповідними лінійними та часовими нормами і метриками;

S^{STR} – структурний контекст, що описується взаємним розташуванням об'єктів (конфігурацією) відповідно до передбачуваних структури і складу ансамблю;

S^D – це динамічна сцена, яка описує розвиток проблемної ситуації в часі і може бути подана у вигляді спостережуваних потоків подій (рис. 1).

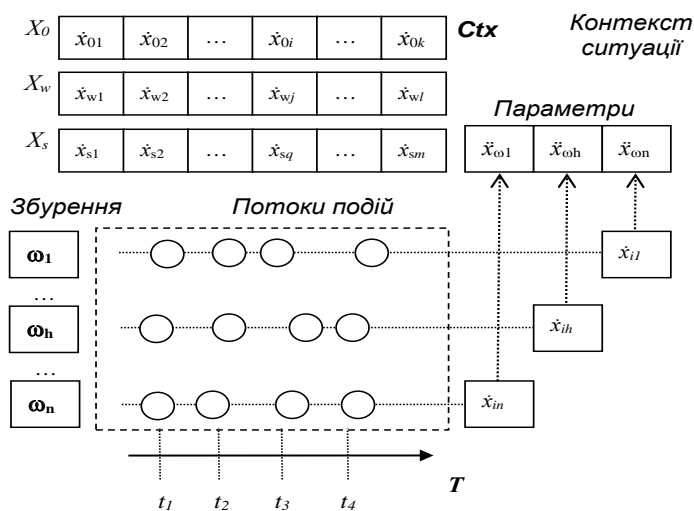


Рис. 1 – Подання прецедента як проблемної ситуації $S(t)$ за допомогою контексту Ctx та множини потоків подій $\omega_1, \dots, \omega_n, x_j$ – параметри активності i -го БА на моменту часу t_i

Таким чином, ми можемо використовувати контекст ситуації для структурування СП та кластеризації накопичених прецедентів [14] (рис. 2).

Вкладений контекст ситуації може бути визначений за послідовністю $\langle S^{SP}, \langle S^M, \langle S^{CTZ}, \langle S^{STR} \rangle \rangle \rangle$, в той час як опис ситуації може безпосередньо відповідати динамічній сцені S^D . Отже, запропонована структура прецедента дозволяє організувати ефективне СП та швидко здійснити пошук подібних ситуацій на основі наступної послідовності критеріїв:

- подібність просторового контексту;
- подібність екологічного контексту;
- подібність безпекового контексту;
- подібність структурного контексту;
- подібність динамічної сцени (щодо раніше виявленої подібності контекстів).

Метою кластеризації СП є звуження простору пошуку, щоб виключити з пошуку ті прецеденти, контекст яких не відповідає контексту проблемної ситуації. Кластеризація СП виконується для кожного контексту ситуації окремо і незалежно. Для здійснення такої кластеризації

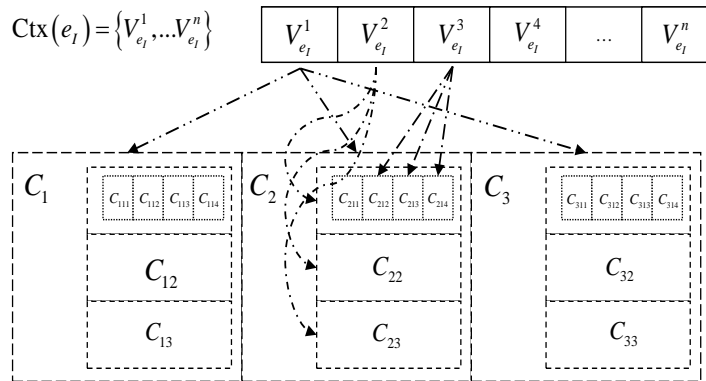


Рис. 2 – Знаходження кластерів C_i та підкластерів C_{ijk} сховища прецедентів за множиною параметрів $\{V_1, \dots, V_n\}$ контексту ситуації Ctx

може бути застосовано підхід, запропонований в [15], що заснований на використанні грубих нечітких множин та відношення нерозрізненості.

Оцінка компетентності справи. Ключовим фактором забезпечення ефективності та надійності процедур координації є наявність рівня компетентності СП, достатнього для прийняття рішень у конкретній проблемній ситуації. Після виявлення проблемної ситуації та формування відповідного рішення на основі множини наявних прецедентів, відповідна інформація упаковується до нового сформованого прецедента та зберігається у СП \mathcal{M} .

Множина компетентності ε може бути визначена як множина ситуацій, щодо яких система може генерувати рішення, використовуючи накопичену множину прецедентів. Рівень глобальної компетентності системи на основі прецедентів $\varepsilon \in$ відношенням потужності множини компетентності ε до потужності множини можливих ситуацій $S: \varepsilon = |\varepsilon|/|S|$. Оскільки потужність множини можливих ситуацій, як правило, є апіорі невідомою, ми можемо використовувати оцінки компетентності у вигляді ε -покриття або ε -доступності [15]. Локальна компетентність щодо кожного класу контексту визначається аналогічно як відношення потужності сукупності прецедентів, які задовольняють умовам даного контексту S^i , до потужності множини всіх можливих ситуацій $S: \varepsilon_i = |S^i|/|S|$.

Модель розподіленого сховища справ. Традиційно в сценарно-прецедентних системах компетентність набувається шляхом накопичення прецедентів, які зберігаються щоразу, коли приймається рішення в поточній проблемній ситуації. Однак, цей підхід є не

завжди прийнятним щодо координації великих груп БА, які зазвичай змінюють свій стан у процесі активності, так що їх активність змінює їх стан з ситуації s_i до іншої ситуації s_j . Зрозуміло, що набута компетентність $\varepsilon_i \in s_i$ зазвичай не застосовується в ситуації s_j , тим паче у початковий момент її розвитку $\varepsilon_j = \emptyset$.

Теоретично, зберігаючи та накопичуючи прецеденти для кожної ситуації s_i , можна досягти необхідного рівня компетентності СП ε_i (якщо, звичайно, БА потрапляє в ситуації класу s_i статистично досить часто). Проте, через різницю умов контекстів ситуацій, оскільки час накопичення належної кількості прецедентів для певного класу ситуацій значно перевищує час, за який БА потрапляє в таку ситуацію, прийняття обґрунтованих рішень є технічно неможливим.

Рішення цієї проблеми залежить від наступних факторів:

- якими є джерела компетентності на основі прецедентів;
- яким чином компетентність накопичується з цих джерел;
- якими є вимоги до пам'яті для забезпечення зберігання компетентцій.

Принципово, наступні джерела можна розглядати як компетентні:

- накопичення досвіду управління БА оператором (експертом);
- спостереження та моніторинг активності БА;
- самонавчання сховища прецедентів за допомогою методів машинного навчання;
- залучення доречних фрагментів СП більш високого рівня (щодо БА).

Останнє джерело має бути зовнішнім для БА і найважливішим. Оскільки на сьогоднішній день високошвидкісні канали зв'язку та хмарні технології є широко поширеними, є можливість створити децентралізоване ієрархічне сховище прецедентів (РСП), яке не має заданих у явній формі меж розподілу (наприклад, адміністративного чи фізичного) і є доступним

через певні служби та шлюзи, що засновані на сучасних технологіях Інтернет.

Відповідно, якщо компетенція є локальною щодо певного простору взаємодії h', h'', \dots, h^n , РСП \mathcal{M} може бути розділене на декілька розділів, які є розподіленими у просторі $\mathcal{M} = \mathcal{M}' \cup \mathcal{M}'' \cup \dots \cup \mathcal{M}^n$ (рис. 3).

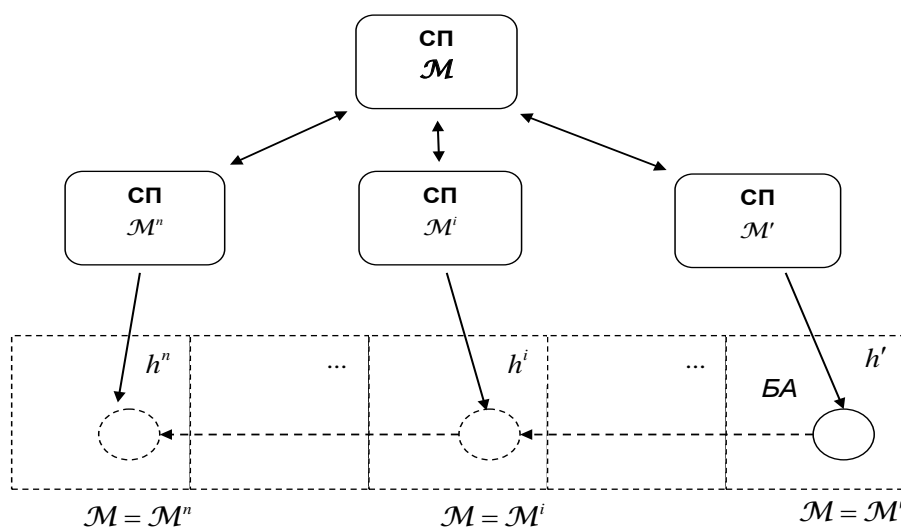


Рис. 3 – Принцип організації розподіленого сховища справ

РСП має два основних джерела компетенції:

- а) досвід управління БА на найнижчому рівні;
- б) досвід експертів, накопичений через придбання знань.

Таким чином, РСП накопичує досвід прийняття рішень у проблемних ситуаціях від усіх БА, які містяться або раніше містилися у схожих за структурою та функціями ансамблях та приймали участь у виконанні схожих місій у різних умовах контексту.

Отже, на найвищому рівні РСП може бути поділений на розділи відповідно до розподілу просторових областей взаємодії, і кожен розділ може зберігатися на окремих виділених серверах у межах необхідного просторового розташування. Кожен із цих розділів, у свою чергу, може бути розподілений на менші ділянки відповідно до місій, структури і конфігурації ансамблю БА тощо, а на наступному рівні ділянки можуть бути розділені на секції відповідно до погодних та інших умов навколишнього середовища (дощ, гроза, сильний вітер тощо).

Такий розподіл дозволяє значно пришвидшити процес обміну за рахунок менших порцій прецедентів (сек-

цій або підсекцій РСП). Вибір конкретного фрагмента, по суті, є операцією пошуку подібних прецедентів стосовно спочатку просторового контексту, потім контексту зовнішнього середовища, а потім безпекового контексту. У вибраному в РСП фрагменті здійснюється подальший пошук на основі структурного контексту та динаміки поточної ситуації.

Нехай ε^* є мінімально прийнятною оцінкою локальної компетентності. Таким чином, при перетині меж різних просторових зон вибір ділянок і перенесення потрібного фрагмента в локальне СП може бути здійснено за один раз, якщо $\varepsilon_{SP} < \varepsilon^*$. Подібним чином, при зміні, наприклад, погодних умов, можливо знайти відповідні фрагменти та завантажити необхідну секцію СП за один раз, якщо $\varepsilon_M < \varepsilon^*$. Такий підхід може значно пришвидшити роботу сценарно-прецедентної системи управління.

Обмін компетенціями між ієрархічними рівнями РСП за допомогою каналів зв'язку здійснюється за допомогою чотирьох основних методів:

- будь-який результат прийняття БА рішення у певній ситуації обов'язково передається на вищий

рівень РСР у вигляді XML-кодованого прецеденту (метод надсилання результату);

– перетин кордонів просторових зон призводить до автоматичного перенесення фрагмента та зміни вмісту локального СП БА фактичним вмістом вищого рівня РСР, що має достатню компетенцію щодо потрібної просторової області (метод безумовного отримання);

– перетин кордонів просторових зон призводить до передачі фрагмента та зміни локального СП БА фактичним вмістом від РСР за умови наявності запиту (передплати) на оновлення СП (метод замовлення) на основі Push-технологій;

– поява проблемної ситуації, сумнівної щодо компетенції СП, призводить до надсилання запиту на пошук до РСР із відповідним контекстом ситуації. Результати

пошуку мають бути відправлені назад до БА як фрагмент СП із множиною релевантних прецедентів різного ступеня подібності. Локальне СП може обрати певний прецедент та сформувані відповідне рішення (метод «реакція на ситуацію»).

Накопичення необхідної компетенції на основі прецедентів може відбуватися не тільки завдяки моніторингу реальних ситуацій, але й завдяки «розігруванню» складних ситуацій у реальному часі на спеціалізованому (тренажерному) обладнанні (рис. 4). Збір досвіду можливий в результаті прийняття рішень під час моделювання реальних ситуацій досвідченими експертами, які слід своєчасно зберігати у відповідних розділах РСР.

Для опису прецедентів доречно використовувати стандартний XML.

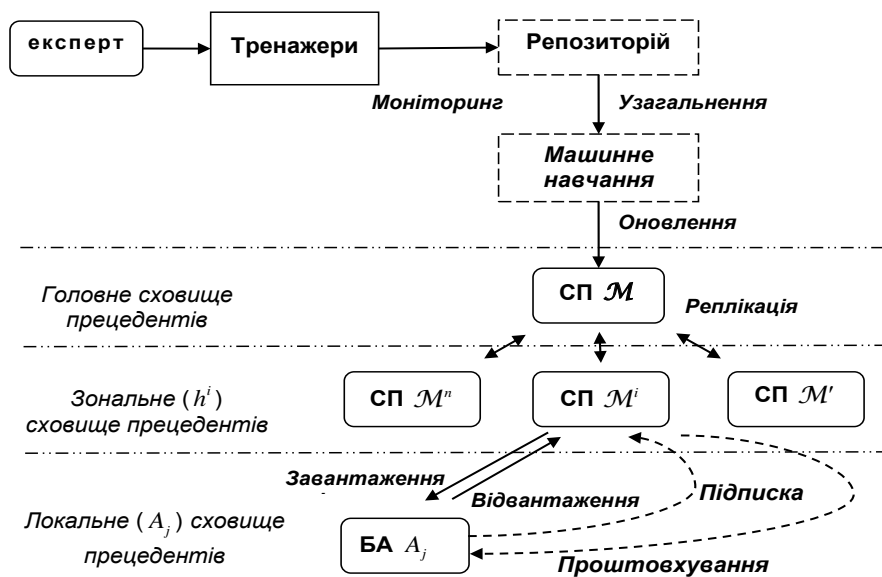


Рис. 4 – Забезпечення компетентності сховища прецедентів \mathcal{M}

Отже, можна визначити наступні принципи забезпечення компетентності РСР:

- децентралізоване зберігання прецедентів, розділених відповідно до просторових зон взаємодії;
- локальна концентрація компетенції для просторових зон;
- активний двосторонній обмін прецедентами між локальним та вищими рівнями РСР;
- максимально можливий рівень узагальнення збережених прецедентів.

Модель розподіленого спільного простору спостережень. БА зазвичай оснащені певним набором сенсорів (датчиків), за допомогою яких вони спостерігають за своїм внутрішнім станом та зовнішнім середовищем. Так, для зовнішнього спостереження повітряні БА можуть використовувати камери з високою роздільною щільністю, підводні БА можуть використовувати ультразвукові датчики тощо. Незалежно від типу БА, з суто технічних причин кількість сенсорів є суттєво обмеженими. Кожний датчик має певну (і обмежену) точність та

певну (і теж обмежену) межу видимості. Загалом, гетерогенні ансамблі БА мають працювати в умовах неповноти й неточності інформації, тобто часткової спостережуваності зовнішнього світу.

В той же час, зрозуміло, що надійність та адекватність координації активності БА у ансамблі залежить від успішності пошуку компетентних рішень у проблемних ситуаціях, а успішність пошуку прецедентів головним чином залежить від повноти та точності наявної інформації, на підставі якої сценарно-прецедентна система шукатиме доречне рішення. Іншими словами, враховуючи обмеженість інформації, отримуваної від сенсорів, координація активності БА покладається не тільки на синхронізацію виконуваних ними сценаріїв активності, а ще й на синхронізацію у межах ансамблю інформації про зовнішній світ, яку спостерігають окремі БА цього ансамблю.

Отже, кожен БА ансамблю має необхідність знати як про положення інших БА у спільному просторі взаємодії, адже це необхідно для безпечності їх спільного руху, так і про виконувани ними дії, що впливають на дії, виконувани іншими БА ансамблю, та про результати таких дій, які в свою чергу впливають на виконання БА своїх ролей у ансамблі, а отже, безпосередньо впливають на процеси виконання сценаріїв активності.

Будемо розглядати простір взаємодії як тривимірний евклідов простір C , на який накладемо метричну

сітку координатних ліній із розміром δ , використовуючи певну задану норму ξ_{\square} та лінійне відображення f такі, що координатні лінії утворюють набір комірок D з розміром $\delta \times \delta \times \delta$, $f: C \rightarrow D$. Таким чином, ми дискретизуємо простір C сіткою $D = \{d_{xyz}\}$ ізометричних кубічних комірок d_{xyz} . Розмір комірки δ зазвичай визначається технічними можливостями сенсорів БА та обчислювальними можливостями їх бортових комп'ютерів.

Використовуючи дискретизовану тривимірну просторову модель, побудуємо модель розподіленого спільного простору спостережень БА у вигляді спільної розподіленої дошки Ω . Кожен елемент ω дошки Ω відповідає конкретній комірці $d_{ijk} \in D$. Таким чином, кожен елемент, що позначений координатами (i, j, k) є структурою $\omega_{ijk} = \{X_{1ijk}, \dots, X_{nijk}\}$, що містить значення атрибутів, які визначають спостережуваний стан комірки d_{ijk} (рис. 5). Ці атрибути є залежними від спільної місії БА та процесу їх активності. Так, для задач смарт-рибальства такі атрибути можуть включати: x_1 – вид риби у зграї, x_2 – середня маса рибини у зграї, x_3 – поточна позиція знаряддя лову (ідентифікатор), x_4 – поточна позиція БА (ідентифікатор), x_5 – наявність перешкоди, тощо. Кожен атрибут може розгортатися у множину підатрибутів, наприклад x_{41} – швидкість руху, x_{42} – напрям руху тощо.

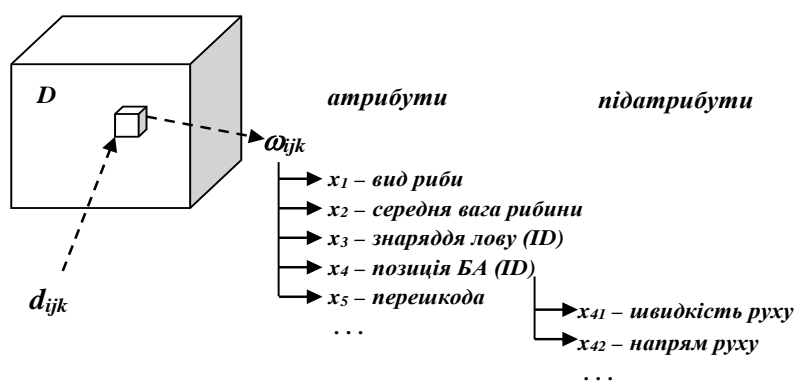


Рис. 5 – Модель розподіленої спільної дошки

Тривимірна розподілена дошка Ω забезпечує прозорість інформації та утворює загальне інформаційне середовище, яке надається всім БА, що задіяні у ансамблі та присутні у просторі спільної взаємодії. Беручи до уваги неточність сенсорів, кожен з атрибутів комірки d

може доповнюватися значенням μ в діапазоні $[0,1]$, що подає впевненість у відповідній властивості всередині d згідно спостереження. Отже, враховуючи, що різні БА ансамблю мають змогу одночасно спостерігати простір взаємодії і фіксувати значення параметрів в одній

і тій же комірці, кожен параметр X_m може бути поданий як кортеж $X_m = \langle (x_1, \mu_1), \dots, (x_i, \mu_i), \dots, (x_n, \mu_n) \rangle$, де x_i – значення параметра X_m , спостережуване i -м БА, а μ_i – оцінка впевненості i -го БА у значенні параметра x_i .

Таким чином, БА повинні мати можливість обмінюватися інформацією про спостережувані атрибути клітин через дошку Ω . Умовою коректного використання спільної дошки Ω як інструменту координації команди є збіг початкової точки системи координат та розміру комірки в системах управління кожного БА ансамблю, що дозволяє обмінюватися інформацією, прозора записуючи її на спільну дошку. Збіг цих параметрів досягається шляхом примусового встановлення однакових

значень під час початку місії або надання їх тим БА, які долучаються до простору взаємодії.

Оскільки для координації БА застосовується розподілений підхід, спільна дошка не є фізичним об'єктом простору взаємодії, а є віртуальною сутністю, адже кожен БА має власний локальний образ віртуальної спільної дошки. Таким чином, кожен БА має зберігати чинну копію спільної дошки та обмінюватися інформацією з іншими БА, для чого використовуються координаційні примітиви (повідомлення), які передаються та приймаються бортовою комунікаційною апаратурою.

Набір координаційних примітивів представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Координаційні примітиви

Примітиви	Функція	Опис
WIT	«Хто там»	БА запитує переклик інших БА
WIN d_{ijk}	«Хто тут»	БА запитує, хто знаходиться в комірці (i,j,k)
IMN d_{ijk}	«Я тут»	БА повідомляє, що він знаходиться в межах комірки (i,j,k)
ORG xyz	“Початкова точка тут”	БА повідомляє, що початкова точка має координати (x,y,z)
GOR	“Отримати початкову точку”	БА запитує координати початкової точки
STG d_{ijk}	“Встановити зграю”	БА встановлює присутність рибної зграї в комірці (i,j,k)
OTG d_{ijk}	“Встановити перешкоду”	БА встановлює наявність перешкоди руху в комірці (i,j,k)
ATG d_{ijk}	“Призначити цільову точку”	БА встановлює цільову точку в комірці (i,j,k)
ISE	«Бачу»	БА перераховує всі спостережувані ним об'єкти та їх атрибути в просторі взаємодії

Впровадження. Високий та середній рівні розподіленого сховища прецедентів розроблено для системи Мусон, що включає сценарно-прецедентний модуль та сховище прецедентів. Сценарії та тригери для кожного класу подій створюються мовою визначення сценаріїв SCDL на основі XML. Розподілене сховище прецедентів побудоване з використанням мови Python та фреймворків Django/GeoDjango, а також БД PostgreSQL.

Рівень управління БА (локальний) розроблено на основі гібридної системи Breeze. Систему віртуальної спільної дошки з відповідними примітивами координації було реалізовано в бортовій системі управління БА на основі мікроконтролера STM32F429 (180 МГц Cortex

M4, 2 Мб Flash / 256 Кб оперативної пам'яті, QSPI Flash N25Q512) та мови програмування C++. Системи Бріз і Мусон також реалізовано за допомогою мови C++.

Запропоноване рішення дозволяє досягти територіального охоплення ансамблю БА в радіусі до 50 км і забезпечує достатню швидкість обробки запитів сценарно-прецедентної системи при виконанні запитів на пошук прецедентів у РСП у відповідності до контексту проблемної ситуації. Під час експерименту використовувалась БД PostgreSQL, що зберігала масив прецедентів потужністю 500 тис., та завадостійкий канал зв'язку з швидкістю до 10 Мбіт/с. XML-кодовані прецеденти мали середній обсяг 6 Кб. Результати експерименту представлено на рис. 6, вони дають підстави для вис-

новку, що час, який витрачається сценарно-прецедентною системою на пошук доречних прецедентів, значно переважає час, за який фрагменти РСП переміщуються до локальних СП БА. Середній час виконання запиту склав близько 5 секунд при використанні методу “push-

on-entry” та близько 7 секунд при використанні методу “case-on-demand” за обсягу відповіді до 20 прецедентів. Отже, в цілому розподілене сховище прецедентів забезпечує можливість координації ансамблю БА в реальному часі.

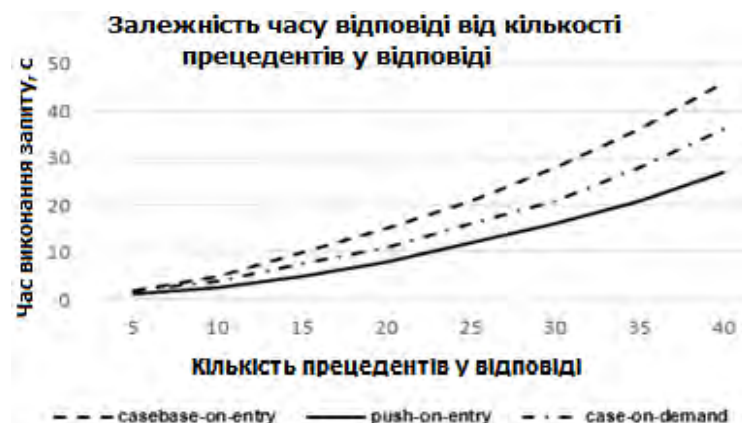


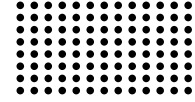
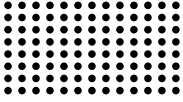
Рис. 6 – Залежність часу виконання запиту до РСП від обсягу відповіді (кількості прецедентів) для методів обміну «casebase-on-entry», «push-on-entry» та «case-on-demand»

Висновки. Статтю присвячено дослідженню архітектури розподіленого ієрархічного сховища прецедентів на основі оцінки компетентності для сценарно-прецедентних систем управління великими ансамблями БА. СП подано як ієрархічно організовану структуру, в якій деякі розподілені розділи просторово пов’язані на основі геоінформаційної системи. Запропоновано модель розподіленого сховища прецедентів та модель розподіленого спільного простору спостережень, визначено набір координаційних примітивів, що забезпечу-

ють прозорість та надійність спільних спостережень БА на тривимірній розподіленій дошці. Доступ до всіх служб забезпечується через Інтернет-з’єднання та спеціальні хмарні шлюзи. СП може надавати множину прецедентів, доречних до контексту проблемної ситуації, як безпосередньо на вимогу БА, так і з використанням механізмів передзамовлення, реакції на вхід до спільного простору та інших методів обробки запитів із використанням XML. Розподілене сховище прецедентів здатне забезпечити функціонування системи управління в реальному часі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sherstjuk, V. (2015). Scenario-Case Coordinated Control of Heterogeneous Ensembles of Unmanned Aerial Vehicles. In *Proceedings of the 2015 IEEE 3rd International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments* (pp. 275–279). <https://doi.org/10.1109/APUAVD.2015.7346620>
2. Sherstjuk, V., Zharikova, M. & Sokol, I. (2017). Maintaining the order of heterogeneous ensemble of unmanned vehicles using level soft topology. In *Proceedings of the 2017 IEEE 4th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments* (pp. 245–249). <https://doi.org/10.1109/APUAVD.2017.8308821>
3. Tošić, P. & Vilalta, R. (2010). A Unified Framework for Reinforcement Learning, Co-Learning and Meta-Learning How to Coordinate in Collaborative Multi-Agent Systems. *Procedia Computer Science* 1(1), 2217–2226. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.04.248>
4. Dutta, K. (2010). How birds fly together: The dynamics of flocking. *Resonance* 15(12), 1097–1110. <https://doi.org/10.1007/s12045-010-0122-5>
5. Jadbabaie, A., Lin, J. & Morse, A. (2003). Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules. *IEEE Transactions on Automatic Control* 48(6), 988–1001. <https://doi.org/10.1109/TAC.2003.812781>
6. Roberts, M.E. & Goldstone, R.L. (2011). Adaptive Group Coordination and Role Differentiation. *PLoS One* 6(7), e22377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022377>
7. Michael, N. & Kumar, V. (2011). Control of ensembles of aerial robots. *Proceedings of the IEEE* 99(9), 1587–1602. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2157275>



8. Lawton, J., Beard, R. & Young, B. (2003). A decentralized approach to formation maneuvers. *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 19(6), 933–941. <https://doi.org/10.1109/TRA.2003.819598>
9. Ben-Asher, Y., Feldman, S., Gurl, P. & Feldman, M. (2008). Distributed Decision and Control for Cooperative UAVs using Ad-Hoc Communication. *IEEE Transactions on Control Systems Technologies* 16(3), 511–516. <https://doi.org/10.1109/TCST.2007.906314>
10. Chen, J., Zhang, X., Xin, B. & Fang, H. (2016). Coordination Between Unmanned Aerial and Ground Vehicles: A Taxonomy and Optimization Perspective. *IEEE Transactions on Cybernetics* 46(4), 959–972. <https://doi.org/10.1109/TCYB.2015.2418337>
11. Waslander, S.L. (2013). Unmanned Aerial and Ground Vehicle Teams: Recent Work and Open Problems. *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering* 65, 21–36. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54276-6_2
12. Carvalhosa, S., Pedro Aguiar, A. & Pascoal, A. (2010). Cooperative Motion Control of Multiple Autonomous Marine Vehicles: Collision Avoidance in Dynamic Environments. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(16), 395–400. <https://doi.org/10.3182/20100906-3-IT-2019.00069>
13. Ros, R., López De Mántaras, R., Sierra, C. & Arcos, J.L. (2005). A CBR system for autonomous robot navigation. In *Proceedings of the 2005 Conference on Artificial Intelligence Research and Developments* 131, 299–306. <https://doi.org/10.5555/1565835.1565881>
14. Шерстюк, В. (2012). Основы теории динамических сценарно-прецедентных интеллектуальных систем. Феникс.
15. Шерстюк, В. (2013). Сценарно-прецедентное управление эргатическими динамическими объектами. Lambert Academic Publishing.
16. Шерстюк, В. (2015). Модель вывода по прецедентам в интеллектуальной системе «Муссон». *Штучний інтелект*, 1-2, 103–111.
17. Zharikova, M. & Sherstjuk, V. (2016). Case-based Approach to Intelligent Safety Domains Assessment for Joint Motion of Vehicles Ensembles. In *Proceedings of the 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control* (pp. 245–250). <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2016.7783153>
18. Sherstjuk, V., Zharikova, M., Liashenko, O., Kyrychuk, D. & Sokol, I. (2018). Motion Coordination in Heterogeneous Ensemble Using Constraint Satisfaction Method. In *Proceedings of the 2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control* (pp. 54–58). <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2018.8576270>

DISTRIBUTED SYNCHRONIZATION MODELS FOR INFORMATION STRUCTURES OF ENSEMBLE OF UNMANNED VEHICLES

Volodymyr Sherstiuk,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kherson National Technical University, Ukraine,
e-mail: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID 0000-0002-9096-2582

Ihor Sokol,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Doctoral Student,
Kherson National Technical University,
ORCID 0000-0002-7324-1441

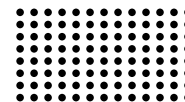
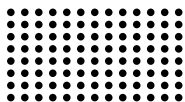
Viktor Husiev,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of
Maritime Applied College of Kherson State Maritime Academy,
ORCID 0000-0001-7775-2276

Ruslan Levkivlyi,

Deputy Director of
Maritime Applied College of Kherson State Maritime Academy,
ORCID 0000-0003-3114-179X

Abstract. The paper considers the topical issue of research and development of coordination methods for large groups of intelligent unmanned vehicles performing joint missions in heterogeneous ensembles. To manage the ensemble of unmanned vehicles, a scenario-case approach is used, which allows the use of retrospective decision-making templates in problem situations, which are considered as dynamic cases, describing acceptable decisions in the form of a set of activity scenarios adaptable to changing environmental conditions. This approach can be used to coordinate heterogeneous ensembles of unmanned vehicles by the conditions of exitance of a sufficient set of cases needed to make decisions in situations of different possible classes (competencies) and synchronize case bases for all unmanned vehicles. To solve the problems of synchronization of case bases, a model of a distributed case base as well as a model of a distributed common observation space are proposed. The distributed case base is presented as a hierarchically organized structure in which certain distributed



sections are spatially connected through a geographic information system. The access to all services is provided through Internet connections and special cloud gateways. The distributed case base can provide a variety of cases relevant to the context of the problem situation, both directly at the request of the unmanned vehicle and using pre-order mechanisms, response to the entrance to the common interaction space and other methods of processing requests using XML. The model of the distributed common space of observations is presented in the form of a three-dimensional distributed board, accessible to each of the unmanned vehicles through the mechanism of coordination primitives. A set of coordination primitives is defined, which ensure transparency and reliability of joint observations of a group of unmanned vehicles. The novelty of the proposed approach is the development of information-distributed models of virtual case base and a common virtual space of observations. The proposed models have a relatively low computational complexity, which ensures the functioning of the control systems in real time. The practical significance of the proposed models is that they provide the ability to coordinate unmanned vehicles in heterogeneous ensembles during joint missions in conditions of significant time constraints, incompleteness and uncertainty of information through the information exchange within the distributed information structures.

Keywords: *case, competence, case base, coordination, synchronization, interaction space, unmanned vehicle.*

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ МОДЕЛИ СИНХРОНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР АНСАМБЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ

Владимир Шерстюк,

д.т.н., профессор,

Херсонский национальный технический университет, Украина,

e-mail: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID 0000-0002-9096-2582

Игорь Сокол,

к.т.н., доцент, докторант,

Херсонский национальный технический университет, Украина,

ORCID 0000-0002-7324-1441

Виктор Гусев,

к.т.н., доцент, начальник колледжа

Херсонской государственной морской академии,

ORCID 0000-0001-7775-2276

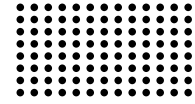
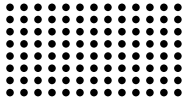
Руслан Левковский,

зам. начальника колледжа

Херсонской государственной морской академии

ORCID 0000-0003-3114-179X

Аннотация. В статье рассмотрен актуальный вопрос исследования и разработки методов координации для больших групп интеллектуальных беспилотных аппаратов, выполняющих совместные миссии в гетерогенных ансамблях. Для управления ансамблем беспилотных аппаратов использован сценарно-прецедентный подход, который предоставляет возможность использования ретроспективных шаблонов принятия решений в проблемных ситуациях, рассматриваемых как динамические прецеденты, содержащие описание приемлемых решений в виде совокупности сценариев активности, адаптивных к меняющимся условиям внешней среды. Данный подход может быть использован для координации гетерогенных ансамблей беспилотных аппаратов при наличии достаточного множества прецедентов, необходимых для принятия решений при возникновении ситуаций различных возможных классов (компетентности) и синхронизации хранилищ прецедентов каждого из беспилотных аппаратов. Для решения задач синхронизации хранилищ прецедентов предложена модель распределенного хранилища прецедентов и модель распределенного общего пространства наблюдений. Хранилище прецедентов представлено как иерархически организованная структура, в которой некоторые пространственно-распределенные разделы связаны посредством геоинформационной системы. Доступ ко всем службам обеспечивается через Интернет-соединение и специальные облачные

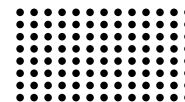
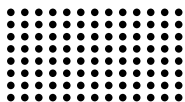


шлюзы. Хранилище прецедентов может представлять множество прецедентов, уместных контексту проблемной ситуации, как непосредственно по требованию беспилотного аппарата, так и при использовании механизмов предзаказа, реакции на вход в общее пространство и других методов обработки запросов с использованием XML. Модель распределенного общего пространства наблюдений представлены в виде трехмерной распределенной доски, доступной каждому с беспилотных аппаратов через механизм обмена координационными примитивами. Определен набор координационных примитивов, обеспечивающих прозрачность и надежность совместных наблюдений группы беспилотных аппаратов. Новизна предложенного подхода заключается в разработке информационно распределенных моделей виртуального хранилища прецедентов и совместного виртуального пространства наблюдений. Предложенные модели имеют сравнительно невысокую вычислительную сложность, что обеспечивает функционирование системы управления в реальном времени. Практическая значимость предложенных моделей заключается в том, что они обеспечивают возможность координации беспилотных аппаратов в гетерогенных ансамблях во время выполнения совместных миссий в условиях значительных ограничений по времени, неполноты и неопределенности информации через обмен информацией в распределенных информационных структурах.

Ключевые слова: прецедент, компетентность, хранилище прецедентов, координация, синхронизация, пространство взаимодействия, беспилотный аппарат.

REFERENCES:

1. Sherstjuk, V. (2015). Scenario-Case Coordinated Control of Heterogeneous Ensembles of Unmanned Aerial Vehicles. In Proceedings of the 2015 IEEE 3rd International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (pp.275–279). <https://doi.org/10.1109/APUAVD.2015.7346620>
2. Sherstjuk, V., Zharikova, M. & Sokol, I. (2017). Maintaining the order of heterogeneous ensemble of unmanned vehicles using level soft topology. In Proceedings of the 2017 IEEE 4th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (pp. 245–249). <https://doi.org/10.1109/APUAVD.2017.8308821>
3. Tošić, P. & Vilalta, R. (2010). A Unified Framework for Reinforcement Learning, Co-Learning and Meta-Learning How to Coordinate in Collaborative Multi-Agent Systems. *Procedia Computer Science* 1(1), 2217–2226. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.04.248>
4. Dutta, K. (2010). How birds fly together: The dynamics of flocking. *Resonance* 15(12), 1097–1110. <https://doi.org/10.1007/s12045-010-0122-5>
5. Jadbabaie, A., Lin, J. & Morse, A. (2003). Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules. *IEEE Transactions on Automatic Control* 48(6), 988–1001. <https://doi.org/10.1109/TAC.2003.812781>
6. Roberts, M.E. & Goldstone, R.L. (2011). Adaptive Group Coordination and Role Differentiation. *PLoS One* 6(7), e22377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022377>
7. Michael, N. & Kumar, V. (2011). Control of ensembles of aerial robots. *Proceedings of the IEEE* 99(9), 1587–1602. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2157275>
8. Lawton, J., Beard, R. & Young, B. (2003). A decentralized approach to formation maneuvers. *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 19(6), 933–941. <https://doi.org/10.1109/TRA.2003.819598>
9. Ben-Asher, Y., Feldman, S., Gurl, P. & Feldman, M. (2008). Distributed Decision and Control for Cooperative UAVs using Ad-Hoc Communication. *IEEE Transactions on Control Systems Technologies* 16(3), 511–516. <https://doi.org/10.1109/TCST.2007.906314>
10. Chen, J., Zhang, X., Xin, B. & Fang, H. (2016). Coordination Between Unmanned Aerial and Ground Vehicles: A Taxonomy and Optimization Perspective. *IEEE Transactions on Cybernetics* 46(4), 959–972. <https://doi.org/10.1109/TCYB.2015.2418337>
11. Waslander, S.L. (2013). Unmanned Aerial and Ground Vehicle Teams: Recent Work and Open Problems. *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering* 65, 21–36. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54276-6_2
12. Carvalhosa, S., Pedro Aguiar, A. & Pascoal, A. (2010). Cooperative Motion Control of Multiple Autonomous Marine Vehicles: Collision Avoidance in Dynamic Environments. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(16), 395–400. <https://doi.org/10.3182/20100906-3-IT-2019.00069>
13. Ros, R., López De Màntaras, R., Sierra, C. & Arcos, J.L. (2005). A CBR system for autonomous robot navigation. In Proceedings of the 2005 Conference on Artificial Intelligence Research and Developments 131, 299–306. <https://doi.org/10.5555/1565835.1565881>
14. Шерстюк, В. (2012). Основы теории динамических сценарно-прецедентных интеллектуальных систем. Феникс.
15. Шерстюк, В. (2013). Сценарно-прецедентное управление эргатическими динамическими объектами. Lambert Academic Publishing.
16. Шерстюк, В. (2015). Модель вывода по прецедентам в интеллектуальной системе «Муссон». Штучний інтелект, 1-2, 103–111.
17. Zharikova, M. & Sherstjuk, V. (2016). Case-based Approach to Intelligent Safety Domains Assessment for Joint Motion of Vehicles Ensembles. In Proceedings of the 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (pp. 245–250). <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2016.7783153>
18. Sherstjuk, V., Zharikova, M., Liashenko, O., Kyrychuk, D. & Sokol, I. (2018). Motion Coordination in Heterogeneous Ensemble Using Constraint Satisfaction Method. In Proceedings of the 2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (pp. 54–58). <https://doi.org/10.1109/MSNMC.2018.8576270>



УДОСКОНАЛЕННЯ ТРЬОХФАКТОРНОЇ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКІВ

УДК 004.412:519.237.5

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.21-31>

Сергій Приходько,

д.т.н., професор, завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна,

E-mail: sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua, 0000-0002-2325-018X

Наталія Приходько,

к.е.н., доцент, доцент кафедри фінансів,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна,

E-mail: natalia.prykhodko@nuos.edu.ua, 0000-0002-3554-7183

Катерина Книрік,

аспірант кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна,

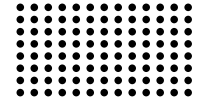
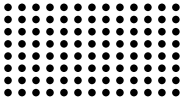
E-mail: katrin010692@gmail.com, 0000-0001-8434-4035

Анотація. Метою статті є удосконалення трьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B .

Методи дослідження. Модель та інтервали передбачення трьохфакторної нелінійної регресії для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків побудовані на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B для негаусівських даних за допомогою відповідних методів множинного нелінійного регресійного аналізу. Методи побудови моделей, довірчих інтервалів та інтервалів передбачення нелінійних регресій засновані на множинному нелінійному регресійному аналізі з використанням багатовимірних нормалізуючих перетворень. Ці методи дозволяють враховувати кореляцію між випадковими величинами у разі нормалізації багатовимірних негаусівських даних. Загалом, це призводить до збільшення множинного коефіцієнту детермінації та відсотку передбачених значень, зменшення середньої величини відносної похибки, ширин довірчих інтервалів і інтервалів передбачення в порівнянні з лінійними моделями та нелінійними моделями, побудованими з використанням одновимірних нормалізуючих перетворень.

Основні результати дослідження. Здійснено порівняння удосконаленої моделі з моделями лінійної регресії та нелінійних регресій на основі десяткового логарифму та одновимірного перетворення Джонсона сімейства S_B .

Наукова новизна. Удосконалено нелінійну регресійну модель та рівняння інтервалу передбачення нелінійної регресії для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків в залежності від кількості екранів,



функцій та файлів мобільного застосунку на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволяє підвищити достовірність оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків у порівнянні з використанням одновимірних нормалізуючих перетворень. Модель, що побудовано, в порівнянні з іншими регресійними моделями (як лінійними, так і нелінійними), має більші значення множинного коефіцієнту детермінації і відсотка прогнозування, менше значення середньої величини відносної похибки та менші ширини інтервалу передбачення нелінійної регресії.

Практична значимість. Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що програмне забезпечення, що реалізує побудовану модель, розроблено Sci-мовою для системи Scilab.

Ключові слова: нелінійна регресійна модель, оцінювання трудомісткості, мобільний застосунок, нормалізуюче перетворення, негаусівські дані.

Постановка проблеми. Оцінювання трудомісткості розробки програмного забезпечення (ПЗ) є однією з важливих задач на початкових етапах його створення. Сьогодні однією з найбільш відомих моделей для оцінювання трудомісткості розробки ПЗ є COSOMO II (COststructive COst MOdel) – нелінійне регресійне рівняння, яке залежить в першу чергу від розміру ПЗ. Але на початкових етапах розробки розмір ПЗ ще невідомий. Крім того, зазначене рівняння побудовано на основі одновимірного нормалізуючого перетворення у вигляді десятичного логарифму. А таке перетворення не завжди дозволяє добре виконати нормалізацію даних. Все це веде до низької достовірності оцінювання трудомісткості розробки будь-якого ПЗ, у тому числі і мобільних застосунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хоча розробка мобільних застосунків схожа на розробку веб-застосунків і має свої корені в більш традиційній розробці ПЗ, однак, однією з суттєвих різниць є те, що відповідні застосунки часто створюють під конкретний мобільний пристрій для того, щоб скористатися його унікальними можливостями [1]. Тому протягом останнього десятиріччя було опубліковано багато різних моделей для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків, включаючи регресійні, як лінійні, так і нелінійні [2-5]. Саме регресійні моделі описують трудомісткість як випадкову величину в залежності від певних факторів. А враховуючи те, що розподіл трудомісткості як правило не є гаусівським [4, 5], потрібно використовувати саме нелінійні регресійні моделі, а їх побудову вести на основі багатовимірних нормалізуючих перетворень [5, 6]. Саме тому у [5] була запропонована трьохфакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків

в залежності від кількості екранів, функцій та файлів мобільного застосунку на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Але при її побудові на останній ітерації відносна точність оцінок параметрів складала 1%, що могло вплинути на якість моделі в першу чергу щодо збільшення ширин довірчого інтервалу нелінійної регресії. Тому виникає необхідність в удосконаленні цієї моделі.

Мета дослідження полягає в удосконаленні трьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволяє підвищити достовірність оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків у порівнянні з іншими регресійними моделями.

Виклад матеріалу дослідження. Для досягнення мети дослідження, як і в [5], ми скористалися методами наведеними в [6]. Згідно з [6] спочатку виконується нормалізація багатовимірних негаусівських даних за багатовимірним нормалізуючим перетворенням. У якості таких даних використані дані, що наведені у табл. 1 [4, 5]. Ці дані отримані шляхом доповнення чотиривимірного набору даних про фактичну трудомісткість розробки Y у людино-годинах, кількість екранів X_1 , функцій X_2 і файлів X_3 для 17 застосунків з [7] ще даними для 21 мобільного застосунку (рядки з 18 по 38).

Як і в [4, 5] для виявлення викидів у даних табл. 1 використовувався метод, оснований на багатовимірних нормалізуючих перетвореннях і квадраті відстані Махаланобіса MD^2 . Також як і в [4, 5] було отримано, що немає викидів в даних табл. 1 для рівня значимості 0,005 та чотиривимірного перетворення Джонсона для сімейства S_B тому, що всі значення MD^2 менше ніж величина квантіля розподілу χ^2 , яка становить 14,86

Таблиця 1 – Дані та границі інтервалів передбачення нелінійних регресій

№	Y	X ₁	X ₂	X ₃	Границі інтервалів передбачення нелінійних регресій					
					LB ₁	UB ₁	LB ₂	UB ₂	LB ₆	UB ₆
1	192	5	4	3	60,47	377,26	91,85	289,05	141,59	216,58
2	272	5	4	3	60,47	377,26	91,85	289,05	-	-
3	288	3	2	2	88,63	524,10	153,04	362,13	233,55	323,15
4	116	6	6	4	51,09	352,88	75,70	268,17	115,56	185,70
5	372	5	5	4	54,51	362,37	-	-	-	-
6	504	9	8	6	90,07	453,34	-	-	-	-
7	28	6	7	2	-0,71	232,51	20,09	160,96	25,13	64,56
8	176	6	7	3	18,85	277,78	37,91	204,55	-	-
9	364	10	11	9	157,35	665,23	267,93	404,24	342,22	409,18
10	120	10	10	5	48,66	363,80	73,41	272,31	110,82	183,41
11	22	6	5	4	70,82	402,23	-	-	-	-
12	224	11	6	2	73,52	447,01	111,94	322,06	171,73	256,38
13	24	2	2	1	-23,85	170,88	8,80	123,53	15,40	49,06
14	200	11	7	4	106,51	511,55	155,93	351,04	-	-
15	160	6	6	7	100,58	490,02	148,29	343,97	-	-
16	120	2	2	1	-23,85	170,88	8,80	123,53	-	-
17	96	4	4	1	-33,37	149,22	1,90	94,96	-	-
18	202	6	5	4	70,82	402,23	103,42	301,71	160,44	237,61
19	145	4	3	2	49,16	353,26	80,77	277,21	124,75	197,83
20	198	6	5	4	70,82	402,23	103,42	301,71	160,44	237,61
21	146	4	3	2	49,16	353,26	80,77	277,21	124,75	197,83
22	191	6	6	5	66,20	392,46	96,35	294,74	151,10	227,57
23	99	3	3	2	24,68	289,97	51,04	229,36	76,40	136,18
24	382	11	12	9	140,13	624,93	257,61	400,94	326,63	397,31
25	270	9	10	8	93,37	477,23	138,38	338,81	218,51	301,14
26	282	12	7	3	104,63	532,46	163,82	362,10	246,66	331,09
27	213	10	5	2	78,45	452,66	117,16	324,35	181,01	264,80
28	322	11	7	5	126,75	560,32	184,64	367,37	278,36	354,89
29	290	10	6	4	109,14	513,13	157,51	350,67	239,89	320,15
30	223	7	7	6	78,58	425,22	112,51	312,36	177,74	257,11
31	241	5	5	6	84,92	449,29	127,21	327,39	204,64	286,26
32	87	5	5	2	17,06	267,28	37,56	200,04	53,04	103,79
33	36	3	3	1	-29,04	153,63	5,31	105,65	15,20	47,36
34	216	8	7	5	77,05	418,56	108,93	307,94	168,47	246,62
35	67	5	6	2	1,39	233,20	22,41	164,98	29,01	69,61
36	115	7	7	3	30,98	306,43	50,32	228,90	72,42	131,49
37	36	2	2	1	-23,85	170,88	8,80	123,53	15,40	49,06
38	98	3	3	2	24,68	289,97	51,04	229,36	76,40	136,18

для рівня значущості 0,005. Як і в [4, 5] оцінки параметрів багатовимірного перетворення Джонсона для сімейства S_B були знайдені за методом максимальної правдоподібності: $\hat{\gamma}_Y = 5,69898$, $\hat{\gamma}_1 = 0,524119$, $\hat{\gamma}_2 = 0,776179$, $\hat{\gamma}_3 = 0,540973$, $\hat{\eta}_Y = 2,40219$, $\hat{\eta}_1 = 0,743879$, $\hat{\eta}_2 = 0,79545$, $\hat{\eta}_3 = 0,534447$, $\hat{\phi}_Y = -114,5452$, $\hat{\phi}_1 = 1,7242$, $\hat{\phi}_2 = 1,6885$, $\hat{\phi}_3 = 0,90$, $\hat{\lambda}_Y = 3328,564$, $\hat{\lambda}_1 = 12,3743$, $\hat{\lambda}_2 = 12,091$ і $\hat{\lambda}_3 = 8,30648$.

Далі для нормалізованих за чотиривимірним перетворенням Джонсона сімейства SB даних будуємо лінійну регресійну модель [6]

$$Z_Y = \hat{Z}_Y + \varepsilon = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 Z_1 + \hat{b}_2 Z_2 + \hat{b}_3 Z_3 + \varepsilon, \quad (1)$$

де ε – випадкова величина з розподілом Гаусу, $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Параметри моделі (1) оцінювалися методом найменших квадратів, а їх оцінки є такими як і в [5]: $\hat{b}_0 = 0$, $\hat{b}_1 = 0,808152$, $\hat{b}_2 = -0,928296$, $\hat{b}_3 = 0,854262$. Сума квадратів відхилень для моделі (1) склала 14,867.

За (1) та чотиривимірним перетворенням Джонсона сімейства S_B будуємо нелінійну регресійну модель для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків [5, 6]

$$Y = \hat{\phi}_Y + \hat{\lambda}_Y \left[1 + e^{-\left(\hat{Z}_Y + \varepsilon - \hat{\gamma}_Y\right) / \hat{\eta}_Y} \right]^{-1}, \quad (2)$$

де $Z_j = \gamma_j + \eta_j \ln \frac{X_j - \phi_j}{\phi_j + \lambda_j - X_j}$, $\phi_j < X_j < \phi_j + \lambda_j$, $j = 1, 2, 3$.

Якість побудованої моделі (2) була перевірена за множинним коефіцієнтом детермінації R^2 , середньою

$$\hat{Y}_{PI} = \psi_Y^{-1} \left(\hat{Z}_Y \pm t_{\alpha/2, \nu} S_{Z_Y} \left\{ 1 + \frac{1}{N} + (\mathbf{z}_X^+)^T \left[(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ \right]^{-1} (\mathbf{z}_X^+) \right\}^{1/2} \right), \quad (3)$$

де ψ_Y – перша компонента багатовимірного нормалізуючого перетворення $\mathbf{T} = \psi(\mathbf{P})$ негаусівського випадкового вектору $\mathbf{P} = \{Y, X_1, X_2, \dots, X_k\}^T$ в гаусівський випадковий вектор $\mathbf{T} = \{Z_Y, Z_1, Z_2, \dots, Z_k\}^T$; $t_{\alpha/2, \nu}$ – квантіль t-розподілу Стюдента з кількістю ступенів вільності ν та рівнем значущості $\alpha/2$; \mathbf{Z}_X^+ – матриця центрованих регресорів, яка у нашому

випадку містить значення $Z_{1_i} - \bar{Z}_1$, $Z_{2_i} - \bar{Z}_2$, $Z_{3_i} - \bar{Z}_3$; $\mathbf{z}_X^+ = \{Z_{1_i} - \bar{Z}_1, Z_{2_i} - \bar{Z}_2, Z_{3_i} - \bar{Z}_3\}^T$; $S_{Z_Y}^2 = \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^N (Z_{Y_i} - \hat{Z}_{Y_i})^2$, $\nu = N - k - 1$; $(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ - k \times k$ матриця

величиною відносної помилки MMRE і відсотком прогнозування PRED(0,25), які використовуються в якості стандартних оцінок результатів передбачення за допомогою регресійних моделей і в програмній інженерії [8, 9]. Значення R^2 , MMRE і PRED(0,25) дорівнюють 0,579, 0,493 і 0,526 відповідно. Вони вказують на незадовільну якість рівняння (2) з оцінками параметрів, що були отримані за даними з табл.1 з 38 мобільних застосунків. Тому як і в [5] для побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків далі було застосовано метод покращення нелінійних регресійних моделей на основі багатовимірних нормалізуючих перетворень із застосуванням інтервалів передбачення. Суть цього методу полягає у наступному. Спочатку на першому етапі, як це зазвичай робиться, початкові негаусівські дані перевіряються на наявність викидів і, якщо останні знайдено, то вони відкидаються. На першому етапі рівень значущості приймається 0,005. Далі на другому етапі будується нелінійна регресійна модель із застосуванням відповідного методу на основі багатовимірних нормалізуючих перетворень [6]. Після цього на третьому етапі для рівня значущості, що дорівнює 0,05, визначаються границі інтервалу передбачення нелінійної регресії за методом, наведеним в [6]. І на останньому четвертому етапі перевіряють, чи є серед даних, за якими будувалася регресійна модель такі, що виходять за визначені границі інтервалу передбачення. Та, якщо останні знайдено, то вони відкидаються і ми повторюємо всі етапи для нових даних. Якщо таких викидів не було, то повторення етапів припиняється, відповідна нелінійна регресійна модель побудована.

Для визначення нижньої і верхньої границь інтервалів передбачення нелінійних регресій побудовано відповідні рівняння за [6]

$$(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ = \begin{pmatrix} S_{Z_1Z_1} & S_{Z_1Z_2} & \dots & S_{Z_1Z_k} \\ S_{Z_1Z_2} & S_{Z_2Z_2} & \dots & S_{Z_2Z_k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{Z_1Z_k} & S_{Z_2Z_k} & \dots & S_{Z_kZ_k} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де $S_{Z_qZ_r} = \sum_{i=1}^N [Z_{q_i} - \bar{Z}_q][Z_{r_i} - \bar{Z}_r]$, $q, r = 1, 2, \dots, k$.

У нашому випадку $k=3$.

Для нелінійної регресійної моделі (2) з оцінками параметрів, що були отримані за даними табл. 1 з 38 застосунків для рівня значущості 0,05 виявилось: значення Y для трьох застосунків (5, 6 і 11) виходять за визначені границі інтервалу передбачення. У табл. 1 ліві границі інтервалу передбачення, що отриманий на першій і другій ітераціях за (3), позначені як LB_1 і LB_2 , а праві – як UB_1 і UB_2 відповідно. Всього було 6 таких ітерацій, після яких залишилося 29 застосунків (1, 3, 4, 7, 9, 10, 12, 13, 18-38). У табл. 1 ліва границя інтервалу передбачення, що отриманий на шостій ітерації за (3), позначена як LB_6 , а права – як UB_6 . Зазначимо, що отримані на п'ятій ітерації ширини інтервалів передбачення у порівнянні з тими, що наведені у [5], виявилися меншими на 10,0–22,5%. За рахунок цього на п'ятій ітерації ще один застосунок 14 був вилучений. Зазначимо, що у [5] п'ята ітерація була останньою. У нашому випадку, що розглядається, на шостій ітерації викидів не було, відповідна нелінійна регресійна модель побудована. На шостій ітерації для даних з 29 мобільних застосунків оцінки параметрів чотиривимірного перетворення Джонсона сімейства S_B такі: $\hat{\gamma}_Y = 0,638164$, $\hat{\gamma}_1 = 0,387413$, $\hat{\gamma}_2 = 0,840380$, $\hat{\gamma}_3 = 0,477514$, $\hat{\eta}_Y = 1,12311$, $\hat{\eta}_1 = 0,659463$, $\hat{\eta}_2 = 0,831303$, $\hat{\eta}_3 = 0,632614$, $\hat{\phi}_Y = -28,4433$, $\hat{\phi}_1 = 1,82645$, $\hat{\phi}_2 = 1,59121$, $\hat{\phi}_3 = 0,657479$, $\hat{\lambda}_Y = 543,161$, $\hat{\lambda}_1 = 11,5548$, $\lambda_2 = 12,9939$ і $\hat{\lambda}_3 = 8,63368$, оцінки параметрів рівняння (1) наступні: $\hat{b}_0 = 0$, $\hat{b}_1 = 1,17702$, $\hat{b}_2 = -1,43269$, $\hat{b}_3 = 1,18398$, а матриця (4) для визначення нижньої і верхньої границь інтервалів передбачення нелінійної регресії за (3) є такою:

$$(\mathbf{Z}_X^+)^T \mathbf{Z}_X^+ = \begin{pmatrix} 29,0 & 24,8 & 18,7 \\ 24,8 & 29,0 & 23,6 \\ 18,7 & 23,6 & 29,0 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Зазначимо, сума квадратів відхилень для моделі (1) на шостій ітерації склала 0,6189, що у 24 рази менше за

відповідну суму на першій ітерації. Сума квадратів відхилень для моделі (2) на шостій ітерації склала 4669,6, що у 42 рази менше за відповідну суму на першій ітерації. Значення R^2 , MMRE і PRED(0,25) дорівнюють 0,984, 0,103 і 0,862 відповідно і вказують на добру якість моделі (2) з оцінками параметрів, що були отримані на шостій ітерації за даними табл. 1 з 29 мобільних застосунків.

Для порівняння нелінійної регресійної моделі (2), яка отримана на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , з іншими моделями було побудовано лінійну регресійну модель та нелінійні регресійні моделі із застосуванням одновимірних нормалізуючих перетворень у вигляді десяткового логарифму та Джонсона сімейства S_B з оцінками параметрів, що були також знайдені за даними табл. 1 з 29 мобільних застосунків. Лінійна регресійна модель для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків має вигляд

$$Y = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X_1 + \hat{b}_2 X_2 + \hat{b}_3 X_3 + \varepsilon, \quad (6)$$

де оцінки параметрів такі: $\hat{b}_0 = 36,8484$, $\hat{b}_1 = 31,3019$, $\hat{b}_2 = -43,4205$, $\hat{b}_3 = 50,5983$.

Сума квадратів відхилень для моделі (6) склала 40 908,4, що майже у 9 разів більше за відповідну суму для моделі (2), яка отримана на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Значення R^2 , MMRE і PRED(0,25) для моделі (6) дорівнюють 0,857, 0,228 і 0,793 відповідно. Хоча ці значення вказують на непогану якість моделі (6) з оцінками параметрів, що були отримані за даними табл. 1 з 29 мобільних застосунків, але вони гірші за відповідні значення для моделі (2), яка побудована на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Крім того була перевірена нульова гіпотеза про нормальність закону розподілу випадкової величини ε моделі (6) за критерієм Пірсона χ^2 . Для вибірки значень випадкової величини ε значення χ^2 , яке дорівнює 23,37, більше за $\chi_{кр}^2$, що становить 7,81 для 3 ступенів вільності та 0,05 рівня значущості. Тобто, цю гіпотезу про нормальність розподілу випадкової величини ε потрібно відкинути. Це свідчить про відсутність теоретичного обґрунтування можливості використання моделі лінійної регресії (6) і призводить до необхідності побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків.

Для побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків негаусівськи дані табл. 1 з 29 застосунків ми нормалізуємо за одновимірним перетворенням у формі десяткового логарифму. Далі для нормалізованих даних будуємо лінійну регресійну модель (1), параметри якої оцінювалися методом найменших квадратів, а їх оцінки є такими: $\hat{b}_0 = 1,72206$, $\hat{b}_1 = 1,75435$, $\hat{b}_2 = -2,16953$, $\hat{b}_3 = 1,29794$. Сума квадратів відхилень для моделі (1) у цьому разі склала 0,29135. Після чого за (1) та перетворенням у вигляді десяткового логарифму будуємо нелінійну регресійну модель для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків

$$Y = 10^{\hat{b}_0} X_1^{\hat{b}_1} X_2^{\hat{b}_2} X_3^{\hat{b}_3}. \quad (7)$$

Сума квадратів відхилень для моделі (7) склала 53 624,7, що понад 11 разів більше за відповідну суму для моделі (2), яка отримана на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Значення R^2 , MMRE і PRED(0,25) для моделі (7) дорівнюють 0,812, 0,198 і 0,690 відповідно. Значення PRED(0,25) вказує на незадовільну якість моделі (6) з оцінками параметрів, що були отримані за даними табл. 1 з 29 мобільних застосунків. Значення всіх трьох показників гірші за відповідні значення для моделі (2), яка побудована на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B .

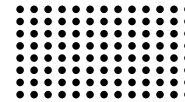
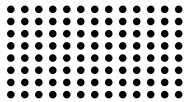
Нелінійну регресійну модель (2), яка отримана на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , ми також порівняли з нелінійною регресійною моделлю із застосуванням одновимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B з оцінками параметрів, що були знайдені за даними табл. 1 з 29 мобільних застосунків. Для даних з 29 застосунків оцінки параметрів одновимірних перетворень Джонсона сімейства S_B такі: $\hat{\gamma}_Y = 0,250621$, $\hat{\gamma}_1 = 0,147151$, $\hat{\gamma}_2 = 0,471451$, $\hat{\gamma}_3 = 0,605927$, $\hat{\eta}_Y = 0,548155$, $\hat{\eta}_1 = 0,519404$, $\hat{\eta}_2 = 0,558891$, $\hat{\eta}_3 = 0,575457$, $\hat{\phi}_Y = 21,1791$, $\hat{\phi}_1 = 1,90$, $\hat{\phi}_2 = 1,90$, $\hat{\phi}_3 = 0,90$, $\hat{\lambda}_Y = 367,0776$, $\hat{\lambda}_1 = 10,2064$, $\hat{\lambda}_2 = 10,3804$ і $\hat{\lambda}_3 = 8,58177$, а оцінки параметрів рівняння (1) наступні: $\hat{b}_0 = 0$, $\hat{b}_1 = 1,19747$, $\hat{b}_2 = -1,43924$, $\hat{b}_3 = 1,22071$. Сума квадратів відхилень для моделі (2) з параметрами, що отримані на основі одновимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B ,

склала 39 265,6, що понад 8 разів більше за відповідну суму для моделі (2) з параметрами, які отримані на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Значення R^2 , MMRE і PRED(0,25) для моделі (2) на основі одновимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B дорівнюють 0,863, 0,188 і 0,690 відповідно. Значення PRED(0,25) вказує на незадовільну якість моделі (2) на основі одновимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B . Значення всіх трьох показників гірші за відповідні значення для моделі (2), яка побудована на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B .

Зазначимо, що основна перевага моделі (2) на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B у порівнянні з лінійною моделлю (6) та нелінійними регресійними моделями із застосуванням одновимірних нормалізуючих перетворень у вигляді десяткового логарифму (Log10) та Джонсона сімейства S_B полягає у менших шириних інтервалу передбачення нелінійної регресії трудомісткості розробки мобільних застосунків практично для всіх даних. Границі інтервалів передбачення нелінійних регресій трудомісткості розробки 29 мобільних застосунків з табл. 1 наведені у табл. 2 для лінійної моделі (6), нелінійних моделей (7) та (2) для двох перетворень Джонсона сімейства S_B : одновимірного і чотиривимірного.

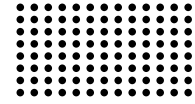
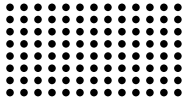
Данні табл. 2 вказують на те, що модель (2) з відповідними параметрами для чотиривимірного перетворення Джонсона сімейства S_B у порівнянні з моделями (6) та (7) має значно менші ширини інтервалу передбачення (від 97 % до 444 % у порівнянні з лінійною моделлю та від 22 % до 527 % у порівнянні з нелінійною моделлю на основі Log10) для всіх 29 мобільних застосунків. Також з табл. 2 можна побачити, що ширини довірчого інтервалу нелінійної регресії на основі чотиривимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B менші, ніж для одновимірного перетворення Джонсона для 28 застосунків від 16% до 329% (окрім застосунку 33, для якого ширина менше на 9%).

Кращі показники оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків за моделлю нелінійної регресії на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B можна в першу чергу пояснити кращою нормалізацією, яка перевірялася за відомими критеріями [10]. Так, якщо за критерієм на



Таблиця 2 – Границі інтервалів передбачення лінійної та нелінійних регресій

№	Y	Лінійної регресії		Одновимірне перетворення Log10		Одновимірне перетворення Джонсона		Чотиривимірне перетворення Джонсона	
		LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
1	192	85,9	257,1	107,8	309,2	44,4	340,6	141,6	216,6
3	288	56,8	233,5	111,5	351,7	136,9	384,7	233,6	323,2
4	116	81,5	251,6	89,7	256,0	40,7	332,4	115,6	185,7
7	28	-72,1	115,9	24,9	78,1	23,0	162,5	25,1	64,6
9	364	234,9	420,4	164,5	495,7	181,8	385,1	342,2	409,2
10	120	77,1	260,2	95,4	281,0	41,5	340,4	110,8	183,4
12	224	128,7	314,9	100,3	317,6	68,2	370,7	171,7	256,4
13	24	-24,9	151,3	22,6	69,1	21,7	79,7	15,4	49,1
18	202	124,4	295,5	132,9	381,0	56,0	356,2	160,4	237,6
19	145	46,7	219,3	79,8	232,0	35,6	317,2	124,8	197,8
20	198	124,4	295,5	132,9	381,0	56,0	356,2	160,4	237,6
21	146	46,7	219,3	79,8	232,0	35,6	317,2	124,8	197,8
22	191	131,1	303,1	119,0	344,2	55,3	356,3	151,1	227,6
23	99	15,0	188,4	48,1	140,4	27,3	256,1	76,4	136,2
24	382	221,9	409,1	160,7	485,7	71,6	375,0	326,6	397,3
25	270	198,8	379,5	144,9	432,9	98,2	376,9	218,5	301,1
26	282	167,2	353,5	144,1	440,2	290,2	387,7	246,7	331,1
27	213	142,1	325,8	126,0	398,9	61,6	364,9	181,0	264,8
28	322	239,9	420,5	243,4	723,3	197,5	384,9	278,4	354,9
29	290	202,4	381,1	215,0	640,8	124,4	379,7	239,9	320,2
30	223	168,7	342,5	141,0	410,4	72,7	368,0	177,7	257,1
31	241	187,9	371,8	159,0	481,3	82,6	373,3	204,6	286,3
32	87	-9,4	164,3	38,9	113,4	25,2	219,4	53,0	103,8
33	36	-36,5	138,6	19,1	58,3	21,4	50,7	15,2	47,4
34	216	151,0	321,6	141,8	406,2	67,3	364,3	168,5	246,6
35	67	-56,6	124,7	25,6	78,3	23,2	166,8	29,0	69,6
36	115	15,7	192,0	57,4	166,9	29,7	282,7	72,4	131,5
37	36	-24,9	151,3	22,6	69,1	21,7	79,7	15,4	49,1
38	98	15,0	188,4	48,1	140,4	27,3	256,1	76,4	136,2



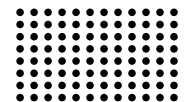
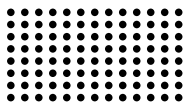
основі квадрата відстані Махаланобіса гіпотеза про нормальність багатовимірного закону розподілу нормалізованих за допомогою чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B даних для 29 застосунків з табл. 1 приймається для рівня значущості 0,05, то у випадку застосування одновимірних перетворень – відкидається. Також про негаусівський розподіл чотиривимірних даних з табл. 1 свідчить оцінка багатовимірного ексцесу β_2 , яка визначалася за [11]. Відомо, що для m -вимірного нормального розподілу $\beta_2 = m(m + 2)$. У нашому випадку $\beta_2 = 24$. Для чотиривимірних даних табл. 1 з 29 застосунків, що нормалізовані за допомогою одновимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B , оцінка β_2 дорівнює 34,82, що на 45% перевищує теоретичне значення. У разі застосування чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B для зазначених даних оцінка β_2 дорівнює 25,09, що всього на 4,6% перевищує теоретичне значення.

Висновки. Удосконалено нелінійну регресійну модель та рівняння інтервалу передбачення нелінійної регресії для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків в залежності від кількості

екранів, функцій та файлів мобільного застосунку на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , що дозволяє підвищити достовірність оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків у порівнянні з використанням одновимірних нормалізуючих перетворень. Модель, що побудовано, в порівнянні з іншими регресійними моделями (як лінійними, так і нелінійними), має більші значення множинного коефіцієнту детермінації і відсотка прогнозування, менше значення середньої величини відносної похибки та менші ширини інтервалу передбачення нелінійної регресії. На прикладі удосконалення трьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків підтверджено працездатність методу покращення нелінійних регресійних моделей на основі багатовимірних нормалізуючих перетворень із застосуванням квадрата відстані Махаланобіса та інтервалів передбачення. В майбутньому планується використання інших наборів даних для побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Rouse, M. (2019) *Mobile application development*. Retrieved December 19, 2019, from <https://searchmicroservices.techtarget.com/definition/mobile-application-development>
2. Francese, R., Gravino, C., Risi, M., Scanniello, G., & Tortora, G. (2015) On the use of requirements measures to predict software project and product measures in the context of Android mobile apps: A preliminary study. In *Proceedings of the 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA 2015)*. (August 26–28, 2015, Funchal, Portugal) (pp. 357–364). Funchal. <https://doi.org/10.1109/SEAA.2015.22>
3. Shahwaiz, S.A., Malik, A.A., & Sabahat, N. (2016) A parametric effort estimation model for mobile apps. In *Proceedings of the 19th International Multi-Topic Conference (INMIC 2016)* (pp. 1–6). Islamabad. <https://doi.org/10.1109/INMIC.2016.7840114>
4. Приходько, С.Б., Приходько, Н.В., & Книрик, К.О. (2019) Трьохфакторне нелінійне регресійне рівняння для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків у фазі планування. *Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки»*, 30(69), № 5, 154–160. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-1/25>
5. Prykhodko, S., Prykhodko, N., Knyrik, K., & Pukhalevych, A. (2019) Mathematical Modeling of Effort of Mobile Application Development in a Planning Phase. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems, CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 2516 (pp. 96–105.). Mykolaiv, CEUR-WS.org
6. Prykhodko, N.V., & Prykhodko, S.B. (2018) Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations. *Electronic modeling*, 6(40), 101–110. <https://doi.org/10.15407/emodel.40.06.101>
7. Arnuphaptrairong, T., & Suksawasat, W. (2017) An Empirical Validation of Mobile Application Effort Estimation Models. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS 2017)* (pp. 697–701). Hong Kong.
8. Foss, T., Stensrud, E., Kitchenham, B., & Myrtveit, I. (2003) A simulation study of the model evaluation criterion MMRE. *IEEE Transactions on software engineering*, 11(29), 985–995.
9. Port, D., & Korte, M. (2008) Comparative studies of the model evaluation criterions MMRE and PRED in software cost estimation research. In *Proceedings of the 2nd ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement* (pp. 51–60). ACM, New York.
10. Olkin, I., Sampson, A.R. (2001) Multivariate Analysis: Overview. In N.J. Smelser, & P.B. Baltes (Eds.) 1st edn., *International encyclopedia of social & behavioral sciences* (pp. 10240–10247). Elsevier, Pergamon.
11. Mardia, K.V. (1970) Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*, Vol. 57, 519–530. <https://doi.org/10.1093/biomet/57.3.519>



IMPROVING THE THREE-FACTOR NON-LINEAR REGRESSION MODEL TO ESTIMATE MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT EFFORTS

Sergiy Prykhodko,

Dr. Sc., Professor, Head of Department of Software of Automated Systems,
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolayev, Ukraine,
e-mail: sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua, 0000-0002-2325-018X

Natalia Prykhodko,

PhD, Assistant Professor, Assistant Professor of Finance Department,
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolayev, Ukraine,
e-mail: natalia.prykhodko@nuos.edu.ua, 0000-0002-3554-7183

Kateryna Knyrik,

Postgraduate Student of Department of Software of Automated Systems,
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolayev, Ukraine,
e-mail: katrin010692@gmail.com, 0000-0001-8434-4035

Abstract. The goal of the article is to improve the three-factor non-linear regression model for estimating the efforts of development of mobile applications based on the Johnson four-variate normalizing transformation for S_B family.

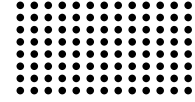
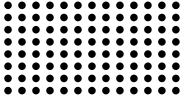
Research methods. The model and prediction intervals of the three-factor non-linear regression model to estimate mobile application development efforts are constructed on the basis of the Johnson four-variate normalizing transformation for non-Gaussian data with the help of appropriate methods of multiple non-linear regression analysis. The methods based on the multiple non-linear regression analysis using the multivariate normalizing transformations to build the models, confidence and prediction intervals of multiple non-linear regressions are used. The methods allow to take into account the correlation between random variables in the case of normalization of multivariate non-Gaussian data. In general, this leads to an increase of a multiple coefficient of determination and percentage of prediction, a reduction of the mean magnitude of relative error, the widths of the confidence and prediction intervals in comparison with the linear models and nonlinear models constructed by univariate normalizing transformations.

Main results of research. Comparison of the improved model with the linear model and non-linear regression models based on the decimal logarithm and the Johnson univariate transformation for S_B family has been performed.

The scientific novelty of obtained results is that the three-factor non-linear regression model and prediction interval equation of nonlinear regression to estimate mobile application development efforts are improved based on the number of screens, features, and mobile application files using the Johnson four-variate transformation for S_B family. This allows us to increase the confidence of estimating the mobile application development efforts compared to the use of univariate normalizing transformations. The improved model, in comparison with other regression models (both linear and non-linear), has a larger multiple coefficient of determination, a larger value of percentage of prediction, a smaller value of the mean magnitude of relative error, and smaller widths of the prediction intervals of multiple non-linear regression.

The practical significance. The practical significance of obtained results is that the software realizing the improved model is developed in the sci-language for Scilab.

Keywords: *non-linear regression model, effort estimation, mobile application, normalizing transformation, non-Gaussian data.*



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРЕХФАКТОРНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРУДОЕМКОСТИ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Сергей Приходько,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения автоматизированных систем,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, Украина,
e-mail: sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua, 0000-0002-2325-018X

Наталья Приходько,

к.э.н., доцент, доцент кафедры финансов,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, Украина,
e-mail: natalia.prykhodko@nuos.edu.ua, 0000-0002-3554-7183

Екатерина Кнырик,

аспирант кафедры программного обеспечения автоматизированных систем,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, Украина,
e-mail: katrin010692@gmail.com, 0000-0001-8434-4035

Аннотация. Целью статьи является совершенствование трехфакторной нелинейной регрессионной модели для оценки трудоемкости разработки мобильных приложений на основе четырехмерного нормализующего преобразования Джонсона семейства S_B .

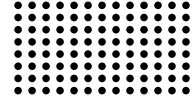
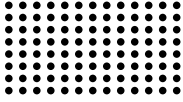
Методы исследования. Модель и интервалы предсказания трехфакторной нелинейной регрессии для оценки трудоемкости разработки мобильных приложений построены на основе четырехмерного нормализующего преобразования Джонсона семейства S_B для негауссовских данных с помощью соответствующих методов множественного нелинейного регрессионного анализа. Методы построения моделей, доверительных интервалов и интервалов предсказания нелинейных регрессий основаны на множественном нелинейном регрессионном анализе с использованием многомерных нормализующих преобразований. Эти методы позволяют учитывать корреляцию между случайными величинами в случае нормализации многомерных негауссовских данных. В общем, это приводит к увеличению множественного коэффициента детерминации и проценту предсказанных значений, уменьшению средней величины относительной погрешности ширин доверительных интервалов и интервалов предсказания по сравнению с линейными моделями и нелинейными моделями, построенными с использованием одномерных нормализующих преобразований.

Основные результаты исследования. Проведено сравнение усовершенствованной модели с моделями линейной регрессии и нелинейных регрессий на основе десятичного логарифма и одномерного преобразования Джонсона семейства S_B .

Научная новизна. Усовершенствовано нелинейную регрессионную модель и уравнения интервала предсказания нелинейной регрессии для оценки трудоемкости разработки мобильных приложений в зависимости от количества экранов, функций мобильного приложения на основе четырехмерного нормализующего преобразования Джонсона семейства S_B , что позволяет повысить достоверность оценки трудоемкости разработки мобильных приложений по сравнению с использованием одномерных нормализующих преобразований. Построенная модель по сравнению с другими регрессионными моделями (как линейными, так и нелинейными), имеет большие значения множественного коэффициента детерминации и процента прогнозирования, меньшее значение средней величины относительной погрешности и меньшие ширины интервала предсказания нелинейной регрессии.

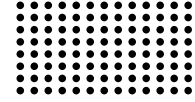
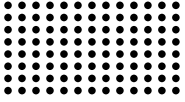
Практическая значимость. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что программное обеспечение, реализующее построенную модель, разработаны Sci-языком для системы Scilab.

Ключевые слова: нелинейная регрессионная модель, оценка трудоемкости, мобильное приложение, нормализующее преобразования, негауссовские данные.



REFERENCES:

1. Rouse, M. Mobile application development / M. Rouse // URL: <https://searchmicroservices.techtarget.com/definition/mobile-application-development> (дата звернення: 19.12.2019).
2. Francese, R. On the use of requirements measures to predict software project and product measures in the context of Android mobile apps: A preliminary study / R. Francese, C. Gravino, M. Risi, G. Scanniello, G. Tortora // Proceedings of the 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA 2015). (August 26–28, 2015, Funchal, Portugal). Funchal, 2015. – P. 357–364. – DOI: 10.1109/SEAA.2015.22
3. Shahwaiz, S.A. A parametric effort estimation model for mobile apps / S.A. Shahwaiz, A.A. Malik, N. Sabahat // Proceedings of the 19th International Multi-Topic Conference (INMIC 2016). (December 5–6, 2016, Islamabad, Pakistan). Islamabad, 2016. – P. 1–6. – DOI: 10.1109/INMIC.2016.7840114
4. Приходько, С.Б. Трьохфакторне нелінійне регресійне рівняння для оцінювання трудомісткості розробки мобільних застосунків у фазі планування / С.Б. Приходько, Н.В. Приходько, К.О. Книрик // Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки», Том 30 (69), № 5, 2019. – С. 154–160. – DOI: 10.32838/2663-5941/2019.5-1/25
5. Prykhodko, S. Mathematical Modeling of Effort of Mobile Application Development in a Planning Phase / Sergiy Prykhodko, Natalia Prykhodko, Kateryna Knyrik, Andrii Pukhalevych // Proceedings of the 1st International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems, November, 14–15, 2019, Mykolaiv, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – Vol. 2516. – Mykolaiv, Ukraine. CEUR-WS.org – P. 96–105. – ISSN 1613–0073.
6. Prykhodko, N.V. Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations / N.V. Prykhodko, S.B. Prykhodko // Electronic modeling, Vol. 40, No. 6, 2018. – P. 101–110. DOI: 10.15407/emodel.40.06.101
7. Arnuphaptrairong, T. An Empirical Validation of Mobile Application Effort Estimation Models / T. Arnuphaptrairong, W. Suksawasd // Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS 2017). (March 15–17, 2017, Hong Kong, China). Hong Kong, 2017. – P. 697–701.
8. Foss, T. A simulation study of the model evaluation criterion MMRE / T. Foss, E. Stensrud, B. Kitchenham, I. Myrtveit // IEEE Transactions on software engineering, 11(29), 2003. – P. 985–995.
9. Port, D. Comparative studies of the model evaluation criterions MMRE and PRED in software cost estimation research / D. Port, M. Korte // Proceedings of the 2nd ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. – ACM, New York, 2008. – P. 51–60.
10. Olkin, I. Multivariate Analysis: Overview / I. Olkin, A. R. Sampson // International encyclopedia of social & behavioral sciences / N.J. Smelser, P.B. Baltes (eds.) 1st edn. – Elsevier, Pergamon, 2001. – P. 10240–10247.
11. Mardia, K.V. Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications / K.V. Mardia // Biometrika, Vol. 57, 1970. – P. 519–530. – DOI: 10.1093/biomet/57.3.519



СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ

УДК 004.931

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.32-43>

Олексій Бичков,

д.т.н., доцент, завідувач кафедрою програмних систем і технологій факультету інформаційних технологій,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

E-mail: bos.knu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9378-9535

Катерина Меркулова,

к.т.н., доцент, доцент кафедри програмних систем і технологій факультету інформаційних технологій,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

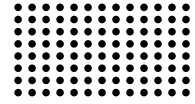
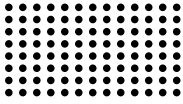
E-mail: kate.don11@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6347-5191

Єлизавета Жабська,

E-mail: y.zhabska@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9917-3723

Анотація. Статтю присвячено створенню системи розпізнавання облич на основі вейвлет-перетворень. У ході аналізу було розроблено математичну модель обробки зображень на основі методів з використанням вейвлет-перетворень (на основі вейвлетів Добеші, симлетів, койфлетів, біортогональних і зворотних біортогональних вейвлетів, вейвлетів Габора та лог-Габора), формування вектору ознак за допомогою обчислення статистичних характеристик зображення (середнього значення інтенсивності, середньо-квадратичного відхилення, дисперсії, ентропії) та класифікації зображень з використанням метрик відстаней між векторами (відстань Мінковського, Мангеттенська відстань, відстань Евкліда, відстань Брея-Кертіса, відстань Канберра, кореляційна відстань, косинусна відстань та квадратична відстань Евкліда). Оскільки головним показником працездатності системи є точність розпізнавання, яку вона демонструє, було виявлено необхідність проведення експериментальних досліджень для вибору методів, які доцільно використовувати в системі. Результати досліджень показали, що найбільш точних результатів розпізнавання система досягає при використанні вейвлет-перетворення на основі зворотних біортогональних вейвлетів для обробки зображення, методу обчислення середньо-квадратичного відхилення для формування вектору ознак та Мангеттенської відстані в якості метрики класифікації зображень. За таких параметрів створена система досягла точності розпізнавання з показником 97,5 %. Тема дослідження є актуальною, оскільки системи розпізнавання облич повинні гарантувати високу точність та надійність в умовах зростання кількості порушень безпеки і шахрайства у сучасному інформаційному просторі. Новизна роботи полягає у виборі та застосуванні комбінації обраних методів на кожному з етапів роботи системи. Дослідження має практичну значимість, оскільки його результатом є система з високою точністю розпізнавання.

Ключові слова: розпізнавання облич, вейвлет-перетворення, ідентифікація особи, обробка зображень, класифікація зображень.



Постановка проблеми. В останні роки в усьому світі спостерігається зростаючий інтерес до методів розпізнавання та ідентифікації особистості. Для цього існує кілька причин, включаючи зростання занепокоєння громадськості безпекою, необхідність перевірки ідентичності в цифровому світі та необхідність методів аналізу облич та моделювання в управлінні мультимедійними даними. Основні шляхи і способи вирішення цих завдань полягають в області застосування біометричних технологій. Біометричний захист ефективніший у порівнянні з такими методами, як використання паролів, PIN-кодів, смарт-карт, токенів або технології РКІ, оскільки біометрія дозволяє ідентифікувати саме конкретну людину, а не пристрій. Унікальний біометричний ідентифікатор служить ключем, який практично неможливо втратити.

При ідентифікації та аутентифікації особистості зручно використовувати засоби із залученням системи розпізнавання обличчя [1]. Такі системи варіюються від статичного співставлення фотографій при здійсненні контролю, наприклад, перевірка паспорту, кредитних карток, документів посвідчення особистості, водійського посвідчення, до порівняння зображень з відеопотоку камер спостереження у реальному часі. Перевагою систем розпізнавання обличчя в тому, що вони ненав'язливі. Привабливість даного методу заснована на тому, що він наближений до того, як люди зазвичай ідентифікують один одного. Через характер тематики, у цій проблемі також зацікавлені нейробіологи та психологи. За загальною думкою, успіхи досліджень комп'ютерного зору зможуть надати таким дослідникам корисну інформацію про те, як працює мозок людини [2].

Існуючі потреби у створенні систем, що реалізують вирішення завдання розпізнавання обличчя, накладають жорсткі обмеження на швидкість роботи алгоритмів, які повинні працювати у режимі, близькому до реального часу. Для успішного вирішення завдання з розпізнавання обличчя забезпечення високої швидкості роботи повинно також поєднуватися з малою кількістю хибних розпізнавань. Для цього необхідно вирішити наступні завдання: визначити засоби обробки зображення, створення його вектору ознак і методи класифікації; розробити математичну модель системи; підібрати доцільні параметри системи для коректної ідентифікації обличчя за допомогою експериментів. Створена система повинна коректно ідентифікувати $\geq 95\%$ зображень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цілковитий опис системи розпізнавання обличчя наведено у праці «Toward a practical face recognition system: Robust alignment and illumination by sparse representation» [3]. У цьому дослідженні навчальні образи добре узгоджені (здобуті у контрольованих умовах), а розпізані зображення – реально існуючі фотографії. Система базується на алгоритмі розрідженого представлення та класифікації (SRC). Запропонований метод показує дуже хороші результати у базі даних FERET.

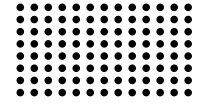
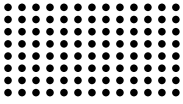
Опис розробки системи для розпізнавання обличчя наведено в роботі «Development Of A Face Recognition System» [4]. Компоненти обличчя на зображення для тестування виявлялися із застосуванням фільтру лапласіана-гаусіана. Фільтр показує достатньо точні результати при вилученні ознак обличчя при різних умовах освітлення.

Роботу Л. Ленца «Face Recognition under Real-world Conditions» [5] присвячено розробці системи розпізнавання обличчя у реальних умовах, заснованій на новітньому методі, в основу якого закладено вейвлети Габора та перетворення з використанням інваріантного елементу масштабу (SIFT). Під час дослідження було протестовано та оцінено широко використовувані бази даних обличчя (ORL, FERET). Точність даного методу становила 72,7%, у порівнянні з методом Кепенецькі (60,8%).

У статті «Development of Biometric Systems for Person Recognition: Biometric Feature Systems, Traits and Acquisition» [6] автори аналізують біометричні системи, підкреслюючи переваги використання вейвлет-перетворень у системах ідентифікації особистості, а також дослідження щодо того, що обличчя людини є одним з параметрів, який найчастіше використовуються в таких системах.

Використання методів розпізнавання на основі вейвлет-перетворень є новітнім та недостатньо вивченим у галузі створення систем розпізнавання обличчя, а вже існуючі системи демонструють точність ідентифікації близько 70-80%.

Мета дослідження. Метою даної роботи є дослідження методів обробки зображень, що застосовуватимуться у системі розпізнавання обличчя, та проведення експериментів з використанням різних методів формування вектору ознак і класифікації зображень для виявлення тих методів, які будуть забезпечувати високу достовірність розпізнавання об'єктів аналізу та зниження рівня хибних розпізнавань при використанні їх у системі. Для досягнення вказаних функціональних



особливостей системи у роботі пропонується дослідження методів обробки зображення за допомогою вейвлет-перетворення на основі вейвлетів Добеші, симлетів, койфлетів, біортогональних та зворотних біортогональних вейвлетів, вейвлетів Габора та лог-Габора.

Основні положення дослідження. У задачах обробки зображення нерідко інтерпретуються як випадкові процеси двох змінних, тобто як випадкові поля, оскільки при формуванні зображень практично завжди наявні шуми. Перетворення Фур'є з його нескінченно протяжним тригонометричним базисом добре підходить для аналізу стаціонарних сигналів. Для нестационарних сигналів важливо визначити момент часу, коли та чи інша частотна характеристика раптово змінилась. Тому базисні функції повинні мати кінцеву область визначення. Як раз такими функціями і є вейвлети. З їх допомогою можна покрити увесь простір, використовуючи зсув по-різному стиснутих варіантів єдиної функції [7]. Вейвлет-перетворення дозволяє дослідникам управляти певними типами шаблонів, схованими в даних, виконуючи аналіз даних від загального до найдрібніших деталей. Таке перетворення виконує локалізацію як за часом, так і за частотою і було розроблено для того, щоб усунути недоліки перетворення Фур'є, яке виконує локалізацію лише за частотою [8].

Загальний принцип побудови базису вейвлет-перетворення полягає у використанні масштабного перетворення та зміщень. Будь-який із вейвлетів, які найбільш часто застосовуються, породжує повну ортонормовану систему функцій з кінцевим носієм, побудованих з використанням масштабного перетворення та зміщень. Саме за рахунок зміни масштабів вейвлети здатні виявити різницю у характеристиках на різних шкалах, а шляхом зсуву проаналізувати властивості сигналу в різних точках на всьому інтервалі дослідження. Аналіз з використанням вейвлет-перетворення представляє зображення як суму вейвлет-функцій з різними положеннями та масштабами [9].

Подібно до інших лінійних перетворень, вейвлет-перетворення зменшує ентропію зображення, тобто матриця коефіцієнтів вейвлету має меншу ентропію, ніж саме зображення, а отже, матриця коефіцієнтів ефективніше кодується [10].

Нехай маємо два набори коефіцієнтів $\{hk\}$ та $\{gk\}$, які встановлюють уточнення відносин. Ці коефіцієнти визначають форму функції масштабування та вейв-

лет-функції. Форма у свою чергу визначає додаток, у якому ми можемо використовувати той чи інший вейвлет. Коефіцієнти $\{hk\}$ та $\{gk\}$ виконують функції фільтрів.

Уточнення відносин у системах ортогональних вейвлетів виглядає наступним чином:

$$\phi(t) = \sum_{k=0}^{N-1} h_k \cdot \sqrt{2} \phi(2t - k). \quad (1)$$

Вираз $h_k \cdot \sqrt{2}$ представляє собою ненормалізовані коефіцієнти, а $h(k)$ – нормалізовані.

Також маємо наступне рівняння:

$$\psi(t) = g_k \cdot \sqrt{2} \phi(2t - k). \quad (2)$$

Вейвлети мають задовольняти певним необхідним умовам таким, як ортогональність та певні доцільні характеристики для окремих видів додатків. Ці умови, у свою чергу, накладають обмеження на коефіцієнти функції масштабування та вейвлет-функції.

У більшості випадків сигнали, до яких застосовується вейвлет-перетворення, представлені квадратично-інтегрованими функціями, визначеними на вісі дійсних чисел. Ортонормовані вейвлети з компактним носієм на нескінченній дійсній вісі були сконструйовані Добеші [11]. Вейвлет-система Добеші не має функції в явному вигляді, але операція перетворення проводиться з використанням вейвлет-коефіцієнтів і коефіцієнтів масштабування, які формують коефіцієнти низько-частотних і високо-частотних фільтрів.

Функція масштабування і функція вейвлет-перетворення задаються наступним чином:

$$\phi(t) = \sqrt{2} \sum_k h_k \phi(2t - k), \quad (3)$$

$$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_k g_k \phi(2t - k). \quad (4)$$

Функція масштабування та вейвлет-функція Добеші не симетричні, оскільки в них використовується мінімальні фазові квадратні корені для того, щоб енергія концентрувалася поблизу початкової точки компактного носія. Іншою системою ортогональних вейвлетів з компактним носієм є симлети, які являють собою модифікацію вейвлетів Добеші, але мають набагато менше ознак асиметричності. У симлетах використовується один і той же набір коренів фази, для досягнення більшої симетричності з лінійною комплексною фазою. Симлети розроблені таким чином, щоб мати максимальну кіль-

кість нульових моментів по всій довжині їх носія, тобто у будову симлетів було впроваджено обмеження, а саме ортогональний компактний фільтр, довжиною $N = 2p$. Він має p зникаючих моментів і має майже лінійну фазу [8].

Окремим випадком вейвлетів Добеші є койфлети. Койфлети отримують шляхом введення умови нульового моменту на вейвлет-функцію та функцію масштабування, тим самим утворюється більше коефіцієнтів. Таким чином, мінімальна кількість дотиків функції – шість. Якщо число дотиків функції $N = 6p$, то кількість нульових моментів вейвлет-функції дорівнює $2p$, а функції масштабування – $2p - 1$. Таким чином, встановлюються наступні умови [12]:

$$\phi(t) = \sum_{p=0}^P \binom{P+p-1}{p} t^p + t^P K\left(\frac{1}{2}-t\right). \quad (5)$$

Як вже було з'ясовано, вейвлети – це базиси для ортогональних доповнень. Але є можливість визначити вейвлети, які не ортогональні по відношенню до функцій масштабування, та все ж мають багато властивостей напівортогональних вейвлетів. Кратномасштабні базиси такого типу називаються базисами біортогональних вейвлетів і вперше були отримані Коеном та його колегами [13]. При побудові біортогонального базису здійснюється метод, суть якого полягає в тому, щоб зробити матриці аналізу та синтезу розрідженими для забезпечення швидкого виконання розкладу та відновлення.

Біортогональні вейвлети використовуються у багатьох програмах для обробки сигналів через їхню лінійну фазову властивість. Властивість лінійної фази підтримується шляхом забезпечення симетрії у коефіцієнтах фільтру. Біортогональні вейвлети забезпечують більшу ступінь свободи у порівнянні з ортогональними вейвлетами та мають симетричний компактний носій [14].

Біортогональний базис вейвлетів – це базис, у якому основні функції масштабування функції ортогональні до подвійних вейвлетів та основні вейвлети ортогональні подвійним функціям масштабування. Тобто, біортогональні вейвлети повинні задовольняти наступним умовам:

$$\int \phi_{0,k}(t) \tilde{\phi}_{0,k}(t) dt = 0, \quad (6)$$

$$\int \psi_{j,k}(t) \tilde{\psi}_{j,k}(t) dt = 0. \quad (7)$$

У системі біортогональних вейвлетів окремо використовуються функції вейвлету та масштабування для аналізу та синтезу сигналу. При зворотному біортогональному вейвлет-перетворенні використовуються функції синтезу для аналізу та навпаки. Зворотні біортогональні вейвлети використовуються як часову, так і частотну області, тому цей вейвлет створює прості форми хвилі. Функція вейвлету завжди дорівнює розміру області перегляду, тому вона вирішує проблему між часовою та частотною роздільною здатністю.

Функції Габора вперше запропонував Габор. Він показав, що існує «квантовий принцип» для інформації: об'єднана частотно-часова область для одновірних сигналів обов'язково має квантуватися таким чином, щоб жоден сигнал або фільтр не захоплював у цій області значення, менші за певні мінімальні значення [15].

Представлення зображень вейвлетами Габора обране через їх біологічну значимість та технічні властивості. Вейвлети Габора мають форму, подібну до рецептивних полів простих клітин первинної зорової кори, отже представлення зображень засноване на принципах представлення зображень в розумі людини.

Фільтри Габора у просторовій області визначається наступною формулою:

$$\phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sigma e^{\left(\frac{-t^2}{2\sigma^2} + jvt\right)}, \quad (8)$$

при цьому функція Гауса визначається таким чином:

$$g(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\left(\frac{-t^2}{2\sigma^2}\right)}. \quad (9)$$

Альтернативою функції Габора є функція лог-Габора, запропонована Філдом [16]. Лог-Габор фільтри можуть бути побудовані з довільною пропускнуою здатністю, а смуга пропускання може бути оптимізована для отримання фільтра з мінімальною просторовою мірою. Вейвлет-перетворення лог-Габора містить у собі математичні властивості функцій Габора з ретельною конструкцією для підтримки властивостей фільтрів та забезпечення точної реконструкції. У порівнянні із сучасним рівнем техніки, вейвлети лог-Габора демонструють чудову властивість відокремлювати інформацію про зображення від некогерентного гаусового шуму за допомогою жорсткого порогу та здатності кодувати елементи

зображення шляхом зменшеного набору коефіцієнтів з великим значенням.

Формула для побудови фільтрів лог-Габора наведена нижче:

$$\phi(t) = e^{-\left(\frac{1}{2}\left(\frac{f-f_k}{\sigma_f}\right)^2\right) - \left(\frac{1}{2}\left(\frac{\theta-\theta_k}{\sigma_\theta}\right)^2\right)}, \quad (10)$$

де ρ і θ – лог-полярні координати функції.

Слід зазначити дві важливі характеристики. По-перше, функції лог-Габора за не мають компоненти постійного струму, по-друге, передавальна функція лог-Габора має розширений діапазон на височастотному кінці. Дослідження статистики природних зображень показують, що природні зображення мають спектри амплітуди. Для кодування зображень, що мають такі спектральні характеристики, слід використовувати фільтри, що мають подібні спектри. Філд припускає, що функції лог-Габора, здатні кодувати природні зображення ефективніше, ніж, скажімо, звичайні функції Габора, які б надмірно представляли низькочастотні компоненти і недостатньо представляли височастотні компоненти в будь-якому кодуванні.

Результати дослідження. На основі описаних методів обробки зображень з використанням вейвлет-перетворень було створено програмний додаток для біометричної ідентифікації особи за фотопортретом. Реалізація програми виконувалася в інтегрованому середовищі розробки PyCharm мовою програмування Python 3 з використанням бібліотек OpenCV та NumPy, які зручно використовувати для реалізації алгоритмів комп'ютерного зору й обробки зображень. На рис. 1

зображено етапи роботи додатку, а саме завантажене для ідентифікації початкове зображення та результати ідентифікації у вигляді портретного зображення особи та вікна з її ідентифікатором.

Дослідження відбувалися з використанням бази даних «The ORL Database of Faces», яка містить 400 фронтальних зображень людей. Вибірка для проведення апробації алгоритму складалася з 40 різних зображень.

Для формування вектору ознак зображення застосовувалися статистичні методи обробки інформації, які дозволяють теоретично розраховувати ефективність деяких процедур обробки бінарних зображень. При статистичній інтерпретації дискретні зображення досліджуються як реалізації випадкового двомірного поля, якому притаманні ті чи інші ймовірнісні характеристики, що завчасно невідомі. Метою статистичного аналізу зображень є вимірювання, або отримання оцінок вказаних характеристик. Відповідний апарат добре розроблено в математичній статистиці та теорії ймовірностей. Дослідження у даній статті зосереджені на обчисленні таких статистичних характеристик, як середнє значення інтенсивності, середньо-квадратичне відхилення, дисперсія та ентропія.

Класифікація зображень відбуватиметься шляхом обчислення відстані між векторами ознак наступними метриками обчислення відстані: Брея-Кертиса, Канберра, Мангеттенської, кореляційної, косинусної, Евкліда, Мінковського, квадратичної Евкліда.

Результати експериментів, проведених над зображеннями, обробленими фільтрами Добеші, з використанням усіх методів формування вектору ознак, зображено на рис. 1. Узагальнюючи результати роботи

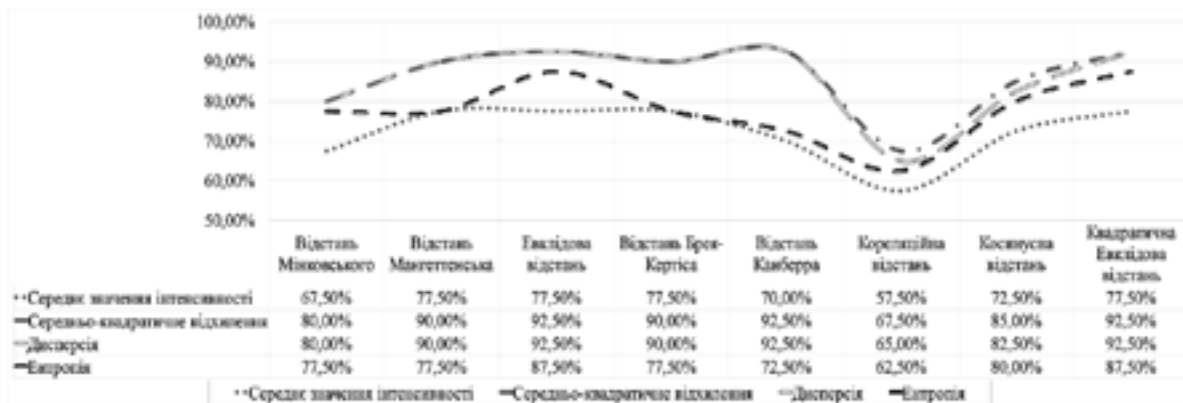


Рис. 1 – Графік результатів роботи фільтрів Добеші у поєднанні з методами обчислення статистичних характеристик та метриками обчислення відстані

методів для обчислення статистичних характеристик зображення у поєднанні з фільтрами Добеші, найвищі результати точності ідентифікації мають методи обчислення дисперсії (65–92,5 %) та середньо-квадратичного відхилення (67,5–92,5 %). Найбільший результат точності продемонстрували такі комбінації методів, як фільтри Добеші + середньо-квадратичне відхилення/дисперсія + відстань Евкліда, Добеші + середньо-квадратичне відхилення/дисперсія + квадратична відстань Евкліда, Добеші + середньо-квадратичне відхилення/дисперсія + відстань Канберра, а саме 92,5 %.

Результати досліджень з використанням вейвлет-перетворення на основі симлетів зображено на рис. 2. З графіка видно, що максимальний результат ідентифікації, а саме 67,5 %, було отримано при використанні методів обчислення середньо-квадратичного відхилення, дисперсії та ентропії у комбінації з відстанню Евкліда та квадратичної відстані Евкліда.

Результати досліджень з використанням вейвлет-перетворення на основі койфлетів зображено на рис. 3. Проаналізувавши графік можна зробити висновок, що найвищий результат коректно ідентифікованих зображень у 57,5 % продемонстрував метод обчислення ентропії у поєднанні з метриками обчислення відстані Мангеттенською, Евкліда та квадратичної відстані Евкліда.

Результати досліджень з використанням вейвлет-перетворення на основі біортогональних вейвлетів зображено на рис. 4. У цьому випадку найбільшу точність ідентифікації, що становить 85 %, серед методів обчислення статистичних характеристик було отримано при використанні дисперсії, середнього значення інтенсивності та середньо-квадратичного відхилення. При цьому застосування останнього методу показало вищий результат у найбільшій кількості експериментів у комбінації з методами обчислення

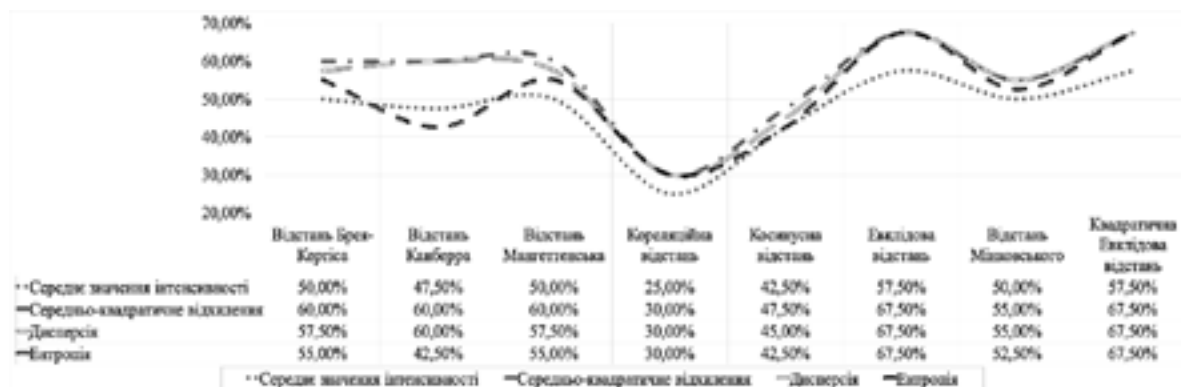


Рис. 2 – Графік результатів роботи фільтрів на основі симлетів у поєднанні з методами обчислення статистичних характеристик та метриками обчислення відстані

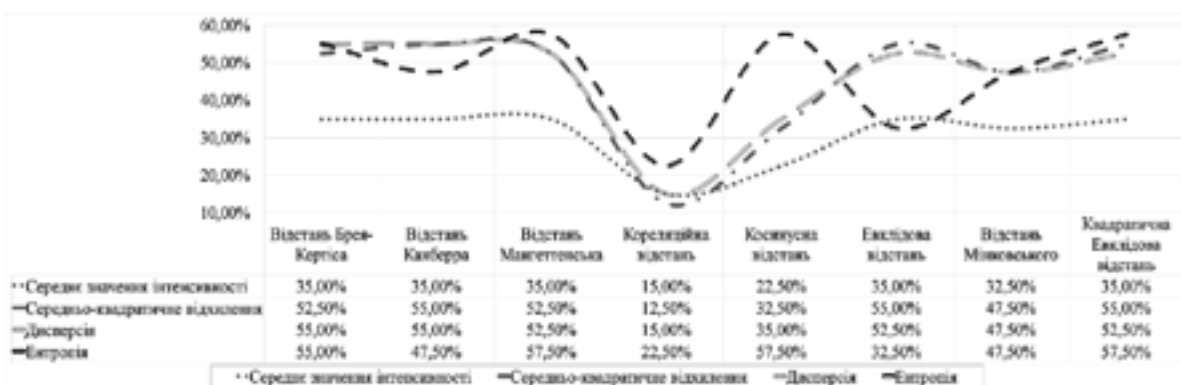


Рис. 3 – Графік результатів роботи фільтрів на основі койфлетів у поєднанні з методами обчислення статистичних характеристик та метриками обчислення відстані

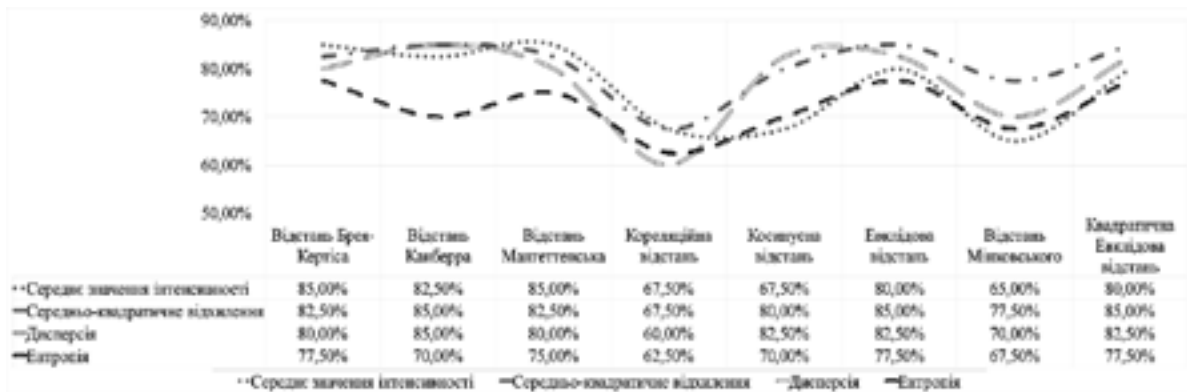


Рис. 4 – Графік результатів роботи фільтрів на основі біртогональних вейвлетів у поєднанні з методами обчислення статистичних характеристик та метриками обчислення відстані

відстані Канберра, Евкліда та квадратичної відстані Евкліда.

Результати досліджень з використанням вейвлет-перетворення на основі зворотних біртогональних вейвлетів зображено на рис. 5. Як видно з графіка, даний метод обробки зображень показав серед усіх методів найвищий результат, що складає 97,5% коректно ідентифікованих зображень. Такого показника було досягнуто під час застосування методів обчислення середньо-квадратичного відхилення та дисперсії. При цьому використовувалися такі класифікаційні методи, як обчислення відстані Брея-Кертиса, Канберра та Мангеттенської. Також такого рівня точності досягли комбінації методів обчислення відстані Евкліда та квадратичної відстані Евкліда у поєднанні з методом обчислення середньо-квадратичного відхилення.

Результати роботи алгоритму з використанням фільтрів Габора продемонстровано на рис. 6. Як показано на

графіку, при використанні методу обробки зображень на основі вейвлет-перетворення Габора найбільшу кількість коректно ідентифікованих зображень було отримано у поєднанні з методами обчислення середньо-квадратичного відхилення й дисперсії та метрикою відстані Канберра. Точність ідентифікації становить 87,5%, що є дещо меншим у порівнянні з результатами роботи алгоритму на основі вейвлет-перетворень лог-Габора.

На рис. 7 наведено результати використання вейвлет-перетворення на основі фільтрів лог-Габора в усіх комбінаціях з методами формування вектору ознак та класифікації зображень. Максимальний результат точності ідентифікації, як видно з гістограми, було отримано при одночасному використанні фільтрів лог-Габора, методу обчислення середньо-квадратичного відхилення та метрики обчислення відстані Евкліда й квадратичної відстані Евкліда. При застосуванні цих методів відбувається коректна ідентифікація 92,5% зображень.

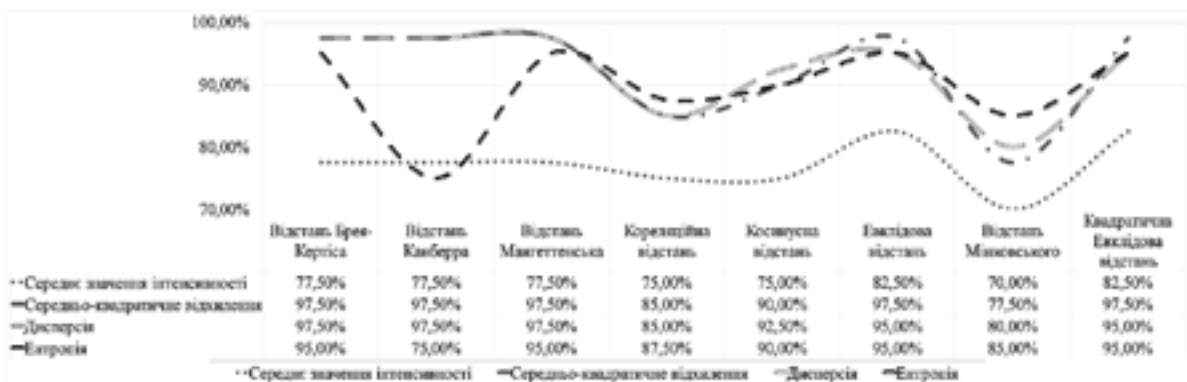


Рис. 5 – Графік результатів роботи фільтрів на основі зворотних ортогональних вейвлетів у поєднанні з методами обчислення статистичних характеристик та метриками обчислення відстані

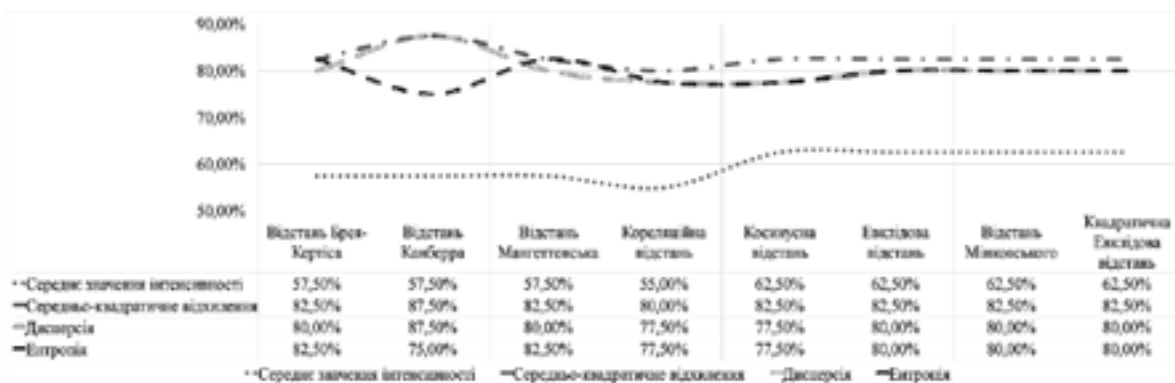


Рис. 6 – Графік результатів роботи фільтрів на основі вейвлетів Габора у поєднанні з методами обчислення статистичних характеристик та метриками обчислення відстані

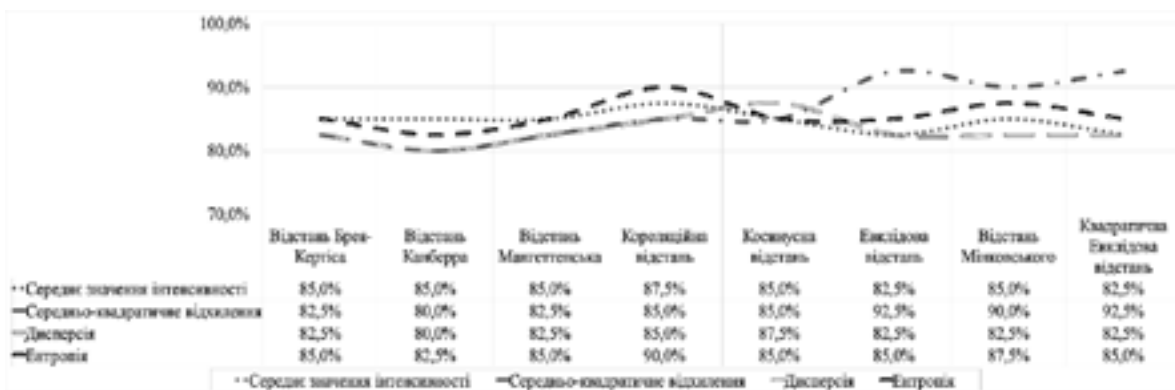


Рис. 7 – Графік результатів роботи фільтрів на основі вейвлетів лог-Габора у поєднанні з методами обчислення статистичних характеристик та метриками обчислення відстані

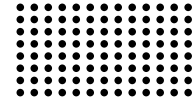
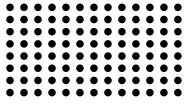
Висновки. Проаналізувавши результати досліджень, можна зробити висновок, що найнижчі результати точності ідентифікації зображень показали методи вейвлет-перетворень на основі койфлетів (максимальний результат – 57,5%) та симлетів (максимальний результат – 67,5%). Найвищого рівня точності ці методи досягли у поєднанні зі статистичними методами обчислення середньо-квадратичного відхилення, дисперсії та ентропії. У випадку з симлетами найвищу точність показали метрики обчислення відстані Евкліда та квадратичної відстані Евкліда, у випадку з койфлетами – метрики відстані Канберра, Мангеттенська, Брея-Кертіса, Евкліда та квадратичної відстані Евкліда.

Результати вейвлет-перетворення з використанням у системі біртогональних вейвлетів свідчать про середню точність роботи цього метода, максимальний результат якої досягнув 85% у випадках з використанням середнього значення інтенсивності

та відстаней Брея-Кертіса та Мангеттенської, середньо-квадратичного відхилення й дисперсії та відстані Канберра.

Результати використання у системі зворотних біртогональних вейвлетів продемонстрували найбільшу точність ідентифікації серед усіх, а особливо у поєднанні з методами обчислення середньо-квадратичного відхилення (77,5–97,5%) і дисперсії (80–97,5%).

При використанні фільтрів лог-Габора під час роботи системи максимального рівня точності ідентифікації, який становить 92,5%, було досягнуто із застосуванням методу обчислення середньо-квадратичного відхилення та метрики відстані Евкліда й квадратичної відстані Евкліда. Результат роботи методу на основі вейвлет-перетворення лог-Габора є кращим у порівнянні з методом на основі вейвлет-перетворення Габора. Найбільшим результатом роботи алгоритму з використанням фільтрів Габора є рівень точності ідентифікації, що складає 87,5% при



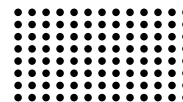
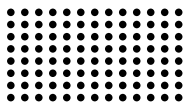
застосуванні методів обчислення середньо-квадратичного відхилення й дисперсії у поєднанні з метрикою Канберра.

Максимальний результат ідентифікації у 97,5 % було досягнуто з використанням середньо-квадратичного відхилення та відстаней Брея-Кертіса, Канберра, Мангеттенської, Евкліда та квадратичної Евкліда, а також дисперсії у поєднанні з відстанню Брея-Кертіса, Канберра та Мангеттенської.

Таким чином, зважаючи на показники точності ідентифікації, продемонстрованих системою, та швидкодії досліджуваних методів за всією низкою експериментів, для застосування у створеній системі для розпізнавання облич було обрано методи на основі зворотних біортогональних вейвлетів для обробки зображення, середньо-квадратичного відхилення для обчислення статистичних характеристик зображення та Мангеттенської відстані для класифікації зображення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bagrov N.U., Konushin A.S., Konushin V.S. Face Recognition With Low False Positive Error Rate. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2019. Volume XLII-2/W12, p. 11–15.
2. Magdin M., Benko L., Koprda S. A Case Study of Facial Emotion Classification Using Affdex. *Sensors*. 2019. 19, 2140, 17 p.
3. Wagner A., Wright J., Ganesh A., Zhou Z., Mobahi H., Ma Yi. Toward a Practical Face Recognition System: Robust Alignment and Illumination by Sparse Representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2011. 34(2), p. 372–286.
4. Gurel C. Development of a Face Recognition System. Masters's thesis. Ankara, 2011.
5. Lenc. L. Face Recognition under Real-world Conditions. Doctor's thesis. Plzeň, 2014.
6. Ivanovas E., Navakas D. Development of Biometric Systems for Person Recognition: Biometric Feature Systems, Traits and Acquisition. *Electronics and Electrical Engineering*. 2010. 5(101), p. 87–90.
7. Merkulova K.V., Koliada Yu.Ye. Matematicheskaia model biometricheskoii identifikatsii dlia sistem zashchity informatsii [Mathematical model of biometric identification for information security systems]. *Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Serii: Obchysliuvanna tekhnika ta avtomatyzatsiia – Scientific works of Donetsk National Technical University. Series: Computing and Automation*. 2017. 1 (30), p. 81–100.
8. Jyothi R. L., Abdul Rahiman M. Comparative Analysis Of Wavelet Transforms In The Recognition Of Ancient Grantha Script. *International Journal of Computer Theory and Engineering*. 2017. Vol. 9, No. 4, p. 235–241.
9. Merkulova K.V. & Zaporozhets K.V. Primienenie metoda sluchainykh markovskikh polei dlia raspoznavaniia tekstur izobrazhenii pri metallohrافicheskom analize [Application of the random Markov field method for image texture recognition in metallographic analysis]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury (ISSN 2312–2676) – Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture (ISSN 2312–2676)*. 2015. 12, p. 71–78.
10. Sridhar S., Rajesh Kumar P., Ramanaiah K.V. Wavelet Transform Techniques For Image Compression – An Evaluation. *I.J. Image, Graphics and Signal Processing*. 2014. 2, p. 54–67.
11. Daubechies I. Orthonormal bases of compactly supported wavelets. *Communications on Pure and Applied Mathematics*. 1988. 41(7), p. 909–996.
12. Elmahdi R., Amed N., Baker Amin M., Hamza A., Babaker S., Abd Elgyhani W. Comparative Study Between Daubechies and Coiflets Wavelet Decomposition Mother Families in Feature Extraction of BCI Based on Multiclass Motor Imagery Discrimination. *Journal of Clinical Engineering*. 2019. 44(1), p. 41–46.
13. Cohen A., Daubechies I., Feauveau J.C. Biorthogonal bases of compactly supported wavelets. *Communications on Pure and Applied Mathematics*. 1992. 45(5), p. 485–500.
14. Merkulova K., Zaitseva E., Kovalchuk A. Font visual classification system using neural networks. *Problems of information technologies*. 2018. № 2(24), p. 67–78.
15. Gabor D. Theory of communication. *J. IEE London* 93. 1946. P. 429–457.
16. Field D.J. Relation between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. *J. Opt. Soc. Am. A*. 1987. 4(12), p. 2379–2394.



СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Алексей Бычков,

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой программных систем и технологий факультета информационных технологий,
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Киев, Украина,
e-mail: bos.knu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9378-9535

Екатерина Меркулова,

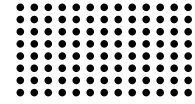
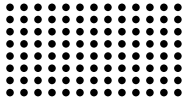
к.т.н., доцент, доцент кафедры программных систем и технологий факультета информационных технологий,
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Киев, Украина,
e-mail: kate.don11@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6347-5191

Елизавета Жабская,

e-mail: y.zhabaska@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9917-3723

Аннотация. Статья посвящена созданию системы распознавания лиц на основе вейвлет-преобразований. В ходе анализа была разработана математическая модель обработки изображений на основе методов с использованием вейвлет-преобразований (на основе вейвлетов Добеши, симлетов, койфлетов, биортогональных и обратных биортогональных вейвлетов, вейвлетов Габора и лог-Габора), формирования вектора признаков с помощью вычисления статистических характеристик изображения (среднего значения интенсивности, среднеквадратического отклонения, дисперсии, энтропии) и классификации изображений с использованием метрик расстояния между векторами (расстояние Минковского, Манхэттенское расстояние, расстояние Эвклида, расстояние Брея-Кертиса, расстояние Канберра, корреляционное расстояние, косинусное расстояние и квадратичное расстояние Эвклида). Поскольку главным показателем работоспособности системы является точность распознавания, которую она демонстрирует, была выявлена необходимость проведения экспериментальных исследований для определения методов, которые целесообразно использовать в системе. Результаты исследования показали, что наиболее точных результатов распознавания система достигает при использовании вейвлет-преобразования на основе обратных биортогональных вейвлетов для обработки изображения, метода вычисления среднеквадратического отклонения для формирования вектора признаков и Манхэттенского расстояния в качестве метрики классификации изображений. При таких параметрах созданная система достигла точности с показателем 97,5 %. Тема исследования является актуальной, поскольку системы распознавания лиц должны гарантировать высокую точность и надежность в условиях возрастания количества нарушений безопасности и мошенничества в современном информационном пространстве. Новизна работы состоит в применении комбинаций всех исследованных на каждом из этапов работы системы методов. Исследование имеет практическую значимость, потому как его результатом является система с высокой точностью распознавания.

Ключевые слова: распознавание лиц, вейвлет-преобразования, идентификация личности, обработка изображений, классификация изображений.

**CREATION OF THE FACE RECOGNITION SYSTEM BASED ON WAVELET TRANSFORMS****Oleksii Bychkov,**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Software Systems and Technologies,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
e-mail: bos.knu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9378-9535

Kateryna Merkulova,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Software Systems and Technologies,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
e-mail: kate.don11@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6347-5191

Yelyzaveta Zhabska,

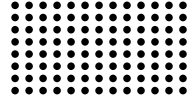
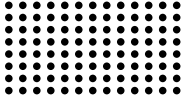
e-mail: y.zhabska@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9917-3723

Abstract. The article focuses on the creation of face recognition system based on wavelet transforms. During the research, mathematical model was developed based on image processing methods using wavelet transforms (with the use of Daubechies wavelets, symlets, coiflets, biorthogonal and reverse biorthogonal wavelets, Gabor and log-Gabor wavelets), methods of feature vector extraction by calculating the statistical characteristics of the image (mean, standard deviation, variance, entropy) and image classification methods with the use of vector distance metrics (Minkowski distance, Manhattan distance, Euclidean distance, Bray-Curtis distance, Canberra distance, correlation distance, cosine distance and quadratic Euclidean distance). Since the main indicator of the system's efficiency is the recognition accuracy rate that it demonstrates, the need for experimental studies to identify methods that are appropriate to use in the system were identified. The results of the study showed that the system obtains the most accurate recognition results using wavelet transform based on biorthogonal reverse wavelets for image processing, standard deviation calculation method for the feature vector extraction process and Manhattan distance as the metric for image classification. With these parameters, the created system achieved accuracy rate of 97.5 %. The research topic is relevant, because face recognition systems must guarantee high accuracy and reliability within the conditions of increasing security breaches and frauds number in the modern informational space. The novelty of the work consists in the use of combinations of all the methods studied at each stage of the system operation. The study has practical significance, because its result is the system with the high recognition accuracy rate.

Keywords: face recognition, wavelet transform, personality identification, image processing, image classification.

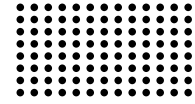
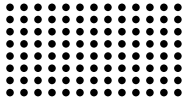
REFERENCES:

1. Bagrov, N.U., Konushin, A.S. & Konushin, V.S. (2019). Face Recognition With Low False Positive Error Rate. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W12*, 11–15.
2. Magdin, M., Benko, L., Koprda, S. (2019). A Case Study of Facial Emotion Classification Using Affdex. *Sensors*, 19, 2140, 17 p.
3. Wagner, A., Wright, J., Ganesh, A., Zhou, Z., Mobahi, H. & Ma, Yi. (2011). Toward a Practical Face Recognition System: Robust Alignment and Illumination by Sparse Representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(2), 372–286.
4. Gurel, C. (2011). Development of a Face Recognition System. *Masters's thesis*. Ankara.
5. Lenc, L. (2014). Face Recognition under Real-world Conditions. Doctor's thesis. Plzeň.
6. Ivanovas, E. & Navakauskas, D. (2010). Development of Biometric Systems for Person Recognition: Biometric Feature Systems, Traits and Acquisition. *Electronics and Electrical Engineering*, 5(101), 87–90.
7. Merkulova, K.V. & Koliada, Yu.Ye. (2017). Matematicheskaia model biometricheskoi identifikatsii dlia sistem zashchity informatsii [Mathematical model of biometric identification for information security systems]. *Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Serii: Obchysliuvalna tekhnika ta avtomatyzatsiia – Scientific works of Donetsk National Technical University. Series: Computing and Automation*, 1 (30), 81–100 [in Russian].
8. Jyothi, R. L. & Abdul Rahiman, M. (2017). Comparative Analysis Of Wavelet Transforms In The Recognition Of Ancient Grantha Script. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol. 9, No. 4, 235–241.
9. Merkulova, K.V. & Zaporozhets, K.V. (2015). Primienenie metoda sluchainykh markovskikh polei dlia raspoznavaniia tekstur izobrazhenii pri metallohraficheskom analize [Application of the random Markov field method for image texture recognition in metallographic analysis]. *Visnyk*



Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury (ISSN 2312-2676) – Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture (ISSN 2312-2676), 12, 71–78 [in Russian].

10. Sridhar, S., Rajesh Kumar, P. & Ramanaiah, K.V. (2014). Wavelet Transform Techniques For Image Compression – An Evaluation. *I.J. Image, Graphics and Signal Processing*, 2, 54–67.
11. Daubechies, I. (1988). Orthonormal bases of compactly supported wavelets. *Communications on Pure and Applied Mathematics*. 41(7), 909–996.
12. Elmahdi, R., Amed, N., Baker Amin, M., Hamza, A., Babaker, S., Abd Elgylani, W. (2019). Comparative Study Between Daubechies and Coiflets Wavelet Decomposition Mother Families in Feature Extraction of BCI Based on Multiclass Motor Imagery Discrimination. *Journal of Clinical Engineering*, 44(1), 41–46.
13. Cohen, A., Daubechies, I., Feauveau, J.C. (1992). Biorthogonal bases of compactly supported wavelets. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 45(5), 485–500.
14. Merkulova, K., Zaitseva, E., Kovalchuk, A. (2018). Font visual classification system using neural networks. *Problems of information technologies*, № 2(24), 67–78.
15. Gabor, D. Theory of communication. (1946). *J. IEE London* 93. P. 429–457.
16. Field, D.J. (1987). Relation between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. *J. Opt. Soc. Am. A*, 4(12), 2379–2394.



THE IMPROVEMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND METHODS ON CONTROL OF COMPLEX COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEMS FOR SUPPORT OF CAREER GUIDANCE WORK IN THE HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

UDC 510.6

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.44-54>

Viktor Khodakov,

Dr. Sc. (Doctor of Technical Sciences), Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Maritime Institute of Postgraduate Education named after Rear Admiral Fyodor F. Ushakov (Admiral Ushakov Maritime Institute), Kherson, Ukraine,
E-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-8188-9125

Nataliya Krugla,

Ph.D. (Candidate of Sciences), Associate Professor, Dean of the Faculty of Information Technology and Design, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
E-mail: natalihdma@ukr.net; ORCID ID: 0000-0003-3512-6976

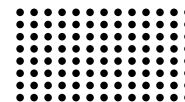
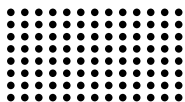
Andrei Sokolov,

Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
E-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8442-6137

Galina Veselovskaya,

Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
E-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

Abstract. The purpose of this article is to solve the urgent problem on finding reserves for significant increase the effectiveness of career guidance work with students and potential prospective students of higher education institutions on the basis of improving the organization, functioning and control of complex computerized information systems and technologies for support the implementation of this work. Research methods. The basis of research is the theory of probabilities and mathematical statistics, information and coding, information technologies, information systems, optimization control, artificial intelligence, synergetics. The main results of the study. The features of the career guidance work in institutions of



higher education, the condition of computerization and informatization for processes of its implementation, the consideration of the complexity factor for systems on its support, problems in its further improvement are highlighted. In this context, the following results were obtained: formed the concept of a common approach to solving problem; selected types and sets of information objects, processes, technologies, and systems; developed the scheme of the information system, which takes into account control with the optimization feedback; created the concept of the information essence for processes with adaptation to requirements and restrictions; formed formalized descriptions; created algorithms for action of information flows; the optimization problem on control of information systems is worked out; created the concept on improvement of information environments. Scientific novelty. Created new concepts and models, allowed to identifying, integrating and formalizing in whole components and relationships of complex computerized information systems, technologies, and methods of their control designed to the support of the career guidance work in higher education institutions, providing the possibility of improving them. Practical significance. The application in practical work of proposed theoretical propositions on the improvement of complex computerized information systems, technologies, and methods for control of them creates opportunities to radically improve results of the activities on their basis for the implementation of career guidance work in institutions of higher education.

Keywords: *information technology, complex system, control method, computer engineering.*

The problem`s statement. The high-quality training of specialists (professionals) is an important factor to ensure the demand for graduates of higher education institutions in the labor market and for the successful implementation of their employment activity.

Due to an objective process of continuous increasing in demands of the society and economics to the quality of labor resources, also is increasing the urgency of a problem on the search of reserves to further enhance the effectiveness and efficiency for training of specialists.

In the line with this problem, it should be noted that, at the moment, not all key compound elements of objects, relationships, conditions, processes, technologies and systems for training of specialists got proper attention and needs support.

To the above-noted elements, in the first place, is applies career guidance work.

This kind of activity allows you to create powerful reserves to increase the effectiveness and efficiency for training of specialists because it provides the following capabilities.

First, the preconditions are created for the initial recruitment of students with the much higher quality of the preparation for mastering the profession.

Second, it contributes to a significant increase in the activity of such a powerful catalyst for the quality of education, as a motivation to obtain future profession and further work exactly in it.

The authors of enough not small methodical developments, popular science and academic publications

on issues of the career guidance work in educational institutions paid the preferential attention to psychological and pedagogical, and general organizational aspects of this kind in activity within the framework of the extracurricular work in the process on parenting in schools.

Further these achievements, in the exchange of the teaching experience, was used in educational institutions of other types, including institutions of higher education.

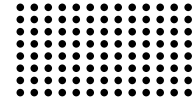
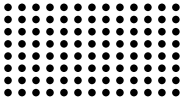
However, in this context, has not received sufficiently broad and systematic consideration of both aspects to take into account the specifics of higher education institutions themselves and issues of the modern computer-oriented support for doing by them the career guidance work on the basis of progressive information technologies and systems.

The posed problem requires a synthesis of the consideration, with the subsequent integration of the accumulated (done) elements and technologies on the basis of carefully reasoned conceptual approaches.

Also it is necessary to consider the essential factor of the complexity for the systems in the specified type, due in the first place, not elementary structure, and not trivial behavior, with the active dynamic of objects, relationships, properties, and technologies associated with these systems.

The above determines the relevance and practical value for the researching in the subject of improved information technologies and methods for the control of complex computerized information systems on support the career guidance work in higher education institutions.

The recent research`s and publication`s analysis. In light of this problem, whose solution should be sought



at the intersection of a whole series of the indicated below independent, powerful, well-established in the scientific world and in the practical work subject areas, need to be considered indicative publication concerning each of these areas, given their close relationship.

A study of modern actual publications in information technologies and systems, presented in works [1–9], covered the following topics.

The authors analyzed the specifics of the evolution, current condition and progressive development trends in the relation to subject areas that are based on concepts of the information society [1], information systems [2–5], information technologies [2–3, 6–7], computer sciences [7], information and communication technologies [8–9].

The purpose of the analysis was to obtain a generalized picture of achievements and perspectives that give at the moment and may provide in the future the above subject areas in the academic and professional fields of the activity.

As a result, the emphasis was placed on the expediency of the activation in the use of multimedia information technologies and multimedia content as a mean to the substantially improve the efficiency of the perception for the career guidance information, as well as Web technologies and cloud technologies as the instrumental support in the environment of the global computer Internet network.

Among the demonstration publications on the role, features and formalized description of the application in a computerized training process, information objects, processes and threads, modern information technologies and systems, it should be noted the works [9–20].

Marked works are devoted to the consideration of aspects which are following below.

In publications [9–15] studies the issues on common features of higher education in the digital era, the specificity of information systems, information technologies, information and communication technologies in the education on the basis of computerized technical means, with the use of online approaches to education on the basis of network technologies, remote communication, integrated tool environments, and competence-oriented modules.

In works [16–20], the main emphasis is on the complex and, especially, intellectualized models of information essences for processes of computer-based training.

With regard to the analysis of that relevant studies and publications that cover issues of the identification and presentation for computerized information technologies and systems related to modern educational processes in

a formalized view with the enough high degree of the difficulty, it is necessary to separately note the works [18–20].

These papers are reviewed and solved problems of the structural complexity, increased dynamics, partial certainty and predictability in the behavior of such systems and technologies.

These problems in the first place, connected with such extremely important and integral aspect as individual, group, and collective human factor.

This aspect quite often produces processes of stochastic nature, which are characterized by a high degree of the nonlinearity, the insufficient distinctness of the information, the enough low clarity of relationships between input data and output responses of the system.

Also very strongly influenced by the aspect, which is in a constant development of scientific-technical and socio-economics processes, with corresponding progress in the surroundings (by external environments), subject areas, and instrumental means of the support.

However, the increasing complexity of socio-economics processes brings a number of external and internal influences with destructive, destabilizing and sometimes quite unpredictable nature.

From the point of view of the formal apparatus for description and modeling, to show the complexity for systems and technologies of the class in question, it is advisable to use fuzzy sets and models, the theory of artificial intelligence, methodology of synergetics.

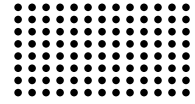
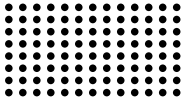
The emphasis should also be done on the modeling of the situational control based on the simulation modeling, work with samples, and expert technologies.

The analysis of the above-mentioned literary sources allows you to make the following further conclusions.

The systematization and integration of existing approaches and best practices are urgently needed.

From the perspective of the set problem in the first place, it is appropriate to consider the following modern Internet information Internet technologies and Web technologies: multimedia, hypermedia, and interactivity; realistic three-dimensional visualization, and virtual reality; cloud technologies; mobile digital technologies; information and communication technologies of distance learning systems, etc.

As a priority and a fundamental components of integration, it is advisable to use exactly those existing best practices (processes, systems, etc.), which belong to the above actual and promising subject areas.



The study's objective. The main goal of this work is solving the urgent problem of finding reserves for significant increase the effectiveness of the career guidance work with students and potential applicants of higher education institutions on the basis of improving the organization, functioning and control of complex computerized information systems and technologies for the support in the implementation of the specified work.

The research's findings. First of all, we spend the analysis of the subject area showing the features of the career guidance work in higher education institutions, highlighting its most problematic and, therefore, promising for the study aspects.

In the career guidance work, ongoing in higher education institutions can be conditionally allocated a few most characteristic, key, and target directions of activities, which will be characterized and analyzed below.

The first strategy is to form students with strong and active aspirations to the getting of the specialty, high-quality mastering of their chosen profession directly in the learning process and associated with it independent and individual work under the guidance of a teacher, initiative theoretical and practical self-training.

The second direction is aimed to form students as future graduates with carefully reasoned and stable motivational settings for the further work according to the received specialty.

First of all, the specified settings are formed during students performing the mandatory work, defined by curriculums (study plans and programs) during planned classroom and extracurricular activities, as well as forms of control, under the guidance of a teacher.

Also an important role for the formation of such attitudes is played by the following forms of work with students: group consultations on independent work and individual consultations conducted in accordance with the schedules of the departments; thematic group professional orientation events organized in the framework of the approved schedule of the extracurricular work with students by curators of academic groups of students, the Dean's office, and the leadership of higher education institution.

In many ways, these activity directions effective to the extent that graduates initially right chose the direction of training, specialty, and specialization.

The correctness of such a choice usually is determined by its compliance with following properties, formed in

students at the time of its implementation: life values; goals; ambitions; abilities; knowledges and skills; experience; theoretical and practical competences in general.

The third area in career guidance activities of higher education institutions is to provide a full set recruit of training, in qualitative and quantitative terms, among those who will strive purposefully enter or could potentially enter the institution of higher education on a certain level of training.

Ideally, this set should be of the highest quality.

Quantitatively, this set needs as much as possible to ensure the full ability of the approved licensed volume on recruit of applicants (for stationary, extramural and evening, budget and contract forms of education, respectively).

From the above list, the third direction seems to be the most problematic from the point of view of communication, to transmit the career guidance information to the extent that a considerable number of potential applicants trained within the walls of other educational institutions (secondary, secondary special or higher education).

Less severe but also problematic is the fact that the trainees have the opportunity to choose among a number of other institutions for education, when necessary its continuation at a higher level.

If you analyze all three areas in general, it should be noted the close relationship and mutual influence for the course and results of the processes occurring within them, which is due to, first of all, the active communication of young people through a Web-based Internet sites, social networks, mobile applications and other methods of communication.

Also, for all three directions characterized by the fact that, in their framework, is unacceptable little attention and time is given to independent and individual career guidance work in institutions of higher education, especially, to its motivation and control of it, as initiative on the part of the learner (applicant) process.

Consider the description and approaches to solving this local problem in more detail.

Modern institutions of higher education can be considered as multi-stage systems with control, in which the human factor plays a significant role.

Moreover, each stage of the system corresponds to a specific element of the accepted gradation of educational levels (junior bachelor, bachelor, master, etc.).

At the inputs of module-stages of the system, the certain contingents of trainees corresponding to quantitatively approved licensed volumes must be received.

To form the required quantitative contingent, a process of the preliminary career guidance is required, which should systematize, expand, detail and strengthen the knowledge of those who would purposefully strive to enter or potentially could enter at training (in a specific specialty).

As a result, a very positive and extremely stable motivation for obtaining a specific specialty should be formed that does not have potential conflicting prerequisites on the part of the subconscious settings for the formed personality of the future student.

The formation of this motivation can be contributed or discouraged by internal and external disturbing factors.

We carry out a certain concretization and formalization of the above features and approaches.

In this regard, fully autonomous models will be proposed below that expand the existing methodological apparatus, allowing us to consider the posed problems from a different angle of view and provide a more comprehensive coverage of them.

First of all, we are updating the case of traditional training, which consists in obtaining the required knowledge, skills and generalizing their competencies.

Unlike of this, in the case of career guidance work, the main result should be to get unstable settings to the implementation of the required professional choice and professional activities; wherein proper situational reactions must be formed.

We are talking about the model below the following form (Fig. 1).

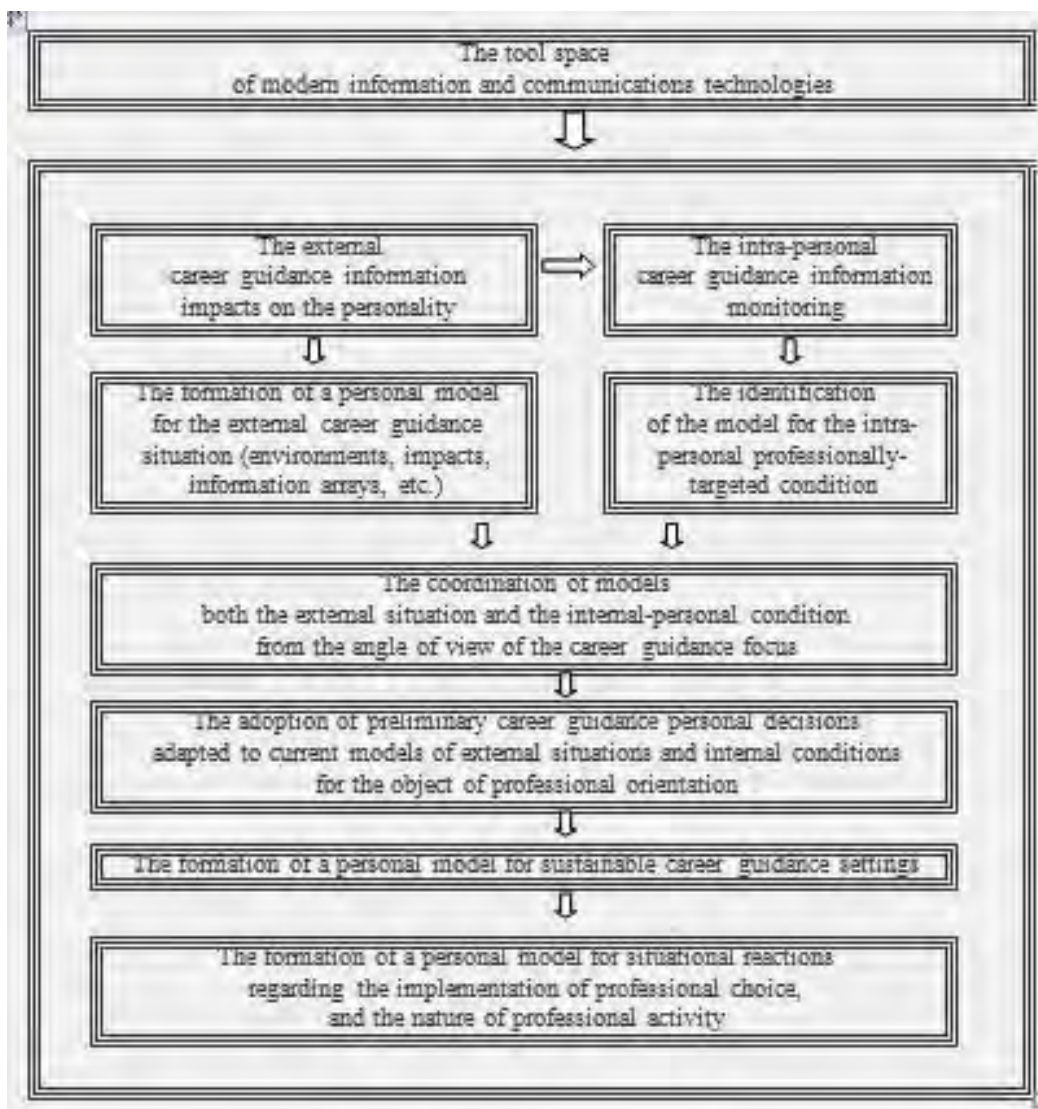


Fig. 1 – The generalized structural model for the formation of motivation-based career guidance

In general, we should talk about a model for the condition of readiness to make a certain professional choice (Fig. 2).

We will consider the impact on the trainee, which targeted career guidance work in the framework of the system with the following type (Fig. 3).

In this case we will use the following designations.

We denote as T the generalized model for the system of tools on modern information and communication technologies.

Using the symbols O, we name the model for the object of professional orientation, and with the designation E_0 –

the model for the environment of the object on professional orientation.

Moreover, let I denotes the systematized totality of information arrays, resources, repositories, and models for the source career guidance information, and MI is a model for conversion (modification, transformation, etc.) of the totality I by the object of career guidance in personally valuable knowledge.

Also we denote by F_s the model of personal motivational attitudes to the making of career guidance decisions with assessment of the sustainability for motivation, using F_p – the model of required career guidance motivational settings,

Readiness level ↑	Level 5	The psychological readiness to make a certain professionally-oriented decision
	Level 4	The socio-economic preparedness for training and work by profession
	Level 3	The psychological and physiological readiness to solve professional problems
	Level 2	Theoretical (information) readiness for the choice of profession
	Level 1	Readiness to receive the comprehensive assistance in choosing a profession based on modern information and communication technologies

Fig. 2 – The generalized hierarchical model for the condition of readiness to make a professional choice

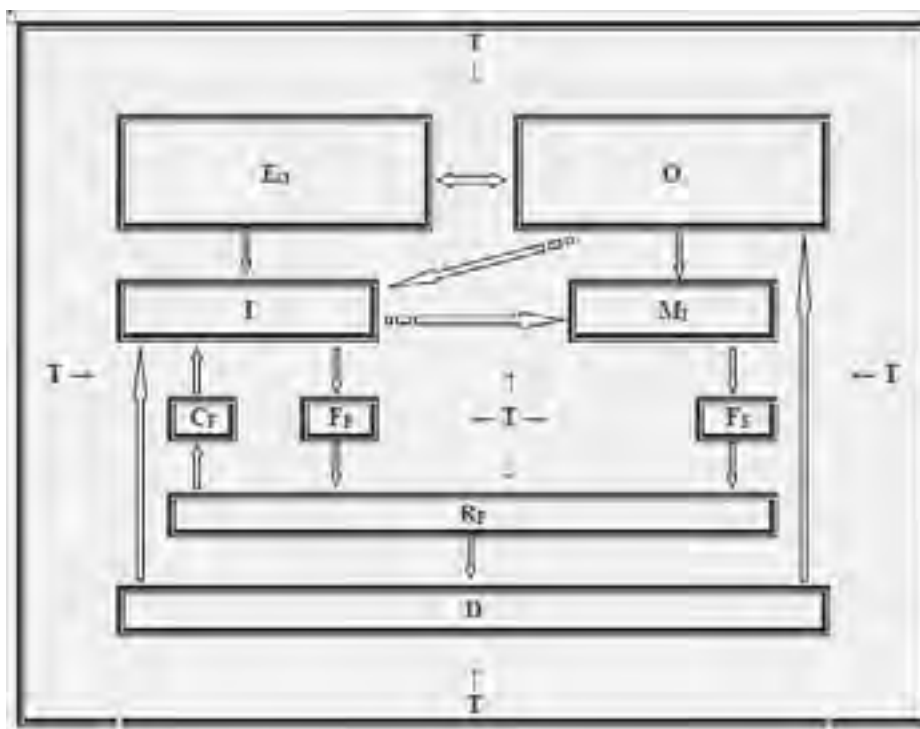
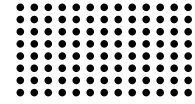
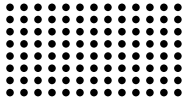


Fig. 3 – The structural model for a complex system on the formation of required motivational settings, pre-conceptions and situational reactions regarding the making of personal career guidance decisions



using RF – the technology for comparison of the formed and required models on career guidance motivational settings.

Accordingly, by C_f we denote the model for generation of corrective impacts on the formation of a given level for the sustainable professional motivation through the application of expert artificial intelligence systems.

Also, we introduce the symbol D for output data in the work of the system, in the format received career guidance motivational settings with a definite level of the sustainability.

It should be noted that the packet of input data from modules O, I to the module MI of a system is formed in an order to the further develop of preliminary personal motivational career guidance settings on the specific behavior for the making of career guidance decisions.

In turn, the package of output data for the module MI of the system is formed to the subsequent generation of sustainable personal motivational settings, preliminary decisions and reactions to situations on samples having the career guidance focus.

In the general structure of the above system, the trainee who is exposed to impacts of processes on the career guidance work is that key link of computerized information systems, and technologies for professional orientation, which makes the system complex.

Namely, the presence of a human factor generates that specific nature of a complexity for the system, in which, owing to the very significant lack in the certainty of the information, the following assumptions are mostly considered as appropriate, and made.

The system is considered as a black box.

The output of the system is required to provide well-defined reactions (required sets of values on numeric,

linguistic and logical parameters, tuples of operating actions, sets of compliances to the criteria on the efficiency, safety and reliability of the system).

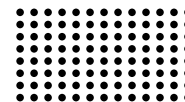
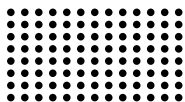
At the entrance of the system should be guaranteed proper input information and other operational impacts associated with the support of the given output reactions.

That is, in the end, there must be provided a process and mechanisms of the control for the system with the above type, taking into account the described nature of its complexity.

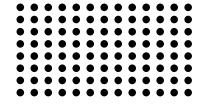
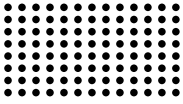
The research's conclusions. The urgency of the problem on increasing the effectiveness for the career guidance work in higher education institutions on the basis of improving complex computerized information systems and technologies for support of this work, improving their control is substantiated. The features of this work, its computerization and informatization, the complexity of its support systems, and its improvement are highlighted. In the light of the problem being solved, the following are proposed: general concept of the solution; analysis of information components; control scheme with optimization; conceptualization of the informational essence for processes with adaptation; information flow algorithms; development of an optimization control task; the concept of improving information environments; formalized descriptions. As a result, new concepts and models were obtained that made it possible to identify, integrate and formalize the features of complex computerized information systems, technologies and methods for managing them, aimed at improving support for career guidance work in higher education institutions. The practical application of proposed theoretical provisions provides an opportunity to radically improve the results of career guidance work in higher education institutions.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Measuring the information society report 2018 / eds.: Sanou B (International Telecommunication Union). Geneva, Switzerland : ITU Publications, 2018. Volume 1. 204 p.
2. *Trends and advances in information systems and technologies: proceedings of the 2018 World conference on information systems and technologies WorldCIST' 18* (Naples, Italy, 27–29 March 2018) / Eds.: A. Rocha, H. Adeli, L.P. Reis, S. Costanzo. Naples, Italy : Springer International Publishing, 2018. Volume 3 (347). 406 p.
3. Антоненко В.М., Мамченко С.Д., Рогущина Ю.В. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посіб. Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2016. 212 с.
4. Табунщик Г.В., Кудерметов Р.К., Притула А.В. Проектування, моделювання та аналіз інформаційних систем : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. 292 с.
5. *Enterprise information systems: proceedings of the 20-th International conference ICEIS 2018* (Funchal, Madeira, Portugal, 21–24 March 2018) / Eds.: S. Hammoudi, M. Smialek, O. Camp, J. Filipe. Madeira, Portugal : SciTePress, Science Technology Publications, Lda, 2018. Volume 1. 440 p.



6. Information technology strategy 2018-21: annual report of progress planned GB.331-PFA-5-2018 / Eds.: Information and technology management department, International labour office. Geneva, Switzerland: INFOTEC, ILO, 2017. 26 p
7. *Computer Science and Information Technology: proceedings of the Forth International conference CoSIT-2017* (Geneva, Switzerland, 25–26 March 2017) / Eds.: D. Nagamalai, N. Meghanathan. Geneva, Switzerland : AIRCC Publishing Corporation, 2017. 208 p.
8. Saidani N. Towards a better comprehension of adaptation to information and communication technologies: a multi-level approach : PhD dissertation. Georgia State University, USA, 2016. 220 p.
9. Joshi A., Meza J., Costa S. et. al. The role of information and communication technology in community outreach, academic and research collaboration, and education and support services (IT-CARES). *Perspective in health information management* (online research journal). 2013. Volume 10 (Fall). 15 p.
10. Higher education in the digital age. Moving academia online / eds.: A. Zorn, J. Haywood, J. Glachant. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA : Edward Edgar Elgar Publishing, 2018. 170 p.
11. Буйницька О. П. Інформаційні технології та технічні засоби навчання. К. : Центр навчальної літератури, 2017. 240 с.
12. Willcox K.E., Sarma S., Lippel P.H. Online education: a catalyst for higher education reforms. Massachusetts Institute of Technology online education policy initiative Final Report. Cambridge : MIT, 2016. 56 p.
13. Xing W., Fei G. Exploring the relationship between online discourse and commitment in Twitter professional learning communities. *Computers & Education*. 2018. № 126. P. 388–398.
14. Курейчик В.В., Бова В.В., Нужнов Е.В., Родзин С.И. Интегрированная инструментальная среда поддержки инновационных образовательных процессов. *Открытое образование*. 2010. № 4. С. 101–111.
15. Лисицына Л.С. Методология проектирования модульных компетентностно-ориентированных образовательных программ : метод. пособ. Санкт-Петербург : СПбГУ ИТМО, 2009. 50 с.
16. Курейчик В.В., Бова В.В. Моделирование процесса представления знаний в интеллектуальных обучающих системах на основе компетентностного подхода. *Открытое образование*. 2014. № 3. С. 42–48.
17. Трембач В. М. Системы управления базами эволюционирующих знаний для решения задач непрерывного образования. М. : МЭСИ, 2013. 255 с.
18. Мазурок Т. Л. Синергетическая модель индивидуализированного управления обучением. *Математические машины и системы*. 2010. № 3. С. 124–134.
19. Khodakov V.Ye., Sokolov A.Ye., Veselovskaya G.V. Models of training procedures. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2018. № 4 (47). P. 51–60. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-5.
20. Khodakov V.Ye., Sokolov A.Ye., Veselovskaya G.V. Trainer and trainees modeling based on complex information approach to improvement of training information technologies and systems. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2019. № 2 (49). P. 119–130. doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-13.
21. Solomon J. Numerical algorithms: methods for computer vision, machine learning, and graphics : textbook. USA : CRC Press (AK Peters, Ltd.), 2015. 400 p.
22. Operations research applications / Eds.: G. Stecca. Rome, Italy : AIRO (Associazione Italiana di Ricerca Operativa), 2017. 123 p.
23. Yang X. Optimization techniques and applications with examples. USA, UK : WILEY, 2018. 384 p.



**УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ
СКЛАДНИМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ ПІДТРИМКИ
ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ РОБОТИ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Віктор Єгорович Ходаков,

доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України,
Морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова, м. Херсон, Україна,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-8188-9125

Наталія Анатоліївна Кругла,

кандидат наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та дизайну,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,
e-mail: natalihdma@ukr.net; ORCID ID: 0000-0003-3512-6976

Андрій Євгенович Соколов,

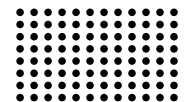
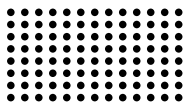
к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8442-6137

Галина Вікторівна Веселовська,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,
e-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

Анотація. Мета статті полягає у вирішенні актуальної проблеми знаходження резервів для істотного підвищення результативності профорієнтаційної роботи зі студентами та потенційними абітурієнтами установ вищої освіти на основі вдосконалення організації, функціонування й управління складними комп'ютеризованими інформаційними системами та технологіями підтримки здійснення зазначеної роботи. Методи дослідження. Основою досліджень є теорії ймовірностей і математичної статистики, інформації та кодування, інформаційних технологій, інформаційних систем, оптимізаційного управління, штучного інтелекту, синергетики. Основні результати дослідження. Виділено особливості профорієнтаційної роботи в закладах вищої освіти, стану комп'ютеризації й інформатизації процесів її здійснення, врахування фактору складності систем її підтримки, проблеми подальшого її вдосконалення. У даному контексті, одержано такі результати: сформована концепція загального підходу до вирішення проблеми; виділені види та множини інформаційних об'єктів, процесів, технологій і систем; розроблена схема дії інформаційної системи, що враховує управління з оптимізаційним зворотним зв'язком; створена концепція інформаційної суті процесів із адаптацією до вимог і обмежень; сформовані формалізовані описи; створені алгоритми дії інформаційних потоків; опрацьована оптимізаційна задача управління інформаційними системами; створена концепція вдосконалення інформаційних середовищ. Наукова новизна. Створено нові концепції та моделі, що дозволили виявити, інтегрувати та формалізувати в цілому компоненти та взаємовідносини складних комп'ютеризованих інформаційних систем, технологій і методів управління ними, призначених для підтримки профорієнтаційної роботи у закладах вищої освіти, забезпечуючи можливість їхнього вдосконалення. Практична значимість. Застосування в практичній роботі запропонованих теоретичних положень із вдосконалення складних комп'ютеризованих інформаційних систем, технологій і методів управління ними створює можливості кардинального поліпшення результатів здійснюваної на їхній основі діяльності з проведення профорієнтаційної роботи в закладах вищої освіти.

Ключові слова: інформаційна технологія, складна система, метод управління, комп'ютерна інженерія.



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ
СЛОЖНЫМИ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ
ПОДДЕРЖКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ
В УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Виктор Егорович Ходаков,

доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины,
Морской институт последипломного образования имени контр-адмирала Ф.Ф. Ушакова, город Херсон, Украина,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-8188-9125

Наталья Анатолиевна Круглая,

кандидат наук, доцент, декан факультета информационных технологий и дизайна,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
e-mail: natalihdma@ukr.net; ORCID ID: 0000-0003-3512-6976

Андрей Евгеньевич Соколов,

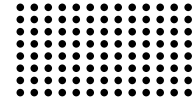
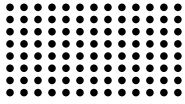
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8442-6137

Галина Викторовна Веселовская,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
e-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

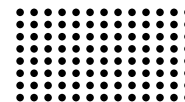
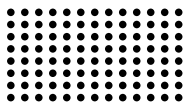
Аннотация. Цель статьи состоит в решении актуальной проблемы нахождения резервов для существенного повышения результативности профессионально-ориентационной работы со студентами и потенциальными абитуриентами учреждений высшего образования на основе совершенствования организации, функционирования и управления сложными компьютеризированными информационными системами и технологиями поддержки осуществления указанной работы. Методы исследования. Основой исследований являются теории вероятностей и математической статистики, информации и кодирования, информационных технологий, информационных систем, оптимизационного управления, искусственного интеллекта, синергетики. Основные результаты исследования. Выделены особенности профессионально-ориентационной работы в учреждениях высшего образования, состояния компьютеризации и информатизации процессов ее осуществления, учета фактора сложности систем ее поддержки, проблемы дальнейшего ее совершенствования. В данном контексте, получены такие результаты: сформирована концепция общего подхода к решению проблемы; выделены виды и множества информационных объектов, процессов, технологий и систем; разработана схема действия информационной системы, учитывающая управление с оптимизационной обратной связью; создана концепция информационной сути процессов с адаптацией к требованиям и ограничениям; сформированы формализованные описания; созданы алгоритмы действия информационных потоков; проработана оптимизационная задача управления информационными системами; создана концепция совершенствования информационных сред. Научная новизна. Созданы новые концепции и модели, позволившие выявить, интегрировать и формализовать в целом компоненты и взаимоотношения сложных компьютеризированных информационных систем, технологий и методов управления ними, предназначенных для поддержки профессионально-ориентационной работы в учреждениях высшего образования, обеспечивая возможность их совершенствования. Практическая значимость. Применение в практической работе предлагаемых теоретических положений по совершенствованию сложных компьютеризированных информационных систем, технологий и методов управления ними создает возможности кардинального улучшения результатов осуществляемой на их основе деятельности по проведению профессионально-ориентационной работы в учреждениях высшего образования.

Ключевые слова: информационная технология, сложная система, метод управления, компьютерная инженерия.



REFERENCES:

1. Sanou, B (International Telecommunication Union) (Ed.) (2018) *Measuring the information society report 2018*. Geneva, Switzerland : ITU Publications. Volume 1.
2. Rocha, A., Adeli, H., Reis, L. P., & Costanzo S. (Ed.) (2018) *Trends and advances in information systems and technologies: proceedings of the 2018 World conference on information systems and technologies WorldCIST` 18* (Naples, Italy, 27-29 March 2018). Naples, Italy : Springer International Publishing. Volume 3 (347).
3. Antonenko, V.M., Mamchenko, S.D., & Rohushyna, Yu.V. (2016) *Suchasni informatsiini systemy i tekhnolohii: upravlinnia znanniamy : navch. posib.* Irpin : Natsionalnyi Universytet DPS Ukrainy.
4. Tabunshchik, G.V., Kudermetov, R.K., & Pritula, A.V. (2011) *Proektuvannya, modelyuvannya ta analiz informatsiynih sistem : navch. posib.* Zaporizhzhya : ZNTU.
5. Hammoudi, S., Smialek, M., Camp, O., & Filipe, J. (Ed.) (2018) *Enterprise information systems: proceedings of the 20th International conference ICEIS 2018* (Funchal, Madeira, Portugal, 21-24 March 2018). Madeira, Portugal : SciTePress, Science Technology Publications, Lda. Volume 1.
6. Information and technology management department, International labor office (Eds.) (2017) *Information technology strategy 2018-21 : annual report of progress planned GB.331-PFA-5-2018*. Geneva, Switzerland : INFOTEC, ILO.
7. Nagamalai, D., & Meghanathan, N. (Eds.) (2017) *Computer Science and Information Technology: Proceedings of the Fourth International conference CoSIT-2017* (Geneva, Switzerland, 25-26 March 2017). Geneva, Switzerland : AIRCC Publishing Corporation.
8. Saidani, N. (2016) *Towards a better comprehension of adaptation to information and communication technologies: a multi-level approach : Ph.D. dissertation.* Georgia State University, USA.
9. Joshi, A., Meza, J., Costa, S., & et. al. (2013) *The role of information and communication technology in community outreach, academic and research collaboration, and education and support services (IT-CARES). Perspective in health information management (online research journal).* **10** (Fall).
10. Zorn, A., Haywood, J., Glachant, J. (Eds.) (2018) *Higher education in the digital age. Moving academia online.* Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA : Edward Elgar Publishing.
11. Buinytska, O.P. (2017) *Informatsiini tekhnolohii ta tekhnichni zasoby navchannia. K. : Tsentri navchalnoi literatury.*
12. Willcox, K.E., Sarma, S., & Lippel, P.H. (2016) *Online education: a catalyst for higher education reforms.* Massachusetts Institute of Technology online education policy initiative Final Report. Cambridge : MIT.
13. Xing W., & Fei, G. (2018) *Exploring the relationship between online discourse and commitment in Twitter professional learning communities. Computers & Education.* **126**, 388-398.
14. Kureychik, V.V., Bova, V.V., Nuzhnov, E.V., & Rodzin, S.I. (2010) *Integrirovannaya instrumentalnaya sreda podderzhki innovatsionnykh obrazovatelnykh protsessov. Otkryitoe obrazovanie.* **4**, 101-111.
15. Lisitsyna, L.S. (2009) *Metodologiya proektirovaniya modulnykh kompetentnostno-orientirovannykh obrazovatelnykh programm : metod. posob.* Sankt-Peterburg : SPbGU ITMO.
16. Kureychik, V.V., & Bova, V.V. (2014) *Modelirovanie protsessa predstavleniya znaniy v intellektualnykh obuchayuschiykh sistemah na osnove kompetentnostnogo podhoda. Otkryitoe obrazovanie.* **3**, 42-48.
17. Trembach, V.M. (2013) *Sistemy upravleniya bazami evolyutsioniruyuschiykh znaniy dlya resheniya zadach nepreryvnogo obrazovaniya. M. : MESI.*
18. Mazurok, T.L. (2010) *Sinergeticheskaya model individualizirovannogo upravleniya obucheniem. Matematicheskie mashiny i sistemy.* **3**, 124-134.
19. Khodakov, V.Ye., Sokolov, A.Ye., & Veselovskaya, G.V. (2018) *Models of training procedures. Radio Electronics, Computer Science, Control.* **4**(47), 51-60. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-5.
20. Khodakov, V.Ye., Sokolov, A.Ye., & Veselovskaya, G.V. (2019) *Trainer and trainees modeling based on complex information approach to improvement of training information technologies and systems. Radio Electronics, Computer Science, Control.* **2**(49), 119-130. doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-13.
21. Solomon, J. (2015) *Numerical algorithms: methods for computer vision, machine learning, and graphics : textbook.* USA : CRC Press (AK Peters, Ltd.).
22. Stecca, G. (2017) *Operations research applications.* Rome, Italy : AIRO (Associazione Italiana di Ricerca Operativa).
23. Yang, X. (2018) *Optimization techniques and applications with examples.* USA, UK : WILEY.



DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM FOR MODELING GREEN PEA YIELD

UDK 004:519.81

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.55-62>

Oksana Ohnieva,

Ph.D., Associate Professor of Software Tools and Technologies Department,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,

E-mail: Oksana_Ohnieva@meta.ua, ORCID ID: 0000-0001-6206-0285

Abstract. In Ukraine, among leguminous crops, pea occupies one of the leading places. Modeling as an integral part of yield programming involves the development of a forecast, i.e. a probable idea of the theoretically possible yield, which is provided by various agrobiological indicators. One of the main conditions for increasing the efficiency of production and increasing the gross harvest of green pea is the development and implementation of the latest techniques to increase its productivity in agricultural practice, which is an important and urgent problem. A highly effective modern tool for mathematical modeling, forecasting, situation recognition and decision support are Bayesian networks (BN), which have a number of advantages over other modeling methods.

The goal of the research is to study the possibilities of using the apparatus of Bayesian networks to build an information system for decision support (DSS) to model the yield of green pea.

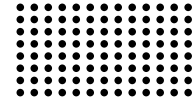
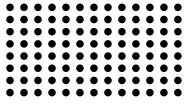
Research methods. The paper considers the possibility of using Bayesian networks in the information DSS in planning the yield of green pea at an agricultural enterprise. BNs provide the opportunity to take into account in one model of categorical and ordinary numerical variables, the number of variables reaching several hundred, the availability of alternative methods of forming a probabilistic inference and the correct representation of causal relationships.

The main results of the research. The BN apparatus allows combining the available statistical data on agrobiological characteristics of agricultural products in addition to the expert information provided by farmers. The use of DSS based on BN will allow farmers to make decisions under uncertainty of available information about the agrobiological characteristics of growing green pea.

Scientific novelty. BN is a powerful and effective mathematical tool for research and reproduction of the truthful overview of processes in DSS, which should be used to solve problems of probabilistic forecasting, modeling and risk assessment in yield planning.

Practical relevance. For practical confirmation of the obtained results, an experiment was conducted, the results of which confirmed the practical value of the proposed information technology, which can be used to model the green pea yield. The proposed structure of the database and DSS based on it, will support making of effective decisions on the organization of the harvesting campaign for green pea in different technological and weather conditions.

Keywords: *increasing production efficiency, decision support, Bayesian network, yield modeling.*



Problem Statement. In Ukraine, among leguminous crops, pea occupies one of the leading places. Pea is a valuable food, forage and agrotechnical crop. High protein content, variety of uses, positive effect on soil fertility, expediency of sowing as a fallow, intermediate, post-harvest crop, the possibility of growing in different regions determine the significant economic importance of pea. Due to the high yield and forage value, pea has become widespread throughout Ukraine [1–2, 7].

Modeling as an integral part of yield programming involves the development of a forecast, i.e. a probable idea of the theoretically possible yield, which is provided by various agrobiological indicators [15].

One of the highly effective modern tools for mathematical modeling, forecasting, situation recognition and decision support is Bayesian networks (BN), which have a number of advantages over other modeling methods. In particular, the possibility of taking into account of categorical and ordinary numerical variables in one model, the number of variables reaching several hundred, the availability of alternative methods of forming a probabilistic inference and the correct representation of causal relationships [16].

One of the main conditions for increasing the efficiency of production and gross harvest of green pea is the development and implementation of the latest techniques to increase its productivity in agricultural practice, which is an important and urgent problem.

Review of the Literature. Important scientific developments in the technology of growing pea were made by well-known domestic and foreign scientists A.O. Babych, V.F. Petrychenko, A.V. Cherenkov, S.M. Kalenska, V.G. Mykhailov, M.I. Bakhmat, M.Ya. Shevnikov, O.M. Bakhmat, V.V. Lykhochvor, O.V. Ovcharuk, K. Novák, B. Furseth and others.

Analysis of the literature sources [8–12] shows that today Bayesian networks (BN) are widely used in information systems for analysis and processing of statistical data, presented in the form of time series, expert evaluation, interval values, etc. Moreover, BNs are used in decision support systems for forecasting and classification of data of different nature [3, 5, 14].

Decision support systems (DSS) are used in various fields of human activity, their basic components being the acquired experience and knowledge, which are organized in databases and knowledge bases. The tasks of data analysis are becoming increasingly relevant, especially in modern

conditions, when significant amounts of information have been accumulated in almost all areas of human activity. Of particular practical importance is the assessment of the condition and forecasting of agricultural crop yields in the context of DSS implementation.

However, despite the presence of significant arrays of agricultural data on the green pea yield, which sufficiently characterize the processes under study, the use of DSS for modeling is quite limited. This is largely due to the lack of developed methods of agricultural data analysis and modeling at different management levels, the complexity of processing large amounts of heterogeneous input information, farmers' lacking skills of using integrated data analysis methods and modern information technology tools. Therefore, given the practical significance of the problem and the lack of methods for solving problems of this class, developed and adapted to domestic conditions, the task of developing a method for modeling the yield of green pea is relevant.

The aim of the paper is the research of the possibilities for using the apparatus of Bayesian networks for developing information DSS for modeling green pea yield.

Presentation of research material. Currently, various approaches are used to estimate agricultural crop yields, including statistical methods and assumptions about the relationship between environmental characteristics, fertilizer application and yield.

At the present stage of development of the Ukrainian agro-industrial complex, an important part is played by the introduction of new technologies and achievements of scientific and technological progress in order to increase the efficiency of agricultural production and adaptation of agricultural enterprises to changes in social, economic and political environment in the context of sustainable development. It is important to develop models and algorithms of decision support system (DSS) in crop yield modeling, which would provide decision support for modeling, planning and operational management in the cultivation of green pea.

Automation and introduction of modern information technologies in agricultural business, allowing to obtain a larger amount and variety of high-quality food products from each unit of used resources, is the most effective way to develop the agro-industrial complex [4, 6, 13].

Bayesian belief networks, or simply Bayesian networks (BNs), consist of a plurality of nodes and a set

of directional edges that connect these nodes together (Bayesian networks are discussed in more detail in the next section of this paper). The edges define cause-and-effect relationships in a subject area that are largely unambiguous. The likelihood of a statement (or action) is represented by probability. The concept of BN lies in updating the probabilities when additional information is received. Information can be received by each node (variable) of the network, because the method of updating the probabilities is invariant with respect to the direction of information dissemination along the edges of the network [16]. Thus, BN, as the basis of DSS, significantly expands the possibilities of analysis and decision-making, as it allows making both direct and inverse inference at the same time. Moreover, the simultaneous input of information about the states of several nodes does not change the network processing algorithm, which makes it possible to eliminate situations of logical inconsistency, which often occur for other methods in similar cases. BNs in DSS have such significant advantages as the ability of computational interpretation of inference algorithms, the

flexibility of the process of information dissemination and adaptation to new data [3, 5, 16]. It follows from the above that DSS for agricultural business should be developed on the basis of Bayesian networks.

The application of BNs to the analysis of processes of different nature, human activities and the functioning of engineering systems enables taking into account and using any input data in the form of expert evaluations and statistical information. In turn, the variables can be discrete and continuous, and the nature of their receipt in the analysis and decision-making can be in real time and in the form of static arrays of information and databases. Herewith, due to the use of the representation of the interaction between process factors in the form of cause-and-effect relationship, the network achieves the highest level of visualization and a clear understanding of the nature of the process factors interaction. Other advantages of BNs are the ability to consider the uncertainties of statistical, structural and parametric nature, as well as the inference formation using different methods – approximate and accurate ones [16].

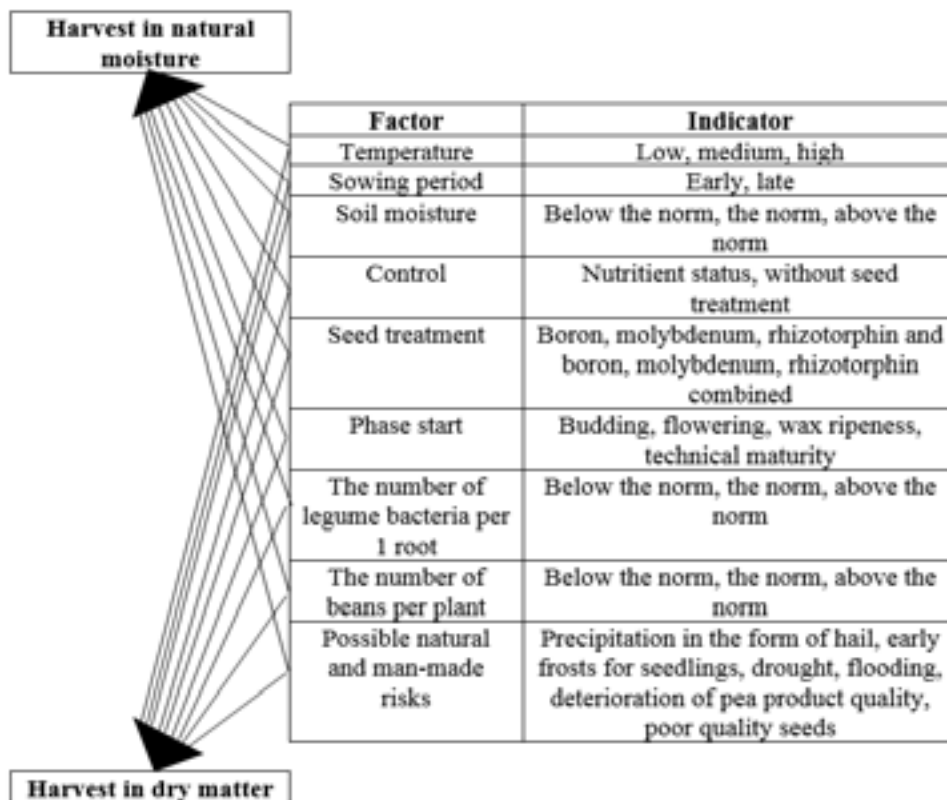


Fig. 1 – Factors influencing the formation of green pea yield

The use of DSS based on BBN will allow agrarians to make decisions under conditions of uncertainty of available information about the agrobiological characteristics of growing green pea. The BBN apparatus allows combining the available statistical data on agrobiological characteristics of agricultural products in addition to the expert information provided by agrarians. The structure of the network is often determined by subject matter experts, but there are methods of structural MB training

based on statistics. This makes it possible to adapt the BN structure to new data. However, it should be emphasized that the fundamentally subjective Bayesian approach does not require “objectivity” of probabilities, and therefore allows the formation of tables of conditional probabilities based on subjective expert evaluations. It should also be noted that the inference results are more sensitive to the BN qualitative structure than to the quantitative values of the probabilities.

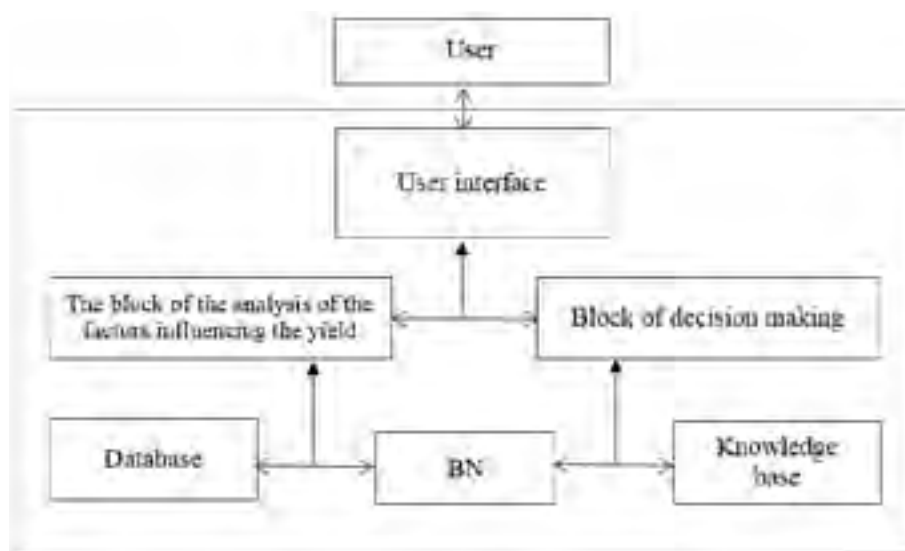


Fig. 2 – Conceptual scheme of information DSS for modeling the yield of green pea using BN

The structure of BBN for yield modeling is given by factors (Fig. 1) that affect the process of green pea cultivation and the relationships between them. The basis for the formation of relationships is expert information; available agrobiological research aimed at identifying such relationships between factors, and accumulated statistical data.

The structure of the developed BN's relations is shown in Fig. 3. The expert knowledge in this field was used to generate the structure of BN relations.

GeNie 2.0 software package was used for calculations, which is a software implementation of decision-making system based on BBN, allowing to determine variables and relationships between them, to learn parameters and network structure, as well as to make probabilistic inference based on the obtained data.

It is proposed to use BN as a basis of the information system, which incorporates expert evaluations of factor indicators in the form of tables of BN conditional probabilities.

The information system, which is based on the model of the subject area in the form of BN, can be used to solve the problem of yield modeling.

The DSS, which implements the use of BN, the conceptual scheme of which is shown in Fig. 2, gives a finite set of recommendations to agrarians on the appropriateness of the impact of agrobiological factors on yields. An agrarian must use such a system as a means of partial automation of the complex process of yield modeling.

The results of the evaluation of BN parameters are shown in Fig. 3.

Based on the research performed, it was found that the formation of the maximum yield of vegetable peas (in terms of dry matter) for the first sowing period was against the background of N30 P40 for seed treatment with boron and molybdenum – 2,650 kg / ha, and for the second one – 2,490 kg / ha when using for the treatment molybdenum and rhizotorphin at 2,050 and 1.870 kg / ha in the control.



Fig. 3 – The structure of BN relations for DSS in modeling the yield of green pea (initial state of evaluation (on the left), example of modeling according to the specified parameters) (on the right)

The proposed IT enables quick identifying of the most significant causes for reducing the likelihood of high yields. As a result of computer simulation, the probabilistic characteristics of achieving the final result are obtained and the best indicators of factors for specific yield conditions are determined.

BN is a powerful and effective mathematical tool for research and reproduction of the truthful overview of processes in DSS, which should be used to solve problems of probabilistic forecasting, modeling and risk assessment in yield planning.

Conclusions. Modern information technologies allow storing a huge amount of data, their analysis and, on the basis of the obtained results, offering solutions to problems that would minimize costs and maximize profits of agricultural enterprises. The use of information technology will significantly improve the information support system of agricultural enterprises, which will be accompanied by increased competitiveness.

The proposed structure of BN and DSS based on it, will support effective decision making on the organization of the

harvesting campaign for green pea in different technological and weather conditions.

For practical substantiation of the obtained results, an experiment was conducted, the results of which confirmed the practical value of the proposed information technology, which can be used to model the green pea yield.

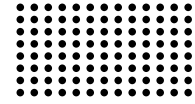
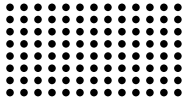
The degree of success of this method of modeling and making a statistical inference depends on the ability to correctly formulate the problem, select process variables that sufficiently characterize its dynamics or statics, collect statistical data and use them to train the network, and correctly form the result – inference using the developed network.

Based on the proposed methods and algorithms, a conceptual scheme of the decision support system based on BN has been developed. Herewith, it is possible to quickly modify computational procedures due to the open modular architecture of the computer system for decision support in modeling and forecasting yields.

Further development of the work involves the expansion of modeling by introducing additional criteria and factors that affect yields.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Алмашова В.С., Поліщук Ю.М. Вплив екологічно безпечних способів підвищення продуктивності гороху овочевого на його водоспоживання. Регіональна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Наукове забезпечення раціонального використання природних ресурсів акваторій та територій степової зони України». Колос-ХДАУ. Херсон, 2017. С. 121–134.
2. Алмашова В.С., Семен О.Т., Онищенко С.О. Агроекологічне обґрунтування вирощування гороху овочевого із застосуванням біологічного стимулятора росту ризоторфін. Вісник Уманського національного університету садівництва. Умань, 2019. С. 7–17.
3. Andriatsitohaina R., Celio Enrico, Llopis Jorge, Rabemananjara Zo, Ramamonjisoa Bruno, Grêt-Regamey Adrienne. Participatory Bayesian network modeling to understand driving factors of land-use change decisions: insights from two case studies in northeast Madagascar. Journal of Land Use Science. 2020. Pp. 1–22. DOI:10.1080/1747423X.2020.1742810



4. Carmona G.G., Várela-Ortega C., Bromley J. The Use of Participatory Object-oriented Bayesian Networks and Agro-economic Models for Ground-water Management in Spain. Springerlink. 2011. No 25(5). Pp. 1509–24.
5. Castelletti A., Soncini-Sessa R. Bayesian Networks and participatory modelling in water resource management. Environmental Modelling & Software. 2007. No 22(8). Pp. 1075–1088. DOI: 10.1016/j.envsoft.2006.06.003
6. Гамаюнова В.В., Коковіхін С.В., Алмашова В.С., Онищенко С.О. Агробіологічне обґрунтування технології вирощування гороху овочевого в умовах півдня України : монографія. Херсон : Айлант, 2017. 183 с.
7. Коковіхін С.В., Гамаюнова В.В., Онищенко С.О., Алмашова В.С. Агроекологічні аспекти вирощування гороху овочевого на півдні України при використанні елементів живлення бору, молібдену та стимулятора росту ризоторфін : монографія. Херсон : ДВНЗ «ХДАУ», 2018. 200 с.
8. Landuyt D., Broeckx S., Goethals P. Bayesian belief networks to analyse trade-offs among ecosystem services at the regional scale. Ecological Indicators, 2016. No 71. Pp. 327–335. DOI:10.1016/j.ecolind.2016.07.015
9. Lytvynenko V., Savina N., Krejci J., Voronenko M., Yakobchuk M., Kryvoruchko O. Bayesian Networks' Development Based on Noisy-MAX Nodes for Modelling Investment Processes in Transport. Proceedings of the Second International Workshop «Modern Machine Learning Technologies and Data Science» (MoMLet&DS-2019). Shatsk, Ukraine, June 2–4, 2019. Pp. 1–10. ISSN 1613-0073, <http://ceur-ws.org/Vol-2386/>
10. Lytvynenko V., Savina N., Pyrtko M., Voronenko M., Baranenko R., Lopushynskiy I. Development, validation and testing of the Bayesian network to evaluate the national law enforcement agencies' work . In: Proc. 9nd Int. Conf. on Advanced Computer Information Technologies (ACIT' 2019), 2019. Pp. 252–256. ISBN: 978-1-7281-0449-2
11. Mbuva R., Jonsson M., Ehn N., Herman P. Bayesian neural networks for one-hour ahead wind power forecasting. 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), San Diego, CA, 2017, pp. 591–596. DOI: 10.1109/ICRERA.2017.8191129
12. Perederyi V., Borchik E., Ohnieva O. Information Technology of Control and Support for Functional Sustainability of Distributed Man-Machine Systems of Critical Application. Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. Proceedings of the XV International Scientific Conference "Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence" (ISDMCI'2019). Ukraine, May 21–25, 2019. Pp. 461–477. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-26474-1_33
13. Ушкаренко В.О., Андрусенко І.І., Пилипенко Ю.В. Екологізація землеробства і природокористування в Степу України. Таврійський науковий вісник : зб. наук. праць. Херсон : Айлант, 2005. Вип. 38. С. 168–175.
14. Xie H., Shi J., Lu W., Cui W. Dynamic Bayesian networks in electronic equipment health diagnosis. Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chengdu). Chengdu, 2016. Pp. 1–6. DOI: 10.1109/PHM.2016.7819945
15. Зелінська О. В., Сухоцька С. М. Використання сучасних інформаційних технологій в агропромисловому комплексі. Галицький економічний вісник. 2016. № 2. С. 148-152.
16. Згуровський М.З., Бідюк П.І., Терентьев О.М., Просянкіна-Жарова Т.І. Байєсівські мережі в системах підтримки прийняття рішень. Київ : ТОВ «Видавниче Підприємство «Едельвейс», 2015. 300 с.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ ОВОЧЕВОГО

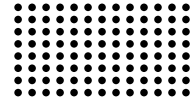
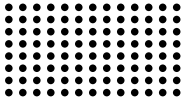
Оксана Огнева,

к.т.н., доцент кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна,
e-mail: Oksana_Ognieva@meta.ua, ORCID ID: 0000-0001-6206-0285

Анотація. В Україні серед зернобобових культур одне з провідних місць належить гороху. Моделювання як складова частина програмування врожаю передбачає розробку прогнозу, тобто ймовірного уявлення про теоретично можливу врожайність, яка забезпечується різними агробіологічними показниками. Одна з головних умов підвищення ефективності виробництва і збільшення валових зборів гороху овочевого є розробка та впровадження у сільськогосподарську практику новітніх прийомів підвищення його продуктивності, що є важливою і актуальною проблемою. Високоєфективним сучасним інструментом математичного моделювання, прогнозування, розпізнавання ситуацій та підтримки прийняття рішень є байєсівські мережі (БМ), які мають ряд переваг перед іншими методами моделювання.

Метою дослідження є вивчення можливостей використання апарату байєсівських мереж для побудови інформаційної системи підтримки прийняття рішень (СППР) для моделювання врожайності гороху овочевого.

Методи дослідження. В статті розглянута можливість використання байєсівських мереж у інформаційній СППР при



плануванні врожайності гороху овочевого на агропідприємстві. БМ надають можливість врахування в одній моделі категорійних і звичайних числових змінних, кількість змінних може сягати декількох сотень, наявність альтернативних методів формування імовірнісного висновку та коректне представлення причинно-наслідкових зв'язків.

Основні результати дослідження. Апарат БМ дозволяє комбінувати наявні статистичні дані про агробіологічні характеристики агропродукції у доповненні до експертної інформації, яку надають аграрії. Використання СППР на основі БМ дозволить аграріям приймати рішення в умовах невизначеності наявної інформації про агробіологічні характеристики вирощування гороху овочевого.

Наукова новизна. БМ – це потужний і ефективний математичний інструмент дослідження та відтворення реальної картини процесів у СППР, який доцільно застосовувати для розв'язання задач ймовірнісного прогнозування, моделювання та оцінювання ризиків при плануванні врожайності.

Практична значимість. Для практичного підтвердження отриманих результатів проведено експеримент, результати якого підтвердили практичну цінність запропонованої інформаційної технології, яка може бути використана для моделювання врожайності гороху овочевого. Запропонована структура БД, СППР на її основі, забезпечать підтримку прийняття ефективних рішень по організації збиральної кампанії гороху овочевого в різних технологічних і погодних умовах.

Ключові слова: підвищення ефективності виробництва, підтримка прийняття рішень, байєсівська мережа довіри, моделювання врожайності.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ГОРОХА ОВОЩНОГО

Оксана Огнева,

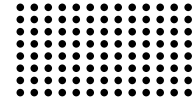
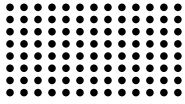
к.т.н., доцент кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина,
e-mail: Oksana_Ognieva@meta.ua, 0000-0001-6206-0285;

Аннотация. В Украине среди зернобобовых культур одно из ведущих мест принадлежит гороху. Моделирование как составная часть программирования урожая предусматривает разработку прогноза, то есть возможного представления о теоретически возможной урожайности, которая обеспечивается различными агробиологическими показателями. Одним из главных условий повышения эффективности производства и увеличения валовых сборов гороха овощного является разработка и внедрение в сельскохозяйственную практику новейших приемов повышения его производительности, что является важной и актуальной проблемой. Высокоэффективным современным инструментом математического моделирования, прогнозирования, распознавания ситуаций и поддержки принятия решений являются байесовские сети (БС), которые имеют ряд преимуществ перед другими методами моделирования.

Целью исследования является изучение возможностей использования аппарата байесовских сетей для построения информационной системы поддержки принятия решений (СППР) для моделирования урожайности гороха овощного.

Методы исследования. В статье рассмотрена возможность использования байесовских сетей в информационной СППР при планировании урожайности гороха овощного на агропредприятии. БС предоставляют возможность учета в одной модели категорийных и обычных числовых переменных, количество переменных может достигать нескольких сотен, наличие альтернативных методов формирования вероятностного заключения и корректное представление причинно-следственных связей.

Основные результаты исследования. Аппарат БС позволяет комбинировать имеющиеся статистические данные про агробиологические характеристики агропродукции в дополнении к экспертной информации, которую предоставляют аграрии. Использование СППР на основе БС позволит аграриям принимать решения в условиях неопределенности имеющейся информации про агробиологические характеристики выращивания гороха овощного.



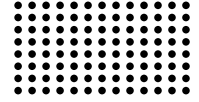
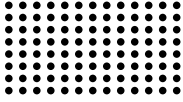
Научная новизна. БС – это мощный и эффективный математический инструмент исследования и воспроизведения реальной картины процессов в СППР, который целесообразно применять для решения задач вероятностного прогнозирования, моделирования и оценки рисков при планировании урожайности.

Практическая значимость. Для практического подтверждения полученных результатов проведен эксперимент, результаты которого подтвердили практическую ценность предложенной информационной технологии, которая может быть использована для моделирования урожайности гороха овощного. Предложенная структура БС, СППР на ее основе, обеспечат поддержку принятия эффективных решений по организации уборочной кампании гороха овощного в различных технологических и погодных условиях.

Ключевые слова: *повышение эффективности производства, поддержка принятия решений, байесовская сеть, моделирование урожайности.*

REFERENCES:

1. Almashova V.S., Polishchuk Yu.M. Vplyv ekolohichno bezpechnykh sposobiv pidvyshchennia produktyvnosti horokhu ovochevoho na yoho vodospozhyvannia // Rehionalna naukovo – praktychna konferentsiia molodykh vchenykh ta studentiv “Naukove zabezpechennia ratsionalnoho vykorystannia pryrodnykh resursiv akvatorii ta terytorii stepovoi zony Ukrainy”, KSAU : Kolos. 2017. Pp. 121–134 [In Ukrainian]
2. Almashova V.S., Semen O.T., Onyshchenko S.O. Ahroekolohichne obgruntuvannia vyroshchuvannia horokhu ovochevoho iz zastosuvanniam biolohichnoho stymulatoru rostu ryzotorfin // Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. 2019. Pp. 7–17 [In Ukrainian]
3. Andriatsitohaina R., Celio Enrico, Llopis Jorge, Rabemananjara Zo, Ramamonjisoa Bruno, Grêt-Regamey Adrienne. Participatory Bayesian network modeling to understand driving factors of land-use change decisions: insights from two case studies in northeast Madagascar // Journal of Land Use Science. 2020. Pp. 1–22. DOI: 10.1080/1747423X.2020.1742810
4. Carmona G.G., Várela-Ortega C., Bromley J. The Use of Participatory Object-oriented Bayesian Networks and Agro-economic Models for Groundwater Management in Spain // Springerlink. 2011. 25 (5). Pp. 1509–24.
5. Castelletti A., Soncini-Sessa R. Bayesian Networks and participatory modelling in water resource management // Environmental Modelling & Software. 2007. 22(8). Pp. 1075–1088. DOI: 10.1016/j.envsoft.2006.06.003
6. Hamaiunova V.V., Kokovikhin S.V., Almashova V.S., Onyshchenko S.O. Ahrobiolohichne obhruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia horokhu ovochevoho v umovakh pivdnia Ukrainy // Monohrafiia, Kherson : Ailant, 2017. 200 p. [In Ukrainian]
7. Kokovikhin S.V., Hamaiunova V.V., Onyshchenko S.O., Almashova V.S. Ahroekolohichni aspekty vyroshchuvannia horokhu ovochevoho na pivdni Ukrainy pry vykorystanni elementiv zhyvlennia boru, molibdenu ta stymulatoru rostu ryzotorfin // Monohrafiia, Kherson : KSAU, 2018. 175 p. [In Ukrainian]
8. Landuyt D., Broekx S., Goethals P. Bayesian belief networks to analyse trade-offs among ecosystem services at the regional scale // Ecological Indicators, 2016, 71, pp. 327–335. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.07.015
9. Lytvynenko V., Savina N., Krejci J., Voronenko M., Yakobchuk M., Kryvoruchko O. Bayesian Networks' Development Based on Noisy-MAX Nodes for Modeling Investment Processes in Transport // Proceedings of the Second International Workshop “Modern Machine Learning Technologies and Data Science” (MoMLet&DS-2019), Shatsk, Ukraine, June 2–4, 2019, pp. 1–10. ISSN 1613-0073. <http://ceur-ws.org/Vol-2386/>
10. Lytvynenko V., Savina N., Pyrtko M., Voronenko M., Baranenko R., Lopushynskiy I. Development, validation and testing of the Bayesian network to evaluate the national law enforcement agencies' work // In: Proc. 9nd Int. Conf. on Advanced Computer Information Technologies (ACIT' 2019), 2019, pp. 252–256. ISBN: 978-1-7281-0449-2
11. Mbuvha R., Jonsson M., Ehn N., Herman P. Bayesian neural networks for one-hour ahead wind power forecasting // 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), San Diego, CA, 2017, pp. 591–596. DOI: 10.1109/ICRERA.2017.8191129
12. Perederyi V., Borchik E., Ohnieva O. Information Technology of Control and Support for Functional Sustainability of Distributed Man-Machine Systems of Critical Application // Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. Proceedings of the XV International Scientific Conference “Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence” (ISDMCI'2019), Ukraine, May 21–25, 2019, pp. 461–477. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-26474-1_33
13. Ushkarenko V.O., Andrusenko I.I., Pylypenko Yu.V. Ekolohizatsiia zemlerobstva i pryrodokorystuvannia v Stepu Ukrainy // Tavriiskyi naukovyi visnyk: Zb. nauk. Prats, Kherson : Ailant, 2005, 38, pp. 168–175. [In Ukrainian]
14. Xie H., Shi J., Lu W., Cui W. Dynamic Bayesian networks in electronic equipment health diagnosis // Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Chengdu), Chengdu, 2016, pp. 1–6. DOI: 10.1109/PHM.2016.7819945
15. Zelinska O.V., Sukhotska S.M. Vykorystannia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii v ahropromyslovomu kompleks // Halytskyi ekonomichnyi visnyk, 2016, 2, pp. 148–152. [In Ukrainian]
16. Zghurovskiy M.Z., Bidiuk P.I., Terentiev O.M., Prosiankina-Zharova T.I. Baiiesivski merezhi v systemakh pidtrymky pryiniattia rishen. Kyiv : TOV “Vydavnyche Pidpriiemstvo “Edelveis”, 2015. 300 p. [In Ukrainian]



КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ЗАПИТ-ВІДПОВІДЬ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НАУКОВИХ ТЕКСТІВ

УДК 004.912

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.63-75>

Ковилін Є.Р.,

аспірант,

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, пр. Гагаріна 72, м. Дніпро, Україна,

E-mail: kovilin.yegor@gmail.com.

Волковський О.С.,

к.т.н., доцент,

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, пр. Гагаріна 72, м. Дніпро, Україна,

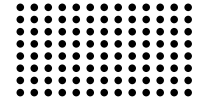
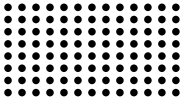
E-mail: didivave@mail.ru.

Анотація. Метою роботи є розробка системи запит-відповідь, що спроможна створювати конкретні текстові відповіді на запит користувача, використовуючи у своєму алгоритмі генерацію наукового тексту на природній мові. Система визначає смислові зв'язки в документах, створюючи при цьому новий текст, який містить відповідь на питання користувача. У статті розглядається модель системи, що базується на розробленому підході до формування семантичної моделі документа, який дозволяє отримувати кількісні показники семантичних властивостей документу на природній мові і сенсові зв'язки між компонентами наукового тексту без необхідності будь-якої попередньої семантичної розмітки текстів, впровадження словників або залучення лінгвістичних знань про природну мову. Додатково розроблена підсистема автоматичної класифікації наукових текстів за ступенем їх зв'язності, що використовує у своїй роботі кількісні характеристики семантичних властивостей створеної моделі наукового тексту. У статті описані розроблені критерії оцінки створених систем та алгоритмів. Отримана таким чином система, окрім організації зручного пошукового середовища, утворює універсальну модель для проведення автоматичної обробки текстів на семантичному рівні для груп слов'яномовних текстів формального стилю, набір інструментів якої дозволяють гнучко створювати і оброблювати тематичні повнотекстові корпуси документів без попередньої семантичної розмітки та отримати програмну модель тексту формалізованої стильової спрямованості із кількісними характеристиками семантичних властивостей тексту, на основі яких можливо вирішувати інші завдання автоматичної обробки текстів.

Ключові слова: Семантична мережа, автоматична обробка тексту, система запит-відповідь.

Постановка проблеми. Проблема оптимального шляху пошуку інформації є однією з ключових в області комп'ютерної науки. Процес розробки більшості програмних продуктів рано чи пізно призводить до необхідності реалізації механізмів додавання, збереження

і отримання інформації для її подальшої обробки. Ефективним і головним наразі рішенням є різноманітні системи баз даних, що прекрасно справляються з цими завданнями на програмному рівні. Однак, якщо в функціоналі системи присутня необхідність працювати



безпосередньо з призначенням для користувача запитом, який часто складається з декількох неформальних критеріїв і вимагає певного семантичного аналізу, то обробка отриманих результатів повністю лягає на плечі користувача. Йдеться про підхід, який використовується у багатьох популярних web-пошукових системах: відповіддю на отриманий запит є множина ранжованих гіпертекстових документів (web-сторінок), що припускає подальший самостійний аналіз користувачем кожного документа для пошуку відповіді на своє питання. Головним мінусом такого підходу є відсутність глибокого семантичного розуміння вмісту документа, через що в отриманому масиві документів міститься велика кількість не пов'язаної із запитом користувача інформації, а також множини повторень однакової інформації, поданої в різних інтерпретаціях. Представлена робота присвячена розробки системи запит-відповідь, що спроможна створювати конкретні текстові відповіді на запит користувача, використовуючи у своєму алгоритмі генерацію тексту на природній мові. Особливістю процесу прикладної розробки таких систем є необхідність вирішення великої кількості наукових проблем галузі і залучення провідних інструментів штучного інтелекту для вирішення цільової задачі. Складності додає і сама структура мови – підходи, що використовуються для обробки однієї мови, можуть не спрацювати для іншої, наприклад через явище флексії (як для української та англійської мов). Головною ж проблемою є необхідність попереднього ручного опису семантичних онтологій між усіма елементами мови і між усіма документами в системі, що є важкою глобальною задачею галузі.

Мета дослідження. Рішення наукових проблем опису семантичних онтологій для корпусу наукових текстів на природній мові за допомогою розробки семантичної інтелектуальної системи запит-відповідь, що орієнтується під час своєї роботи на механізм генерації текстів. Система автоматично будує семантичну модель тексту, на основі якої визначає смислові зв'язки в документах, створюючи при цьому новий текст, який містить відповідь на питання користувача. Система не має використовувати у своїй роботі будь-які попередньо закладені семантичні знання про тексти, що оброблює.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені дослідження існуючих розробок систем «запит-відповідь», що формують безпосередню відповідь на запит користувача, дозволяють виділити два

основних напрями розробки таких систем – на основі лексико-семантичного словника відносин і на основі статистичного аналізу текстів. Представником першого напрямку є система [1], де семантичний аналіз полягає у виявленні взаємозв'язків між об'єктами (персоналіями, організаціями, подіями) і класифікації відносин між ними, а також ототожненні об'єктів із заздалегідь заданими семантичними класами, а другого напрямку – система [2], де для вхідного запиту складається «інформаційний портрет» – набір упорядкованих за значимістю ключових слів і словосполучень, характерних саме для даної вибірки текстів, після чого за набором ключових слів користувач може самостійно визначити теми, які можуть бути видані у відповідь на його запит, і тим самим уточнити потрібну йому тематику. Описані підходи не вирішують порушених в роботі проблем, оскільки мають на увазі залучення великої кількості ручної праці, як з боку користувача при аналізі отриманих результатів, так і з боку розробника, при складанні попередньої семантичної розмітки, що суперечить поставленій в цій роботі меті.

Розроблена система базується на створенні семантичної моделі тексту, тому додатково було проведено аналіз основних підходів до комп'ютерного формування семантичних моделей тексту як для слов'янських, так і для англійської мов. Встановлено, що основою всіх цих підходів, що формують базові відносини між елементами в тексті, є продукційна модель онтологій. Практичне застосування цієї технології детально описано в роботі [3], на основі якої створюється семантичне уявлення метаописів тестового документа для подальшого семантичного пошуку. Важливою особливістю в рамках нашої роботи є те, що вихідні дані системи формуються на основі заздалегідь розміченого вручну корпусу мови. Цікавою практичною розробкою з використанням семантичних мереж є система формування семантичної мережі з слабоструктурованих текстових джерел, описана в роботі [4]. Автори роботи пропонують підхід для автоматичного відновлення структури розділів статті відкритого словника Wiktionary. Особливістю даного підходу є розробка деякої системи правил, на основі яких функціонує семантична програмна модель статті. Описані класи прикладних розробок комп'ютерних систем побудови семантичних мереж передбачають використання в якості вихідної бази знань деякий масив текстів, що містять попередню

лінгвістичну розмітку, що, як було сказано вище, не задовольняє поставленій в роботі меті.

Виклад матеріалу дослідження. Описана в цій статті модель є розвитком попередніх досліджень про побудову системи автоматичної генерації текстів на

основі концепції моделі м'якого розуміння Леонтьєвої [5] та побудову семантичної моделі наукового тексту [6]. Розглянемо алгоритм роботи системи, що зображений на рис. 1 та умовно поділений на п'ять основних кроків, більш детально.

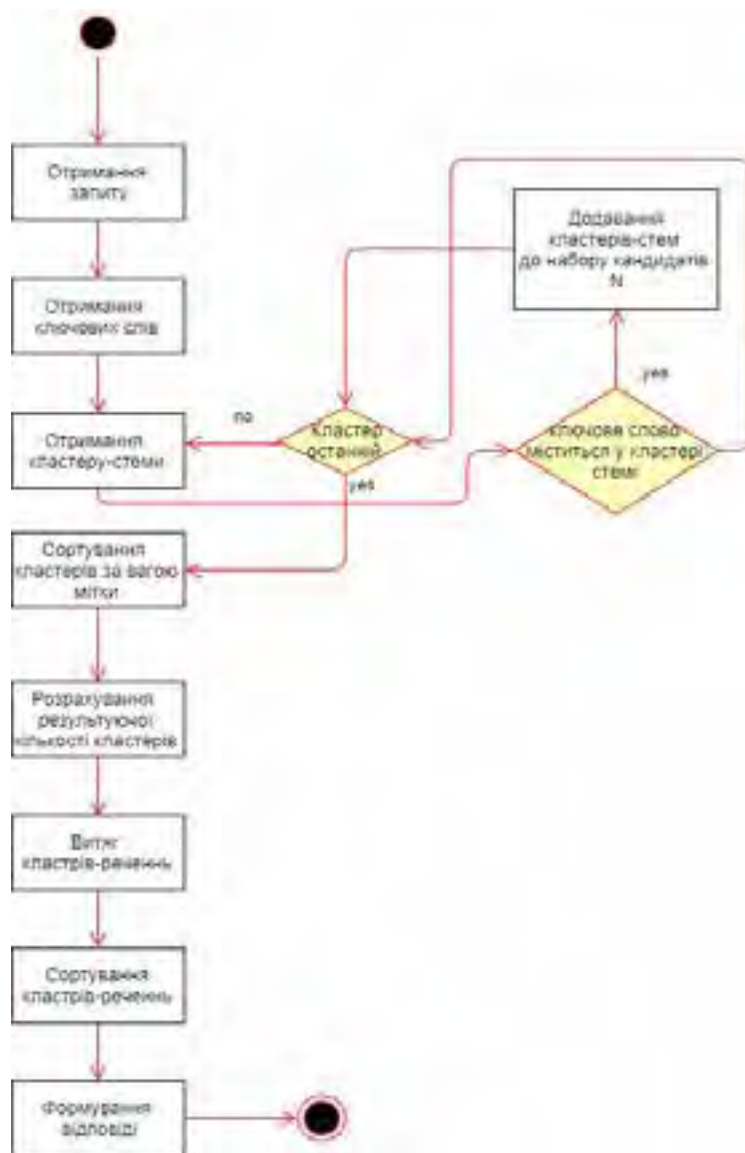


Рис. 1 – Структура роботи системи запит-відповідь

Крок перший – отримання і обробка запиту користувача, що є типовою поведінкою систем запит-відповідь. У нашому випадку, під запитом розуміється набір ключових слів, інформація про які цікавить користувача, розділених між собою знаками пробілу. Наприклад: «Класи програмування розробка»;

«Космос комети»; «Телескопи»; «Теорія економіки». Форма та відмінок слів що складає запит не фіксовані, і може задаватися на бажання користувача. В цілому, система виходить з того, що семантична складова запиту є цільною і його частини не суперечать одна одному. Така форма запиту є відмінною від звичних

морфологічно повних фраз, і була обрана для спрощення перевірки функціонування системи – аналіз повнотекстових запитів користувача є окремим семантико-морфологічним завданням і виходить за рамки цілей цієї роботи.

Крок другий – для кожного окремого ключового слова із запиту користувача відбувається операція пошуку відповідних кластерів-стем, множини яких формують семантичні мітки документа, за якими

і буде генеруватися результуюча відповідь. Алгоритм побудови семантичної моделі документа і виділення кластерів-стем був описаний у роботі [6] і є інноваційною розробкою створеною в рамках цього дослідження. Його концепція представляє собою застосування латентно-семантичного аналізу та послідовності просторових операцій на двомірній площині для отримання семантичної структури наукового тексту, приклад якої зображено на рис. 2.

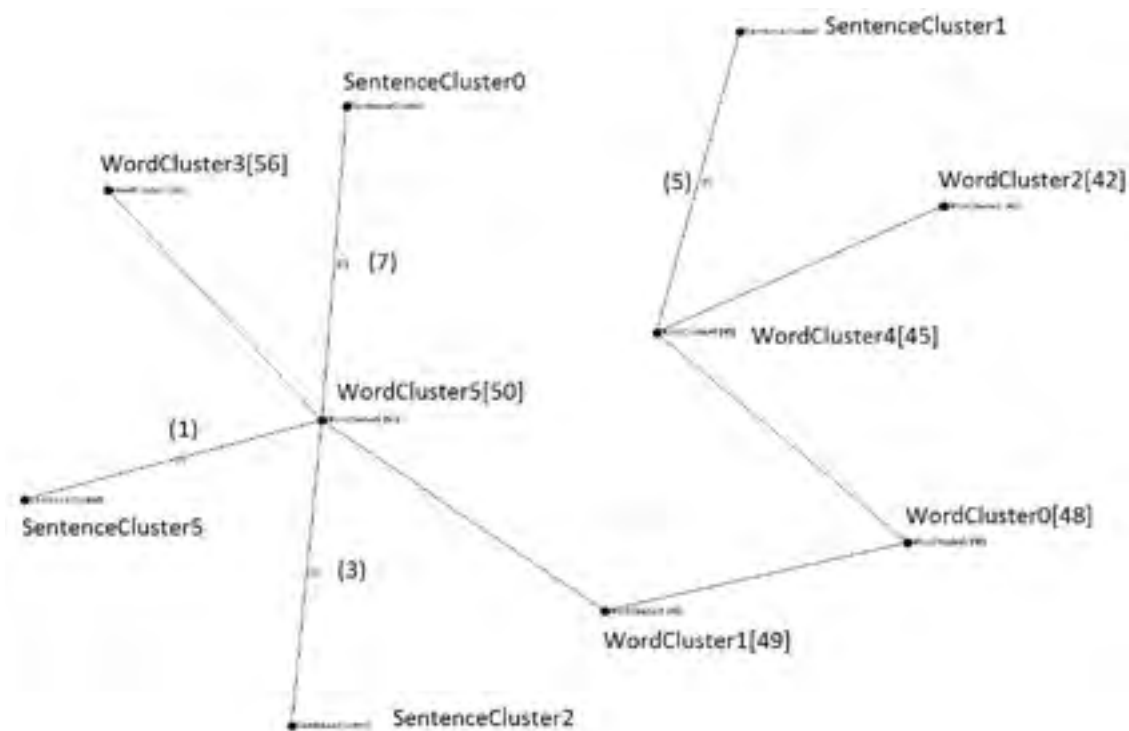
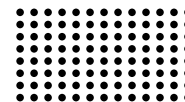
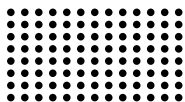


Рис. 2 – Семантична мережа наукового тексту

Результуюча семантична мережа складеться із кластерів-слів (позначено на малюнку як WordCluster) до яких прив'язана вага кластера (зображена на малюнку у квадратних дужках), кластерів речень (позначено на малюнку як SentenceCluster) які пов'язані із кластерами-стемами семантичним відношенням, вага якого позначена у круглих дужках. Отримана семантична мережа використовується для зняття числових даних, що характеризують семантичні властивості документа, до яких відносяться кількість стем-кластерів та кількість стем-речень, ваги кластерів-стем, ваги і кількість зв'язків, кількість стем що не увійшли до семантичної

мережі, які використовуються для автоматизації процесів оцінки і фільтрації текстів за їх семантичною складовою. Головною властивістю створеної структури є те, що вона дозволяє встановити прямі відносини між кластерами-стемами і масивами речень, що і являє собою семантичне подання документа, без застосування попередньої семантичної розмітки або залучення попередніх семантичних знань.

Крок третій – для кожного кластера-стеми із семантичних моделей текстів проводиться перевірка входження його елементів в користувальницький запит, для чого використовується розроблений механізм



визначення загальної частини на основі відстані Левенштейна [6], що застосовується для кожного ключового слова і кожної стеми у кластері. Якщо для поточного кластера-стеми таке входження знайдено – то кластер стає кандидатом для включення у результуючу відповідь. Приклад кластеру-стеми тексту на тематику «чорні діри» зображено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклад фрагменту кластеру-стеми

диску середньомасивних стала аналог важливі витягнутаї всередині тертя дозволило Зовнішнє великих завершила стала вік тертя обсерваторія Через що з'єднують виявити з'єднують витягнутаї забезпечує даними пророкує будова завершила забезпечує показана середньомасивних вік Альберта об'єкти назад тертя будова завершила рентгенівському речовини Метагалактики Сонця утворення подібних поглинає будова забезпечує Чумацького відстанях забезпечує область тертя астрономів білої будова тертя вік Альберта досліджень обсерваторія тертя обсерваторія тертя пророкує Альберта завершила нашої темпом багатьох спостерігача забезпечує становить інших сусідній стала компаньйоном Чорні вік Альберта масивних тертя десятків обсерваторія Виявлення тертя будова існування більш можливо відкрито скупчення визначаються завершила аналог високим тепер джерел

Як можна побачити з наведеного прикладу, у одному кластері містяться стеми, що мають прямий семантичний зв'язок, проте синтаксично вони ніяк не співвідносяться (чорні, обсерваторія, метagalактики, Сонця тощо). Саме це дає можливість системі знаходити семантично близькі речення у тексті, не спираючись при цьому на синтаксичні представлення (якщо ми шукаємо чорні діри – то інформацію про метagalактики також необхідно вважати релевантною, при умові достатньої сили семантичних зв'язків). Інші «нерелевантні» словформи (наприклад – розповсюджені дієслова) відсікаються за недостатньою вагою відносно тексту в цілому і конкретного запиту. У цьому і полягає реалізація моделі м'якого розуміння Леонтьєвої, коли ситуація – а власне, запит користувача, змінює сенсові ваги одного і того самого тексту.

Важливо зазначити, що функціонування системи стає можливим, оскільки до її складу була включена база

знань, що представляє собою корпус документів, тексти з якої мають відповідно побудовану семантичну модель документа. Корпус складається з декількох класів текстів, обробка яких по-перше повно покриває стилістичні і семантичні особливості мови, а по-друге стане опорою для проведення повноцінного тестування системи. Для цього була складена колекція із 100 текстів наукового стилю, розміри яких розподілені від 6 до 203 Кілобайт чистого тексту, класи яких розподілені у відсотковому співвідношенні у таблиці 2:

Таблиця 2 – Відсоткове розподілення типів тексту у колекції

Тип	Кількість (%)
0	35
1	15
2	21
3	24
4	5

Де тип 0 – відповідає текстам із слабкою семантичною зв'язністю, що були створені за допомогою автоматичного генерування або складені із фрагментів різних текстів і використовуються для тестування системи, тип 1 – тексти на економічну тематику, тип 2 – тексти на тематику філософії, тип 3 – тести на тематику космології і астрономії, а тип 4 – тексти на тематику інформаційних технологій і програмування. Таке розподілення переслідує мету створення достатньо репрезентативної вибірки текстів та розробки необхідного набору даних, що дозволить створити гнучку систему оцінок та перевірок адекватності додатку. Велика кількість семантично помилкових текстів створює умови для виявлення випадковостей у створенні відповідей, а велика кількість тематично незалежних кластерів тексту дозволяє змодельовувати можливості обробки запиту користувача у полістилістичній колекції текстів.

Окрім того, у ході дослідження була перевірена адекватність побудови семантичної моделі документа, що викладена у роботі [7] та заснована на оцінці сенсової місткості семантичних міток документу. Для цього, кожному документу із корпусу була побудована відповідна семантична модель тексту. Із кожної побудованої таким чином мережі були отримані кластеру-стеми із найбільшою (семантично сильний кластер)

та найменшою (семантично слабкий кластер) загальною вагою перетинів із семантичними контурами стем, для яких було розраховане значення сенсової місткості S_V за формулою (1)

$$S_V = \frac{N_Q}{N_W}, \quad (1)$$

де N_W – загальна кількість слів у документі, необхідна для нормалізації отриманих результатів, N_Q – встановлена емпірично кількість унікальних термінів у кластері, що мають пряме відношення до галузі знань, до якої належить текст (тематика документа). Отримані результати розрахунку сенсової місткості для кожного тематичного набору текстів зображені на рис. 3.

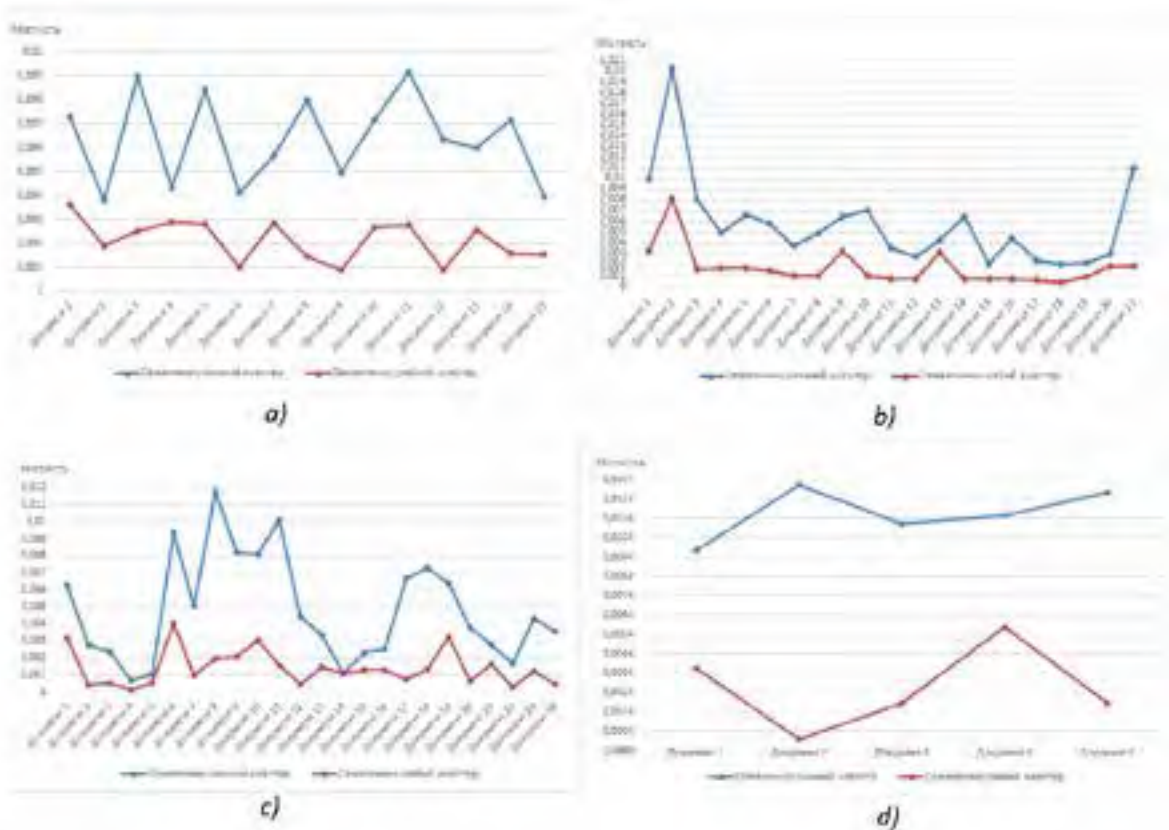


Рис. 3 – Розподіл значень сенсової місткості за темами: а) економіка; б) філософія; в) астрономія; г) інформаційні технології

Отримані графіки показали, що у проведених тестах кількість семантично значимих термінів у семантично сильних кластерах значно перевищує кількість термінів у семантично слабких кластерах незалежно від кількості, розміру та тематичної спрямованості документів – для тематики «економіка» (15 документів) кількість термінів у сильних кластерах у середньому у 2,98 раза більша ніж у слабких, для тематики філософія (21 документ) – у 3,375 раза, для тематики «астрономія» (24 документа) – у 3,473 раза, для тематики «інформаційні технології» (6 документів) – у 4,44 раза.

При проведенні досліджень не враховувалась вага стем або їх будь-яке синтаксичне співвідношення із текстом – пов'язані терміни оцінювалися лише з точки зору належності до тематики документа, тому отримані результати вказують на цілком адекватне формування семантичних міток документа – кількість семантично значимих термінів у кластері-стемі прямо пропорційна до кількості та ваги пов'язаних із ним семантичних контурів речень у побудованих моделях документів, що доводить залежність структури семантичної мережі саме від семантичної складової тексту.

Крок четвертий – для подальшого аналізу система повинна ранжувати кластери-кандидати за їх співвідношенням із вхідним запитом, тому для кожного знайденого кластера-стеми розраховується ситуативна вага W_s – кількісна міра, що характеризує загальну вагу стем у тексті що збіглися із запитом користувача, після чого усі знайдені на попередньому кроці кластери-стеми сортуються відповідно до розрахованого значення ситуативної ваги. Для обмеження і зручності аналізу відповіді розмір результуючого тексту, що буде згенеровано для користувача, виходить із кількості кластерів із максимальною ситуативною вагою C_w , що вираховується за формулою (2):

$$C_w = \frac{W_c}{S_c}, \quad (2)$$

де W_c – загальна кількість стем у базі системи, S_c – загальна кількість речень у базі системи.

Заключний крок – генерація текстової відповіді користувачеві. Для цього вибираються кластери-речення, пов'язані з кожним кластером-стевою загальною кількістю C_w , що стали кандидатами для вклю-

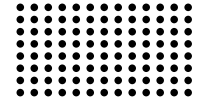
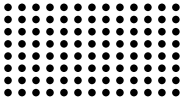
чення в результуючу відповідь на попередньому етапі. Якщо таких пов'язаних кластерів кілька, то в множину кандидатів потрапляє кластер з максимальною вагою зв'язку. В результаті даної операції формується множина речень-кандидатів для включення у результуючу відповідь, що сортується за номером речення у вихідному документі і загальною вагою стем у реченні. На виході користувач отримує згенеровану текстову відповідь, семантично пов'язану з вхідним запитом. Приклад отриманої відповіді на запит «інтерфейс» наведено у таб. 3.

Отримана відповідь містить інформацію не тільки дані про інтерфейс що цікавить користувача, а й семантично пов'язану інформацію – щодо абстракцій у теорії програмування, об'єктно-орієнтованого підходу до розробки, інформацію про класи, тощо. Згенерований текст був отриманий на основі документів «Клас» і «Інтерфейс» із загального корпусу документів. Окрім того, алгоритм є стійким до кількості слів у запиті і їх семантичних зв'язків – у таб. 4 наведено приклад запиту що є комбінацією тематично однозначного (космос) і неоднозначного (дослідження) ключових слів.

Таблиця 3 – Приклад відповіді системи на запит «інтерфейс»

Інші абстрактні типи даних – метакласи, інтерфейси, структури, перерахування, – характеризуються якимись своїми, іншими особливостями. Поряд з поняттям «об'єкта» клас є ключовим поняттям в ООП (хоча існують і безкласового об'єктно-орієнтовані мови, наприклад, Self, Lua; докладніше дивіться прототипна програмування). Суть відмінності класів від інших абстрактних типів даних полягає в тому, що при завданні типу даних клас визначає одночасно як інтерфейс, так і реалізацію для всіх своїх екземплярів, а виклик методу-конструктора обов'язковий. На практиці об'єктно-орієнтоване програмування зводиться до створення певної кількості класів, включаючи інтерфейс і реалізацію, і подальшого їх використання. Використовувані людиною класифікації в зоології, ботаніці, хімії, деталях машин, несуть в собі основну ідею, що будь-яку річ завжди можна уявити окремим випадком деякого більш загального поняття. Саме тому приклади класів в навчальних посібниках з об'єктно-орієнтованого програмування так часто згадують яблука і груші.

В об'єктно-орієнтованій програмі із застосуванням класів кожен об'єкт є «екземпляром» деякого конкретного класу, і інших об'єктів не передбачено. При цьому в різних мовах програмування допускається або не допускається існування ще якихось типів даних, екземпляри яких не є об'єктами (тобто мова визначає, чи є об'єктами такі речі, як числа, масиви і покажчики, або не є, і, відповідно, чи є такі класи як «число», «масив» або «покажчик», екземплярами яких були б кожне конкретне число, масив або покажчик). При використанні класів все елементи коду програми, такі як змінні, константи, методи, процедури і функції, можуть належати (а в багатьох мовах повинні належати) того чи іншого класу. Метод, співвіднесений з екземпляром класу (звичайний метод), може бути викликаний тільки у самого об'єкта, і має доступ як до статичних полів класу, так і до звичайних полів конкретного об'єкта (при виклику цей об'єкт передається прихованим параметром методу). Успадкованих клас або інтерфейс буде містити в собі все, що зазначено для всіх його батьківських класів (в залежності від мови програмування і платформи, їх може бути від нуля до нескінченності). Часто різні змінні програми зберігають логічно пов'язані значення, і за підтримку цієї логічної зв'язності несе відповідальність програміст, тобто автоматично зв'язність не підтримує.

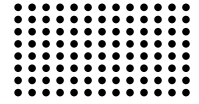
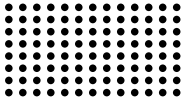


Клас – це елемент ПО, що описує абстрактний тип даних і його часткову або повну реалізацію. Точний зміст цієї фрази буде розкритий нижче. Графічне представлення деякої кількості класів та зв'язків між ними називається діаграмою класів. Ідея класів прийшла з робіт по базам знань, що мають відношення до досліджень з штучного інтелекту. Тобто «екземпляр класу» в даному випадку означає не «приклад деякого класу» або «окремо взятий клас», а «об'єкт, типом якого є якийсь клас». Наприклад, абстрактний тип даних «рядок тексту» може бути оформлений у вигляді класу, і тоді все рядки тексту в програмі будуть об'єктами – екземплярами класу «рядок тексту». Сам клас в підсумку визначається як список своїх членів, а саме полів (властивостей) і методів / функцій / процедур. Наприклад, загальна кількість рядків тексту, створених в програмі за час її роботи, буде статичним полем класу «рядок тексту». В ООП при використанні класів весь виконуваний код програми (алгоритми) буде оформлятися у вигляді так званих «методів», «функцій» або «процедур», що відповідає звичайному структурному програмуванню, однак тепер вони можуть (а в багатьох мовах зобов'язані) належати тому чи іншого класу. Як і поля, код у вигляді методів / функцій / процедур, що належать класу, може бути віднесений або до самого класу, або до екземплярів класу. У програмуванні існує поняття програмного інтерфейсу, що означає перелік можливих обчислень, які може виконати та чи інша частина програми, включаючи опис того, які аргументи і в якому порядку потрібно передавати на вхід алгоритмам з цього переліку, а також що і в якому вигляді вони будуть повертати. Абстрактний тип даних інтерфейс придуманий для формалізованого опису такого переліку. Програмні інтерфейси, а також класи, можуть розширюватися шляхом успадкування, яке є одним з важливих засобів повторного використання готового коду в ООП. В об'єктно-орієнтованій програмі прапорець «звільнений» буде оголошений приватним членом деякого класу, а для читання і зміни його будуть написані відповідні публічні методи. Скрізь далі слова «клас», «об'єкт», «інтерфейс» і «структура» будуть вживатися в своїх спеціальних значеннях, заданих в рамках ООП.

Таблиця 4 – Приклад відповіді системи на запит «дослідження космосу»

І нарешті, як і роль самої космонавтики для людства. Основним поштовхом до цього було протистояння двох наддержав (СРСР і США) – холодна війна. Початковий період обертання супутника навколо Землі склав 96,2 хв, а нахил – 65°11'. «Пальма першості» в області освоєння космосу дісталася СРСР, але США теж не хотіли відставати, і в такий подією світової важливості став політ на Місяць. Таким чином, «Луна-3» виявилася першим апаратом, який став штучним супутником відразу і для Землі, і для Місяця – його сильно витягнута орбіта охоплювала обидва цих небесних тіла. Так люди вперше змогли побачити зворотний бік Місяця. «Родзинкою» її було дзеркальце, погодуються вгору-вниз і при цьому повільно що повертається навколо вертикальної осі зліва направо. З його допомогою створювалася рядкова запис всього зображення. Англійські астрономи, зробивши їх обробку і отримавши зображення місячної поверхні, не стали передавати його в друк, чекаючи, коли першими ці сенсаційні дані опублікують російські. Відповіді не було, тому, вважаючи себе вільними від подальшого дотримання коректності, британські дослідники передали знімок в газети. В результаті все зображення вийшло стислим з боків і розтягнутим у висоту – місячна поверхня постала у вигляді стирчать вгору вузьких загострених каменів, між якими були ще більш вузькі піщані обеліски.

Брежнєв, але поки тривало узгодження, настав пізній вечір, і його вирішено було не турбувати. Багато тисяч років тому, коли бачиш нічне небо, людина мріяв про політ до зірок. У 19 столітті з'явився фантастичне оповідання письменника Жюль Верна «З гармати на Місяць». Однак ці ракети були технічно необгрунтованою мрією. Вчені за багато століть не назвали єдиного розташованого у розпорядженні людини засобу, за допомогою якого можна подолати могутню силу земного тяжіння і поплинути в міжпланетний простір. У 1911 році Ціолковський вимовив свої віщі слова: «Людство не залишиться вічно на Землі, але, в гонитві за світлом і простором, з початку боязко проникнути за межі атмосфери, а потім завоює собі всі близько земне простір». І з цього моменту великі уми планети почали працювати над початком реального освоєння космосу. Близько 20 польотів до Місяця американських автоматичних станцій за програмами «Рейнджер», «Сервейер» і «Лунар Орбітер» були строго підпорядковані підготовці до



Закінчення таблиці 3

висадки людини на Місяць. Доставити туди експедицію повинна була гігантська ракета «Сатурн-V», створена під керівництвом Вернера фон Брауна, німецького конструктора снарядів «Фау», який після другої світової війни працював в США. Втім, Радянський Союз також не стояв осторонь від підготовки пілотованого «місячного» польоту. І тут астронавти в порушення програми попросили дозволу почати вихід на Місяць негайно. У романі «Із Землі на Місяць» французький письменник Жюль Верн так описав перший політ людей навколо нашого супутника. Перший пілотований корабель, облетів навколо Місяця, був запущений в Сполучених Штатах – як у романі, так і в дійсності. Фраза, за словами самого Армстронга, була «добре підготовленим експромтом», заздалегідь обраним із сотень надійшли до польоту пропозицій. Такий зразок називався аварійним і повинен був братися, не відходячи від місячного модуля на випадок, якщо якісь надзвичайні обставини змусять астронавтів терміново сховатися всередині кабіни і покинути Місяць (такі ж зразки згодом бралися і всіма іншими п'ятьма «Аполлонами»). Гармата, з якої був випущений «місячний» снаряд, називалася Колумбіада, командний модуль корабля «Аполлон-11» носив ім'я «Колумбія». Снаряд у Жюля Верна приводився 11 грудня але був підібраний кораблем лише 29 грудня, що майже збігається з датою приводнення «Аполлона-8» – 27 січня. Повертаючись на Землю, як фантастичний, так і реальні космічні кораблі здійснювали посадку на воду в північній половині Тихого океану.

Результуючий текст був отриманий на основі документів «Досягнення у освоєнні космосу» і «Астрономічна картина миру» та містить інформацію про космічну гонку СРСР та США, висадку людини на місяць, відсилки до романів Жуля Верна, та інші релевантні дані, що вказує на коректний процес роботи системи запит-відповідь.

Для перевірки отриманої системи були проведені індивідуальні оцінки відповідей системи за бальним методом, що являє собою сукупність оцінок вимог до зге-

нерованої відповіді від 0 до 1 із кроком 0,1. Усього таких вимог 5, тобто кожна відповідь сумарно може отримати від 0 до 5 балів, а саме: присутність відповіді, ступень збігу із тематикою запиту, повнота викладу, присутність тематичних розривів та присутність сенсових розривів. Усього у ході дослідження було проведено 100 тестів із різною складністю питань і різним тематичним напрямом запитів, на кожен з яких була отримана відповідна оцінка, фрагмент графіку значень якої зображено на рис. 4.

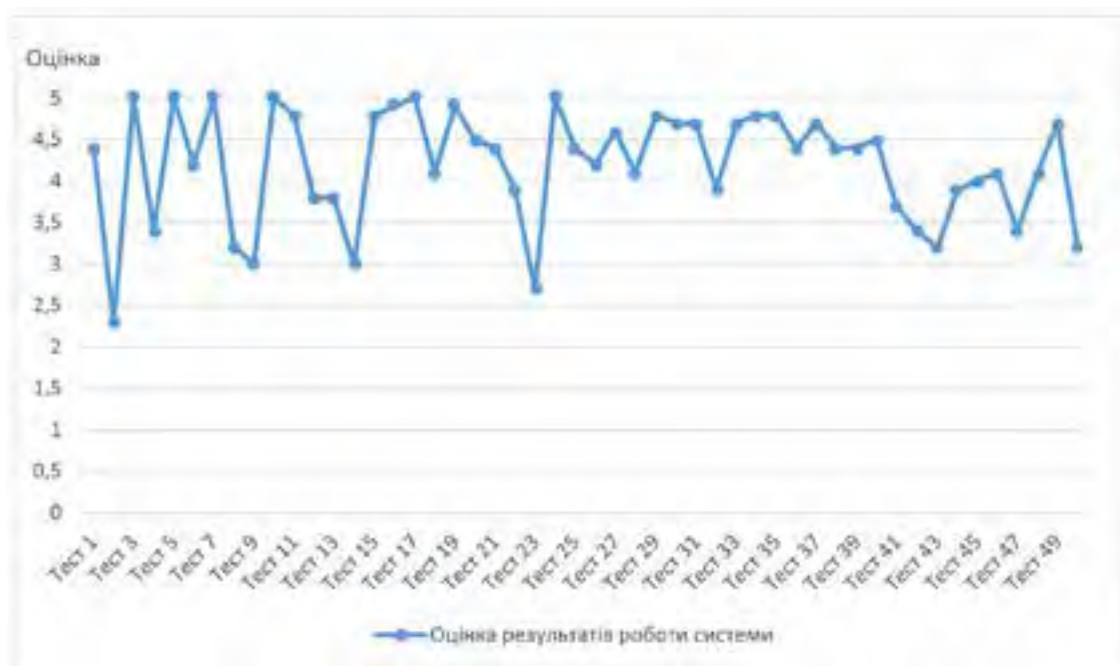


Рис. 4 – Фрагмент графіка значень експертних оцінок системи для 50 тестів

Середнє значення усіх проведених експертних оцінок склало 0,839, що вказує на задовільні результати роботи системи. Проведення мануального тестування показало наявність проблем у присутності сенсових розривів та необхідності обробки виключних ситуацій із відсутністю необхідних знань у системі, що і знизило сумарно оцінку роботи системи, проте ці факти не мають критичного впливу на алгоритм генерації відповідей. Виконання тестів системи запит-відповідь із використанням автоматичної генерації текстів показали адекватність роботи додатку як з точки зору використання семантичної моделі як основи для побудови інтелектуальних пошукових інструментів, так і з точки зору доцільності застосування семантичних моделей у ситуативній генерації текстів. Більш детально процес тестування створеної системи описаний у роботі [8].

Питання створення системи, що базується на деяких знаннях йде пліч о пліч із питанням адаптивності шляху накоплення цих знань. Розробка підходу, заснованого на побудові семантичної моделі документа створює великі можливості у цьому плані, дозволяючи незалежно наповнювати колекцію документів (і базу знань системи відповідно) текстами наукового стилю мовлення різної тематичної спрямованості. Система функціонує таким чином, що у користувача немає необхідності у ручній семантичній розмітці тексту, класифікації або перевірки тексту на відповідність якимось критеріям – достатньо лише завантажити документ у форматі plain text. Проте, такий підхід призводить до можливості наповнення системи знаннями, що недостатньо якісні для її стабільної роботи, що може створити надлишкову множину текстів для аналізу. До таких текстів, в першу чергу, відносяться недостатньо формалізовані документи, відповідність викладення інформації в яких суперечить науковому стилю мовлення. Вирішенням цієї проблеми стало застосування процесу попередньої оцінки і автоматичної фільтрації документів за їх семантичною зв'язністю.

За створеним алгоритмом, кожен з текстів характеризувався двома значеннями – нормалізованим розміром тексту W_N , отриманого за формулою (3):

$$W_N = \frac{W_i - W_{\min}}{W_{\max} - W_{\min}}, \quad (3)$$

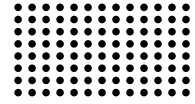
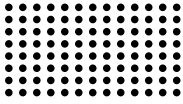
де W_i – загальна кількість слів, W_{\min} та W_{\max} – найменша та найбільша кількість слів у навчальному корпусі, та

нормалізованим семантичним значенням, отриманим за формулою (4):

$$S_N = \frac{W_U}{W} \cdot \frac{CW_C}{CW}, \quad (4)$$

де W_U – загальна кількість стем, W – загальна кількість слів, CW_C – кількість кластерів – стем, що мають зв'язок із кластерами-реченнями, CW – загальна кількість кластерів – стем.

Отримані таким чином данні є критеріями оцінки науковості тексту і водночас – навчальною вибіркою для включеної у структуру системи нейронної мережі, що має один прихований рівень, кількість нейронів у якому дорівнює кількості уроків що подано на вхід, та один вихід що може видавати значення 0 або 1 – наші класи тексту відповідно. Для навчання мережі використовується друге правило Хебба (дельта-правило), функцією активації є сигмоїдна функція, а значення зміщення одноразово обирається випадково у проміжку між -0.5 та 0.5. Отримана навчена модель використовується для прогнозування зв'язності вхідних текстів, у випадку, коли користувач бажає доповнити базу знань системи – якщо відповідно до отриманого прогнозу документ що завантажується є достатньо формалізованим, він проходить побудову семантичної моделі та завантажується у базу знань системи, інакше користувач отримує помилку і завантаження не відбувається. Необхідно враховувати, що описані семантичні характеристики залежать від розміру тексту, тому зняті данні потребують попередньої нормалізації. В якості даних для навчання використовувалися тексти із описаного раніше корпусу – 50 текстів було використано як набір уроків (40 % склали незв'язні тексти, а 60 % – зв'язні). Для тестування отриманої мережі було виконано 100 тестів, данні для яких вибиралися з бази даних колекції текстів. Проведені тести показали точність роботи у 90 %, причому жоден прогноз щодо незв'язних текстів не був хибним – це стосується як цілком автоматично згенерованих текстів, що вказує на коректну обробку статичних властивостей тексту, так і фрагментарних текстів, що говорить про коректну обробку семантично незв'язних текстів. Такі результати вказують не тільки на достатню і задовільну точність роботи класифікатора і можливість його подальшого використання у системі, а і на адекватність семантичної моделі документу в цілому



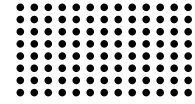
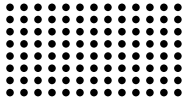
її доцільності у застосуванні в інтелектуальних системах АОТ. Більш детально застосування системи класифікації наукових текстів розглянуто у [9, 10].

Висновки. У роботі представлено комп'ютерну модель системи «запит-відповідь» із використанням автоматичної генерації текстів. Для вирішення головних наукових проблем моделі була розроблена та реалізована концепція безсловникової методики побудови семантичної моделі документу, що не має аналогів і використовує у своїй роботі як базові методи синтаксичної обробки тексту, так і науково нові застосування латентно-семантичного аналізу, що у комплексі дозволили створити семантичну модель документу без попередньої розмітки та залучення додаткових словникових знань. Аналіз схожих розробок семантичних мереж вказує на інноваційність підходу, а проведені тестування показали, що алгоритм стійкий до семантичних змін і дійсно залежить саме від сенсу тексту, а не від випадковості або частотного подання. Окрім того, реалізована модель представлена у вигляді відкритого програмного API [<https://github.com/yegorkovylin/sm-scr.git>], що дозволить розробникам систем АОТ

отримувати кількісні моделі семантичних характеристик тексту без необхідності залучення лінгвістичних знань – прикладом такого застосування може служити розроблений у цій роботі засіб автоматичної оцінки семантичної зв'язності тексту, що використовує нейронну мережу, навчену на основі числових даних отриманих із семантичної моделі документу. Проведені тести роботи вказують на надійність процесу класифікації і доводять перспективність досліджень використання створеного алгоритму побудови семантичної моделі тексту для вирішення інших завдань АОТ, не розглянутих в рамках цієї роботи. Проведене дослідження розробки системи запит-відповідь на основі генерації текстів показує доцільність використання процесу породження текстів для формування відповіді на поставлене питання. У ході виконання дисертації був розроблений алгоритм і реалізуючий його програмний додаток, що дозволяє створювати, на основі семантичних моделей нерозмічених колекцій документів, нові тексти, що містять відповіді на поставлені користувачем питання. Отримані результати проведеного тестування вказують на коректність і адекватність отриманого додатку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Поляков П.Ю. Використання семантичних категорій в завданні класифікації відгуків про книги : матеріали щорічної Міжнародної конференції «Діалог», (Москва, 29 травня – 2 червня 2013) / Інститут лінгвістики РДГУ. – М. : Інститут лінгвістики РДДУ, 2017. – 193 с.
2. Антонов А.В. Галактика Zoom. Оцінка модифікації методу формування інфопортрета: матеріали третього російського семінару по оцінці методів інформаційного пошуку, (Ярославль, 6 жовтня 2018 року). / НДІ Хімії СПбДУ – СПб, 2018. – 226 с.
3. Gubin Yu., Razin V.V., Tuzovsky A.F. Application of semantic networks and frequency characteristics of texts on natural languages for the creation of semantic metapopsis. // *Problems of Informatics*, 2017, p. 59–64.
4. Pismak A.E., Kharitonova A.E. // The method of automatic formation of a semantic network from weakly structured sources // *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2016, vol. 16, no. 2, p. 324–330.
5. Волковський О.С., Ковилін Є.Р. Комп'ютерна система інтелектуального семантичного пошуку з використанням генерації текстів // *Вісник Херсонського національного університету* – 2018. № 3(66) Херсон. – С. 238–245.
6. Volkovsky O.S., Kovylin Y.R. Computer System of Building of the Semantic Model of the Document // 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP) – P. 322–327 – Lviv, 2018. DOI: 10.1109/DSMP.2018.8478591}
7. Volkovsky O.S., Kovylin Y.R. Mathematical model for automatic creation the semantic thesaurus for the scientific text// *System technologies. Regional collection of inter-university scientific papers*. – 2019. № 6 Dnipro.
8. Волковський О.С., Ковилін Є.Р. Модель автоматичної оцінки адекватності комп'ютерних систем «запит-відповідь» з використанням генерації текстів // *Системні технології. Регіональний збірник міжвузівських наукових праць*. – 2020. № 1 Дніпро.
9. Волковський О.С., Ковилін Є.Р. Комп'ютерна система автоматичного визначення зв'язності тексту // *Системні технології. Регіональний збірник міжвузівських наукових праць*. – 2017. № 1 (112) Днепр.
10. Волковський О.С., Ковилін Є.Р. Комп'ютерна система автоматичного аналізу промислових інструкцій // *Системні технології. Регіональний збірник міжвузівських наукових праць*. – 2018. № 3(116) Днепр. С. 28–37.



**КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАПРОС-ОТВЕТ
НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ**

Ковылин Е.Р.,

аспирант,

Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, пр. Гагарина 72, г. Днепр, Украина,

e-mail: kovilin.yegor@gmail.com

Волковский Ю.С.,

к.т.н., доцент,

Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара, пр. Гагарина 72, г. Днепр, Украина,

e-mail: didivave@mail.ru

Аннотация. Целью работы является разработка запросно-ответной системы, способной создавать конкретные текстовые ответы на запрос пользователя, используя в своем алгоритме генерации научного текста на естественном языке. Система определяет смысловые связи в документах, создавая при этом новый текст, содержащий ответ на вопрос пользователя. В статье рассматривается модель системы, основанной на разработанном подходе к формированию семантической модели документа, который позволяет получать количественные показатели семантических свойств документа на естественном языке и смысловые связи между компонентами научного текста без необходимости какой-либо предварительной семантической разметки текстов, внедрение словарей или привлечение лингвистических знаний о естественном языке. Дополнительно разработана подсистема автоматической классификации научных текстов по степени их связности, использующая в своей работе количественные характеристики семантических свойств созданной модели научного текста. В статье описаны разработанные критерии оценки созданных систем и алгоритмов. Полученная таким образом система, кроме организации удобной поисковой среды, образует универсальную модель для проведения автоматической обработки текстов на семантическом уровне для групп славноязычных текстов формального стиля, набор инструментов которой позволяют гибко создавать и обрабатывать тематические полнотекстовые корпуса документов без предварительной семантической разметки и получить программную модель текста формализованной стилизованности с количественными характеристиками семантических свойств текста, на основе которых возможно решать другие задачи автоматической обработки текстов.

Ключевые слова: семантическая сеть, автоматическая обработка текста, система запрос-ответ.

**COMPUTER MODEL OF REQUEST-RESPOND SYSTEM BASED
ON AUTOMATIC GENERATION OF SCIENTIFIC PAPERS**

Kovylin Ye.R.,

Postgraduate Student,

Oles Honchar Dnipro National University, Haharina Ave., 72, Dnipro, Ukraine,

e-mail: kovilin.yegor@gmail.com

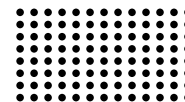
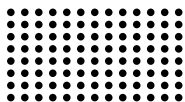
Volkovskiy O.S.,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Dnipro National University, Haharina Ave., 72, Dnipro, Ukraine,

e-mail: didivave@mail.ru

Abstract. The aim of the work is to develop a request-response system capable of creating specific textual responses to a user's request, using a scientific text generating in a natural language in its algorithm. The system determines the semantic links in the documents, while creating a new text containing the answer to the user's question. The article discusses a model of a system based on the developed approach to the formation of a semantic model of a document, which allows you to get quantitative indicators of the semantic properties of a document in a natural language and semantic links between compo-

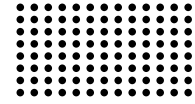
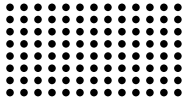


nents of a scientific text without the need for any preliminary semantic markup of texts, the introduction of dictionaries or the attraction of linguistic knowledge about natural language. In addition, a subsystem for the automatic classification of scientific texts by the degree of their connectivity was developed, which uses quantitative characteristics of the created model of a scientific text in its work. The article describes the developed criteria for evaluating the created systems and algorithms. The system thus obtained, in addition to organizing a convenient search environment, forms a universal model for automatic text processing at a semantic level for groups of Slavic-language texts of a formal style, a set of tools that allow you to flexibly create and process thematic full-text document bodies without preliminary semantic markup and get a program text model formalized stylistic orientation with quantitative characteristics of semantic properties text and, on the basis of which it is possible to solve other problems of automatic word processing.

Keywords: *semantic framework, automatic text processing, request-respond system.*

REFERENCES:

1. Polyakov, P.Yu. (2017). The use of semantic categories in the task of classifying book reviews. Proceedings of the annual international conference «Dialogue», 193. (in Ukrainian).
2. Antonov, A.V. (2018). Galaxy Zoom. Evaluation of modification of the method of forming an infoportrait. Proceedings of the third Russian seminar on the evaluation of information retrieval methods, 226. (in Ukrainian).
3. Gubin, Yu., Razin, V.V., Tuzovsky, A.F. (2017). Application of semantic networks and frequency characteristics of texts on natural languages for the creation of semantic metapopsis Problems of Informatics, 59–64. (in Ukrainian).
4. Pismak, A.E., Kharitonova, A.E. (2016). The method of automatic formation of a semantic network from weakly structured sources Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 324–330.
5. Volkovsky, O.S., Kovilin, Y.R. (2018). Computer system of intelligent semantic search using text generation. Bulletin of Kherson National University, (66), 238–245. (in Ukrainian).
6. Volkovsky, O.S., Kovylin, Y.R. (2018). Computer System of Building of the Semantic Model of the Document. IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing, 322–327.
7. Volkovsky, O.S., Kovylin, Y.R. (2019). Mathematical model for automatic creation the semantic thesaurus for the scientific text. System technologies. Regional collection of inter-university scientific papers, (6).
8. Volkovsky, O.S., Kovilin, Y.R. (2020). Model of automatic adequacy assessment of computer systems «request-response» using text generation. System technologies. Regional collection of interuniversity scientific works, (1). (in Ukrainian).
9. Volkovsky, O.S., Kovilin, Y.R. (2018). Computer system for automatic determination of text coherence. System technologies. Regional collection of interuniversity scientific works, (112). (in Ukrainian).
10. Volkovsky, O.S., Kovilin, Y.R. (2018). Computer system for automatic analysis of industrial instructions. System technologies. Regional collection of interuniversity scientific works, (116), 28–37. (in Ukrainian).



HUMAN CAPITAL AND DEVELOPMENT TASKS IN THE LIGHT OF INCREASING THE EDUCATION QUALITY AND IMPROVING COMPUTERIZED INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES OF TRAINUNG

UDC 510.6

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.76-90>

Eduard P`yatakov,

Ph.D. (Technical Sciences), Professor,
Maritime Institute of Postgraduate Education named after Rear Admiral Fyodor F. Ushakov
(Admiral Ushakov Maritime Institute), Kherson, Ukraine,
E-mail: pyatakov@kmtc.com.ua; ORCID ID: 0000-0002-8972-5934

Viktor Khodakov,

Dr. Sc. (Technical Sciences), Professor,
Maritime Institute of Postgraduate Education named after Rear Admiral Fyodor F. Ushakov
(Admiral Ushakov Maritime Institute), Kherson, Ukraine,
E-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-8188-9125

Andrei Sokolov,

Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
E-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8442-6137

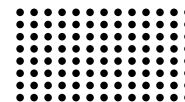
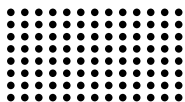
Valentin Odintsov,

Dr. Sc. (Physical and Mathematical Sciences), Professor,
Maritime Institute of Postgraduate Education named after Rear Admiral Fyodor F. Ushakov
(Admiral Ushakov Maritime Institute), Kherson, Ukraine,
E-mail: Odintsov.v.v.1937@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-9950-9904

Galina Veselovskaya,

Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
E-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

Abstract. The objective of the article lies in the systemological analysis of the concept for human capital, as well as to identify most important factors in the formation of the concept for human capital and its relationships to the key issues of social and economic development, in the framework of the solution for the actual task on finding ways of increasing the education



quality and improving computerized information systems and technologies for training. Research methods. The research was based on concepts and tools of such theories as systemology, information, databases, information systems, information technology, computer systems, and technical means of education. Main research results. Key features and components of the concept for human capital as the basis for continuous improvement of the each human personality and production team, as well as society and economics as a whole, in conditions of the influence of negative natural and climatic factors, are identified. Progressive mutual contacts and mutual influences that take place in the system of mutually determined concepts, represented by the following terminology: "human capital"; "the human (person)"; "the worker (employee)"; "investor"; "development of social and economic processes"; "education quality"; "computerized information systems, and technologies of training", – are dedicated. The information model-prototype and concept for its practical implementation, to improve the quality in the selection and integration for compound components of computerized information systems and technologies of training, are developed. Scientific novelty. New concepts that identifying and generalizing the factors that have a powerful catalyzing effect on the progressive development and interaction of human capital, socio-economic systems, and education, are created. The new information model for the rationalization of the component composition in computerized information systems and technologies of training, are created. Practical`s significance. The implementation of proposed concepts and the information model in practical activities permit to significantly improve the efficiency for computerized information systems and technologies of training due to their improvement according to the criteria of expediency and optimality in the choice of composition and integration technologies for components.

Keywords: *human capital, training, computerization, information systems, information technologies.*

Problem`s statement. The main component of ensuring the effective work for enterprises, firms, regions, and the country is a person (people). "Human capital" in recent decades is one of the most priority areas for research. The relevance and severity of the problems associated with the safekeeping, development and implementation of methods for using "human capital" is growing and requires further research, has both theoretical and practical significance. In particular, research tasks related to the issues on the mutual influence of the level for human capital and the quality of human education are highly relevant, taking into account the key role of computerized information systems and technologies of training.

Analysis of recent research and publications. Labor resources have played and are playing a critical role in society life. With the development of society, labor resources are also develops. Development is reflected in a change (increase) for the level of education and knowledge. By the middle of the 20th century, the possible level of education had become high enough level, and all this, first of all, due to the level of development in science and the educational system. The first to propose the term "human capital" in 1951 was Jacob Mincer [1]. Then this term was used by American economists Theodore William Schultz [2] and Gary Stanley Becker [3] to form the foundations for the theory of "human capital". Simon Kuznets also made a considerable contribu-

tion to the development of the theory on human capital. All of these scientists have received Nobel Prizes in economics for the creation and development of the theory on human capital, and now there is no doubt that human capital is the main factor in the formation of the "knowledge economy".

Following scientists carried out the further development of the created methodological foundation for the theory of human capital, expanding and concretizing its individual components. Numerous research results accumulated by them at the moment urgently need a generalized scientific review and analysis, systematization, certain unification, and bringing the conceptual base to the state of a single holistic perception. Further scientific researches in the phenomenon of human capital are also relevant in connection with the development of society, economics, education, modern computerized information systems and technologies of training.

The objective of the study. The main aim of this work is a systemological analysis for the concept of "human capital", initially related to the social and economic category of the characteristic features for the population, as well as identification the most important factors in the formation of the concept for "human capital" and its interconnections with urgent tasks of developing society and economics, increasing the quality of education and improving computerized information systems and technologies of training.

Research findings. Human capital is a relatively new naming for labor resources of high quality, with a high level of education and investment, introduced in the middle of the 20th century [1-3].

Human capital is an educated part of the labor resources with knowledge and tools for intellectual and managerial labor. The human (labor) capital of the organization (firm) is represented by the total labor capacity of workers, based on the level of their education, skills, psychophysiological abilities, professional and qualification skills, and the necessary organizational and technical conditions [4-5].

The labor capital of the region and organizations is, first of all, people as resources of living labor available to each enterprise, region, as well as their cumulative abilities and capabilities that can be realized in labor behavior. Therefore, the labor capital of the region and organizations is determined by the strength in the individual labor potentials of workers, which, in turn, are formed from the labor potentials of separate production teams [6, 7].

In the scale of development, the specific classification of human capital is adopted, that is presented in Fig. 1.

Composition of labor potential is presented in Fig. 2.

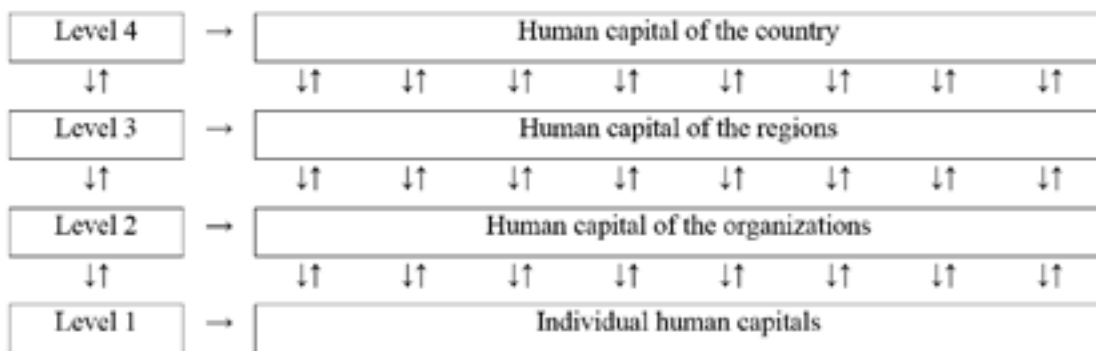


Fig. 1 – Levels of human capital



Fig. 2 – Composition of labor potential (labor resources)

At the moment, some names are used in the description of the characteristics for labor activity, reflecting disagreement in terminology and an unstable situation in this subject area.

These are the following terms: staff; labor resources; labor potential; work force; human resource; human capital;

economically active population; economically inactive population.

Initially, researchers Jacob Mincer, Theodore Schulz, and Gary Becker, introducing this resource name, under the concept of "human capital" was meant a complex of the knowledge, abilities to labor and skills used to do the job and

meet the needs of human and society as a whole. That is, the totality of investments in a person was meant, increasing his ability to work, namely, education and professional skills [7, 8]. Further research have added here consumer spending per family: food, clothing, housing, education, upbringing, healthcare, culture and government spending for the same purpose.

Thus, according to the interpretations of Western scientists, "human capital" is labor resources with a high level of quality in education, parenting and culture, as certain amounts have already been invested in the development of the human labor force. That is, there is, to some extent, a cost estimate of a person's ability to work, and human capital is the cost equivalent of the human abilities invested in him.

With the continuation of labor activity, based on the continuously ongoing development of science, and, consequently, productions, there is an increase in qualifications and knowledge, and, consequently, an increase in further expenses per person at a high level. The level of development of education, science, production technologies, and the economics has reached a high level, as well as efficiency and productivity of human labor have reached a high level. Human has become the most important resource of society.

The labor resources include the working-age population. Labor resources include both employed and unemployed in economics working-age population.

Awareness of a person began to be at the center of the development in society and economics, led to the fact that, starting in the middle of the 20th century, human capital management began to develop as a new scientific and technical direction.

Human is considered as the most important resource of society. As much as possible of his abilities can be realized if motives and needs are in harmony with his abilities. Human resources are now considered as the main assets of direct production, play a more important role in the development of the economics than material resources, because they have economic usefulness and social value.

A new outlook on labor force is approved, as one of the key resources of the economics, reflecting a real increase in the role and quality of the human factor in production, strengthening the dependence of production on the quality of education, parenting, motivation and the nature of the use of work force.

This is expressed in increasing requirements to workforce and in increasing expenses for the preparation and development of human resources from the state, family and business.

Researches of human capital under the United Nations (UN) organization development program determined the share of human capital in the national wealth of different countries, compared with the share of natural wealth (Table 1) [9, 10].

The share of human capital in the national wealth of countries is: not less than 50 % except for countries of "The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC)" – 47 % where such a ratio is objective; not less than the share of natural and reproducible capital taken together (for all countries except OPEC) where the minimum ratio of shares is 1:1 for the Russian Federation (RF) and the "Commonwealth of Independent States (CIS)" countries and the maximum is 2:7 for "The Group of Seven (G7)" and European Union (EU) countries.

Table 1 – National wealth of the world at the beginning of the 21th century

Countries	National wealth		Including types of capital		
	total, trillions of dollars	per capita, thousands of dollars	human capital	natural capital	reproducible capital
The countries of the G7 and EU	275	360	215	10	50
OPEC countries	95	195	54	35	15
CIS countries	80	275	40	30	10
RF	60	400	30	24	6
Other countries	100	30	65	15	20
Total in the world	550	90	365	90	95

The share of human capital is determined by human capital used in the production of various kinds of goods. If we consider it from the position of the enterprise, then the results of the enterprise's activity depend on the value of the specific qualification potential of employees (K_p), which is determined by the number of workers with different levels in education, that is, by the value of the impact of education, duration of training, advanced training and work experience [11]:

$$K_p = \sum_{i=1}^m N_i t_i + N_v \cdot 15 + N_s \cdot 12 + 0,25 \cdot \sum_{j=1}^n N_j t_j + \frac{1}{2,6} \sum_{k=1}^p N_k t_k \quad (1)$$

In this formula: N_i is the number of workers with i class of education; t_i is the number of years on study in high school; N_v is the number of workers with higher education; N_s is the number of workers with secondary special education; N_j is the number of workers who attended continuing education courses; t_j is the duration of continuing education courses; N_k is the number of workers with k work experience; t_k is the work experience, years.

In relation to our conditions, a coefficient of 2.6 was obtained by academician S.G. Strumilin, who established that the level of knowledge for the year at school is increased by 2.6 times compared with the year of work at the enterprise.

Enterprises (firms), as well as the country's economics, benefit from a high level of human capital, but this must be achieved by improving education and the qualification level of personnel. Office expenses of American companies are increasing. According to forecasts, the duration of training is increasing the same.

The term "human capital" is used primarily by Western scientists. We believe that, in connection with the development of the economics, it is time for domestic scientists to use it more widely. "Human capital" is the main factor in the formation of the "Knowledge Economics" society.

The greatest contribution to the formation of human capital is made by education with a high level of fundamentality, but culture, healthcare (health), and parenting cannot be discounted (Fig. 3).

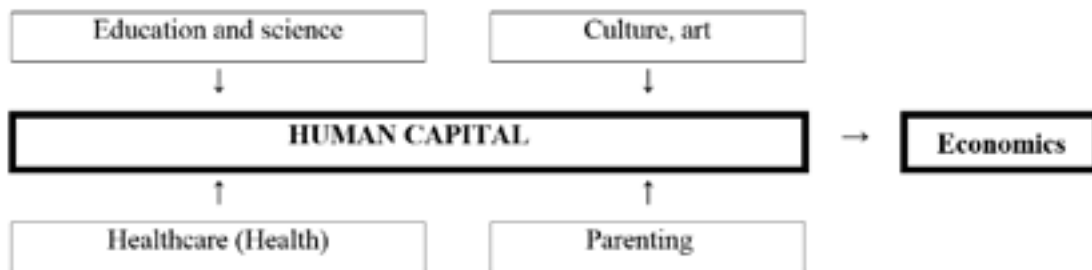


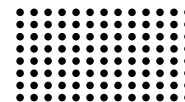
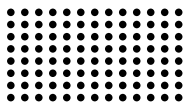
Fig. 3 – Components of human capital

Education is the main factor in the preparation and formation of "human capital". For Ukraine, education, in addition, plays one of critical roles.

As was shown in works [12, 13], for the countries of Eastern Europe, with their negative climatic conditions, and Ukraine refers to this class of countries, education is also the most important factor in blocking and mitigating the negative manifestations of natural and climatic conditions. For countries of Eastern Europe, with negative natural and climatic conditions of the natural environment, education must be attributed to the most important strategic industries, maybe equally important in significance as the country's defense industry.

We give an interesting example.

At the entrance to the university "Universiteit Stellenbosch (US)" in the Republic of South Africa (RSA) there is a panel with next content: "The destruction of any nation does not require atomic bombs and the use of long-range missiles. It only requires a decrease in the level of education. Patients die by hand of doctors who have received such a defective education; buildings are destroyed by hand of such the engineers who built these buildings; money is lost by hand of such economists and accountants; justice is lost by hand of the lawyers and judges who have received this education. The collapse of education is the collapse of the nation".



As an economic category, “human capital” was formed gradually, during a long time interval, and at first included such components as parenting, education, knowledge and health, which then referred to unproductive expenses. And only in the 20th century, thanks to the development of the economies of the countries and the achievements of nations, did the attitude to human capital change: investments in education and science began to provide the sharp, intensive development of those countries that went for it.

As an example, we remember Japan and the Russian-Japanese war of 1904-1905, which Russia lost, and experts determined that the main reason for the defeat was the low level of education. In this period, the average number of years for education of adult population in Japan was 5.4 years, in the United States of America (US) – 8.3 years, and average life expectancy – 51 years. In Russia, these indicators were like that 1–1.2 year and 33–35 years. Japan was ready to make a spurt in the 20th century and become one of the leading countries in the world [14].

South Korea is going through a similar condition now, and we will give such examples as achievements: a country with a population of less than 40 million people takes 5–6 places at the Olympiads, produces cars and ships of world class.

This was very well emphasized by Margaret Hilda Thatcher, the former Prime Minister of The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (UK): “The country's wealth is not necessarily built on its own natural resources; it can be achieved even if they are totally absent. The most important resource is a person. The state only needs to create the basis for the heyday of people's talent”.

Given examples emphasize that larger success achieve countries which have good education systems and the population of which has a high level of education, good health, optimism and happiness, high competitiveness, high level professionalism in most types of professional and economic activities, countries which are highly competitive in education, science, culture, and management. The population of such countries can be attributed to the category of the high human capital level.

The same countries, in the presence of a quality education, are able to form and grow a certain part of the population, called the elite. It is thanks to the elite that there can be progress in the sciences, art, industry, in all branches of civilization, the formation of social

solidarity. And the representatives of the elite must show examples of this solidarity. In Japan after The Second World War, in the United States of America (USA) during the period of overcoming the World Crisis, the leaders of many enterprises and firms set their wages at the level of ordinary workers as a sign of social solidarity. If a simple worker bears the brunt while the political and business elite show a craving for a luxurious life, one cannot hope for improvement.

As the researcher of ethnic processes Lev Gumilyov noted, “when a super ethnos (or civilization in another terminology) as a social holistic system, going through the stages of birth, growth, rise and takeoff, enters a phase of decline, then instead of creators passionaries, that is, the elite of society, subpassionaries enter the arena [15]. Then the states and civilizations die.

Let`s note some more characteristic features of human capital.

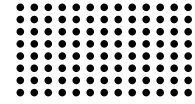
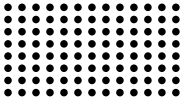
Human capital means attachments, investments not only in a person, but also in an environment for the convenience of functioning and increasing the competitiveness of human capital, in the life safety. Convenience of functioning is provided by investment in hospitals, doctors, schools, theaters, in various tools of intellectual work.

The concept of “human capital” includes: acquired stock of knowledge, abilities, skills; the possibility of appropriate use of this stock in one or another field of activity what promotes growth of labor productivity and production; an increase in income that promotes employee interest leads to further investment in human capital; motivation.

All of the above can lead to the formation of a post-industrial economy with high labor productivity, good quality of life, the formation of moral foundations, and the triumph of laws.

The center for the preparation and formation of human capital is the higher education system, which through its units Higher Education Institutions prepares these personnel.

Consequently, the quality of training of graduated specialists depends, first of all, on the Higher Education Institution. Improvement and development of Higher Education Institutions, equipping them with advanced technical equipment and technologies, leads to an improvement in the quality of human capital, and the last – to the development of the economics, growth of Gross Domestic Product (GDP).



Both western and domestic scientists evaluate domestic labor resources (human capital) by the level of training below the western level [1-3].

This is primarily due to the decrease in the quality of higher education and the level of fundamental in education. This is especially true for engineering and technical specialties, where training is now often carried out on old (until the 1990s) technical laboratory equipment.

Secondly, the study load in the disciplines of mathematical and physical areas has been sharply reduced. Unfortunately, in Ukraine there are universities in which only one semester is allocated for the study of higher mathematics and physics.

Therefore, improving the quality of "human capital" must begin to increase in the Higher Education Institution by improving the methods of training, parenting and control, equipping with advanced technologies.

The decrease in the quality of training can also be explained by the fact that in Ukraine there are practically no machine-building enterprises now, specialists in these areas are not claimed, recruits for these specialties at Higher Education Institutions are often only 2-3 people. There is no motivation.

The concept that capital is made up only from physical assets is undermined, the concept that capital is any asset, physical or human, which has the ability to generate a stream of future income [1, 2, 3] is approved.

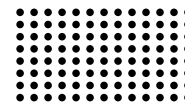
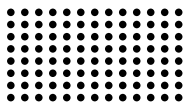
The defining features of human capital [1, 6]: is the main value of modern society and a fundamental factor in economic growth; the formation of human capital requires significant costs both from the individual himself and from society as a whole; human capital can accumulate; throughout life, it not only acquires knowledge, but also wears out, and, with the obsolescence of individual knowledge, the value of human capital changes; investments in human capital give a higher income, have a quite long period; differs from physical capital by degree of liquidity, is inseparable from its carrier – a living human person; direct income received by a person is controlled by him, regardless of the source of investment; the degree of return on the use of human capital depends on the individual interests of a person, his material and moral interest, worldviews, level of culture.

Thus, human capital is the stock of knowledge, health, skills, experience that a person has and uses to generate income.

The role of human capital in the development on the society of the future is predicted due to the growth of the role, level and quality of education. Without raising the level and quality of education, there can be no growth in human capital. Education is increasingly moving to the role of the main factor in the country's development. In the countries of Eastern Europe, education is turning into the strategic sector of the country; at the state level, it is necessary to make effective large-scale investments in education, science, parenting, culture, and art. Without education, a country cannot have a future. To stay afloat and at the advanced level, the state, companies and enterprises need to provide a high level of their citizens, workers, because new industries, new technologies are becoming more and more high-tech, they need high-level new special knowledge and skills. The gap between highly skilled and all other workers and specialists is growing rapidly, so self-improvement and individual improvement in their level of education is the most important condition for human well-being and improvement of society and the economics in the future. All of the above is especially relevant for the countries of Eastern Europe, for Ukraine, as a country with negative natural and climatic conditions.

With the development of science and technical equipment, there is a constant acceleration in the emergence of new and updates of existing knowledge, methods, models of technical equipment and technologies that are beginning to be used in the daily life of a person and society. A person (employee) must keep track of all this in order to use all these new items in timely. Therefore, even after receiving an excellent education in a beautiful elite university, it is necessary to monitor the level of development on education and science in order to "not fall behind". This just fits into the concept of "lifelong education". And it should be a continuation of the concept of obtaining the first higher education at a university and consistent with the system of first higher education.

This explains that, in connection with the use of the concept on human capital, it became expedient to develop the Investors in People standard [16], established in 1991 on the initiative of the UK government, which was worried about the decline in labor productivity at the end of the 1980s. To eliminate this, it was proposed to develop a standard – a system that would take into account and combine into a single whole the interests of wage-earners and employers with the requirements of the country's economics [16].



The Investors in People standard, streamlining personnel management processes, takes into account the nuances of interaction between staff and employers in a multi-aspect and comprehensive manner, including as key issues related to the system of motivation, training, assessment and remuneration [16].

A system based on the application of the Investors in People standard, in which all key aspects of investing in people are de facto standardized, is rightly considered a good human-centered system for business improvement [16].

Since 1993, certification in accordance with the Investors in People standard has been carried out by the public organization "Investors in People". After receiving a certificate of compliance with the Investors in People standard, which is valid for three years, organizations and enterprises must systematically undergo verification of compliance with the requirements of this standard [16-21].

The Investors in People standard is applied in seventy countries, while the number of holders of a certificate of compliance with this standard is more than forty thousand (in particular, more than thirty percent of UK residents are employees of organizations and enterprises that have been certified by Investors in People) [16-21].

The Investors in People standard is based on the following fundamental principles [16-21]: a) obligations (organizations and enterprises, striving for a positive result of certification and obtaining a certificate, are obliged to carry out the development of their employees, respect and take into account their opinions and points of view in the decision-making process, provide them opportunities for further career development); b) planning (companies must have clear business plans that are transparent and unambiguous for each employee to understand); c) action (firms should not only in theory, but in practice stick to the principle that employers and workers are a single whole in achieving common goals and obtaining planned results, and also be truly interested in the development of people who work for them); d) assessment (research of the potentially, planning of expected, obtaining and analysis of real results of training people, as well as mutual coordination of employee development programs and company goals).

Investing in people can be considered as the most effective resource in business development.

It is extremely important for a person to feel successful, as well as to perceive recognition and high appreciation of his work by other people.

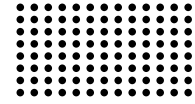
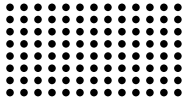
In order to be characterized by performance and competitiveness, to respond in a timely manner to changes and challenges caused by phenomena and events taking place in the world, a company needs to systematically and consistently develop and train employees, improve their knowledge and skills, develop new skills and provide them with opportunities to succeed.

In the initial version, the Investors in People standard were a rather bulky system based on a large number of principles and indicators, was required the introduction of many documents and the performance of a large number of works with them [16-21]. Employers considered the factor of the abundance of "paper" work as such, which makes the implementation of the Investors in People standard difficult, and therefore this standard has been repeatedly improved. As a result, in 2005, the developers of the Investors in People standard proposed its new lightweight version, mainly focused on the business sphere.

The Investors in People quality standard, as an addition and development of generally accepted international quality systems in the field of creating effective management systems for organizational structures (such as ISO 9000), can equally serve as the basis for creating new ISO series standards or act as a separate independent standard. The application of this standard leads to increased mutual understanding and harmonization of relations between wage-earners and employers, what causes an increase in labor productivity, profits and people's satisfaction with their work.

The leaderships of Ukrainian enterprises and organizations are becoming increasingly adhered to such an opinion that increasing the efficiency of activities in conditions of intensive development requires reinforced attention to structuring processes, describing functions and streamlining the areas of responsibility of workers. By introducing advanced technologies and management standards, one can achieve a significant improvement in organizational structures and increase their effectiveness.

The Investors in People standard aims to comprehensively improve the business as a holistic system based on the construction of an appropriate management strategy, which includes setting strong emphasis on the active and comprehensive involvement of employees in decision-making, very careful formation and formulation of goals and objectives, and a social orientation factor [16-21].



The Investors in People standard assumes the development of business strategies for organizations and enterprises based on the application of new politics and philosophy of people management. The main concept of the philosophy on employee ownership in the general goals of the company is that employees not only do not get scared of changes, but also initiate them, are aimed at further development and prosperity of the business.

As a whole, and at any preparatory stage of the certification process regarding compliance with the Investors in People standard, companies do not need to carry out large volumes of work and submit ambitious but formal business plans.

An employer must have a realistic business plan that has the property of high transparency: both managers at different levels of the hierarchy and executing workers must clearly and unequivocally understand the ideas of this plan, their tasks in its implementation, as well as the principles of building for internal communications [16-21]. Only in this case can we say that the company management has organized a good management system and adjusted the required information flows.

If employees understand what they need to do and know the ultimate goals that they need to achieve, then their chosen path to success will be more effective, and the amount of unproductive costs will be reduced. Thanks to the introduction of the Investors in People standard, the thinking style of managers changes in the direction from intuitive approaches to systemic, targeted mental activity.

Those organizations and enterprises that in practice show their attitude to employees as the most valuable capital acquire huge reserves for further development.

In the last period of time and in many countries of the world, actively used terminology, denoting the concepts of "cadres" and "human resources", is changing – they are replaced by such more delicate and tactful words as "people", "employees", "workers", "staff". Thus, it is more advisable to talk about the standard for the development of people, not human resources. The documentation that describes the relationship between companies and people should also contain the correct wording. In particular, the term "continuity policy", is used in the Investors in People standard, replacing the habitual concept of "personnel reserve" [16-21].

The uniqueness of the Investors in People standard is that it focuses on people.

The main idea of the standard is the development of working people, regardless of which direction of the business they carry out their labor activities, both it be a small company or a large enterprise, in order to achieve specific positive results.

The Investors in People standard regulates and streamlines personnel management processes, ensures their transparency and understandability for people, comprehensively and in the complex takes into account issues related to wage-earners, affecting systems of their motivation, training and advanced training, performance assessment and professional level, salary.

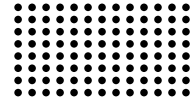
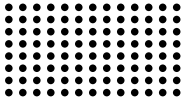
The mandatory requirements of the Investors in People standard include the fact that the company's management is obliged to provide all its employees with equal opportunities for professional development, career growth and further development of potential [16-21].

As an illustrative example on the implementation of the Investors in People standard, it should be noted that in the UK, employees, as a rule, do not quit companies certified in accordance with the Investors in People standard. The minimum staff turnover is explained by the fact that one of the fundamental principles of these companies is the duty of the head towards the staff (each employee and the team as a whole) to carry out their development and advanced training. The Investors in People standard, having a humanistic basis, directs managers and executives to systematic, continuous development, raising the qualification level, and obtaining a highly developed corporate culture [16-21]. Ultimately, all this forms the elite of society.

This standard has become known in Ukraine. Successful national companies, in which a regular management system has been debugged and personnel management processes built up, declare their readiness for certification on compliance with the requirements of the Investors in People standard.

This standard will help many domestic companies to improve the management system, make it more efficient, and, therefore, increase the efficiency for the entire economics of the country.

Turning to further issues to be considered in this research it is important to emphasize attention once again on the fact that a higher level of negative natural and climatic conditions in the countries of Eastern Europe leads to complication and appreciation in conditions



for living and employment of the population in these countries.

The corresponding negative impact is carrying out on all spheres of human activity, in particular, on the conditions of training.

Successful assimilation of knowledge and skills becomes more complex, slow and resource intensive process.

There is a need to invest more varied support, funds, time and intellectual efforts to achieve the desired level for intensity and effectiveness of the training.

Appropriate task is staging a major focus on modern and innovative computerized information systems and technologies of training [22-24].

It is extremely important turns out to be much more careful preliminary planning on suggested components of the environment and ensuring effective control for the processes of computer-based training.

The objective of that planning is cost optimization of financial, hardware, software, organizational, intellectual, time, and other resources.

The main problem is that at this time has accumulated and continues to increase numerically a sufficient large amount of tools (technical tools, approaches, tricks, ways, techniques, concepts, methods etc.) with a wide spectrum of applied focus, which can provide support for information systems and technologies of computer-based training [22-24].

Particularly expressive is getting the relevance of specified problem, given the numerous model series of equipment for technical support, which is constantly evolving.

Even greater is the number of possible ways to combine the components of the specified tools with a view to their integration into a holistic system and one unified effective control of them.

Therefore, the problem arises of multi-criteria selection in that tools and approaches to their integration that would be optimal to perform specific practical tasks under the certain conditions and under compliance with the certain requirements.

An important basis for solving this problem is to provide proper opportunities on orientation in the lists of components for the existing instrumentation.

First of all, we are talking about the possibility of familiarization with the names of varieties of the components for the tools (classes, types, model series,

specific models, etc.) and their manufacturing companies in a single environment.

Then we are talking about opportunities on single access to brief descriptions of the characteristics, the predominant areas of use, target users categories, ways for integration and methods for control of the toolkit components.

Accordingly, there is a need to create and maintain databases of lists on the toolkit components.

Within the specified system, active monitoring of new elements of lists (primarily, based on information from the websites of manufacturing companies), as well as the prompt formation and correction of lists (updating, systematization, restructuring, etc.) is relevant.

It is necessary to develop appropriate structures of databases and knowledge bases, build models of intelligent software Internet agents to monitor and select information, and apply technologies in expert systems of artificial intelligence.

Consider the more global scale of the problem in expanding the range of opportunities for optimizing computerized information systems and training technologies based on providing reinforced awareness of their appropriate organization and functioning.

In this view, it is relevant to develop the structure and content of information models (prototypes and implementations) that integrate into a single logical unit the matrices of characteristics (names, values, short and extended interpretations and descriptions of parameters) for all relevant elements and components of the above systems and technologies (objects, phenomena, processes, flows, relationships, etc.).

It is advisable to implement the matrices of characteristics in the format of database tables and spreadsheets with a common block of user interface and control.

The structure and content of the prototype information model has been developed (Fig. 4), which relates to the following aspects of the consideration: environment (external environments and interaction with them); features of the internal organization and life cycle (in the format of descriptions, comments, conditions, requirements, assumptions, restrictions, etc.); conditions and levels of support (hardware, software, mathematical, informational, organizational); resources – material (funds, technical equipment, expendable materials), human, time.

The matrix of names for the basic types of system and technological structures	The matrix of names for the actual and prospective tasks to achieve set goals	The matrix of names for the existing advanced ways and technologies of activities	The matrix of names for the required current and final results of activities	The matrix of names for the specific circumstances of organization and functioning
The matrix of names for the compound parts of elemental and component base	The matrix of needs in the elemental and component base in the order to perform tasks	The matrix of tools and methods for applying the elemental and component base	The matrix of needs in the elemental and component base to assess the achievements	The matrix of requirements to the compound parts of elemental and component base
The matrix of names for the compound parts of resource support	The matrix of needs in the resource support for assignments	The matrix of elements for the technologies required to resources use	The matrix of needs in the resource support for the purpose of checking results	The matrix of conditions on the compound parts of resource support
The matrix of names for the target categories of users and user's groups	The matrix of needs and capabilities for the users when performing specific tasks	The matrix of user requirement in case of implementing specific technologies	The matrix of user features relevant to achieve the preset results	The matrix of characteristics for the restrictions specific to target categories of users

Fig. 4 – Information model, a prototype on the base complex of the characteristics-reasons for the choice in the compound parts of the computerized information systems and technologies for training

Conclusions. As a result of the analysis, it was proved that “human capital” is the dominant in the stable growth for the economics of countries, and education is the most important component part in the development of human capital. But the education component alone is not enough: in addition to education, parenting, culture, and healthcare (health) are also necessary. If these components exist, then there is a real opportunity to ensure the high quality of human capital, life, conditions for an effective industrial economics, which is transformed into a post-industrial or innovative economics, and guarantees the stable functioning and development of the country.

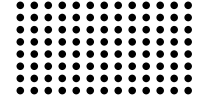
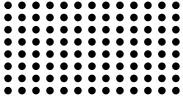
It is advisable to switch to using the Investors in People standard, in the practice of using which positive results have been shown. The intensification in the processes of introducing into practice the organizations and enterprises of Ukraine of this international standard will be a powerful catalyst for strengthening and developing the economies of countries, attracting foreign investment, expanding existing

and developing additional markets, and accelerating European integration.

Improving the education quality as one of the key factors in the formation of human capital with a high level of value in conditions of a more negative natural and climatic environment in countries of Eastern Europe is associated with the need to find ways to intensify the training processes. One of the most effective approaches is to improve modern computerized information systems and technologies of training. In this regard, an information prototype model is proposed, aimed at improving the quality for the selection and integration of compound components for the above systems and technologies, as well as appropriate approaches to its practical implementation. The introduction of this model into the practice of the educational process at the Department of Information Technology (Faculty of Information Technology and Design of the Kherson National Technical University) made it possible to increase its efficiency by 10 percent.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Блауг М. 100 великих економістів після Кейнса. СПб. : Економікус, 2000. С. 200–202 [Електронний ресурс]. URL : <http://gallery.economicus.ru> (дата звернення 10.02.20).
2. Shultz T. Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences. New York, 1968. Vol. 6.
3. Becker Gary S. Human Capital. New York : Columbia University Press, 1964.
4. Ходаков В.Е., Михайлов К.М., Райко Г.А. Об автоматизированной системе управления образовательной средой региона. *Вестник ХНТУ*. 2008. № 1(30). С. 442–449.
5. Модели и методы управления персоналом: российско-британское учебное пособие / под ред. Моргунова Е.Б. Москва : ЗАО “Бизнес-школа”, 2001. 464 с.
6. Костоусов С.Е. Организация управления трудовыми ресурсами в регионе на материалах Вологодской области / Диссертация на соискание уч. ст. канд. наук. Вологда, 2005. 192 с.
7. Черненко Т.В. Особенности формирования и эффективного использования трудовых ресурсов региона / Диссертация на соискание уч. ст. канд. наук. Волгоград, 2004. 186 с.
8. Becker Gary S. Human Capital. New York : Columbia University Press, 1994.
9. Римашевская Н.М. Человеческий потенциал России и проблемы “сбережения населения”. *Российский экономический журнал*. 2004, № 9–10. С. 22–40.
10. Нестеров Л., Ашерова Г. Национальное богатство человеческий капитал. *Вопросы экономики*. 2003. № 2. С. 20–36.
11. Смит А. Исследования о природе и причинах богатства народов. М. : Соцэкгиз, 1962. 490 с.
12. Ходаков В.Е., Абрамов Г.С., Абрамова Г.В., Соколов А.Е. Влияние природно-климатических условий и социально-экономических факторов на развитие экономики. *Проблемы информационных технологий*. 2017. № 02 (022). С. 5–18.
13. Ходаков В.Е., Абрамов Г.С., Абрамова Г.В. Вплив людського капіталу та інших соціально-економічних факторів на розвиток економічних систем регіонального типу. *Проблеми інформаційних технологій*. 2017. № 01 (021). С. 187–192.
14. *Survey of Current Business*. 1994. № 11. P. 37–71.
15. Гумилев Л.Н. От Руси до России. Москва : “АСТ-Москва”, 2006. 416 с.
16. Unlock your organization’s potential – An overview of the Standard framework – The Investors in People Standard [Electronic resource]. URL : http://www.investorsinpeople.co.uk/Documents/IIP_StandardOverview1.pdf (access mode 10.02.20).
17. Стандарт “Investors in People” / Принципы управления персоналом – Международные принципы управления персоналом // Studbooks.net [Электронный ресурс]. URL : https://studbooks.net/1494496/menedzhment/standart_investors_people_printsipy_upravleniya_personalom (дата обращения 10.02.20).
18. Investor in People / Reverso Context [Electronic resource]. URL : <https://context.reverso.net/перевод/английскийрусский/Investors+in+People> (access mode 10.02.20).
19. Investors in People Стандарт / Словарь по управлению персоналом // HR-Portal [Электронный ресурс]. URL : <https://hr-portal.ru/varticle/investors-people-standart> (дата обращения 10.02.20).
20. Пероганич Ю. Investors in People – Стандарт якості з управління персоналом / Асоціація підприємств інформаційних технологій України. [Електронний ресурс]. URL : <https://old.apitu.org.ua/investors-in-people> (дата звернення 10.02.20).
21. Ревина О. Стандарт качества Investors in People / HR-Portal [Электронный ресурс]. URL : <https://hr-portal.ru/article/standart-kachestva-investors-people> (дата обращения 10.02.20).
22. Буйницька О. П. Інформаційні технології та технічні засоби навчання. Київ : Центр навчальної літератури, 2017. 240 с.
23. Higher education in the digital age. *Moving academia online* / eds.: A. Zorn, J. Haywood, J. Glachant. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA : Edward Edgar Elgar Publishing, 2018. 170 p.
24. *Trends and advances in information systems and technologies: proceedings of the 2018 World conference on information systems and technologies WorldCIST 18 (Naples, Italy, 27–29 March 2018)* / Eds.: A. Rocha, H. Adeli, L. P. Reis, S. Costanzo. Naples, Italy : Springer International Publishing, 2018. Volume 3 (347). 406 p.



**ЛЮДСЬКИЙ КАПІТАЛ І ЗАДАЧІ РОЗВИТКУ В СВІТЛІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ
ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
І ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ**

Едуард Миколайович П'ятаков,

к.т.н., професор,

Морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова, м. Херсон, Україна,
e-mail: pyatakov@kmtc.com.ua; ORCID ID: 0000-0002-8972-5934.

Віктор Єгорович Ходаков,

д.т.н., професор,

Морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова, м. Херсон, Україна,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-8188-9125.

Андрій Євгенович Соколов,

к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8442-6137.

Валентин Володимирович Одінцов,

д.ф.-м.н., професор,

Морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова, м. Херсон, Україна,
e-mail: Odintsov.v.v.1937@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-9950-9904.

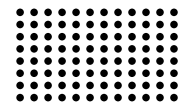
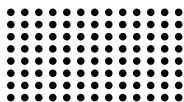
Галина Вікторівна Веселовська,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна;
e-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460.

Анотація. Мета статті полягає в системологічному аналізі поняття людського капіталу, а також у виявленні найважливіших факторів формування поняття людського капіталу та його взаємозв'язків із ключовими проблемами соціально-економічного розвитку, в межах вирішення актуальної задачі щодо пошуку шляхів підвищення якості освіти та вдосконалення комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій навчання. Методи дослідження. В основу дослідження було покладено концепції й інструментарій теорії системології, інформації, баз даних, інформаційних систем, інформаційних технологій, комп'ютерних систем, технічних засобів навчання. Основні результати дослідження. Виявлено ключові особливості та складові поняття людського капіталу як основи безперервного вдосконалення кожної людської особистості та виробничого колективу, а також суспільства й економіки в цілому, в умовах впливу негативних природно-кліматичних факторів. Виокремлено прогресивні взаємні зв'язки та взаємні впливи, що мають місце в системі взаємно обумовлених понять, представлених наступною термінологію: «людський капітал»; «людина (особистість)»; «працівник (службовець)»; «інвестор»; «розвиток соціально-економічних процесів»; «якість освіти»; «комп'ютеризовані інформаційні системи та технології навчання». Розроблена інформаційна модель-прототип та концепції її практичної реалізації, спрямовані на підвищення якості вибору та інтеграції складових компонентів комп'ютеризованих інформаційних систем та технологій навчання. Наукова новизна. Напрацьовано нові концепції, що виявляють та узагальнюють фактори, що чинять потужну прискорювальну дію на прогресивний розвиток і взаємовплив людського капіталу, соціально-економічних систем, освіти. Створено нову інформаційна модель для раціоналізації компонентного складу комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій навчання. Практична значимість. Впровадження запропонованих концепцій та інформаційної моделі до практичної діяльності дозволяє істотно підвищити ефективність комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій навчання завдяки їх вдосконаленню за критеріями доцільності й оптимальності вибору складу та технологій інтеграції компонентів.

Ключові слова: людський капітал, навчання, комп'ютеризація, інформаційні системи, інформаційні технології.



ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ В СВЕТЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Эдуард Николаевич Пятаков,

к.т.н., профессор,

Морской институт последипломного образования имени контр-адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Херсон, Украина,
e-mail: pyatakov@kmtc.com.ua; ORCID ID: 0000-0002-8972-5934

Виктор Егорович Ходаков,

д.т.н., профессор,

Морской институт последипломного образования имени контр-адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Херсон, Украина,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-8188-9125

Андрей Евгеньевич Соколов,

к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных технологий,

Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина,
e-mail: hodakov.viktor@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-8442-6137

Валентин Владимирович Одинцов,

д.ф.-м.н., профессор,

Морской институт последипломного образования имени контр-адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Херсон, Украина,
e-mail: Odintsov.v.v.1937@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-9950-9904

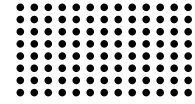
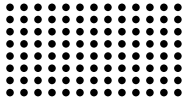
Галина Викторовна Веселовская,

к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных технологий

Херсонского национального технического университета, г. Херсон, Украина,
e-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

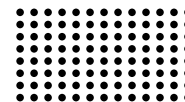
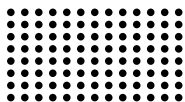
Аннотация. Цель статьи заключается в системологическом анализе понятия человеческого капитала, а также в выявлении важнейших факторов формирования понятия человеческого капитала и его взаимосвязей с ключевыми проблемами социально-экономического развития, в рамках решения актуальной задачи по поиску путей повышения качества образования и совершенствования компьютеризированных информационных систем и технологий обучения. Методы исследования. В основу исследования были положены концепции и инструментарий теории системологии, информации, баз данных, информационных систем, информационных технологий, компьютерных систем, технических средств обучения. Основные результаты исследования. Выявлены ключевые особенности и составляющие понятия человеческого капитала как основы непрерывного совершенствования каждой человеческой личности и производственного коллектива, а также общества и экономики в целом, в условиях влияния негативных природно-климатических факторов. Выделены прогрессивные взаимные связи и взаимные влияния, которые имеют место в системе взаимно обусловленных понятий, представленных следующей терминологией: «человеческий капитал»; «человек (личность)»; «работник (служащий)»; «инвестор»; «развитие социально-экономических процессов»; «качество образования»; «компьютеризированные информационные системы и технологии обучения». Разработана информационная модель-прототип и концепции ее практической реализации, направленные на повышение качества выбора и интеграции составных компонентов компьютеризированных информационных систем и технологий обучения. Научная новизна. Нарботаны новые концепции, выявляющие и обобщающие факторы, которые оказывают мощное катализирующее воздействие на прогрессивное развитие и взаимовлияние человеческого капитала, социально-экономических систем, образования. Создана новая информационная модель для рационализации компонентного состава компьютеризированных информационных систем и технологий обучения. Практическая значимость. Внедрение предлагаемых концепций и информационной модели в практическую деятельность позволяет существенно повысить эффективность компьютеризированных информационных систем и технологий обучения благодаря их совершенствованию по критериям целесообразности и оптимальности выбора состава и технологий интеграции компонентов.

Ключевые слова: человеческий капитал, обучение, компьютеризация, информационные системы, информационные технологии.



REFERENCES:

1. Blaug, M. (2000) 100 velikikh e`konomistov posle Kejnса. SPb. : E`konomikus. [E`lektronny`j resurs] URL : <http://gallery.economicus.ru> (data obrashheniya 10.02.20).
2. Shultz, T. (1968) Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences. New York. Vol. 6.
3. Becker, Gary S. (1964) Human Capital. New York : Columbia University Press.
4. Khodakov, V.E., Mikhajlov, K.M., Rajko, G.A. (2008) Ob avtomatizirovannoj sisteme upravleniya obrazovatel`noj sredoj regiona. *Vestnik KhNTU*. **1**(30), 442–449.
5. Morgunov, E.B. (Ed.) (2001) Modeli i metody` upravleniya personalom: rossijsko-britanskoe uchebnoe posobie. Moskva : ZAO "Biznes-shkola".
6. Kostousov, S.E. (2005) Organizacziya upravleniya trudovy`mi resursami v regione na materialakh Vologodskoj oblasti / Dissertacziya na soiskanie uch. st. kand. nauk. Vologda.
7. Chernen`kova, T.V. (2004) Osobennosti formirovaniya i e`fektivnogo ispol`zovaniya trudovy`kh resursov regiona / Dissertacziya na soiskanie uch. st. kand. nauk. Volgograd.
8. Becker, Gary S. (1994) Human Capital. New York : Columbia University Press.
9. Rimashevskaya, N.M. (2004) Chelovecheskij potenczial Rossii i problemy` "sbrezheniya naseleniya". *Rossijskij e`konomicheskij zhurnal*. **9–10**, 22–40.
10. Nesterov, L., Asherova, G. (2003) Nacional`noe bogatstvo chelovecheskij kapital. *Voprosy` e`konomiki*. **2**, 20–36.
11. Smit, A. (1962) Issledovaniya o prirode i prichinakh bogatstva narodov. M. : Socze`kgiz.
12. Khodakov, V.E., Abramov, G.S., Abramova, G.V., Sokolov, A.E. (2017) Vliyanie prirodno-klimaticheskikh uslovij i soczial`no-e`konomicheskikh faktorov na razvitie e`konomiki. *Problemy` informacziorny`kh tekhnologij*. **2**(022), 5–18.
13. Khodakov, V.le., Abramov, H.S., Abramova, H.V. (2017) Vplyv liudskoho kapitalu ta inshykh sotsialno-ekonomichnykh faktoriv na rozvytok ekonomichnykh system rehionalnogo typu. *Problemy informacziynykh tekhnolohii*. **1**(021), 187–192.
14. (1994). *Survey of Current Business*. **11**, 37–71.
15. Gumilev, L.N. (2006) Ot Rusi do Rossii. Moskva : "AST-Moskva".
16. Unlock your organization`s potential – An overview of the Standard framework – The Investors in People Standard [Electronic resource]. URL : http://www.investorsinpeople.co.uk/Documents/IIP_StandardOverview1.pdf (access mode 10.02.20).
17. Standart "Investors in People" / Princyipy` upravleniya personalom – Mezhdunarodny`e princyipy` upravleniya personalom // Studbooks.net [E`lektronny`j resurs]. URL : https://studbooks.net/1494496/menedzhment/standart_investors_people_printsipy_upravleniya_personalom (data obrashheniya 10.02.20).
18. Investor in People / Reverso Context [Electronic resource]. URL : <https://context.reverso.net/перевод/английскийрусский/Investors+in+People> (access mode 10.02.20).
19. Investors in People Standart / Slovar` po upravleniyu personalom // HR-Portal [E`lektronny`j resurs]. URL : <https://hr-portal.ru/varticle/investors-people-standart> (data obrashheniya 10.02.20).
20. Perohanych Yu. Investors in People – Standart yakosti z upravlinnia personalom / Asotsiatsiia pidpriemstv informacziynykh tekhnolohii Ukrainy. [Elektronnyi resurs]. URL : <https://old.apitu.org.ua/investors-in-people> (data zvernennia 10.02.20).
21. Revina O. Standart kachestva Investors in People / HR-Portal [E`lektronny`j resurs]. URL : <https://hr-portal.ru/article/standart-kachestva-investors-people> (data obrashheniya 10.02.20).
22. Buinytska, O. P. (2017) Informacziini tekhnolohii ta tekhnichni zasoby navchannia. K. : Tsentr navchalnoi literatury.
23. Zorn, A., Haywood, J., Glachant, J. (Eds.) (2018) Higher education in the digital age. Moving academia online. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA : Edward Edgar Elgar Publishing.
24. Rocha, A., Adeli, H., Reis, L. P., & Costanzo S. (Ed.) (2018) *Trends and advances in information systems and technologies: proceedings of the 2018 World conference on information systems and technologies WorldCIST`18* (Naples, Italy, 27-29 March 2018). Naples, Italy : Springer International Publishing. Volume **3**(347).



ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНОМУ ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ VR ТЕХНОЛОГІЙ

UDC 004.371.378

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.91-99>

Володимир Шерстюк,

д.т.н, професор, завідувач кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна,
E-mail: vgsherstyuk@gmail.com, ORCID

Раїса Захарченко,

к.т.н, доцент кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна,
E-mail: zraissa2@gmail.com, ORCID 0000-0003-4650-3095

Олена Штуца,

аспірант кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна,
E-mail: shtutsaelena79@gmail.com, ORCID 0000-0001-8817-3800

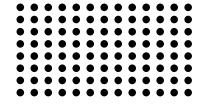
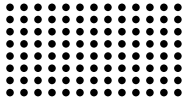
Дмитро Чорний,

аспірант кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна,
E-mail: djchernuy@gmail.com, ORCID 0000-0001-5323-5071

Анотація. Метою статті є дослідження навчального процесу через призму впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у процес навчання у вищих навчальних закладах, зокрема Smart-навчання і Smart-технологій, що дозволить збільшити обсяг необхідних спеціальних знань, без яких вже неможливо навчати і навчатися при підготовці спеціалістів в ІТ сфері.

Методи дослідження. В роботі використані методи наукових досліджень такі як: експеримент, аналіз результатів діяльності. Із теоретичних методів дослідження використані: аналіз, синтез, порівняння. Віртуальна реальність використана, як один з перспективних методів дослідження, які використовуються в освітньому процесі.

Основні результати дослідження. Досліджено ефективність використання сучасних інформаційних технологій в освітньому процесі. Показано, що підвищення ефективності навчання з використанням технологій віртуальної реальності обумовлене тим, що заняття з використанням сучасних технологій викликають великий інтерес,



результатом чого стає підсилення навчальної мотивації та активності студентів. Віртуальний світ, який оточить їх з усіх боків дасть змогу цілком зосередитися на матеріалі. Використання віртуальної реальності відкриває багато нових можливостей в навчанні та Smart –освіті.

Наукова новизна. Науковою новизною є звернення до сучасних технологій, які необхідно активно впроваджувати у процес навчання студентів у вищих навчальних закладах. Представлено модель формування траєкторій навчання ІТНС (інформаційно-тренувальна навчальна система) на основі сценарно-прецедентного підходу з використанням віртуального навчання за допомогою віртуального шолому OSVR HMD HDK 2.

Практична значимість. Підвищення рівня навчання ІТ спеціалістів за рахунок використання Smart-освіти. З кожним роком все більший інтерес людства викликає застосування віртуальних технологій в сферах життєдіяльності людини. Дана тема є актуальною в наш час. Студенти спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», користуючись Smart-технологіями в освітньому процесі, мають можливість спланувати та зробити практичний експеримент з додатком віртуальної реальності, використовуючи сучасні мови програмування: C #, Java Skript та ін.

Ключові слова: інформаційні технології, системи, навчання, освіта, смарт-освіта, віртуальна реальність.

Постановка проблеми. На сучасному етапі використовуються дещо застарілі методи в організації навчання у вищих навчальних закладах. Використовуються технічні засоби навчання, усім відома лекційно-семінарська система. Але технічні здобутки мають вже такий рівень, який дозволяє розширити форми надання та отримання знань. Тому необхідно враховувати, що час вимагає більш сучасних підходів. У студентів підвищений інтерес до Smart-навчання та інтерес до опрацювання теоретичного матеріалу у віртуальному середовищі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вчені досліджували і досліджують різні підходи в електронному навчанні, впровадження інформаційних систем у навчальний процес, але цього недостатньо і проблема потребує більш детального розгляду. Одним з перспективних методів застосування сучасних інформаційних технологій в освітньому процесі, багато вчених рахують що це є віртуальна реальність (VR).

У своїх дослідженнях Д.Н. Церфус, Г.В. Пятакова розглядають віртуальну реальність як зручний інструмент для організації навчальних занять. Вони виділяють такі нові інформаційні технології в освітній сфері:

1) комп'ютерні навчальні програми, що включають в себе електронні підручники, тренажери, лабораторні практикуми, тестові системи;

2) навчальні системи на базі мультимедіа-технологій, побудовані з використанням персональних комп'ютерів, відеотехніки, накопичувачів на оптичних дисках;

3) інтелектуальні і навчальні експертні системи, які використовуються в різних предметних областях.

Д.Ю. Усенков в своїх працях виділяє головну особливість засобів віртуальної реальності – створення максимально щільного двобічного зв'язку комп'ютера з користувачем при найбільш повному залученні можливостей органів чуття.

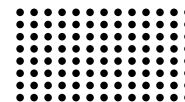
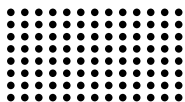
В.Є. Климнюк вказує на те, що одним з найбільш популярних напрямків розвитку віртуальної реальності є освіта, якою із застосуванням технологій віртуальної і доповненої реальності учні середніх і вищих навчальних закладів зможуть взаємодіяти з предметами в віртуальному просторі або брати участь у важливих історичних подіях.

І. В. Сальник, Е. П. Сірик розглядають віртуалізацію освіти як об'єктивний процес руху від стаціонарного через дистанційне навчання до віртуальної освіти, яка вбирає в себе кращі властивості очного, заочного, дистанційного і інших форм отримання освіти і повинно бути адекватно інформаційному суспільству, що народжується в Україні

Ю. Трач у своїх працях звертає увагу на один з перспективних освітніх методів, запропонованих сучасними інформаційними технологіями – віртуальну реальність. Вона вказує на те, що реальних досліджень віртуальної реальності в педагогіці здійснюється вкрай мало.

Автори наявних праць зводять застосування технологій віртуальної освіти до використання електронних підручників і тестових оболонок, рідше мультимедійних матеріалів, в окремих випадках – комп'ютерних віртуальних симуляторів і тренажерів.

Мета дослідження. Навчальні заклади нашої країни в час пандемії, вимушені перейти на дистан-



ційне навчання. Упродовж останніх років накопичено значний потенціал в електронному навчанні та інформаційно-комунікаційних технологіях. Метою дослідження є застосування віртуальної реальності у сучасному процесі дистанційного навчання. У роботі показано ефективність використання перспективного методу – віртуальна реальність при підготовці фахівців спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Виклад матеріалу дослідження. Українські науковці Іван Прокопенко і Світлана Бережна зазначають, COVID-19 заохочує заклади вищої освіти в Україні здійснювати інноваційні рішення за порівняно короткий проміжок часу та запроваджувати дистанційне навчання з використанням різних веб-серверів, платформ, ресурсів та соціальних мереж.

Науковці визначають переваги впровадженого дистанційного навчання, а також звертають увагу і на недоліки:

- технічні питання: не всі заклади вищої освіти технічно підготовлені, тож лекції та семінари проводились з використанням сервісу Google Classroom, знання оцінювались за допомогою текстових тестів, підготовка та презентація проєктів проходила через Skype, нові платформи, ресурси та соціальні мережі (Moodle, Zoom, Skype, Viber, Telegram та Messenger);

- психологічні проблеми: відсутність живого спілкування, неможливість повторної здачі пропущених практичних занять, значне збільшення завдань, брак часу на виконання завдань [3].

За допомогою інтерактивних технологій студент взаємодіє із програмною системою, обирає та аналізує ту інформацію, яка йому потрібна, що спонукає його до самостійної роботи. Розвиток технологій електронного навчання (e-learning), мобільного навчання (m-learning), усепроникаючого навчання (u-learning), «перевернутого» навчання (f-learning), що вписуються в традиційну систему навчання на основі змішаної моделі (blended learning), надають можливість здійснення гнучкого навчання з широким використанням аудіо-, відеографіки та інших технологій. Нові вимоги висуваються тут і до навчального курсу. Навчальні курси мають бути інтегрованими, включати мультимедійні фрагменти, зовнішні електронні ресурси [2,3].

Існують такі системи Smart-навчання: SMART Board – це зручний інструмент для організації навчаль-

них занять і проведення нарад, тренінгів, семінарів; SMART Response – це система інтерактивного опитування; SMART Table являє собою стіл з поверхнею, чутливою до дотиків, де один або група студентів можуть одночасно працювати над інтерактивним завданням; SMART kapp – це ідея об'єднання всіх студентів через мобільний телефон [1].

У сучасних умовах спостерігається протиріччя між зростаючими вимогами до кваліфікації фахівців і швидким старінням знань, умінь і навичок в результаті інтенсивного розвитку технологій і значного збільшення обсягу необхідних спеціальних знань, що стимулює активне дослідження технологій тренажерного навчання.

Так як стереотипи є базовим елементом надбання практичних вмінь та навичок вирішення завдань предметної області студентом, пропонується в розвиток ідеї використовувати для побудови ІТНС (інформаційно-тренувальна навчальна система) сценарно-прецедентний підхід зі схемою прийняття рішень «ситуація-план-сценарій-вплив» [4].

Розглянемо особливості формування траєкторій навчання ІТНС на основі сценарно-прецедентного підходу. Нехай мета навчання полягає в засвоєнні вмінь і навичок вирішення завдань предметної області $TS_k \in \mathbf{TS}$, де \mathbf{TS} – безліч компетенцій (тобто безліч завдань, для яких учень повинен володіти навичками вирішення). Кожній задачі TS_k відповідає підмножина $\mathbf{M}_{TS_k} = \{M_{TS_k}^1, M_{TS_k}^2, \dots, M_{TS_k}^i\} \subset \mathbf{M}$ множин \mathbf{M} методів рішення задач. ХП \mathbf{E} містить безліч прецедентів, $\{e^1, e^2\} \in \mathbf{E}$ сценарії, в яких складають план вирішення певної задачі. Таким чином, будь-який прецедент $e^i \in \mathbf{E}$ асоціюється з певним методом вирішення $M^i \in \mathbf{M}$ [4].

Базовим поняттям ІТНС є проблемна ситуація $s \in \mathbf{S}$. Оскільки для будь-якої проблемної ситуації задана мета, від того, кого навчають, $s \Rightarrow \{TS_i, \dots, TS_j\}$ потрібно вирішити для деяку підмножину задач.

ІТНС надає тому, хто навчається, відображення МПО (модель предметної області), створюючи для нього проблемні ситуації, спрямовані на освоєння певних методів вирішення завдань. Той, кого навчають, взаємодіє з ІТНС, формуючи послідовності дій $[u_1, u_2, \dots, u_m]$, що управляють для об'єкта МПО, змінюючи стан останньої і перетворюючи s_1 в деяку вихідну (результуючу) ситуацію s_o .

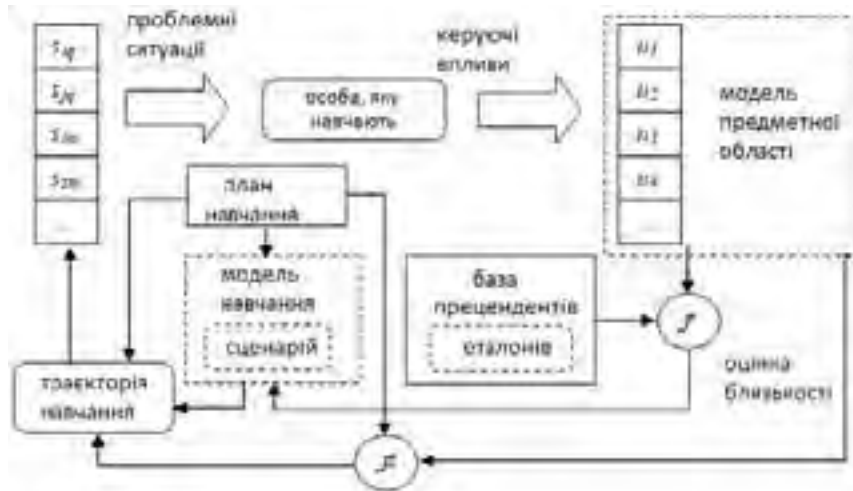


Рис. 1 – Процес навчання

Послідовність $[u_1, u_2, \dots, u_m]$ складає для ІТНС сценарій керуючих впливів $\sum_{s_i}^*$, направлений від тих, що навчаються до МПО.

Траєкторія навчання Y являє собою послідовність створюваних в ІТНС проблемних ситуацій, що реалізують план навчання: $Y = [s_1, s_2, \dots, s_m]$, $s_i \in S$.

Траєкторія Y повинна вести того, хто навчається «від простого до складного», постійно розширюючи і поглиблюючи його систему вмінь і навичок [4,5].

У систему електронної освіти необхідне впровадження метрик для визначення компетенцій студентів до і після освоєння запропонованої навчальної програми. Діагностика стану розвитку учнів здійснюється за допомогою вхідного тестування. Алгоритм процесу

дистанційного навчання з формуванням індивідуальних освітніх траєкторій представлено на рис. 2.

Якщо взяти якийсь курс (К), який складається з певних компонентів, контент яких повинен сформувати в учнів певний результат у вигляді необхідних компетенцій (рис. 2). Цей курс складається з певної кількості модулів М1, М2, М3 і т.д, тобто $K = M^k$. Модулі М1, М2, М3 включають в себе мікромодулі М1.1, М1.2, М1.3, М2.1, М2.2, М2.3, М3.1, М3.2, М3.3. Мікромодулі в свою чергу, складаються з різних компонентів (Q1,2,3 і т.д), тобто М1.1.,1.2,1.3 і т.д = Q^n , які, в свою чергу, включають елементи контенту, такі як лекція, практика, семінар, тренінг, вебінар, хака-тон, креатон і інші [4].

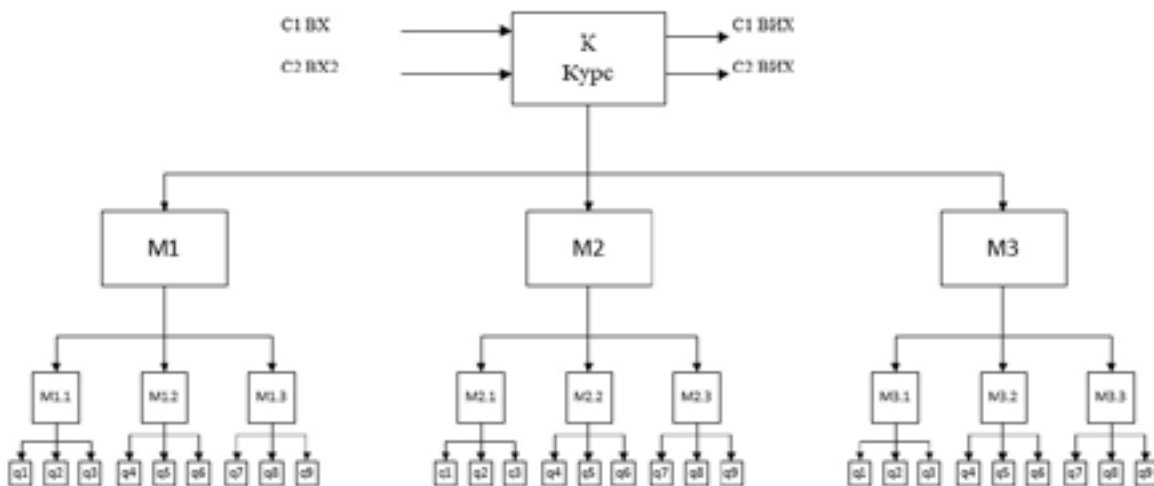


Рис. 2 – Схема формування освітніх траєкторій

Після засвоєння знань, сформованих навичок завдяки цим навчальним компонентам Q_n слідує перевірка наявності цих знань та навичок, тобто сформованих компетенцій у тих, хто навчається (рис. 3).



Рис. 3 – Схема контролю знань студентів

Для здійснення навчання ІТНС на основі сценарно-прецедентного підходу необхідна реалізація трьох необхідних складових: технологічної, організаційної, педагогічної. Всі ці складові реалізовано на кафедрі Програмних засобів і технологій ХНТУ. Завдяки участі наших викладачів у міжнародному проекті «GameHub» створено найсучаснішу лабораторію з розробки комп'ютерних ігор та систем віртуальної реальності «GameLab». Лабораторія активно використовується студентами для виконання курсових і дипломних проектів, науково-дос-

лідних завдань, для проведення експериментів викладачами та науковцями ХНТУ при виконанні науково-дослідних і дисертаційних досліджень.

Для співробітників кафедри Програмних засобів і технологій GameHub став інтегруючим елементом для нових освітніх підходів: по-перше, лабораторія ігрового навчання надає студентам весь обсяг необхідних технічних знань і навичок, що відповідають вимогам роботодавців, а по-друге дає студентам можливість зосередитися на наскрізних завданнях.

В 2019 році в лабораторії «GameLab» пройшла презентація ігрового проекту «Traffic Rules for Kids» з використанням віртуального шолому OSVR HMD HDK 2, який створено в навчальних цілях, зокрема для формування основ безпечної поведінки пішоходів під час дорожнього руху.

При розробці ігрового проекту використовувалися технології віртуальної та доповненої реальності. Віртуальний світ програмного додатку було створено за допомогою Unity 3D та OSVR HMD HDK 2. Результати роботи представлено на рис. 4.

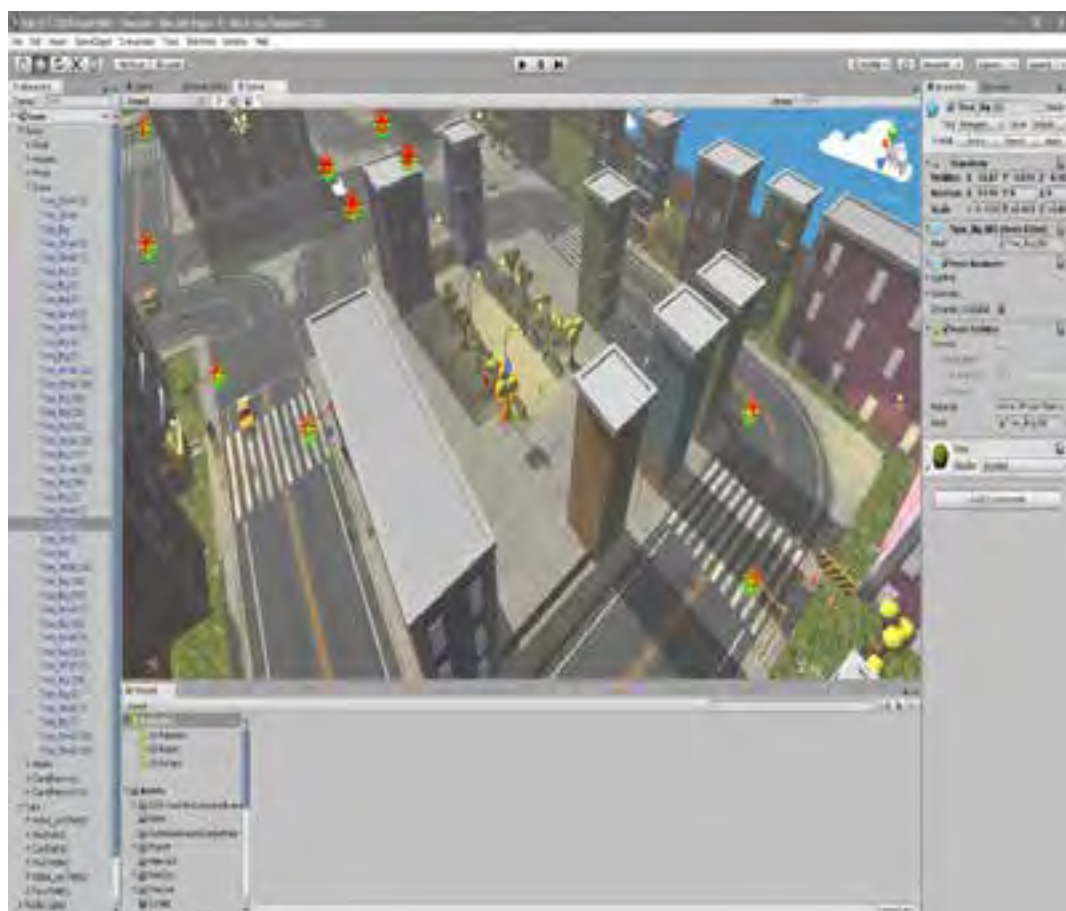
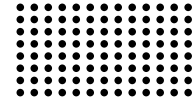
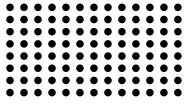


Рис. 4 – презентація ігрового проекту «Traffic Rules for Kids»



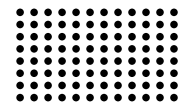
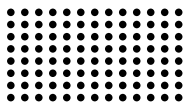
Unity – міжплатформне середовище розробки комп'ютерних ігор. Unity дозволяє створювати додатки, що працюють під більш ніж 20 різними операційними системами, що включають персональні комп'ютери, ігрові консолі, мобільні пристрої, інтернет-додатки та інші. Основними перевагами Unity є наявність візуального середовища розробки, міжплатформної підтримки і модульної системи компонентів. До недоліків відносять появу складнощів при роботі з багатокомпонентними схемами і труднощі при підключенні зовнішніх бібліотек. Редактор Unity має простий Drag & Drop інтерфейс, який легко налаштовувати, що складається з різних вікон, завдяки чому можна проводити налагодження гри прямо в редакторі. Движок підтримує дві скриптові мови: C #, JavaScript (модифікація) [8].

Висновки. Студенти виступають «основними споживачами» освітніх послуг і в наш час висувають вимоги до змісту, рівня та якості освітнього процесу.

У статті перераховані переваги та недоліки електронного навчання, представлено модель формування траєкторій навчання ІТНС (інформаційно-тренувальна навчальна система) на основі сценарно-прецедентного підходу. Досліджено і представлено у схемах етапи формування компетентностей студентів на прикладі певного навчального курсу (К) і його компонентів. Цілеспрямована технологія формування системи умінь і навичок, необхідність коригування цілей навчання в залежності від параметрів моделі особи, що навчається і досягнутих нею успіхів, обґрунтовують використання в ІТНС сценарно-прецедентного підходу з використанням технології віртуальної і доповненої реальності. Використання технології віртуальної і доповненої реальності дають студентам можливість глибше вивчати предмети, аналізувати наслідки світових подій у розважальній формі. AR і VR дають змогу набути досвіду, до якого учні зазвичай не мають доступу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білоусова Л.І., Дехтярьова Ю.О. SMART інструменти в професійній діяльності сучасного педагога // [Електронний ресурс] / Л.І. Білоусова, Ю.О. Дехтярьова // Фізико-математична освіта : науковий журнал. – 2016. – Випуск 4(10). – С. 25–28 – Режим доступу до ресурсу : <https://cyberleninka.ru/article/n/smart-instrumenti-v-profesijnyy-diyalnosti-suchasnogo-pedagoga/viewer>
2. Гінкул А. Дослідження застосування інформаційно-комунікаційних технологій у сучасному процесі навчання [Електронний ресурс] / А. Гінкул, Я. Магурян // Smart-освіта: ресурси та перспективи. Матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції. – 7 грудня 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://knute.edu.ua/>
3. Тихомиров В.П. Мир на пути Smart Education: новые возможности для развития / В.П. Тихомиров // Открытое образование. – 2011. – № 3. – С. 22–28.
4. Шерстюк В.Г. Сценарно-прецедентна модель навчально-тренажерної інтелектуальної системи / В.Г. Шерстюк // Искусственный интеллект. – 2013. – № 3 – С. 65–76.
5. Шерстюк В.Г. Использование деревьев событий для представления знаний в динамических прецедентных интеллектуальных системах / В.Г. Шерстюк // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. – № 2(41). – С. 306–317.
6. Всероссийская научно-методическая конференция «Виртуальная и дополненная реальность-2016: состояние и перспективы» : мат-лы конф. – М., 2016. – 385 с.
7. Круглов М. Основные принципы систем Виртуальной Реальности / М. Круглов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nestor.minsk.by/kg/1999/23/kg92305.html>
8. Фореман Н. Прошлое и будущее 3-D технологий виртуальной реальности / Н. Фореман, Л. Коралло // Научно-технический вестник ИТМО. – 2014. – № 6 (94). – С. 1–8.
9. Monaha T. Virtual Reality for Collaborative E-learning / T. Monaha // Computers & Education. – 2008. – 50 (4) – С. 1339–1353 – Режим доступу до ресурсу : <http://virtualenvironments.pbworks.com/f/monahan>
10. Virtual Reality Desktops for Vive, Rift, and Windows VR Compared / [Електронний ресурс] / Dominic Brennan. Jan 3, 2018. – Режим доступу : <https://roadtovr.com/virtual-reality-desktop-compared-oculus-rift-htc-vive/>



EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE MODERN TRAINING PROCESS USING VR TECHNOLOGIES

Volodymyr Sherstyuk,

Professor, Head of Software and Technology Department,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
e-mail: vgsherstyuk@gmail.com,

Raisa Zakharchenko,

Ph.D., Associate Professor, Department of Software and Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
e-mail: zraissa2@gmail.com, ORCID 0000-0003-4650-3095

Olena Shtutsa,

Postgraduate Student, Department of Software and Technology,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
e-mail: shtutsaelena79@gmail.com, ORCID 0000-0001-8817-3800

Dmitry Chorny,

Postgraduate Student of Software and Technology Department,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
e-mail: djchernuy@gmail.com, ORCID 0000-0001-5323-5071

Abstract. Purpose of the article. The purpose of the article is to study the educational process through the prism of introducing information and communication technologies into the learning process in higher educational institutions, in particular Smart-training and Smart-technologies, which will increase the amount of necessary special knowledge, without which it is already impossible to teach and learn when training specialists in IT sphere.

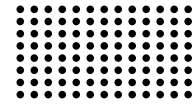
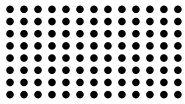
Research methods. The work uses research methods such as: experiment, analysis of the results of activities. With theoretical research methods used: analysis, synthesis, comparison. Virtual reality is used as one of the most promising research methods used in the educational process.

The main results of the study. The effectiveness of using modern information technologies in the educational process has been investigated.

Scientific novelty. Scientific novelty is the appeal to modern technologies, which must be actively introduced into the process of teaching students in higher educational institutions. A model of the formation of training trajectories of ITNS (information-training training system) based on a scenario-precedent approach using virtual training using the OSVR HMD HDK 2 virtual helmet is presented.

Practical significance. Improving the level of training for IT specialists through the use of Smart-education. Every year, the increasing interest of mankind is aroused by the use of virtual technologies in the spheres of human life. This topic is relevant in our time. Students of the specialty 121 "Software Engineering" have the opportunity to plan and make a practical experiment with a virtual reality application using modern programming languages: C #, Java Skript, etc.

Keywords: *information technology, systems, training, smart education, virtual reality.*



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ VR ТЕХНОЛОГИЙ

Владимир Шерстюк,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина,
e-mail: vgsherstyuk@gmail.com,

Раиса Захарченко,

к.т.н., доцент кафедры Программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина,
e-mail: zraissa2@gmail.com, ORCID 0000-0003-4650-3095

Елена Штуца,

аспирант кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина,
e-mail: shtutsaelena79@gmail.com, ORCID 0000-0001-8817-3800

Дмитрий Черный,

аспирант кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина,
e-mail: djchernuy@gmail.com, ORCID 0000-0001-5323-5071

Аннотация. Цель статьи. Целью статьи является исследование учебного процесса через призму внедрения информационно-коммуникационных технологий в процесс обучения в высших учебных заведениях, в частности Smart-обучение и Smart-технологий, что позволит увеличить объем необходимых специальных знаний, без которых уже невозможно обучать и обучаться при подготовке специалистов в ИТ сфере.

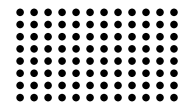
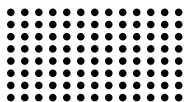
Методы исследования. В работе использованы методы научных исследований такие как: эксперимент, анализ результатов деятельности. С теоретических методов исследования использованы: анализ, синтез, сравнение. Виртуальная реальность использована как один из перспективных методов исследования, используемых в образовательном процессе.

Основные результаты исследования. Исследована эффективность использования современных информационных технологий в образовательном процессе.

Научная новизна. Научной новизной является обращение к современным технологиям, которые необходимо активно внедрять в процесс обучения студентов в высших учебных заведениях. Представлена модель формирования траекторий обучения ИТНС (информационно-тренировочная обучающая система) на основе сценарно-прецедентного подхода с использованием виртуального обучения с помощью виртуального шлема OSVR HMD HDK 2.

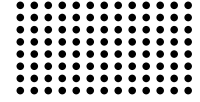
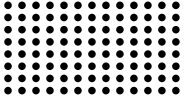
Практическая значимость. Повышение уровня обучения ИТ специалистов за счет использования Smart-образования. С каждым годом все больший интерес человечества вызывает применение виртуальных технологий в сферах жизнедеятельности человека. Данная тема является актуальной в наше время. Студенты специальности 121 «Инженерия программного обеспечения» имеют возможность спланировать и сделать практический эксперимент с применением виртуальной реальности, используя современные языки программирования: C#, Java Skript и др.

Ключевые слова: информационные технологии, системы, обучение, smart-образование, виртуальная реальность.



REFERENCES:

1. Bilousova, L.I., Dekhtyarova, Yu.O. (2016). SMART tools in the professional activity of a modern teacher // [Electronic resource] / L.I. Bilousova, Yu.O. Dekhtyarova // *Physics and Mathematics Education : Science Journal*, Issue 4 (10). 25–28. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/smart-instrumenti-v-profesyniy-diyalnosti-suchasnogo-pedagoga/viewer>
2. Ginkul, A. (2018). Research of application of information and communication technologies in the modern learning process [Electronic resource] / A. Ginkul, J. Maguryan // *Smart-education: resources and prospects. Proceedings of the III International Scientific and Methodological Conference.* – December 7. Retrieved from <https://knute.edu.ua/>
3. Tikhomirov, V.P. (2011). The world on the path of Smart Education: new opportunities for development / VP Tikhomirov // *Open education*, 3. (pp. 22–28) [in Russian].
4. Sherstyuk, V.G. (2013). Scenario-precedent model of educational-training intellectual system / V.G. Sherstyuk // *Artificial Intelligence*, 3. (pp. 65–76) [in Ukrainian].
5. Sherstyuk, V.G. (2011). The use of event trees to represent knowledge in dynamic precedent intellectual systems / V.G. Sherstyuk // *Bulletin of the Kherson National Technical University*, 2 (41). 306–317 [in Ukrainian].
6. All-Russian scientific-methodical conference “Virtual and augmented reality-2016: status and prospects”: *Mat* [in Russian].
7. Kruglov, M. (2018). Basic principles of Virtual Reality systems / M. Kruglov. [Electronic resource]. – Access mode. Retrieved from <http://nestor.minsk.by/kg/1999/23/kg92305.html>
8. Foreman, N. (2014). Past and future of 3-D virtual reality technologies / N. Foreman, L. Corallo // *Scientific and Technical Bulletin of ITMO*. 6 (94). (pp. 1–8) [in Russian].
9. Monaha, T. Virtual Reality for Collaborative E-learning / T. Monaha // *Computers & Education*, 50 (4) (pp. 1339–1353). Retrieved from <http://virtualenvironments.pbworks.com/f/monahan.pdf>
10. Virtual Reality Desktops for Vive, Rift, and Windows VR Compared / [Electronic resource] / Dominic Brennan. Jan 3, 2018. Retrieved from <https://roadtovr.com/virtual-reality-desktop-compared-oculus-rift-htc-vive/>



ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНА ДИНАМІЧНА ОЦІНКА РИЗИКУ ВІД ПРОЦЕСІВ РУЙНІВНОГО ХАРАКТЕРУ

УДК 004.94

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.100-109>

Марина Жарікова,

доктор технічних наук, професор кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, місто Херсон, Україна,

E-mail: marina.jarikova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6144-480X

Богдан Сакович,

аспірант кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, місто Херсон, Україна,

E-mail: 3674150@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8863-0343

Радій Назаренко,

аспірант кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет, місто Херсон, Україна,

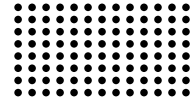
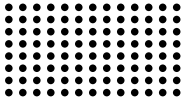
E-mail: radiy1218@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1887-7471

Анотація. Мета статті полягає в докладному висвітленні проблеми аналізу та оцінки ризиків від руйнівних процесів та стихійних лих, оскільки нині все частіше відбуваються різні природні катаклізми на кшталт землетрусів, повеней, пожеж, посух, зсувів ґрунту, оскільки зростає необхідність у масових наукових дослідженнях, що вирішуються шляхом застосування новітніх технологій, таких як машинне навчання, аналіз даних та глибоке навчання. Необхідно проаналізувати наявні методи та алгоритми аналізу ризиків і загроз та їх доцільність застосування у визначеній місцевості.

Методи дослідження. Головними методами даного дослідження виступають методи якісної та кількісної оцінки й відповідно аналізу ризиків.

Основні результати дослідження. У ході проведення даного дослідження розроблено концепцію ризику, що заснована на трьох стадіях: потенційного ризику, джерело якого описується небезпекою, ризику загроз від активного сценарію процесу руйнівного характеру (ПРХ), який ще не охоплює цільовий (цінний) об'єкт (ЦО), та ризику руйнувань від активного сценарію, котрий вже охоплює ЦО та викликає зміну його цінності, що, на відміну від існуючих концепцій ризику, дозволяє описувати динаміку ризику, якого зазнає цінний об'єкт від певного сценарію ПРХ, в системах реального часу. Існуючу модель ризику, яка враховує ймовірність процесу руйнівного характеру, його інтенсивність та ефект, розширено за допомогою додаткової компоненти – загрози, що є прогностичною просторово-часовою складовою ризику та дозволяє в будь-який момент спрогнозувати можливість втрат та оцінити ризик для конкретних ЦО в умовах розвитку ПРХ у системах реального часу.

Наукова новизна. Запропонована модель представлення ризику як динамічного, просторово-розповсюдженого процесу.



Практична значимість. Створення моделей та алгоритмів для проведення аналізу певних територій з метою подальшого вдосконалення виявлення ризиків.

Ключові слова: *аналіз, ризик, небезпека, процес руйнівного характеру, цільовий (цінний) об'єкт, алгоритм, модель, оцінка, дослідження.*

Постановка проблеми. Необхідно розглянути доцільні методи та засади для дослідження просторово-розподіленої динамічної оцінки ризиків від руйнівних процесів, що здійснюється за допомогою інтелектуального аналізу певних елементів та об'єктів на наявність потенційних ризиків. Проаналізувати сучасні технології аналізу даних з метою визначення в дослідницьких даних потрібної інформації. На основі отриманих результатів підбити підсумки щодо їхньої подальшої ефективної оцінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі у науці існують різноманітні методи й способи досліджень та оцінки ризиків від виникнення надзвичайних ситуацій та підтримки прийняття своєчасних рішень, залежно від розташування місця потенційного ризику та умов, якими воно характеризується. Наприклад, в [1] наведено кількісну та напівкількісну оцінку пожежної небезпеки, ризику виникнення землетрусу, виверження вулканів, зсувів ґрунту, обвалів скель, потужних вітрів (ураганів), повеней тощо.

Багато вчених, дослідників та науковців зі всього світу проводять дослідження, аналізуючи різні ступені ризику та вірогідності загроз. Одні з найвідоміших – це Sven Fuchs, Joern Birkmann та Thomas Glade, що досліджують оцінку вразливості внаслідок природного ризику [2, 3]; Philip J. Ward, Veit Blauhut, Nadia Bloemendaal займаються вивченням ризиків природних небезпек у світовому масштабі; в свою чергу Johann Goldammer, Ioannis Mitsopoulos, Giorgos Mallinis та Martine Woolf [4, 5, 6] працюють над визначенням оцінки небезпеки та ризику лісових пожеж. Значних успіхів у аналізі ризиків досягли також C.J. van Westen, Stefan Greiving, D. Alkema, M.C.J. Damen, N. Kerle та N.C. Kingma [7, 8, 9]. Їхнє дослідження стосується процедур збору, аналізу та оцінки просторової інформації для оцінки ризиків від природних та техногенних небезпек (таких як геологічна небезпека, гідрометеорологічна небезпека, екологічна небезпека та технологічна небезпека).

Залежно від цілі, аналіз ризику може бути якісний або кількісний. Якісний аналіз ризику доречний у тому

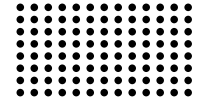
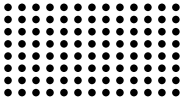
випадку, коли ймовірності та наслідки визначаються виключно якісно. Останній, в свою чергу, дає чисельні оцінки для ймовірностей та наслідків, подекуди разом із пов'язаними з ними невизначеностями [10].

Метод кількісного оцінювання ризику є найкращим для оцінки декількох альтернатив для зменшення ризику шляхом порівняльного аналізу ризику до та після впровадження з подальшим аналізом витрат та переваг, а аналіз дерева подій є найкращим підходом для аналізу складних ланцюгів подій та пов'язаних з ними ймовірностей [1].

Якісні методи оцінки ризику корисні як початковий процес скринінгу для виявлення небезпек та ризиків. Вони також застосовуються, коли передбачуваний рівень ризику не виправдовує часу та зусиль для збору величезного обсягу даних, необхідних для кількісної оцінки ризиків та тоді, коли можливість отримання числових даних обмежена. Матричний ризиковий підхід часто є найбільш практичним підходом як основа для просторового планування, де ефект методів зменшення ризику може розглядатися як зміна класів у межах матриці ризику. Підсумок на основі показників найкращий в тому випадку, коли не вистачає даних для проведення кількісного аналізу, а також як подальший аналіз кількісного аналізу, оскільки він дозволяє враховувати інші аспекти, а не лише фізичні пошкодження [1].

Аналіз ризику вимагає повторюваної процедури, яку необхідно проводити для кожного сценарію небезпеки (різні типи небезпеки та періоди повернення) у поєднанні з елементами ризику, а згодом і для кожної можливої альтернативи. Це вимагає використання автоматизованих процедур з використанням географічних інформаційних систем (ГІС).

Оцінка ризиків може здійснюватися за допомогою звичайних систем ГІС, хоча доцільніше використовувати конкретні програмні засоби. Найкращою ініціативою щодо загальнодоступних оцінок збитків до цього часу є HAZUS, розроблена Федеральним агентством із надзвичайних ситуацій (FEMA) разом з Національним інститутом будівельних наук. Перша версія HAZUS була



випущена ще в 1997 році як програмний інструмент під ArcGIS з орієнтацією на сейсмічну оцінку збитків та була поширена на втрати в 2004 році, включаючи також втрати від повеней та вітрів. Кілька інших країн адаптували методологію HAZUS до власної ситуації, таким чином ставши основою для розробки кількох інших програмних засобів для оцінки збитків [1].

Щодо автономних програмних модулів для оцінки ризиків з різними небезпеками, які не працюють як складова існуючих ГІС, то є додаток ймовірнісних оцінок ризику CAPRA за підтримки Світового банку. Його методика зосереджена на розробці ймовірнісних модулів оцінки небезпеки для землетрусів, ураганів, потужних опадів, вулканічних небезпек та ризиків лих, спричинених ними, таких як цунамі, повені, шторми, зсуви тощо.

Ще одна розробка стосується веб-модулів з відкритим кодом для оцінки ризиків із різними небезпеками. Інструмент, який наразі розробляється в рамках Глобальної ініціативи землетрусів (GEM), під назвою OpenQuake, найімовірніше, стане стандартом для оцінки втрат землетрусу, оскільки також планується розширити його на інструмент оцінки ризику, що має багато небезпек [1].

Мета дослідження. Проаналізувати всі можливі та наявні ризики на потенційно небезпечній місцевості (території) для максимально точних результатів, що стануть у нагоді при евакуюванні населення, ліквідації та запобіганні подальшому поширенню загрози і створенню вразливостей.

Аналіз та класифікація даних певної загрози (ризик) допоможуть краще висвітлити наявні методи і шляхи усунення та запобігання небезпеки, вчасному реагуванню та ухваленню правильних рішень.

Результати досліджень. Ризик в контексті даної роботи є оцінкою відношення між сценаріями ПРХ F_j – джерелами ризику, та вразливими ЦО $o_i \in O^{*j}$ – приймачами ризику, а його оцінка використовується для діагностики ситуації у природно-техногенній системі (ПТС) в умовах процесу руйнівного характеру.

Ризик від одного джерела для певного ЦО є *індивідуальним*. Індивідуальний ризик оцінюється для певного ЦО $o_i \in O^{*j}$ і характеризує можливість для об'єкта зазнати втрат від ПРХ F_j з джерелом u_j .

Джерело, а отже і пов'язаний з ним сценарій, може бути потенційним і мати небезпеку μ_j , яка характеризує можливість виникнення в даній точці ПРХ F_j . Ризик від потенційного джерела назвемо *потенційним*.

При наявності декількох джерел ризику для певного ЦО створюються *мультизагрози* і *мультиризик*.

При виникненні процесу руйнівного характеру F_j , тобто при реалізації сценарію F_j , виділяється множина вразливих ЦО $O^{*j} \in O^{*}$, для яких існує можливість бути охопленими цим процесом. Поняття небезпеки при цьому втрачає сенс, а для кожного вразливого об'єкту $o_i \in O^{*j}$ в процесі розвитку ПРХ визначається динамічна характеристика – загроза ζ_{ji} , яка характеризується просторовою та часовою віддаленістю ЦО o_i від контуру ПРХ F_j , а також потенціалом ПРХ F_j , який визначається інтенсивністю ПРХ S_j і площею, охопленою ПРХ F_j (рисунок 1). Збиток, який понесе об'єкт o_i в результаті ПРХ F_j , залежить від потенціалу ПРХ F_j . Ризик від активного сценарію для вразливого об'єкта, ще не охопленого цим сценарієм, назвемо *ризиком загрози*.

При охопленні ЦО сценарієм поняття загрози втрачає сенс, а об'єкт починає відчувати негативний вплив сценарію, виражений у вигляді зменшення його цінності. Такий ризик називається *ризиком руйнувань* (рисунок 2).

Відповідно до вищесказаного, в кожен момент часу певний сценарій F_j може бути потенційним або активним. Джерело потенційного сценарію описується небезпекою, при цьому загрози для ЦО (ще) не існує, а існує потенційний ризик. Активний сценарій є матеріалізованою небезпекою у вигляді ПРХ, який поширюється від джерела, і може викликати ризик загрози або руйнувань для певного вразливого ЦО. Сценарій, який ще не охоплює вразливий ЦО, викликає для нього загрозу і, відповідно, ризик загрози. Сценарій, який охоплює ЦО, викликає зміну (як правило, зменшення) цінності для ЦО і є ризиком руйнувань.

Таким чином, динаміка індивідуального ризику для певного ЦО в загальному випадку проходить три стадії:

- 1) потенційний ризик;
- 2) ризик загрози;
- 3) ризик руйнувань.

Задачею підтримки прийняття рішень є не допустити або мінімізувати вплив останньої стадії ризику.

Індивідуальний ризик ПРХ для певного ЦО складається з наступних компонентів:

- 1) небезпека виникнення ПРХ певного типу та інтенсивності;
- 2) інтенсивність ПРХ;
- 3) загроза;
- 4) потенційний збиток для ЦО [11, 12].

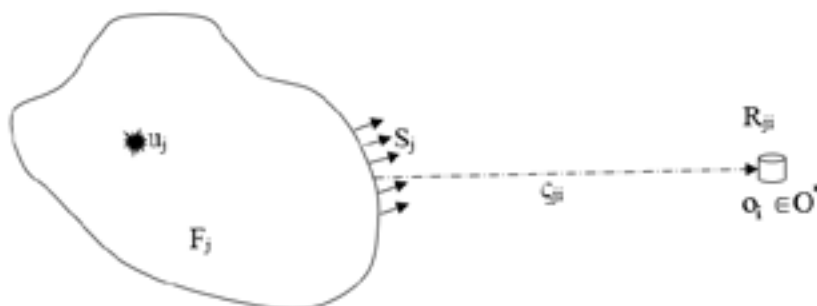


Рис. 1 – Схематичне зображення компонентів індивідуального ризику для цінного об'єкта, що знаходиться під впливом ризику загрози

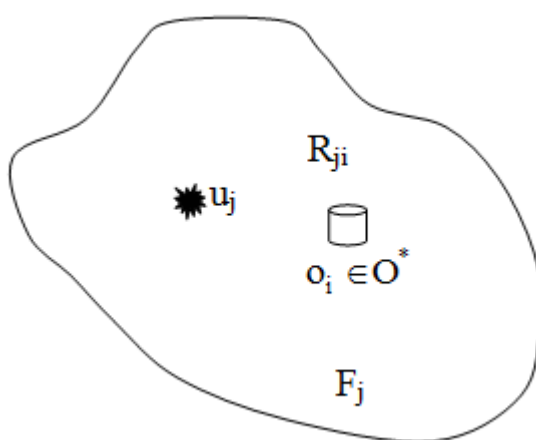


Рис. 2 – Схематичне зображення компонентів індивідуального ризику для цінного об'єкта при охопленні об'єкта сценарієм

Небезпека μ – компонент ризику, який описує потенційну можливість виникнення ПРХ певного типу і інтенсивності на певній ділянці території в певний момент часу. Небезпека стає активною (матеріалізується) в той момент, коли на даній ділянці території виникає ПРХ. Після виникнення ПРХ для даної ділянки місцевості поняття небезпеки втрачає сенс. Оцінка небезпеки дозволяє визначити ділянки території, де виникнення ПРХ певного типу і інтенсивності найбільш ймовірно в певний момент часу. Небезпека не пов'язана з цінністю об'єктів, а визначає тимчасову і просторову ймовірність виникнення ПРХ.

Небезпека має наступні характеристики:

- 1) є оцінкою потенційного джерела ПРХ певного типу і інтенсивності на певній ділянці території в певний момент часу;
- 2) виражена у вигляді можливості (ймовірності);
- 3) час її існування – до моменту виникнення ПРХ.

Матеріалізована небезпека для певного джерела означає, що пов'язаний з даним джерелом сценарій

став активним і створює загрозу для вразливих об'єктів або викликає процес зміни цінності (руйнує об'єкт). Загроза c_{ji} для об'єкта o_i від ПРХ F_j виникає в разі, коли цей об'єкт можливо буде охоплений цим ПРХ. Об'єкти, для яких достовірно відомо той факт, що вони не будуть охоплені певним ПРХ, є невразливими, і загрози для них не існує [4, 5, 6].

Тож загроза – це динамічний компонент ризику, який описує просторово-часове відношення між контуром ПРХ та вразливим ЦО; виникає в момент матеріалізації небезпеки і втрачає сенс в момент охоплення ЦО ПРХ.

Характеристики загрози:

- 1) є оцінкою просторово-часового відношення між ПРХ і ЦО;
- 2) час її існування – від моменту виникнення ПРХ до моменту охоплення ним ЦО.

У момент виникнення такої загрози для ЦО, яка вимагає застосування керуючих впливів для її зниження, виникає надзвичайна ситуація природного характеру (НСПХ).

Загроза створюється сценарієм процесу руйнівного характеру і подається у вигляді набору просторових зон, диференційованих за рівнями і розташованих навколо контуру ПРХ. Кожна зона визначає межі тієї частини природно-техногенної системи, де проявляється загроза певного рівня. Множину зон позначимо

$\{D_1, D_2, \dots, D_k\}$, де k – кількість зон загроз, упорядкованих в порядку зростання ступеня загрози (рисунок 3).

Таким чином, загроза є компонентом ризику, який відрізняє концепцію ризику, запропоновану в цьому дисертаційному дослідженні, від існуючих концепцій (рисунок 4).

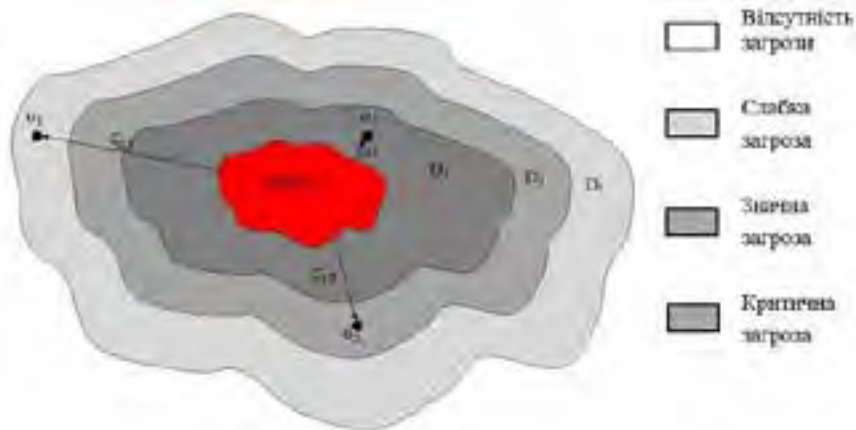


Рис. 3 – Зони загроз

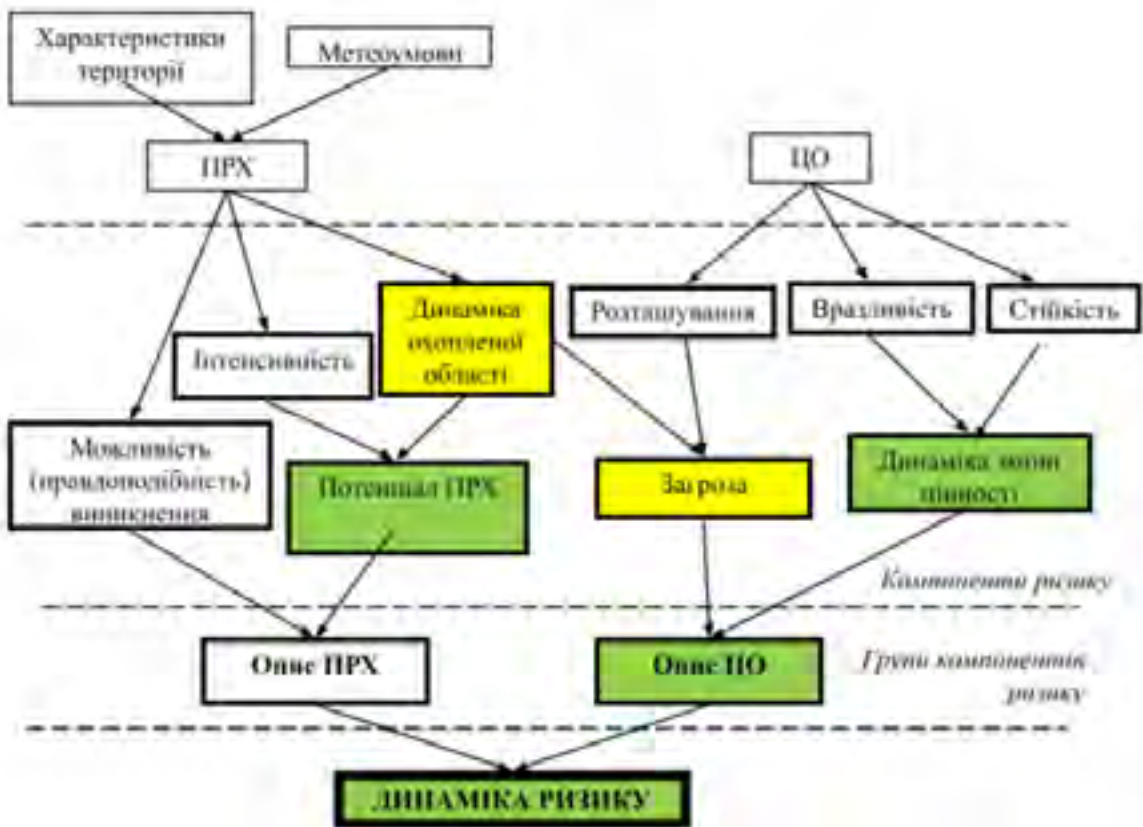


Рис. 4 – Взаємозв'язок компонентів ризику

Ризик R_{ji} – це інтегральна оцінка, яка характеризує потенційну можливість для об'єкта o_i зазнати збитків під час ПРХ F_j певного типу та інтенсивності. Загрози і ризики розглядаються для ЦО, які вимагають захисту при виникненні ПРХ. Для інших об'єктів їх розглядати немає необхідності, особливо в умовах ліміту часу.

Характеристики ризику:

- 1) є оцінкою можливого негативного впливу певного ПРХ на ЦО;
- 2) є функцією небезпеки, загрози, інтенсивності (потенціалу) ПРХ і потенційного збитку, який може понести ЦО;
- 3) у процесі динаміки проходить три стадії: потенційний ризик, ризик загроз і ризик руйнувань.

Стадії ризику. Рисунок 5 відображає часове співвідношення між компонентами індивідуального ризику. Стадія потенційного ризику характеризується небезпекою, що пов'язана з потенційним джерелом ПРХ та існує до моменту виникнення ПРХ. Ризик загроз характеризується загрозою, що описує взаємозв'язок між активним ПРХ та вразливим ЦО та існує з моменту виникнення ПРХ до моменту охоплення ЦО цим процесом. Ризик руйнувань характеризується зменшенням цінності ЦО, яка є динамічною характеристикою ЦО, що існує з моменту охоплення ЦО ПРХ до моменту повного руйнування ЦО. Динаміка зменшення цінності ЦО залежить від потенціалу ПРХ, а також вразливості та стійкості ЦО [14, 15].

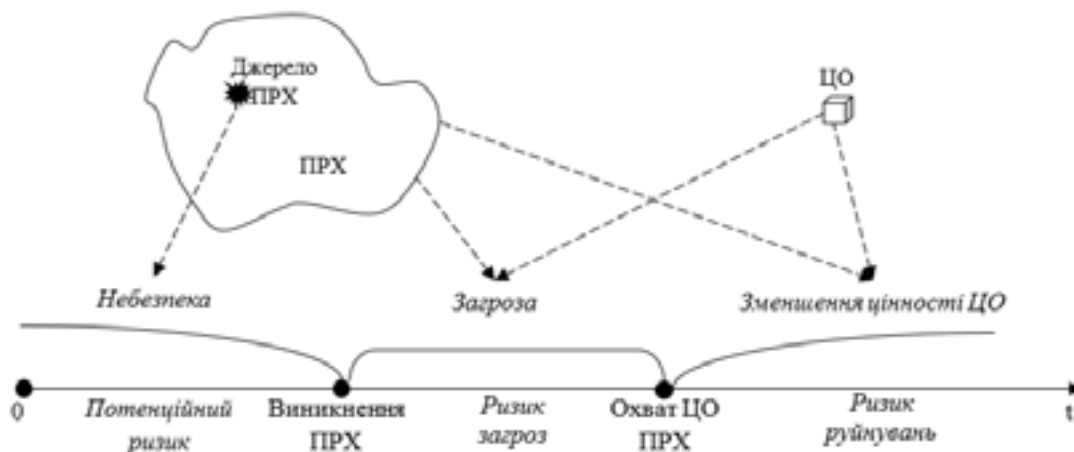


Рис. 5 – Часове співвідношення між компонентами ризику для джерела ПРХ і цінного об'єкта

При наявності декількох джерел, які потенційно впливають на певний ЦО, і (або) активних сценаріїв, що створюють для нього загрозу або руйнують, будемо говорити про мультиризик і пов'язані з ним мультинебезпеку та мультизагрозу (рисунок 6). На рисунку 6 відображено п'ять джерел сценаріїв (u_1, \dots, u_5), три з яких є активними (u_1, u_2, u_3), а два потенційними (u_4, u_5), і два цінних об'єкти (o_1 та o_2). Причому $o_1, o_2 \in \bigcap_{j=1}^5 O^{*j}$, тобто обидва ЦО належать множинам вразливих цінних об'єктів щодо визначених п'яти сценаріїв.

Три активних сценарії F_1, F_2 і F_3 з джерелами u_1, u_2 і u_3 відповідно, створюють загрози для об'єктів o_1 і o_2 , де ζ_{ji} – загроза, яка створюється j -м активним сценарієм i -му об'єкту. Потенційні джерела u_4 і u_5 створюють небезпеку виникнення активного сценарію μ_4 і μ_5 відповідно.

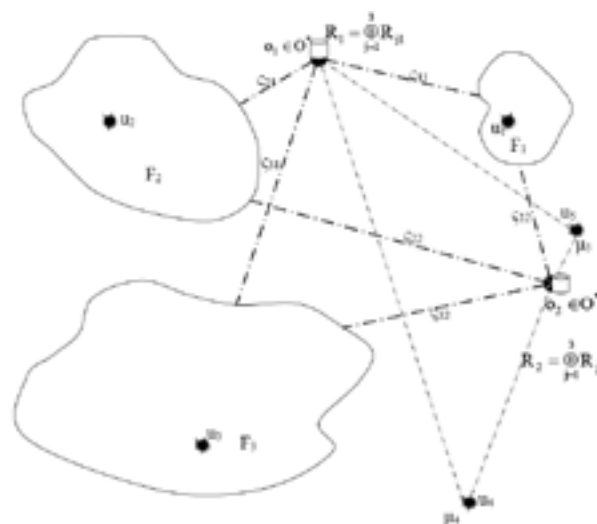


Рис. 6 – Схематичне зображення компонентів мультиризик

На рисунку 7 відображений взаємозв'язок компонентів ризику.

Небезпека характеризує потенційне джерело ПРХ і залежить від типу потенційного ПРХ і розташування джерела. Загроза залежить від розташування ЦО щодо кон-

туру ПРХ, а також від потенціалу ПРХ, який характеризує час, за який ПРХ досягне ЦО. На зміну цінності ЦО впливає потенціал ПРХ, а також рішення з боку ОПР. Збиток залежить від початкової цінності ЦО та від швидкості зміни цінності, яка, в свою чергу, залежить від типу ЦО [16, 17].

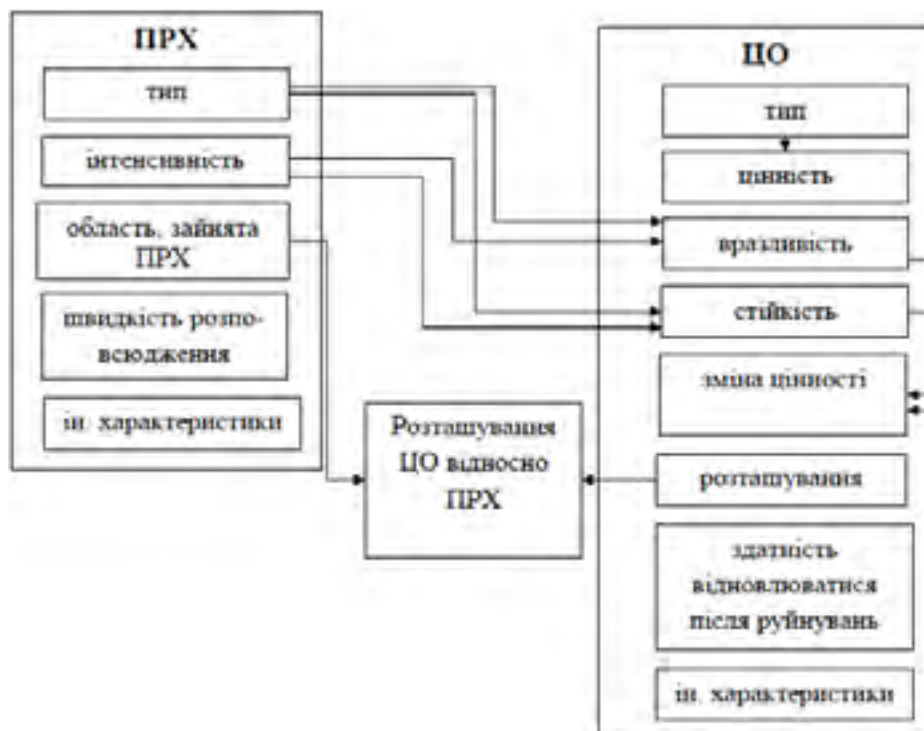


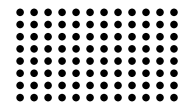
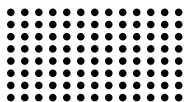
Рис. 7 – Взаємозв'язок компонентів ризику

Висновки. У результаті дослідження створено прототип ризику, що ґрунтується на трьох стадіях: потенційного ризику, джерело якого описується небезпекою, ризику загроз від активного сценарію процес руйнівного характеру, який ще не охоплює цільовий (цінний) об'єкт, та ризику руйнувань від активного сценарію, котрий охоплює ПРХ. Також розширено існуючу модель ризику, що враховує ймовірність ПРХ, його інтенсивність та ефект за

допомогою загрози (прогностична просторово-часова складова ризику) та дозволяє в будь-який момент спрогнозувати можливість втрат та оцінити ризик для конкретних об'єктів в умовах розвитку процесу руйнівного характеру в системах реального часу. Отримані результати можна використати при конструюванні моделей, алгоритмів та для проведення аналізу певних небезпечних ділянок та покращення виявлення ризиків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Cees J. van Westen, Stefan Greiving, Nicolas R. Dalezios (2017). Chapter 2: Multi-Hazard Risk Assessment And Decision Making. *Environmental Hazards Methodologies for Risk Assessment and Management*, IWA Publishing, 64 p.
2. Sven Fuchs, Thomas Glade (2016). Foreword. Vulnerability assessment in natural hazard risk—a dynamic perspective. *Springer Science+Business Media Dordrecht*, 5 p. DOI: 10.1007/s11069-016-2289-x.
3. Sven Fuchs, Joern Birkmann, Thomas Glade (2012). Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: current approaches and future challenges. *Springer Science+Business Media B.V.*, 7 p. DOI: 10.1007/s11069-012-0352-9.
4. Goldammer J.G., Mueller-Dombois D. (2012). Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges, 496 p.



5. Dimitrios I. Myronidis, Dimitrios A. Emmanouloudis, Ioannis A. Mitsopoulos, Evangelos E. Riggos (2010). Soil Erosion Potential after Fire and Rehabilitation Treatments in Greece, *Environmental Modeling & Assessment* 15, pp. 239–250.
6. Ming Tu, Visar Berish, Martin Woolf, Jae-sun Seo, Yu Cao та ін. (2016). IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), DOI: 10.1109/ICASSP.2016.7472157
7. Westen van C.J., Asch van T.W.J. & R. Soeters (2006). Landslide hazard and risk zonation – is it still so difficult? *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 65, 67–184.
8. Greiving, S. (2006). Integrated risk assessment of multi-hazards: a new methodology. Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions. *Geological Survey of Finland, Special Paper*, 42, pp. 75–82.
9. van Westen C.J., Damen M.C.J., Kerle N., Kingma N.C. (2011). RiskCity Case study: GIS for Multi-hazard risk assessment. United Nations University, ITC School on Disaster Geo-information Management (UNU-ITC DGIM).
10. Marvin Rausand (2011). Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications. *John Wiley & Sons, Inc.* Norwegian University of Science and Technology, 649 p.
11. Baranovskiy N.A. (2014). Web-oriented geoinformation system for forest fire danger prediction in typical forests of the Ukraine. In Baranovskiy N.V., Zharikova M.V., Bandariva T., Konechy M., Zlatanova S. (Eds.). *Thematic cartography for society. Lecture notes in geoinformation and cartography*. New York : Springer, pp. 13–22. DOI: 10.1007/978-3-319-08180-9_2
12. Sherstjuk V.G. (2017). Approximate model of spatially distributed Markov process for GIS-based decision support system. In V. Sherstjuk, M. Zharikova. *Proc. of IEEE 12th Int. Sc. and Tech. Conf. on Comp. Sciences and Inf. Technologies (CSIT)*, Lviv, pp. 300–304.
13. Sherstjuk V.G. (2017). Approximate Spatial Model Based on Fuzzy-Rough Topology for Real-Time Decision Support Systems. In V. Sherstjuk, M. Zharikova and I. Sokol. *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*. Kyiv, Ukraine (May 29 – June 2, 2017), pp. 1037–1042.
14. Zharikova M.V. (2015). The plausible wildfire model in geoinformation decision support system for wildfire response. In M. Zharikova, V. Sherstjuk, N. Baranovskiy. *Water Resources, Forest, marine and ocean ecosystems*. Conference proceedings, vol. 2, Albena, Bulgaria, 2015, pp. 575–583. DOI: 10.5593/SGEM2015/B32/S14.077. 321
15. Zharikova M.V. (2016). Threat assessment method for intelligent disaster decision support system. M. Zharikova, V. Sherstjuk. *Advances in Int. Systems and Computing*. Springer, Vol. 512, pp. 81–99, 322.
16. Zhongqiang L. (2015). A three-level framework for multi-risk assessment. L. Zhongqiang et al. *Georisk*, Vol. 9, No. 2, pp. 59–74. <https://doi.org/10.1080/17499518.2015.1041989>

SPATIALLY DISTRIBUTED DYNAMIC ASSESSMENT OF RISK FROM DESTRUCTIVE PROCESSES

Marina Zharikova,

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Software and Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
e-mail: marina.jarikova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6144-480X

Bohdan Sakovych,

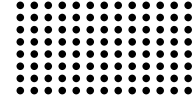
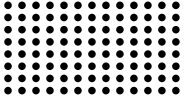
Postgraduate Student of the Department of Software and Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
e-mail: 3674150@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8863-0343

Radyi Nazarenko,

Postgraduate Student of the Department of Software and Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,
e-mail: radiy1218@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1887-7471

Abstract. The purpose of this article is to cover in detail the problem of analysis and assessment of risk from destructive processes and natural disasters.

Nowadays, there are numerous natural disasters such as earthquakes, floods, tsunamis, droughts, landslides, etc. Furthermore, there is an increasing need for overall research, which must be conducted by using state-of-the-art technologies, such as big data, machine learning, data analysis and artificial intelligence. In this manner, it is necessary to inspect the present methods and algorithms for risk-and-threat analysis and their feasibility in a specific area.



Research methods. The primary methods of this study are the ones of qualitative and quantitative risk assessment and analysis, respectively.

Primary results. During this researching, the concept of risk was developed, based on three stages: potential risk, the source of which is described by the danger, the risk of threats from the active scenario of the destructive process (DPS), which does not yet cover the target (valuable) object and the risk of destruction from the active scenario, that covers the DPS and changes its value, which, unlike existing risk concepts allows to describe the dynamics of risk experienced by a valuable object from a particular DPS in real-time systems. The existing risk model, considering the probability of a destructive process, its intensity and effect, is expanded with an additional component – the threat, which is a prognostic spatiotemporal component of risk and allows predicting losses and assess the risk of a specific target value development of DPS in real-time systems.

Scientific novelty. There is a constant necessity for elaborate researching into environmental problems, including the risks of destructive processes, natural disasters and their classification. An improved risk search and detection algorithm are suggested. Moreover, modern methods and models have been established that reveal the essence of the problem entirely and indicate the possible solutions.

Practical significance. Modelling and designing algorithms for the analysis of certain areas to further improving both risk identification and interaction.

Keywords: risk, danger, hazard, analysis, algorithm, assessment, research.

ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ОТ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

Марина Жарикова,

Доктор технических наук, профессор кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
e-mail: marina.jarikova@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6144-480X

Богдан Сакович,

аспирант кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
e-mail: 3674150@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8863-0343

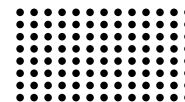
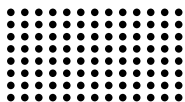
Радий Назаренко,

Аспирант кафедры программных средств и технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
e-mail: radiy1218@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1887-7471

Аннотация. Цель статьи состоит в детальном освещении проблемы анализа и оценки рисков от разрушительных процессов и стихийных бедствий, поскольку сейчас все чаще происходят различные природные катаклизмы, например: землетрясения, наводнения, пожары, засухи, оползни, и возрастает необходимость в массовых научных исследованиях передовых технологий, таких как машинное обучение, анализ данных и глубокое обучение. Необходимо проанализировать существующие методы и алгоритмы анализа рисков и опасностей, а также целесообразность их использования в обозначенной местности.

Методы исследования. Основными методами исследования являются методы качественной и количественной оценки и, соответственно, анализа рисков.

Основные результаты исследований. В ходе проведения исследования разработано концепцию риска, базирующаяся на трех стадиях: потенциальный риск, источник которого описывается опасностью; риск угроз от активного сценария процесса разрушительного характера (ПРХ), еще не охватывающего целевой (ценный) объект (ЦО); риск разрушений от активного сценария, уже охватывающего ЦО и вызывающего изменение его ценности, что, в отличие от существующих концепций риска, позволяет описывать динамику риска, которому поддается ценный объект от



определенного сценария ПРХ, в системах реального времени. Существующую модель риска, которая учитывает вероятность процесса разрушительного характера, его интенсивность и эффект, расширено с помощью дополнительного компонента – угрозы, являющейся прогностической пространственно-временной составляющей риска и позволяющей в любой момент спрогнозировать возможность потерь и оценить риск для конкретных ЦО в условиях развития ПРХ в системах реального времени.

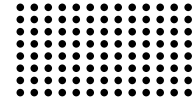
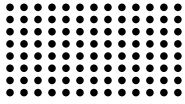
Научная новизна. Предложенная модель представления риска как динамического, пространственно-распространенного процесса.

Практическая значимость. Создание моделей и алгоритмов для проведения анализа отдельных территорий с целью дальнейшего усовершенствования определения рисков.

Ключевые слова: анализ, риск, опасность, процесс разрушительного характера. Целевой (ценный) объект, алгоритм, модель, оценка, исследование.

REFERENCES:

1. Cees J. van Westen and Stefan Greiving (2017). Chapter 2: Multi-Hazard Risk Assessment And Decision Making. In *Nicolas R. Dalezios, Environmental Hazards Methodologies for Risk Assessment and Management*, IWA Publishing, 64 p.
2. Sven Fuchs, Thomas Glade (2016). Foreword: Vulnerability assessment in natural hazard risk - a dynamic perspective. *Springer Science+Business Media Dordrecht*, 5 p. DOI: 10.1007/s11069-016-2289-x
3. Sven Fuchs, Joern Birkmann, Thomas Glade (2012). Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: current approaches and future challenges. *Springer Science+Business Media B.V.*, 7 p. DOI: 10.1007/s11069-012-0352-9
4. Goldammer J. G., Mueller-Dombois D. (2012). Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges, 496 p.
5. Dimitrios I. Myronidis, Dimitrios A. Emmanouloudis, Ioannis A. Mitsopoulos, Evangelos E. Riggos (2010). *Soil Erosion Potential after Fire and Rehabilitation Treatments in Greece. Environmental Modeling & Assessment*, vol. 15, pp. 239–250.
6. Ming Tu, Visar Berish, Martin Woolf, Jae-sun Seo, Yu Cao et al. (2016). *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. DOI: 10.1109/ICASSP.2016.7472157
7. C.J. van Westen, T.W.J. van Asch & R. Soeters (2006). Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult? *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, volume 65, pp. 167–184.
8. Greiving S. (2006). Integrated risk assessment of multi-hazards: a new methodology. Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions. *Geological Survey of Finland, Special Paper 42*, pp. 75–82.
9. C.J. van Westen, M.C.J. Damen, N. Kerle, N.C. Kingma (2011). RiskCity Case study: GIS for Multi-hazard risk assessment. United Nations University – ITC School on Disaster Geo-information Management (UNU-ITC DGIM).
10. Marvin Rausand (2011). Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications. John Wiley & Sons, Inc., Norwegian University of Science and Technology, 649 p.
11. Baranovskiy N.V. (2014). A web-oriented geoinformation system for forest fire danger prediction in typical forests of the Ukraine. In Baranovskiy N.V., Zharikova M.V., Bandariva T., Konechy M., Zlatanova S. (Eds.). *Thematic cartography for society. Lecture notes in geoinformation and cartography*. New York : Springer, pp 13–22. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08180-9_2
12. Sherstjuk V.G. (2017). Approximate model of spatially distributed Markov process for GIS-based decision support system. In V. Sherstjuk, M. Zharikova. *Proc. of IEEE 12th Int. Sc. and Tech. Conf. on Comp. Sciences and Inf. Technologies (CSIT)*, Lviv, 2017, pp. 300–304.
13. Sherstjuk V.G. (2017). Approximate Spatial Model Based on Fuzzy-Rough Topology for Real-Time Decision Support Systems. V. Sherstjuk, M. Zharikova and I. Sokol. *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) – Kyiv, Ukraine (May 29 – June 2, 2017)*, pp. 1037–1042.
14. Zharikova M.V. (2015). The plausible wildfire model in geoinformation decision support system for wildfire response. M. Zharikova, V. Sherstjuk, N. Baranovskiy. In *Water Resources, Forest, marine and ocean ecosystems*. Conference proceedings, vol. 2, Albena, Bulgaria, pp. 575–583. DOI: 10.5593/SGEM2015/B32/S14.077.321
15. Zharikova M.V. (2016). Threat assessment method for intelligent disaster decision support system. M. Zharikova, V. Sherstjuk. *Advances in Int. Systems and Computing*. Springer, vol. 512, pp. 81–99, 322.
16. Zhongqiang L (2015). A three-level framework for multi-risk assessment. *L. Zhongqiang et al. Georisk*, vol. 9, No. 2, pp. 59–74. <https://doi.org/10.1080/17499518.2015.1041989>



THE RESEARCH AND ELABORATION OF ACTUAL ASPECTS IN THE SUBJECT AREA OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR COMPUTERIZED TRAINING USING THE METHODOLOGY OF EXPERT SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

UDC 510.6

DOI: <https://doi.org/10.35546/2313-0687.2019.26.110-118>

Galina Veselovskaya,

Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor
of the Department of Information Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,

E-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

Oleksandra Yastrebova,

First-year Graduate Student Majoring in Information Systems and Technologies
of the Department of Information Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,

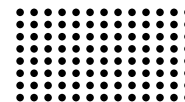
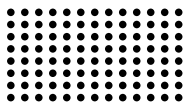
E-mail: aleksandra.krtk@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-6819-6263

Dmytro Iatsenko,

First-year Graduate Student Majoring in Information Systems and Technologies
of the Department of Information Technologies,
Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine,

E-mail: dmytro.yatsenko@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-9165-711X.

Abstract. The purpose of the article is to find ways to solve the actual problem of the perfecting processes and improving results in the practical application of information technologies for the computer-aided training through the intellectualization of approaches to their selection and integration on the basis of the criterion of the full functionality and compatibility of tools. The research's methods. The methodological basis of researches is the means and methods of the information theory, information systems and technologies, computer systems, the computerized training, expert systems of the artificial intelligence. The main research's results. The actual aspects in the subject sub-branch of information technologies for computerized distance training are analyzed, as a result of which their specifics and problematic issues are detected. A conceptual model of the generalized structural composition for the knowledge base in the expert system of the artificial intelligence, assigned for the selection and integration of information technologies for the computerized distance training, has been developed. The research of actual aspects in the subject sub-branch of information technologies for the optimization of the user's interaction with electronic resources of computerized training systems is carried out, as a result of which, their features and problem moments are outlined. The approaches to the conceptual modeling in the generalized



structure for the knowledge base of the expert system of the artificial intelligence, aimed at the supporting in the formation of high-performance information technologies for the optimizing of the user's interaction with electronic resources of computer-based training systems, are developed. The scientific novelty. The new approaches to the conceptual modeling of information technologies for the computerized distance training and for the optimization of the user's interaction with electronic resources of computerized training systems, based on elements of the theory in knowledge bases of expert systems of the artificial intelligence, allowing to the increase of the efficiency for these information technologies, are created. The practical significance. The practical use of the obtained theoretical approaches allows you to increase of the efficiency for the computer-based training by a few percent on the basis of the working with more appropriate information technologies.

Keywords: *information technology, computerized system, training, artificial intelligence system, expert system.*

Problem's statement. The computer-based training more widely and more deeply covers all educational processes without exception, including [1]:

- training processes at all levels of the training and retraining for specialists carried out within educational institutions;
- various processes of self-education (self-training, self-study, etc.), which are carried out outside of educational institutions.

Educational processes in general and, in particular, the processes of computer-based learning, in their main essence, are mainly informational in nature, characterized by: the active transmission and reception for sufficiently significant amounts of the information; the dynamic information interaction with feedback and correction of information influences, etc. [2-3].

Therefore, when trying to improve approaches to the implementation of the computer-based training, first of all it should be taken into account that one of the most crucial roles for its successful implementation is played by the effectiveness of information technologies underlying it.

Namely, successful concepts of the development, selection and integration of information technologies for computer-based training directly contribute to the ensuring of the high productivity in the functioning of those information objects, processes and environments that are its components.

One of the most actual directions for the implementation of educational processes is computerized distance training [4].

This educational technology covers many different segments of the population, for which the main and extremely critical factor was the availability of the organizational opportunity to implement the training in conditions of the territorial distance from certain

educational institutions, teachers, target groups of students and more.

The practice has shown not only the theoretical possibility, but also the real feasibility of such situations, when it becomes extremely necessary to cover by the computerized distance training not only taken separately categories on students of educational courses, but also the one hundred percent of all those studying in educational institutions for a long time and in conditions of significant territorial and time constraints, increased psychological tension, etc.

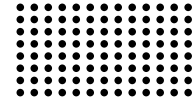
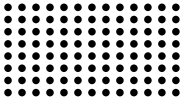
The providing of the highly productive computerized distance training with its significant duration, mass and in conditions of force majeure social and economic circumstances requires the significant addition, strengthening, and development of existing approaches to its organization.

Based on the above, the urgent question is the research and elaboration of actual aspects in the subject sub-branch of information technology for computerized distance training in order to find efficient and powerful reserves for their improvement.

Both within the distance training and in general, for modern high-intensity educational processes, which are characterized by rather strict time limits, the optimality in the information interaction of users with numerous electronic resources of computer-based training systems has become the quite critical.

The problem is largely due to the coincidence of the factors that the choice of these electronic resources is almost endless, the possibilities are very diverse, and the limitations of actual practical use are not always clearly defined and fully understood at first view.

Accordingly, another actual direction of the research and development is the elaboration of actual aspects in



the subject sub-branch of information technologies to optimize the interaction of users with electronic resources of computer-based training systems.

The recent research`s and publication`s analysis.

Methodological foundations for the subject sub-branches of information technologies in the computer-based distance training and in the optimization of the user interaction with electronic resources of computer-based training systems studied in this consideration, take their origins from a number of fundamental branches of knowledge, are currently relevant and have a progressive development.

First and foremost, to specified areas of knowledge include information theory, information systems and technologies, software engineering, computer science, computer systems and networks, artificial intelligence, information security, technical means for training, information and communication technologies, pedagogy, psychology, physiology, and others [5-7].

However, we cannot say that the above subject subsectors only elaboration (subjected to monitoring, accumulate, analyze and integrate etc.) achievements in other branches of knowledge [8].

Subject subsectors of information technologies for the computer-based distance training and for the optimization of the user interaction with the electronic resources of computer-based training systems can be safely called as fully independent directions of the research and development, where the desired result is not always possible to achieve by a simple collecting together of the separate achievements.

To the least researched and tested aspects of a specified subject subsectors belong those questions that lie at the intersection of the sciences that are their subsoil, and require the careful mutual coordination [9].

In particular, it should be noted that the issues related to the following aspects have been insufficiently studied [10]:

- the conceptualization of environments, phenomena, states, objects, properties, mechanisms of the functioning, totalities of the key data, processes, flows, and interactions of key elements in the subject subsector;
- information components of objects, processes, flows, and relationships of the subject subsector;
- significant amounts of the information congestion, saturation, density, redundancy;
- the insufficient completeness, exhaustiveness, accuracy, clarity, and reliability in the definition of the information;

– manifestations in the essences of the subject subsector with the high dynamics of changes and their uneven distribution in the space and time;

– the complexity of the systems in the subject subsector, their elements, components, relationships, and external influences;

– the interaction of elements, components and systems in the subject subsector with the environment and its separate components;

– the control of complex systems in the subject subsector, their components and interaction.

Based on the above, the research and elaboration on actual aspects in the subject subsectors of information technologies for the computerized distance training and for the optimization of user interaction with electronic resources of computerized training systems should be carried out using the methodology of expert systems of artificial intelligence.

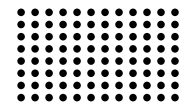
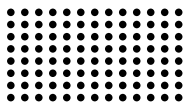
The study`s objective. The defining goal of the work is to solve the actual problem on finding approaches to strengthening the effectiveness of information technologies for the computerized distance training and for the optimize of user interaction with electronic resources of computerized training systems based on the application of methodological elements in expert systems of the artificial intelligence.

The research`s findings. Let's start with the issue on the research and elaboration of actual aspects in the subject sub-branch of information technologies for computerized distance teaching using the methodology of expert systems of artificial intelligence.

The main feature of modern information technologies of computerized distance training is that, taken as a whole, they provide enough powerful, universal, convenient, and easy to master functional opportunities, tools, and organizational approaches to the implementation of the highly efficient distance education.

At the same time, if we study the advantages and features separately for each of the representatives in the totality of existing information technologies for computerized distance training, the results of such consideration will show now the far from ideal state of affairs.

First of all, there is takes place an insufficient full functionality for each of the taken separately representatives of these information technologies in relation to the set of functions that is actually objectively necessary.



This is accompanied by a high degree of the specificity for each of the representatives of the researched information technologies and their narrow specialization in certain types of educational tasks.

Both theoretical and practical solutions to the above problem should be sought through the integration of separate information technologies for computerized distance training into all-in-one fully functional systems.

We have that fact that ready-made ideal and universal integrated solutions do not currently exist, and the implementation of integration processes is not a simple and unambiguous success case. It is largely due to the need for successful adaptive linking of these solutions to the practice of organization and operation of each computerized distance training system.

Accordingly, there is an urgent need to the create of such methods and tools that, based on the initial data about the features of specific computerized distance training systems,

and about the characteristics of existing information technologies for computerized distance training, will be able to consult, issue recommendations and decide on approaches to the choice of specific representatives of these technologies and approaches to their integration.

Therefore, it seems an appropriate to propose the use of the methodology in expert systems of the artificial intelligence.

Namely, first of all, it is necessary to carry out the conceptual modeling for bases of facts and rules, within the framework of creating the knowledge base for the expert system in the selection and integration of information technologies for computerized distance training.

The main categories of facts and rules for the knowledge base of the expert system that will support the intelligent choice and integration of information technologies for computerized distance training should reflect the conceptual approach presented in Tables 1-2.

Table 1 – The generalized structural composition for the initial prototype of the facts base as part of the knowledge base in the expert system for the selection and integration of information technologies for the computerized distance training

№	The semantic filling for predicates of the facts base as a part of the knowledge base in the developed expert system	The available information sources with which the arguments and meanings of the predicates for the facts base as part of the knowledge base for the developed expert system must be agreed (the state of their order)
1	The presenting by the facts in the knowledge base of the determining information about the existing information technologies for the computerized distance training	The lists of names and addresses for information resources with descriptions of characteristics on existing information technologies for the computerized distance training (require the prior systematization)
2	The presentation of the key information on the tools of existing information technologies for the computerized distance training using the facts of the knowledge base	The lists of names and addresses for information resources with descriptions of characteristics for tools on existing information technologies for the computerized distance training (require the prior systematization)
3	The presentation of the basic information about the functionality of existing information technologies for computerized distance training using the facts of the knowledge base	The lists of names and addresses for information resources with descriptions of functional possibilities of existing information technologies for the computerized distance training (require the prior systematization)
4	The presentation as facts in the knowledge base of the existent correspondences between the names, tools and functionality of existing information technologies for the computerized distance training	The lists of names and addresses for information resources with descriptions of correspondences between elements and components of existing information technologies for the computerized distance training (require the prior systematization)

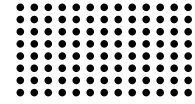
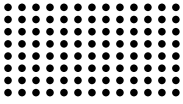


Table 2 – The generalized structural composition for the initial prototype of the rules base as part of the knowledge base in the expert system for the selection and integration of information technologies for the computerized distance training

№	The semantic filling for predicates of the rules base as a part of the knowledge base in the developed expert system	The available information sources with which the arguments, meanings, and logical constructions of the predicates for the rules base as part of the knowledge base for the developed expert system must be agreed (the state of their order)
1	The presenting by the rules in the knowledge base of the ways to choose of certain information technologies in order to form on their basis of the full-fledged system of tools and functional possibilities for the implementation of the computerized distance training	The lists of names and addresses for information resources with descriptions of conceptual approaches to choose of existing information technologies for the computerized distance training (require the prior systematization)
2	The presenting by the rules in the knowledge base of the ways for the integration of certain information technologies into the holistic system in order to ensure proper opportunities for their communication in the process on the implementation of the computerized distance training	The lists of names and addresses for information resources with descriptions of conceptual approaches on integration of existing information technologies for the computerized distance training (require the prior systematization)

We will move on to consider of the question about the research and elaboration in actual aspects of the subject sub-branch of information technologies to optimize of the user`s interaction with electronic resources for computer-based training systems using of the methodology in expert systems of the artificial intelligence.

On the one hand, we have a variety of opportunities and benefits in the using of electronic resources for the computer-based training systems and interaction with them, as well as the relevant information technologies for the implementation of the optimal interaction.

On the other hand, there are take place:

- the specifics of the use, in the process of the information communication with users, electronic resources of computer-based training systems as a means of purely artificial origin;
- features of those information environments in which the specified resources are applied;
- the specifics of those information objects with which these resources are used.

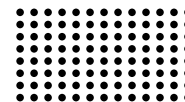
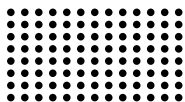
It is because of the large number for alternatives and specific features, often decisions about the feasibility, resource consumption and efficiency of the use and information communication with each of the many types of electronic resources for computerized training systems and complexes of these resources cannot be made on the

basis of simple unambiguous considerations and need of optimization approaches.

It should be noted that now especially acute appear of following questions that relate to the effective information communication and information technologies for optimal user`s interaction with the electronic resources of computer-based training systems:

- the adequate ergonomics of resources and communication with them (moreover, their safety from the point of view of standards on the life safety and labor protection);
- the comprehensive availability of resources (informational, physical, time, cost, etc.);
- the warranty of the acceptable time for the user`s access to resources with the aim of the informational interaction with them;
- the easy in study of technologies for the information interaction with the resources;
- the comfort in the implementation of the information communication with resources;
- the efficiency of the information consumption and assimilation in the process of the interaction with the resources;
- the accuracy and stability in functioning of resources.

Based on the analysis was performed, there is a need, similar to the first of the above tasks, relating to the creating



and maintaining of the appropriate knowledge base for the expert system of the artificial intelligence.

First, it is actually to create of a facts base what will reflect of the key knowledge on:

- electronic resources of computer-based training systems;
- information technologies of the interaction with these resources;
- concepts and models of the optimization of this interaction.

Secondly, it is the development required of a rules base that will reflect of concepts and methods:

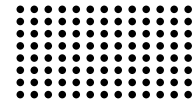
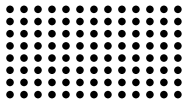
- to develop of effective strategies for the interaction with electronic resources of computer-based training systems;
- the formation of information technologies for the optimization of user's interaction with these electronic resources.

In particular, one of the most important roles is played by intelligent rules for the reasonable choice of information technologies to optimize of the user's interaction with electronic resources of the computer-based training systems, which are based on time criteria that take into account the average time limits of the interaction with resources and possible deviations from the specified limits what are inherent and acceptable in these systems (initially, in the course of work, upon completion of activities) for certain training scenarios and types of information resources.

The research's conclusions. The topical issue of improving the approaches to the application of information technologies for the computer-based training on the basis of the intellectualization of their choice and integration by the criterion of completeness in functionality and compatibility of tools is investigated. The analysis of specifics and problems for actual aspects in subject sub-branches of information technologies of computerized distance training and optimization of user's interaction with electronic resources of computerized training systems is carried out. The conceptual models of the generalized structural composition for knowledge bases of expert systems of artificial intelligence intended for the realization of the expedient choice and integration for information technologies of computerized distance training, and also for the formation of highly effective information technologies for the optimization of the user's interaction with electronic resources of computerized training systems are developed. The proposed new approaches to the conceptual modeling of information technologies for the computerized distance training and for the optimization of the user's interaction with electronic resources of computerized training systems can enhance the effectiveness of these information technologies. The practical use of the obtained developments allows increase the efficiency of the computer-based training by a several percent on the basis of working with more appropriate information technologies.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Higher education in the digital age. Moving academia online / eds.: A. Zorn, J. Haywood, J. Glachant. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing, 2018. 170 p.
2. Khodakov V.Ye., Sokolov A.Ye., Veselovskaya G.V. Models of training procedures. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2018. № 4 (47). P. 51–60. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-5.
3. Khodakov V.Ye., Sokolov A.Ye., Veselovskaya G.V. Trainer and trainees modeling based on complex information approach to improvement of training information technologies and systems. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2019. № 2 (49). P. 119–130. doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-13.
4. Willcox K.E., Sarma S., Lippel P.H. Online education: a catalyst for higher education reforms. Massachusetts Institute of Technology online education policy initiative Final Report. Cambridge : MIT, 2016. 56 p.
5. *Trends and advances in information systems and technologies: proceedings of the 2018 World conference on information systems and technologies WorldCIST' 18 (Naples, Italy, 27–29 March 2018)* / Eds.: A. Rocha, H. Adeli, L.P. Reis, S. Costanzo. Naples, Italy : Springer International Publishing, 2018. Volume 3 (347). 406 p.
6. Enterprise information systems: *proceedings of the 20-th International conference ICEIS 2018 (Funchal, Madeira, Portugal, 21–24 March 2018)* / Eds.: S. Hammoudi, M. Smialek, O. Camp, J. Filipe. Madeira, Portugal : SciTePress, Science Technology Publications, Lda, 2018. Volume 1. 440 p.
7. *Computer Science and Information Technology: proceedings of the Forth International conference CoSIT-2017 (Geneva, Switzerland, 25–26 March 2017)* / Eds.: D. Nagamalai, N. Meghanathan. – Geneva, Switzerland : AIRCC Publishing Corporation, 2017. 208 p.
8. Measuring the information society report 2018 / eds.: Sanou B (International Telecommunication Union). Geneva, Switzerland : ITU Publications, 2018. Volume 1. 204 p.



9. Information technology strategy 2018-21: annual report of progress planned GB.331-PFA-5-2018 / Eds.: Information and technology management department, International labour office. Geneva, Switzerland : INFOTEC, ILO, 2017. 26 p
10. Антоненко В.М., Мамченко С.Д., Рогушина Ю.В. Сучасні інформаційні системи і технології : управління знаннями : навч. посіб. Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2016. 212 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ Й ОПРАЦЬОВУВАННЯ АКТУАЛЬНИХ АСПЕКТІВ ПРЕДМЕТНОЇ ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДОЛОГІЇ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Галина Вікторівна Веселовська,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,
e-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

Олександра Іванівна Ястребова,

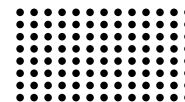
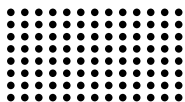
аспірант першого курсу спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» кафедри інформаційних технологій,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,
e-mail: aleksandra.krtk@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-6819-6263

Дмитро Валерійович Яценко,

аспірант першого курсу спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» кафедри інформаційних технологій,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна,
e-mail: dmytro.yatsenko@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-9165-711X

Анотація. Мета статті полягає у пошуку шляхів вирішення актуального завдання вдосконалення процесів і покращення результатів практичного застосування інформаційних технологій комп'ютеризованого навчання на основі інтелектуалізації підходів до їхнього вибору й інтеграції за критерієм повноти функціональних можливостей і сумісності інструментарію. Методи дослідження. Методологічним підґрунтям досліджень є засоби та методи теорії інформації, інформаційних систем і технологій, комп'ютерних систем, комп'ютеризованого навчання, експертних систем штучного інтелекту. Основні результати дослідження. Проаналізовано актуальні аспекти предметної підгалузі інформаційних технологій комп'ютеризованого дистанційного навчання, у підсумку чого, виявлено їхню специфіку та проблематику. Розроблено концептуальну модель узагальненого структурного складу бази знань експертної системи штучного інтелекту, призначеної для вибору й інтеграції інформаційних технологій комп'ютеризованого дистанційного навчання. Здійснене дослідження актуальних аспектів предметної підгалузі інформаційних технологій оптимізації взаємодії користувачів із електронними ресурсами систем комп'ютеризованого навчання, за результатами якого, окреслено їхні особливості та проблемні моменти. Розроблено підходи до концептуального моделювання узагальненої структури бази знань експертної системи штучного інтелекту, спрямованої на підтримку формування високо результативних інформаційних технологій оптимізації взаємодії користувачів із електронними ресурсами систем комп'ютеризованого навчання. Наукова новизна. Створено нові підходи до концептуального моделювання інформаційних технологій комп'ютеризованого дистанційного навчання й оптимізації взаємодії користувачів із електронними ресурсами систем комп'ютеризованого навчання, основані на елементах теорії баз знань експертних систем штучного інтелекту, що дозволяють посилити дієвість зазначених інформаційних технологій. Практична значимість. Практичне використання отриманих теоретичних підходів дозволяє на декілька відсотків підвищувати ефективність комп'ютеризованого навчання на основі роботи з більш доцільними інформаційними технологіями.

Ключові слова: інформаційна технологія, комп'ютеризована система, навчання, система штучного інтелекту, експертна система.



**ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОРАБОТКА АКТУАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Галина Викторовна Веселовская,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий,
Херсонский национальный технический университет, город Херсон, Украина,
e-mail: galina.veselovskaya@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-2896-0460

Александра Ивановна Ястребова,

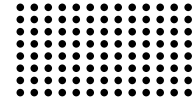
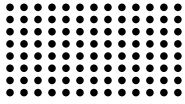
аспирант первого курса специальности 126 «Информационные системы и технологии» кафедры информационных технологий,
Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина,
e-mail: aleksandra.krtk@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-6819-6263

Дмитрий Валериевич Яценко,

аспирант первого курса специальности 126 «Информационные системы и технологии» кафедры информационных технологий,
Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Украина,
e-mail: dmytro.yatsenko@gmail.com; ORCID ID: 0000-0001-9165-711X

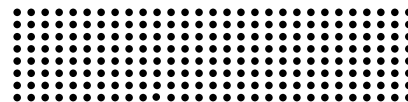
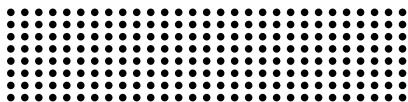
Аннотация. Цель статьи заключается в поиске путей решения актуальной задачи по совершенствованию процессов и улучшению результатов практического применения информационных технологий компьютеризированного обучения на основе интеллектуализации подходов к их выбору и интеграции по критерию полноты функциональных возможностей и совместимости инструментария. Методы исследования. Методологическим основанием исследований есть средства и методы теории информации, информационных систем и технологий, компьютерных систем, компьютеризированного обучения, экспертных систем искусственного интеллекта. Основные результаты исследования. Проанализированы актуальные аспекты предметной подотрасли информационных технологий компьютеризированного дистанционного обучения, в итоге чего, выявлено их специфику и проблематику. Разработана концептуальная модель обобщенного структурного состава базы знаний экспертной системы искусственного интеллекта, предназначенной для выбора и интеграции информационных технологий компьютеризированного дистанционного обучения. Осуществлено исследование актуальных аспектов предметной подотрасли информационных технологий оптимизации взаимодействия пользователей с электронными ресурсами систем компьютеризированного обучения, по результатам которого, определены их особенности и проблемные моменты. Разработаны подходы к концептуальному моделированию обобщенной структуры базы знаний экспертной системы искусственного интеллекта, направленной на поддержку формирования высоко результативных информационных технологий оптимизации взаимодействия пользователей с электронными ресурсами систем компьютеризированного обучения. Научная новизна. Созданы новые подходы к концептуальному моделированию информационных технологий компьютеризированного дистанционного обучения и оптимизации взаимодействия пользователей с электронными ресурсами систем компьютеризированного обучения, основанные на элементах теории баз знаний экспертных систем искусственного интеллекта, которые позволяют усилить действенность указанных информационных технологий. Практическая значимость. Практическое использование полученных теоретических подходов позволяет на несколько процентов повышать эффективность компьютеризированного обучения на основе работы с более целесообразными информационными технологиями.

Ключевые слова: информационная технология, компьютеризированная система, обучение, система искусственного интеллекта, экспертная система.



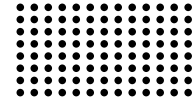
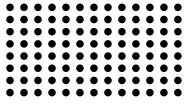
REFERENCES:

1. Zorn, A., Haywood, J., Glachant, J. (Eds.) (2018) Higher education in the digital age. Moving academia online. Cheltenham, UK, Northampton, MA, USA : Edward Edgar Elgar Publishing.
2. Khodakov, V.Ye., Sokolov, A.Ye., & Veselovskaya, G.V. (2018) Models of training procedures. *Radio Electronics, Computer Science, Control.* **4**(47), 51–60. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-5.
3. Khodakov, V.Ye., Sokolov, A.Ye., & Veselovskaya, G.V. (2019) Trainer and trainees modeling based on complex information approach to improvement of training information technologies and systems. *Radio Electronics, Computer Science, Control.* **2**(49), 119–130. doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-13.
4. Willcox, K.E., Sarma, S., & Lippel, P.H. (2016) Online education: a catalyst for higher education reforms. Massachusetts Institute of Technology online education policy initiative Final Report. Cambridge : MIT.
5. Rocha, A., Adeli, H., Reis, L.P., & Costanzo S. (Ed.) (2018) *Trends and advances in information systems and technologies: proceedings of the 2018 World conference on information systems and technologies WorldCIST' 18* (Naples, Italy, 27–29 March 2018). Naples, Italy : Springer International Publishing. Volume 3 (347).
6. Hammoudi, S., Smialek, M., Camp, O., & Filipe, J. (Ed.) (2018) *Enterprise information systems: proceedings of the 20th International conference ICEIS 2018* (Funchal, Madeira, Portugal, 21–24 March 2018). Madeira, Portugal : SciTePress, Science Technology Publications, Lda. Volume 1.
7. Nagamalai, D., & Meghanathan, N. (Eds.) (2017) *Computer Science and Information Technology: Proceedings of the Fourth International conference CoSIT-2017* (Geneva, Switzerland, 25–26 March 2017). Geneva, Switzerland : AIRCC Publishing Corporation.
8. Sanou, B. (International Telecommunication Union) (Ed.) (2018) Measuring the information society report 2018. Geneva, Switzerland : ITU Publications. Volume 1.
9. Information and technology management department, International labor office (Eds.) (2017) Information technology strategy 2018–21 : annual report of progress planned GB.331-PFA-5-2018. Geneva, Switzerland : INFOTEC, ILO.
10. Antonenko, V.M., Mamchenko, S.D., & Rohushyna, Yu.V. (2016) Suchasni informatsiini systemy i tekhnolohii: upravlinnia znanniamy : navch. posib. Irpin : Natsionalnyi Universytet DPS Ukrainy.



Iatsenko D.	110
Khodakov V.	44
Khodakov V.	76
Krugla N.	44
Odintsov V.	76
Ohnieva O.	55
P'yatakov E.	76
Sokolov A.	44
Sokolov A.	76
Veselovskaya G.	44
Veselovskaya G.	76
Veselovskaya G.	110
Yastrebova O.	110
Бичков О.	32
Волковський О.	63
Гусєв В.	7

Жабська Є.	32
Жарікова М.	100
Захарченко Р.	91
Книрик К.	21
Ковилін Є.	63
Левківський Р.	7
Меркулова К.	32
Назаренко Р.	100
Приходько Н.	21
Приходько С.	21
Сакович Б.	100
Сокол І.	7
Чорний Д.	91
Шерстюк В.	7
Шерстюк В.	91
Штуца О.	91



ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ в журналі «Проблеми інформаційних технологій»

Журнал «Проблеми інформаційних технологій» є періодичним науковим журналом, який включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Наказ Міністерства освіти і науки України № 820 від 11.07.2016 р.).

Журнал публікує статті з новими науковими результатами в області теоретичних і прикладних проблем сучасних інформаційних технологій, системного аналізу і моделювання за такими групами спеціальностей:

- 121 Інженерія програмного забезпечення.
- 122 Комп'ютерні науки.
- 123 Комп'ютерна інженерія.
- 124 Системний аналіз.
- 125 Кібербезпека.
- 126 Інформаційні системи і технології.

Мінімальний обсяг статті – 8 сторінок. Максимальний – 20 сторінок. Література та анотації також входять до загальної кількості сторінок публікації.

Журнал видається українською, англійською та російською мовами.

Публікація статей здійснюється на платній основі. Розмір внеску за публікацію статті становить 45 грн за кожен (повну чи неповну) сторінку поданих матеріалів.

Журнал включено до науково-метричних баз даних, цифрових архівів та бібліотек з безкоштовним on-line-доступом: Index Copernicus, CrossRef, Google Scholar, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Research Bible, Open Academic Journals Index (OAJI), AcademicKeys, National Library of Ukraine (Vernadsky).

ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ Й ОФОРМЛЕННЯ НАУКОВИХ СТАТЕЙ

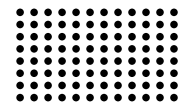
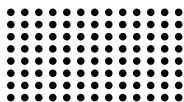
Наукова стаття в журналі «Проблеми інформаційних технологій» повинна відповідати вимогам п.3 Постанови ВАК України № 7-05/1 від 15.01.2003 року та враховувати вимоги міжнародних наукометричних баз даних (Scopus / Elsevier database, Clarivate Analytics / former Thomson Reuters, Web of Knowledge, CrossRef / Digital Object Identified та ін.) до наукових статей.

Редакційна колегія рекомендує авторам дотримуватися такої структури наукової статті:

1. **Постановка проблеми.** Необхідно розкрити сутність і стан наукової проблеми у загальному вигляді, її теоретичну та (або) практичну значущість, обґрунтувати актуальність дослідження.
2. **Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Необхідно проаналізувати основні положення останніх досліджень і публікацій, що безпосередньо стосуються порушеної проблеми, виокремити невирішені раніше частини загальної проблеми, яким присвячено статтю.
3. **Мета дослідження.** Необхідно висловити основну ідею публікації. Мета дослідження має випливати з постановки проблеми й аналізу останніх досліджень і публікацій, у ній повинно бути чітко визначено кінцевий науковий результат.
4. **Виклад матеріалу дослідження.** Необхідно висвітлити основні положення і результати наукового дослідження.
5. **Висновки.** Необхідно висвітлити найбільш важливі результати дослідження, які містять наукову новизну і мають теоретичне та (або) практичне значення.
6. **Список літератури.** Список літератури повинен бути оформлений у двох варіантах:
 - 1) відповідно до міжнародного бібліографічного стандарту APA: <https://www.apastyle.org>;
 - 2) відповідно до ДСТУ 8302.2015 «Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання».

У списку літератури обов'язково повинні бути присутні джерела з досліджуваної проблеми не більше ніж 3–4-річної давності. Не слід обмежуватися цитуванням робіт, які належать тільки одному колективу авторів або дослідницькій групі.

Необхідними є посилання на сучасні міжнародні публікації. Статті, які не містять посилань на роботи, опубліковані протягом останнього десятиліття, автоматично вважаються такими, що не відповідають редакційним вимогам.



СТРУКТУРНІ ЕЛЕМЕНТИ НАУКОВОЇ СТАТТІ

Індекс УДК у верхньому лівому куті сторінки (Times New Roman, 12 пт).

Інформація про авторів (співавторів) статті (ім'я та прізвище мовою статті, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи, населений пункт, країна, адреса електронної пошти, ORCID ID) (Times New Roman, 12 пт, вирівнювання – по лівому краю).

Назва статті. Назву статті потрібно подавати напівжирним шрифтом великими літерами з вирівнюванням по центру, без скорочень, зокрема літерних абrevіатур. Назва статті повинна відображати зміст дослідження та відповідати його меті, науковим результатам і висновкам. (Times New Roman, 14 пт, напівжирний шрифт).

Анотація мовою статті. Обсяг анотації має становити 2–3 тис. знаків разом із ключовими словами (4–8 слів). (Times New Roman, 12 пт). Анотація має містити такі структурні елементи:

- 1) мета статті;
- 2) методи дослідження;
- 3) основні результати дослідження;
- 4) наукова новизна;
- 5) практична значимість.

Перелік ключових слів, який починається зі слів: «Ключові слова:» (Times New Roman, 12 пт, курсив).

Постановка проблеми

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Мета дослідження

Виклад матеріалу дослідження

Висновки

Список літератури

У тексті статті можна подавати ілюстрації. Підпис під ілюстрацією має складатися з чотирьох основних елементів: найменування, що позначається скороченим словом «Рис.»; порядкового номера ілюстрації, який вказується без знаку номера арабськими цифрами; тематичного заголовка ілюстрації, що містить текст зі стислою характеристикою зображення.

Ілюстрації потрібно оформлювати окремими файлами у форматах jpg, tiff, png належної якості. Роздільна здатність має бути не менш як 300 dpi, а розмір зображення – не менш як 1060 x 1410 pixel.

Таблиці необхідно виконувати у текстовому редакторі MS Word 2016.

Кожна таблиця повинна мати порядковий номер і тематичний заголовок, які необхідно розмістити над нею симетрично до тексту.

Формули потрібно подавати за допомогою редактора формул MS Equation 3.0, Math Type.

Також мають бути анотації українською та російською мовами, які за змістом цілком відповідають анотації англійською мовою. Кожна анотація також повинна містити інформацію про авторів, відповідною мовою.

Редакційна колегія не обов'язково поділяє позицію, висловлену авторами у статтях, та не несе відповідальності за достовірність наведених даних, цитат, фактів та посилань.

Редакційна колегія залишає за собою право відхиляти матеріали, що не відповідають редакційним вимогам, мають низький науковий рівень та не пройшли процедуру рецензування.

ВИМОГИ ДО ПОДАННЯ НАУКОВОЇ СТАТТІ

Для опублікування наукової статті на адресу електронної пошти журналу (magazinerpit@ukr.net) необхідно надіслати її електронну версію разом із ілюстраціями, оформленими окремими файлами у відповідних форматах.

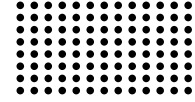
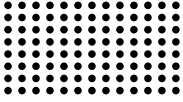
Звертаємо увагу!

Автору (співавторам) не потрібно надсилати рецензію, оскільки кожна подана для опублікування наукова стаття проходить анонімне рецензування та перевірку на наявність плагіату.

Вимоги до оформлення файлу:

Текст наукової статті повинен бути надрукований у текстовому редакторі MS Word 2016 (у форматі docx); формат паперу: А4 (210 x 297 мм); орієнтація сторінок: книжкова із вирівнюванням по ширині з відступом від лівого краю – 1,25 мм; поля: верхнє, нижнє, праве – 2 см, лівє – 2,5 см; шрифт: Times New Roman (розмір шрифту – 12 pt); міжрядковий інтервал – 1.

У тексті не повинно бути переносів і макросів. У тексті статті виділяються лише назви розділів статті, відповідно до її структури. Інших виділень не має бути.



Формули потрібно подавати за допомогою редактора формул MS Equation 3.0, Math Type. Всі формули вставляються в таблицю з не окресленим контуром, що складається з двох колонок: у першій знаходиться формула без абзацу та вирівняна по центру, в другій - номер формули (якщо такий є) теж без абзацу та з вирівнюванням по правому краю. Кордон між колонками таблиці встановлюється на позначці 14 см. У тексті формули повинні бути виділені зверху і знизу порожнім рядком. Нижче наведено приклад вставки формули:

$\lim_{\tau \rightarrow 0} \int_0^{\tau} P d\tau = n \neq 0 .$	(1)
--	-----

Параметри в редакторі формул повинні бути такими:

Розміри (опція меню редактора Equation Editor: **РОЗМІР, Визначити ...**):

- Звичайний 10 пт
- Великий індекс 7 пт
- Дрібний індекс 5 пт
- Великий символ 16 пт
- Дрібний символ 10 пт

Стилі (опція меню **СТИЛЬ, Визначити ...**)

- Текст Times New Roman
- Функція Times New Roman
- Змінна Times New Roman
- Ряд. грецькі Symbol
- Пр. грецькі Symbol
- Символ Symbol
- Матриця-вектор Times New Roman напівжирний
- Числа Times New Roman

1. Таблиці створюються тільки за допомогою Microsoft Word. Передбачається обмеження на кількість (≤ 5).
2. Сумарний обсяг рисунків і таблиць повинен бути менше 50 % обсягу основного розділу.

Прохання до авторів суворо дотримуватися вимог редколегії. В іншому випадку Вашу статтю буде відхилено.

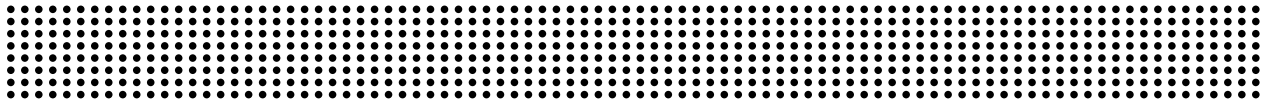
У разі необхідності уточнення інформації щодо оформлення статей – зв'язок з відповідальним секретарем журналу

e-mail: magazinepit@ukr.net

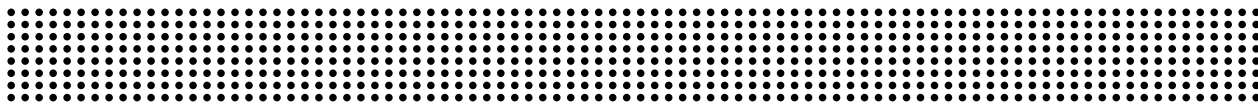
Рукописи авторам не повертаються.

Рукописи для розгляду Редколегією збірника приймаються на кафедрі Програмних засобів і технологій Херсонського національного технічного університету за адресою:

73008, Україна, м. Херсон, Бериславське шосе, 24, ХНТУ, корп. 3, ауд. 316.



НОТАТКИ



„ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ” № 26 /2019/

Свідоцтво про реєстрацію KB № 11321-20 IP

.....

ВИДАВЕЦЬ:

Херсонський національний технічний університет

.....

Адреса редакції: 73008 м. Херсон,
вул. Бериславське шосе, 24, корп. 3, а. 316

Телефони: 8(0552) 51-57-31, 32-69-66

e-mail: Magazinepit@ukr.net

Підписано до друку 21.11.2019.

Формат видання 60x84/8. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 14,42. Тираж 300 прим. Замовлення № 46/0121.

.....

Друк: ОЛДІ-ПЛЮС

вул. Паровозна, 46а, м. Херсон, 73034

Свідоцтво ДК № 6532 від 13.12.2018 р.

Тел.: +38 (0552) 399-580, +38 (098) 559-45-45,

+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45

Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021

E-mail: office@oldiplus.ua