

Міністерство освіти і науки України  
Черкаський державний технологічний університет  
Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
Інститут цифровізації освіти НАПН України  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем  
НАН і МОН України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова  
Криворізький державний педагогічний університет  
Берлінський технічний університет (Німеччина)  
Люблінська політехніка (Польща)  
Астана ІТ Університет (Казахстан)

## **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

VI Міжнародної науково-практичної конференції  
**«Інформаційні технології в освіті,  
науці і техніці»  
(ІТОНТ-2022)**

**23-25 червня 2022 року**

**Черкаси 2022**



**Тези** доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2022), (Черкаси, 23-25 червня 2022 р.) [Електронний ресурс]. Черкаси : ЧДТУ, 2022. 220 с.

Матеріали конференції висвітлюють основні напрями розвитку інформаційних технологій і систем та їх використання в освіті, науці, техніці, економіці, управлінні, медицині.

У матеріалах розглядаються питання, пов'язані з комп'ютерним моделюванням фізичних, хімічних і економічних процесів, інформаційною безпекою та застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій у техніці, наукових дослідженнях і управлінні складними системами, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій в освіті, зі створенням, впровадженням і використанням науково-освітніх ресурсів у закладах освіти різного рівня, а також з проблемами підготовки ІТ-фахівців.

Для наукових і педагогічних працівників, аспірантів і студентів закладів вищої освіти.

#### **Редакційна колегія:**

*Фауре Е. В.*, доктор технічних наук, професор (*голова*)

*Базіло К. В.*, доктор технічних наук, професор

*Бондаренко М. О.*, доктор технічних наук, професор

*Гальченко В. Я.*, доктор технічних наук, професор

*Данченко О. Б.*, доктор технічних наук, професор

*Мазурок Т. Л.*, доктор технічних наук, професор

*Первунінський С. М.*, доктор технічних наук, професор

*Семеріков С. О.*, доктор педагогічних наук, професор

*Соловійов В. М.*, доктор фізико-математичних наук, професор

*Тесля Ю. М.*, доктор технічних наук, професор

*Триус Ю. В.*, доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор

(*відповідальний редактор*)

*Федоров Є. Є.*, доктор технічних наук, професор

*Франчук В. М.*, доктор педагогічних наук, професор

Публікується згідно з рішенням Вченої ради Черкаського державного технологічного університету від 20.06.2022 р., протокол № 16.

Редакційна колегія вважає за потрібне повідомити, що не всі положення і висновки окремих авторів є безперечними. Разом з тим, редакційна колегія вважає за можливе їх публікацію з метою обговорення.

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Cherkasy State Technological University  
Educational and Research Institute for Applied System Analysis  
of National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Institute for Digitalisation of Education of NAPS of Ukraine  
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems  
under NAS and MES of Ukraine  
Kharkiv National University of Radio Electronics  
National Pedagogical Dragomanov University  
Kryvyi Rih State Pedagogical University  
Technische Universität Berlin (Germany)  
Lublin University of Technology (Poland)  
Astana IT University (Kazakhstan)



ASTANA IT  
UNIVERSITY



**CONFERENCE PROCEEDINGS**  
of the VI International Scientific-Practical Conference  
**"Information Technologies in Education,  
Science and Technology"**  
**(ITEST-2022)**  
**June 23-25, 2022**

**Cherkasy 2022**



**UDK 004:37:001:62**

**Conference proceedings of the VI International Scientific-Practical Conference "Information Technologies in Education, Science and Technology" (ITEST-2022)**, (Cherkasy, June 23-25, 2022). Cherkasy: ChSTU, 2022. 220 p.

The proceedings include papers on the main directions in development of information technologies and systems and their use in education, science, technology, economics, management and medicine.

The materials consider issues related to computer modeling of physical, chemical and economic processes, information security, and the use of information and communication technologies in technology, research and complex systems control, information and communication technologies in education, creation, implementation, research and educational resources at educational institutions of different level, as well as the issues of teaching IT students at higher education institutions.

For researchers, teachers, graduate students and university students.

**Editorial board:**

Prof., Dr. *E. Faure* (head)  
Prof., Dr. *K. Bazilo*  
Prof., Dr. *M. Bondarenko*  
Prof., Dr. *O. Danchenko*  
Prof., Dr. *V. Halchenko*  
Prof., Dr. *T. Mazurok*  
Prof., Dr. *S. Pervuninsky*  
Prof., Dr. *S. Semerikov*  
Prof., Dr. *V. Solovyev*  
Prof., Dr. *Y. Tesla*  
Prof., Dr. *Y. Tryus* (editor)  
Prof., Dr. *Ye. Fedorov*  
Prof., Dr. *V. Franchuk*

Published according to the Cherkasy State Technological University Board resolution dated June 20, 2022, protocol No. 16.

The Editorial board informs that not all statements and conclusions of some authors are unquestionable. But the Editorial board considers them acceptable for publication for discussion purpose.

## КОРОТКИЙ ЗМІСТ

<b>Секція А.</b> Теоретичні і практичні аспекти створення та оптимізації сучасних інформаційно-комунікаційних систем.....	6
<b>Секція В.</b> Інформаційні технології моделювання складних систем.....	21
<b>Секція С.</b> Інформаційні технології в техніці та робототехніці.....	30
<b>Секція Д.</b> Інформаційно-комунікаційні технології в управлінні.....	37
<b>Секція Е.</b> Інформаційні технології у сфері інтелектуальних обчислень.....	45
<b>Секція Ф.</b> Інформаційно-комунікаційні системи та мережі.....	56
<b>Секція Г.</b> Безпека інформаційних технологій.....	72
<b>Секція Н.</b> Інформаційно-комунікаційні технології в наукових дослідженнях.....	83
<b>Секція І.</b> Комп'ютерне моделювання та інформаційні системи в економіці.....	107
<b>Секція Ж.</b> Комп'ютерне моделювання фізичних і хімічних процесів.....	118
<b>Секція К.</b> Інформаційні системи в медицині.....	145
<b>Секція Л.</b> Інформаційно-комунікаційні технології у вищій освіті.....	157
<b>Секція М.</b> Проблеми підготовки ІТ-фахівців у ЗВО.....	197
<b>Зміст</b> .....	215

## АНАЛІЗ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Ахмедов Р. Р., Безкоровайний В. С., Дербенцев В. Д.

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, м. Київ, Україна

**Анотація.** Робота присвячена розробці моделі аналізу тональності текстів із використанням глибоких нейронних мереж. З цією метою в роботі було запропоновано архітектуру, що складається із перед-навченої моделі BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), що здійснює попередню обробку тексту, токенизацію та векторне представлення слів, та моделі класифікатора на базі логістичної регресії. Об'єктом дослідження є аналіз тональності текстів (сентимент-аналіз). Предметом дослідження є моделі обробки природної мови на основі глибоких нейронних мереж. Згідно з одержаними результатами наша модель показала на тестовій вибірці точність 82% в термінах метрики Ассигасу. Проведене експериментальне дослідження свідчить про перспективність запропонованого підходу здійснення сентимент-аналізу з використанням перед-навченої моделі BERT. В подальших дослідженнях можна використовувати більш складні моделі класифікаторів, здійснювати багатокласову класифікацію, аспектний сентимент-аналіз.

**Ключові слова:** моделі обробки природної мови, сентимент-аналіз, глибокі нейронні мережі, модель BERT.

## TEXT SENTIMENT ANALYSIS USING DEEP LEARNING MODELS

Akhmedov R., Bezkorovainyi V., Derbentsev V.

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** This paper is devoted to the development of Sentiment Analysis model using Deep Neural Networks (DNNs). For this purpose, pre-trained BERT-based (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) architecture has been proposed. BERT unit provides data preprocessing, tokenization and word embedding, and the Logistic Regression unit performs final classification. Sentiment Analysis (SA) is the object of research. As modelling tool Natural Language Processing models based on DNNs (subject) have been used. According to the obtained results, our model has shown an accuracy of 82% on the test dataset in terms of the Accuracy metric. Experimental setup has shown availability of proposed approach of applying pre-trained BERT model for SA task. Further research can be focused on the use of more complex classification models, providing multiclass classification, implementation of aspect-based SA.

**Keywords:** Natural Language Processing, Sentiment Analysis, Deep Neural Networks, BERT.

**Вступ.** Стрімкий розвиток електронних ЗМІ та соціальних мереж дав новий поштовх розвитку автоматизованих систем обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP). Одним із важливих завдань NLP є аналіз тональності текстів, або сентимент аналіз (Sentiment Analysis, SA) [1]. SA – це спроба «витягти» з тексту суб'єктивні характеристики: емоції, сарказм, розгубленість, підозрілість тощо. Основна мета SA полягає у здійсненні класифікації полярності даного документа (висловлювання, речення, твіта тощо) та визначенні, чи є думка, висловлена в ньому, позитивною, негативною чи нейтральною. Прогрес у NLP був досягнутий завдяки використанню моделей штучного інтелекту (ШІ), зокрема моделей на основі глибоких нейронних мереж [2], [3]. З точки зору ШІ SA є проблемою бінарної або багатокласової класифікації.

**Метою роботи** є розроблення автоматизованої системи аналізу тональності текстів на основі глибокої мережі BERT [4].

Модель BERT, що запропонована дослідниками компанії Google [4], є перед-навченою моделлю для вирішення різних задач NLP. Замість рекурентних нейронних мереж модель використовує архітектуру Transformer, засновану не на зворотному зв'язку, а на механізмі

«уваги» та «самоуваги» (Attention and Self-attention Mechanism). Ця модель була навчена на величезному корпусі нерозміченого тексту, включаючи Вікіпедію.

Безпосереднє навчання цієї моделі вимагає великих обчислювальних ресурсів, оскільки навіть базова версія містить більше 100 млн. параметрів. Але, хоча ця модель не була призначена для класифікації текстів, моделі типу BERT є універсальними та здатними «втягувати» з тексту ознаки, корисні для вирішення багатьох задач текстового аналізу. Тому попередньо навчену BERT можна переналаштувати додаванням кількох додаткових вихідних повнозв'язних шарів, щоб створити нові моделі для різноманітних завдань NLP, включаючи SA. При цьому для навчання моделі необхідно, здебільшого, лише навчити класифікатор з мінімальними змінами самої моделі BERT під час фази навчання (можна лише «донавчити» додані кілька шарів з використанням бібліотеки TensorFlow [5], або через оболонку Keras BERT [6]). Такий процес навчання називається тонким налаштуванням для конкретної задачі. Для вирішення задачі SA електронних текстів нами було запропоновано таку архітектуру: модель BERT обробляє речення (здійснює попередню обробку тексту, токенизацію та створює векторне подання слів – ембедінги) та передає отриману інформацію у наступну модель-класифікатор, яка і здійснює sentiment аналіз.

В якості моделі BERT було використано базовий варіант моделі для англійської мови BERT-Base, Uncased (12-layer, 768-hidden, 12-heads, 110M parameters), яка знаходиться у вільному доступі у репозитарії GitHub [7]. Для токенизації було використано wordpiece-токенізатор для перетворення вхідних рядків у BERT-сумісний формат.

Як модель-класифікатор було обрано модель звичайної логістичної регресії з функцією активації Softmax. Оскільки sentiment-аналіз зводиться до задачі класифікації, то перевагами моделі логістичної регресії є те, що на виході вона дає ймовірності прогнозованих класів. Модель BERT-Base-Uncased була донавчена з використанням оптимізатора Adam протягом 5 епох. Як функцію похибки було використано категоріальну крос-ентропію.

Для реалізації моделі було використано датасет Large Movie Review Dataset [8], який містить близько 50 тис. розмічених текстів. Він призначений для бінарної класифікації настроїв і містить набагато більше даних, ніж будь-які попередні набори даних у цій галузі. Згідно з одержаними результатами наша модель показала на тестовій вибірці точність 82% в термінах метрики Ассигасу (відношення кількості вірно класифікованих прикладів до їх загального обсягу).

**Висновки.** Проведене експериментальне дослідження свідчить про перспективність запропонованого підходу здійснення SA з використанням перед-навченої моделі BERT. В подальших дослідженнях можна використовувати більш складні моделі класифікаторів (наприклад, інші моделі нейронних мереж), здійснювати багатокласову класифікацію, аспектний SA. Доцільним також є тестування на доменах інших предметних галузей, зокрема, сайтах новин.

### Список використаних джерел

1. Liu B. Sentiment analysis and opinion mining. *Synthesis lectures on human language technologies*. 2012. Vol. 5 (1). P. 1–167.
2. Trisnaa K. W., Jiea H. J. Deep learning approach for aspect-based sentiment classification: A comparative review. *Applied Artificial Intelligence*. 2022. P. 1–37. doi: 10.1080/08839514.2021.2014186.
3. Drus Z., Khalid H. Sentiment analysis in social media and its application: Systematic literature review. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 161. P. 707–714.
4. Devlin J., Chang M., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *NAACL-HLT*. 2019. P. 4171–4186.
5. Tensorflow. URL: <https://www.tensorflow.org/> (дата звернення: 11.05.2022).
6. Keras Documentation. URL: <http://keras.io> (дата звернення: 11.05.2022).
7. Git Hub. URL: <https://github.com/google-research/bert> (дата звернення: 11.05.2022).
8. Large Movie Review Dataset. URL: <http://ai.stanford.edu/~amaas/data/sentiment/> (дата звернення: 11.05.2022).

# АЛГОРИТМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ГАУСІВСЬКОЇ ЗМІШАНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНО СПРИЯТЛИВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Голубничий О. Г., Габрусенко Є. І., Тараненко А. Г., Слободян О. П., Жарова О. В.  
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

**Анотація.** Метою дослідження є розроблення алгоритму машинного навчання для аналізу ансамблів сигнально-кодових конструкцій шляхом їх кластеризації в малопотужних екологічно сприятливих технологіях телекомунікацій DSSS NOMA. Об'єктом дослідження є процеси організації фізичного рівня систем DSSS NOMA. Предметом дослідження є взаємно кореляційні властивості ансамблів сигнально-кодових конструкцій, які підлягають аналізу для організації та управління процесами на фізичному рівні систем DSSS NOMA. У дослідженні використовується метод максимальної правдоподібності, який реалізовано у модифікації EM-алгоритму для оцінки параметрів гаусівської змішаної моделі та її прихованих змінних. У результаті дослідження запропоновано нову параметрично-критеріальну модифікацію EM-алгоритму з видаленням складових гаусівської змішаної моделі та додатковими критеріями кластеризації для поглибленого статистичного аналізу взаємних кореляцій між сигнально-кодовими конструкціями у системах DSSS NOMA.

**Ключові слова:** малопотужні технології телекомунікацій, DSSS, NOMA, машинне навчання, гаусівська змішана модель, EM-алгоритм, сталий розвиток.

## MACHINE LEARNING ALGORITHM BASED ON GAUSSIAN MIXTURE MODEL FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TELECOMMUNICATIONS

Holubnychyi O., Gabrousenko Ye., Taranenko A., Slobodian O., Zharova O.  
National Aviation University, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The aim of the study is to develop a new machine learning algorithm for analysis of sets of code structures by means of their clustering in low power environmentally friendly DSSS NOMA communications. The object of the study is processes of organization of physical layer of DSSS NOMA systems. The subject of the study is cross-correlation properties of sets of code structures that should be analyzed to organize and control processes at the physical layer of DSSS NOMA systems. The study uses a specific method of maximum likelihood estimation, which is implemented in the EM-algorithm for estimating the parameters of Gaussian mixture model (GMM) and its hidden variables. The research results propose a new modification (parametric and criteria features) of the EM-algorithm with removing components of the GMM and additional clustering criteria for a deep statistical analysis of cross-correlations between code structures in DSSS NOMA systems.

**Keywords:** low power communications, DSSS, NOMA, machine learning, Gaussian mixture model, EM-algorithm, sustainable development.

**Вступ.** Важливою особливістю методів машинного навчання є часткова або повна автоматизація, яка зводиться до робастної обробки даних і сигналів з використанням лише вхідних даних, які підлягають аналізу. Методи та алгоритми машинного навчання є перспективними для вирішення різних задач, пов'язаних із Цілями сталого розвитку щодо нових інформаційно-комунікаційних технологій (цілі 9 і 11), зокрема, задач в області малопотужних екологічно сприятливих технологій телекомунікацій, таких як технології зв'язку з розширенням спектра та неортогональними сигнально-кодовими конструкціями DSSS NOMA [1].

**Мета роботи** – розроблення алгоритму машинного навчання для аналізу ансамблів сигнально-кодових конструкцій шляхом їх кластеризації за критерієм кореляційних зв'язків для малопотужних екологічно сприятливих технологій телекомунікацій DSSS NOMA.

**Постановка проблеми.** У малопотужних технологіях телекомунікацій DSSS, які поєднуються з неортогональними кодами, проблема полягає у необхідності здійснення поглибленого аналізу неортогональних ансамблів сигнально-кодових конструкцій за критерієм їх кореляційних зв'язків для підвищення ефективності обробки та передавання даних.



**Основна частина.** Поглиблений статистичний аналіз взаємних кореляцій між сигнально-кодovими конструкціями в DSSS NOMA системах може бути заснований на їх кластеризації за допомогою гаусівської змішаної моделі та EM-алгоритму. Для суміші оцінених інформативних взаємних кореляцій (тобто вище або нижче головної діагоналі кореляційної матриці)  $\tilde{\mathbf{r}} = \{\tilde{r}_j\}$ ,  $j = \overline{1, D}$ ,  $D = Q(Q - 1)/2$  – кількість елементів вище або нижче основної діагоналі кореляційної матриці,  $Q$  – кількість сигнально-кодovих конструкцій, гаусівська змішана модель представлена у формі

$$p(\tilde{\mathbf{r}}) = \sum_{k=1}^K \theta_k \mathcal{N}(\tilde{\mathbf{r}}; \mu_k, \sigma_k^2) = \sum_{k=1}^K \frac{\theta_k}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\tilde{\mathbf{r}} - \mu_k)^2}{2\sigma_k^2}\right],$$

де  $p(\tilde{\mathbf{r}})$  – щільність розподілу випадкової величини  $\tilde{\mathbf{r}}$ ;  $K$  – кількість складових суміші, яка представлена гаусівською змішаною моделлю;  $\mathcal{N}(\tilde{\mathbf{r}}; \mu_k, \sigma_k^2)$  –  $k$ -та гаусівська складова (розподіл) із середнім значенням  $\mu_k$  та дисперсією  $\sigma_k^2$ , що входить до складу суміші  $p(\tilde{\mathbf{r}})$ ;  $\theta_k$  – ваговий коефіцієнт  $k$ -ї гаусівської складової у суміші  $p(\tilde{\mathbf{r}})$ .

Вектор параметрів моделі  $\boldsymbol{\omega} = \{\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\sigma}\} = \{\theta_1, \dots, \theta_K, \mu_1, \dots, \mu_K, \sigma_1, \dots, \sigma_K\}$  є предметом оцінювання, однак основним результатом аналізу у запропонованому алгоритмі є значення прихованих змінних гаусівської змішаної моделі  $\boldsymbol{\gamma} = (\gamma_{j,k})$ ,  $j = \overline{1, D}$ ,  $k = \overline{1, K}$ , які на  $s$ -й ітерації є оцінками апостеріорних ймовірностей приналежності  $\tilde{r}_j$  до  $k$ -ї гаусівської складової (кластера):

$$\gamma_{j,k}^{(s-1)} = \left\{ \frac{\theta_k^{(s-1)}}{\sigma_k^{(s-1)} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\tilde{r}_j - \mu_k^{(s-1)})^2}{2(\sigma_k^{(s-1)})^2}\right] \right\} / \left\{ \sum_{l=1}^K \frac{\theta_l^{(s-1)}}{\sigma_l^{(s-1)} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\tilde{r}_j - \mu_l^{(s-1)})^2}{2(\sigma_l^{(s-1)})^2}\right] \right\}.$$

Стандартна реалізація EM-алгоритму характеризується особливостями, які можуть обмежувати його використання: чутливість до початкових параметрів  $\boldsymbol{\omega}^{(0)} = \{\boldsymbol{\theta}^{(0)}, \boldsymbol{\mu}^{(0)}, \boldsymbol{\sigma}^{(0)}\}$ , що може призводити до появи розв'язків задач у локальних екстремумах логарифмічної

функції правдоподібності  $L(\boldsymbol{\omega}|\tilde{\mathbf{r}}) = \ln \prod_{j=1}^D p(\tilde{r}_j|\boldsymbol{\omega}) = \sum_{j=1}^D \ln \sum_{k=1}^K \frac{\theta_k}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\tilde{r}_j - \mu_k)^2}{2\sigma_k^2}\right]$ , яка

підлягає максимізації; апріорна невизначеність кількості складових (кластерів) суміші  $K$ ; необхідність запровадження додаткових критеріїв додавання чи вилучення складових (кластерів); необхідність врахування специфіки задачі для правильної інтерпретації отриманих результатів; можлива поява математичних сингулярностей (невизначеностей) під час ітераційних процедур EM-алгоритму, які підлягають розкриттю та поясненню з урахуванням контексту задачі з метою подальшого забезпечення коректного продовження реалізації EM-алгоритму.

Запропонована для вирішення поставленої проблеми параметрично-критеріальна модифікація EM-алгоритму з видаленням складових гаусівської змішаної моделі полягає у:

1. Обґрунтуванні структурного параметра  $K$  та його варіативності;
2. Обґрунтуванні початкових параметрів моделі  $\boldsymbol{\omega}^{(0)} = \{\boldsymbol{\theta}^{(0)}, \boldsymbol{\mu}^{(0)}, \boldsymbol{\sigma}^{(0)}\}$ ;
3. Введенні та обґрунтуванні додаткових критеріїв кластеризації для налаштування EM-алгоритму в умовах виникнення математичних сингулярностей у логарифмічній функції правдоподібності  $L(\boldsymbol{\omega}|\tilde{\mathbf{r}})$ , врахуванні особливостей контексту кластеризації елементів.

**Висновки.** Запропоновано нову параметрично-критеріальну модифікацію EM-алгоритму з видаленням складових гаусівської змішаної моделі та додатковими критеріями кластеризації для поглибленого статистичного аналізу взаємних кореляцій між сигнально-кодovими конструкціями у малопотужних екологічно сприятливих технологіях DSSS NOMA.

### Список використаних джерел

1. AI empowered RIS-assisted NOMA networks: deep learning or reinforcement learning? / R. Zhong et al. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. 2022. No. 40 (1). P. 182–196. doi: 10.1109/JSAC.2021.3126068.

## ПРИСКОРЕННЯ ОПЕРАЦІЙ НАД ПЕРЕСТАНОВКАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІЧНИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ

Лавданський А. О., Фауре Е. В., Скуцький А. Б., Базіло К. В.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Графічні прискорювачі використовуються в багатьох сучасних комп'ютерних системах. Вони складаються з великої кількості обчислювальних блоків невеликої продуктивності, що можуть бути використані для операцій, які виконуються паралельно. У такому випадку загальна продуктивність алгоритму значно збільшується порівняно з використанням центрального процесора. Дослідження стійкості проти атаки перебору криптопротоколів, які використовують операції з перестановками, зокрема, трьохетапного криптографічного протоколу, може виконуватися паралельно для різних перестановок. Тому актуальним є визначення можливості використання графічних процесорів для прискорення операцій над перестановками. Для цього в роботі вирішено такі задачі: визначено найбільш використовувані операції над перестановками; розроблено програмний код, який реалізує ці операції та може використовувати апаратні засоби графічних процесорів; виконано оцінку продуктивності обчислень. Отримані в роботі результати свідчать про ефективність використання апаратних блоків графічних процесорів для прискорення операції множення перестановок, але за умови, якщо одночасно виконується не менше п'яти таких операцій.

**Ключові слова:** перестановки, графічний процесор, атака перебору, криптографічний протокол.

## ACCELERATION OF OPERATIONS ON PERMUTATIONS USING GRAPHICS PROCESSING UNITS

Lavdanskyi A., Faure E., Skutskyi A., Bazilo K.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** Graphics processing units are used in many modern computer systems. They consist of a large number of low-performance computing units that can be used for operations in parallel. In this case, the overall algorithm performance significantly increases compared to the central processing unit use. Tests against a brute-force attack of cryptoprotocols that use operations on permutations, such as a three-pass cryptographic protocol, can be performed in parallel for different permutations. Therefore, it is important to determine the ability to use graphics processing units to accelerate operations on permutations. For this, the following tasks are solved in this study: the most used operations on permutations are defined; the program code that implements these operations and can use graphics processing units' hardware is developed; the performance of different approaches is assessed. The results of the study indicate the effectiveness of the use of hardware units of graphics processing units to accelerate the multiplication of permutations, but if at least five such operations are performed simultaneously.

**Keywords:** permutations, graphics processing unit, brute-force attack, cryptographic protocol.

**Вступ.** Трьохетапний криптографічний протокол на основі перестановок [1] використовує різні операції над перестановками: множення, розклад у добуток циклів, що не перетинаються, знаходження зворотної перестановки тощо. Як і будь-який інший криптографічний протокол, трьохетапний криптографічний протокол на основі перестановок може бути зламаний за допомогою атаки повного перебору. Проте параметри протоколу повинні бути визначені таким чином, щоб можливий час зламу протоколу відповідав вимогам до його криптостійкості. Разом з тим, різні апаратні блоки, такі як інструкції SIMD (single instruction, multiple data) [2] або графічні процесори, можуть збільшити швидкість перебору

можливих криптографічних ключів, які використовуються в протоколі. Таким чином, для встановлення параметрів перетворення, зокрема, довжини ключа та забезпечення визначеної криптографічної стійкості протоколу необхідно володіти інформацією щодо швидкості перебору ключів за допомогою спеціалізованих апаратних блоків.

У найпростішому варіанті, операції, що використовуються для роботи трьохетапного криптографічного протоколу на основі перестановок, розраховуються на CPU (central processing unit) загального призначення. Одним з підходів, що дозволяє прискорити виконання операцій над перестановками, є використання інструкцій SIMD. Разом з тим, як показано в [3], ще більшого підвищення продуктивності виконання операцій над перестановками можна досягти за допомогою сучасних графічних процесорів – GPU (graphics processing unit). Зокрема, використання платформи Nvidia CUDA на основі використання сотень ядер GPU дозволяє значно пришвидшити алгоритми, які обробляють великі блоки даних: сортування, вейвлет-перетворення, молекулярна динаміка, машинне навчання тощо.

**Метою роботи** є підвищення швидкодії операцій над перестановками в трьохетапному криптографічному протоколі [1] за рахунок використання платформи CUDA.

**Основна частина.** Однією з найбільш використовуваних операцій у трьохетапному криптографічному протоколі [1] є множення перестановок. Ця операція використовується для обчислення значень  $Y_1 - Y_4$ , ключів  $\sigma_A$  і  $\sigma_B$ , визначення повідомлення  $\pi$ . Загалом близько половини операцій над перестановками, які виконуються в протоколі, це операції множення.

Для оцінювання продуктивності операцій множення перестановок створено алгоритм, що виконує множення двох перестановок на CPU (без інструкцій SIMD) і GPU (з CUDA). Порівняння продуктивності цих реалізацій виконано на базі Google Benchmark [4]. Довжина перестановок фіксована і складає 32768 елементів. У роботі використано CPU Ryzen 5 3600 та GPU GTX 1070.

Результати експерименту свідчать, що продуктивність множення двох перестановок для GPU складає близько 3100 множень/секунду і є значно нижчою, ніж для CPU (близько 12400 множень/секунду). Цей результат пояснюється з точки зору архітектури GPU. GPU є дискретною апаратною платформою зі своїми обчислювальними блоками та пам'яттю, підключеною до CPU шиною даних. Оброблені в CPU дані, повинні бути надіслані до GPU, оброблені та передані назад у пам'ять CPU. Таке передавання даних до та з GPU займає більше часу, ніж сама операція множення, що зумовлено порівняно низькою швидкістю шин даних.

Виконаємо експериментальне дослідження продуктивності реалізації більшого числа множень перестановок. Множина перестановок, множення яких необхідно провести, формується CPU в оперативній пам'яті та переміщується в пам'ять GPU, де відбувається паралельне множення перестановок. Усі результати переміщуються в пам'ять CPU.

Результати експерименту показують, що продуктивність множення перестановок у GPU починає перевищувати продуктивність аналогічної операції на CPU починаючи вже з 5 паралельних множень, досягаючи значення близько 14900 множень/секунду. Максимальна продуктивність досягається за 1000 паралельних множень (188000 множень/секунду).

**Висновок.** Результати дослідження свідчать, що використання GPU замість CPU для паралельного множення декількох перестановок не є ефективним. Водночас, використання GPU може значно прискорити операції множення великої кількості пар перестановок, досягаючи для 1000 паралельних множень підвищення швидкодії у 15 разів відносно виконання множення на CPU. Таким чином, використання платформи CUDA дозволяє більш точно оцінити стійкість до атаки повного перебору трьохетапного криптографічного протоколу на основі перестановок та встановити відповідні параметри перетворення.

### Список використаних джерел

1. Shcherba A., Faure E., Lavdanska O. Three-pass cryptographic protocol based on permutations. *2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*. 2020, P. 281–284.
2. Лавданський А. О., Фауре Е. В., Щерба В. О. Підвищення швидкості операції множення перестановок за рахунок використання SIMD інструкцій. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, 2021. № 3. С. 36–43.
3. Computational physics on graphics processing units / A. Harju, T. Siro, F. Canova et al. *Proceedings of the 11th International Conference, PARA 2012*, Helsinki, Finland, June 10-13, 2012.
4. A microbenchmark support library.. URL: <https://github.com/google/benchmark>.

## ВИКОРИСТАННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ЯК ОСНОВИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ З ДАНИМИ В ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ РИЗИКУ БАНКРУТСТВА ПІДПРИЄМСТВА

Сіньковський А. П.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Розглядається питання безпеки передавання даних між мікросервісами, що належать до групи мікросервісів інформаційно-аналітичної системи (ІАС) для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства за допомогою роботи з кількісними показниками. Зокрема, пропонується один зі шляхів розв'язання цієї проблеми за допомогою використання брокеру повідомлень для взаємодії між мікросервісами. Представлено огляд автоматизації середовища розгортання, що дозволить керувати контейнерами на рівні ізоляції окремих процесів та усуне необхідність втручання розробника в процес управління мікросервісами. Важливу роль при цьому відіграє забезпечення відмовостійкості групи мікросервісів ІАС. Представлено огляд реалізації подійно-орієнтованої архітектури, а також UI Driven Design підходу при створенні програмних застосунків з використанням мікросервісної архітектури. Представлено реалізацію принципів SOLID як основи для побудови інформаційно-аналітичної системи на основі мікросервісної архітектури, коли один мікросервіс має лише одну зону відповідальності, а сукупність усіх мікросервісів гарантує повноцінний функціонал.

**Ключові слова:** мікросервісна архітектура, подійно-орієнтована архітектура, брокер повідомлень, автоматизація середовища розгортання.

## USE OF MICROSERVICE ARCHITECTURE AS A BASIS FOR PROVIDING WORK WITH DATA IN THE INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM TO ASSESS THE RISK OF ENTERPRISE BANKRUPTCY

Sinkovskyi A.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** Secure data transfer between microservices belonging to the group of microservices of the information-analytical system to assess the level of risk of enterprise bankruptcy by working with quantitative indicators is considered. One way to solve this problem by using a message broker for moving data between microservices is also suggested. An overview of the deployment environment automation is presented, which will allow to manage containers at the level of isolation of individual processes and eliminate the need for developer intervention in the microservice management process. Providing fault tolerance of microservices plays an important role in this process. The main elements of event-oriented architecture and UI Driven Design are described. They are used to create software applications using microservice architecture. The implementation of SOLID principles as a basis for building an information-analytical system based on microservice architecture is presented, when one microservice has only one area of responsibility, and the totality of all microservices guarantees full functionality.

**Keywords:** microservice architecture, event-oriented architecture, message broker, deployment environment automation.

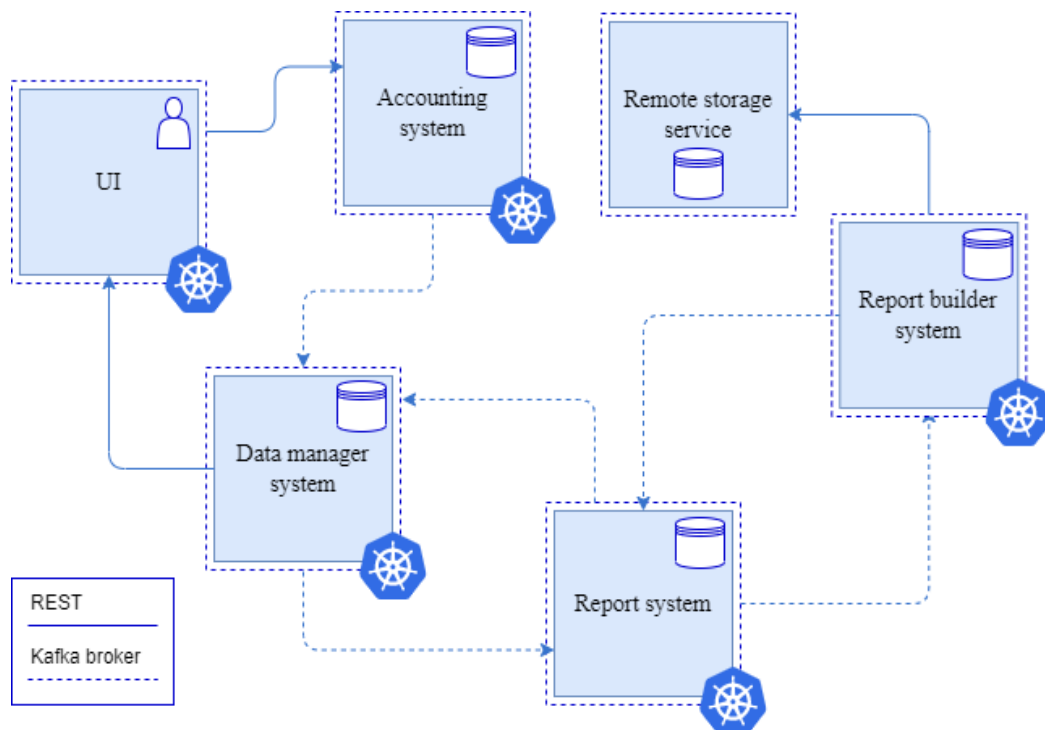
**Вступ.** У рамках дисертаційного дослідження автора розробляється інформаційно-аналітична система для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства, що, зокрема, є інструментом для [1]: оцінювання поточного стану підприємства на основі аналізу стану різних бізнес-процесів (фінансових, виробничих, управлінських, кадрових, маркетингових інноваційних); оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства (за допомогою методів дискримінантного аналізу, апарату нечітких множин [2]) та надання рекомендацій керівництву щодо зменшення цього ризику; побудови стратегії розвитку підприємства на основі рекомендацій інформаційно-аналітичної системи.

**Постановка задачі.** Важливими проблемами, що реалізуються зазначеною ІАС також є: експортування/імпортування даних до/з інформаційних систем податкової служби, державної фіскальної служби та інших служб, з якими контактує підприємство; формування звіту залежно від обраної форми та типу звіту; спрощення документообігу і комунікації між відділами підприємства; визначення та валідування вхідних даних; безпечна передача та зберігання даних; створення автоматичних підказок та автозаповнення даних. Для їх вирішення пропонується використовувати інформаційну технологію на основі мікросервісів.

**Метою роботи** є імплементація до MVP (Minimum Viable Product) групи мікросервісів ІАС для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства, що забезпечують опрацювання даних, що характеризують кількісні показники діяльності підприємства.

**Основна частина.** Для створення групи мікросервісів ІАС для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства, що спеціалізується на роботі з кількісними даними, була використана мова програмування Java.

У групі мікросервісів, що спеціалізується на роботі з кількісними даними, можна визначити основні мікросервіси, до яких відносяться: «Інтерфейс користувача» (UI), «Система обліку» (Accounting system), «Система звітності» (Report system), «Система конструювання звітів» (Report builder system), «Система керування даними» (Data manager system) (рисуюнок 1).



Рисуюнок 1 – Група мікросервісів ІАС, що спеціалізується на роботі з кількісними даними

Кожен сервіс з групи мікросервісів ІАС для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства, що спеціалізується на роботі з кількісними даними, побудовані навколо бізнес-потреб, коли кожен сервіс відповідає за конкретний процес та розгортається

незалежно один від одного з використанням автоматизованого середовища розгортання. Ця група мікросервісів використовує REST API та Apache Kafka для взаємодії один з одним.

Вибір Apache Kafka, як брокера повідомлень для даної групи мікросервісів був спричинений рядом основних причин [3]: повідомлення можуть дублюватися для декількох мікросервісів одночасно; повідомлення не повинні бути втрачені при передачі між мікросервісами; декілька мікросервісів можуть споживати одні й ті самі дані; повідомлення можуть містити деталізований, об'ємний payload.

Час гарантованого зберігання даних на брокері можна контролювати за допомогою спеціальних налаштувань. Тривалість зберігання повідомлень не впливає на загальну продуктивність системи.

Apache Kafka умовно складається з трьох компонентів (рисунок 2): сервер (брокер); продюсер (producer) – надсилає повідомлення брокеру; консьюмер (consumer) – читає ці повідомлення, використовуючи модель pull [3].

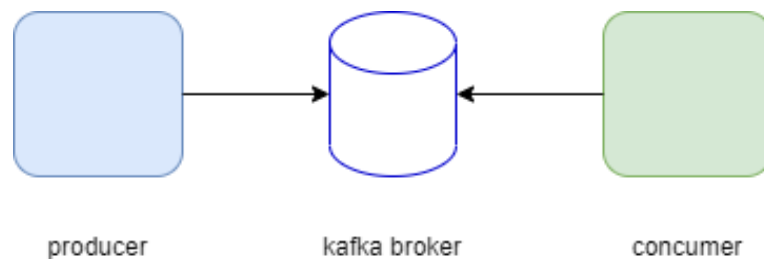


Рисунок 2 – Компоненти Apache Kafka

В реалізованій групі мікросервісів, що забезпечують роботу з кількісними показниками, продюсерами є «Система обліку», а одночасно і продюсером і консьюмером виступають наступні мікросервіси: «Система керування даними», «Система звітності», «Система конструювання звітів». Основною ідеєю використання брокера повідомлень, а саме продюсерів та консьюмерів, для зв'язків між мікросервісами, є реалізація подійно-орієнтованої архітектури [4], а також UI Driven Design підходу [5].

Для описання контрактів повідомлень, що передаються між продюсером та консьюмером використовується AsyncAPI [6]. Цей інструмент дозволяє визначити інтерфейси асинхронних API і не залежить від протоколу. Автоматична генерація коду для таких мов програмування як TypeScript, Java, C# та ін. є вагомим аргументом, що дозволяє декільком розробникам працювати паралельно з різними мікросервісами, які будуть використовувати спільний контракт для комунікації один з одним.

Використання REST, що є стилем дизайну API, який означає передачу стану перегляду, зумовлено простотою масштабованості, гнучкістю та необхідністю зручного доступу до документації. Для зручного представлення документації для основних кінцевих точок використовується OpenAPI [7], що являє собою формалізовану специфікацію і екосистему з великою кількістю інструментів, що забезпечує інтерфейс між front-end системи, кодом бібліотек низького рівня і комерційними рішеннями у вигляді API.

Для автоматизації середовища розгортання, для кожного з мікросервісів, використовується система Docker [8], що дозволяє керувати контейнерами на рівні ізоляції окремих процесів, та система Kubernetes [9], що допомагає масштабувати та керувати застосунками у контейнерах. Використання контейнерів (Docker) та оркестрації (Kubernetes) для упаковки, розгортання і обслуговування мікросервісної архітектури дозволяє масштабувати та контролювати стан як окремих мікросервісів, так і системи в цілому.

Як віддалене сервіс-сховище даних використовується Amazon S3 (Amazon Simple Storage Service). Цей сервіс надає можливість зберігати й отримувати дані будь-якого обсягу, у будь-який час з будь-якої точки мережі, тобто, так званий, файловий хостинг [10].

Кожен з вищезазначених модулів виконує свою специфічну роль та співпрацює один з одним за допомогою спільних контрактів. Це створює повноцінну систему, яка відповідає за роботу з кількісними показниками введеними або завантаженими користувачем.

**Висновки.** На сьогодні не існує програмного забезпечення на ринку інформаційних технологій України, яке б поєднувало в собі взаємодію з інформаційними системами податкової служби, державної фіскальної служби та інформаційними системами інших служб, з якими контактує підприємство, а також, програмного забезпечення, яке б допомагало в формуванні звітності в залежності від обраної форми та типу звіту, в спрощенні документообігу і комунікації між відділами підприємства, у визначенні та валідування вхідних даних, в створенні автоматичних підказок та автозаповнення даних та гарантувало б безпечну передачу та зберігання даних.

У рамках дисертаційного дослідження розроблено та частково впроваджено інформаційну технологію на основі групи мікросервісів ІАС для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства, що відповідають за роботу з кількісними даними, визначено її призначення для діяльності підприємства та також являється частиною інформаційної технології, яка б задовольнила вищезазначені потреби. Наведено хід розробки групи мікросервісів ІАС та принцип розробки статистичного апарату.

### Список використаних джерел

1. Триус Ю. В., Сіньковський А. П., Новосад О. О., Гавриленко В. О. Інформаційно-аналітична система оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2020): тези доп. V Міжнар. наук.-практ. конф.*, (Черкаси, 21–23 трав. 2020 р.) Черкаси: ЧДТУ, 2020. С. 52–55.
2. Зайченко Ю. П. Нечёткие модели и методы в интеллектуальных системах. Киев: Издательский Дом «Слово», 2008. 344 с.
3. Spring for Apache Kafka / G. Russell, A. Bilan, B. Kunjummen et al. URL: <https://docs.spring.io/spring-kafka/reference/pdf/spring-kafka-reference.pdf> (дата звернення: 28.05.2022).
4. Ben Stopford Designing Event-Driven Systems Concepts and Patterns for Streaming Services with Apache Kafka. First ed., 2018. 151 p.
5. Soren Lauesen. User Interface Design A Software Engineering Perspective. URL: <https://www.itu.dk/~slauesen/UID/UIDpre.pdf> (дата звернення: 28.05.2022).
6. AsyncAPI Initiative AsyncAPI specification 2.0.0. URL: <https://www.asyncapi.com/docs/specifications/2.0.0> (дата звернення: 28.05.2022).
7. OpenAPI Initiative. OpenAPI Specification. URL: <https://swagger.io/specification> (дата звернення: 28.05.2022).
8. Farhan Hasin Chowdhury. The Docker Handbook. 2021 ed. URL: <https://www.freecodecamp.org/news/the-docker-handbook> (дата звернення: 28.05.2022).
9. Lukša M. Kubernetes in Action, Second ed. 2020. 775 p.
10. Amazon Simple Storage Service (Amazon S3). URL: <https://softprom.com/ru/vendor/amazon-web-services/product/amazon-simple-storage-service-amazon-s3> (дата звернення: 27.05.2022).

## МЕТОД ЗГОРТКИ ГРАФОВИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

**Супруненко О. О., Гребенович Ю. Є.**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Мета дослідження полягає у зменшенні розмірності графової моделі програмного компонента без втрати елементів паралельних і конкуруючих процесів. Завдання роботи – систематизація варіантів конструкцій для рекомпозиції моделі програмної системи, формування правил інкапсуляції елементів моделі програмного компонента, що дозволить зберегти елементи, пов'язані з паралелізмом. Об'єктом дослідження є модель програмного забезпечення з суттєвим паралелізмом на основі мереж Петрі; предметом досліджень є ділянки моделі в місцях розгалужень та злиття паралельних потоків, також ділянки, на яких переплітаються паралельні потоки, цикли та

вершини контролю. Методи досліджень: компонентно-орієнтоване моделювання, теорія графів, матричний опис оцінних мереж Петрі. Результати досліджень полягають у формуванні методу згортки для зменшення розмірності моделей програмних компонентів, що дозволяє дотриматись обмежень по розмірності моделей ПЗ для їх аналізу методом інваріантів.

**Ключові слова:** модель програмного компонента, паралельні процеси, мережі Петрі, рекомпозиція моделі, метод згортки.

## CONVOLUTION METHOD OF GRAPH MODELS OF SOFTWARE COMPONENTS FOR ANALYSIS OF DYNAMIC PROPERTIES OF SOFTWARE SYSTEMS

**Suprunenko O., Grebenovych J.**

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The purpose of research is to decrease the dimension of the graph model of software component without losing elements of parallel and concurrent processes. This paper has the objective to systematize construction variants for the recomposition of the software model, to obtain the encapsulation rules of elements of the software component model which helps to save elements associated to the parallelism. The object of research is a software model with significant parallelism based on Petri nets; the subject of research is the areas of the model in the places of branching and merging of parallel flows, as well as areas where parallel flows, cycles and control vertices are intertwined. Methods of research are: component oriented modeling, graph theory, matrix description of Petri-nets. The results of the research are to form a convolution method to reduce the dimensionality of software component models, which allows to comply with the limitations on the dimensionality of software models for their analysis by the invariant method.

**Keywords:** software component model, parallel processes, Petri nets, recomposition of model, convolution method.

**Вступ.** При застосуванні комбінованого підходу [1] та інструментів на основі мереж Петрі (PN), для побудови і аналізу моделей з паралелізмом потрібно дотримуватись принципів побудови моделі, спрямовані на спрощення її формування та адаптації до візуально-асоціативного та інваріантного аналізу. При проведенні інваріантного аналізу [2] є обмеження розмірності задачі, що дозволяють розрахувати інваріанти за прийнятний час. Для прикладних задач вибирають обмежені PN (finite-capacity net), досліджують розв'язання проблем аналізу компонентних [3], вкладених [4] та інших обмежених [5] мереж Петрі.

**Мета роботи** – у формуванні методу згортки, який дозволяє провести інкапсуляцію елементів моделі програмного компонента, зберігаючи опис паралельних та конкуруючих процесів, чи змішаних конструкцій (паралельні потоки, цикли та вершини контролю).

**Постановка проблеми.** Для динамічного аналізу графових моделей суттєвим обмежуючим фактором є розмірність моделі, значне зростання розмірності при застосуванні методу інваріантів [2] приводить до експоненційного зростання часу на розрахунок інваріантів. Для розв'язання проблеми у редукованій моделі залишають лише елементи з паралельністю, конкуруючими процесами чи інші складні конструкції, пов'язані з паралелізмом.

**Розв'язання проблеми.** На 1-му етапі усі моделі компонентів аналізуються окремо, а вплив міжкомпонентних зв'язків та зовнішніх факторів налаштовується в управляючих векторах відповідних вершин. При успішному проходженні 1-го етапу відлагоджені моделі компонентів (субмоделі) збираються у загальну модель шляхом послідовного підключення субмоделей до часткової моделі системи, що викликає швидке зростання розмірності. Для проведення аналітичних досліджень часткової моделі необхідне зниження її розмірності, що досягається згорткою ділянок, які не мають критичних властивостей. Але можливості згортки не обмежуються задачею покриття структури більш простими модифікаціями мереж Петрі, для яких доведені бездефектні властивості. Метод згортки має ряд правил, за якими проводиться згортка ділянок часткової моделі для зменшення її розмірності.



**Правило 1.** Ділянка субмоделі, що має одну вхідну й одну вихідну вершини місць і не має зв'язків від внутрішніх вершин, згортається в одну вершину місця. Правило також застосовується до ділянок суміжних субмоделей з такими ж обмеженнями. При встановленні додаткових зв'язків з іншими елементами моделі розглядають варіанти їх зв'язку з вершиною згортки через відповідну вершину переходу, наприклад, через  $t_2$  на рисунку 1, *b*.

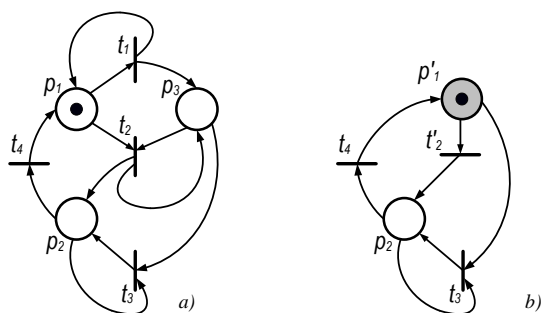


Рисунок 1 – Приклад згортки слабо зв'язаних елементів субмоделі

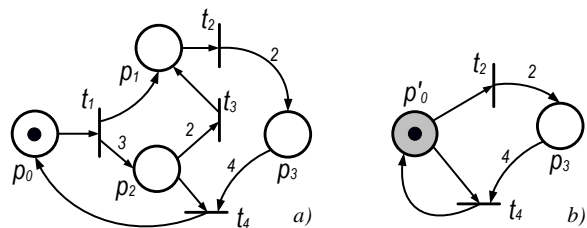


Рисунок 2 – Приклад згортки циклічних конструкцій у вершину місця

**Правило 2.** Всі ділянки субмоделі, покриті автоматними та маркованими PN, згортаються у вершину місця. Якщо ділянка обмежується вершинами переходів, вона згортається у вершину місця, яка їй передуює; при її переобтяженні налаштуваннями – у вихідну вершину місця цієї ділянки.

**Правило 3.** При згортці конструкцій типу «критичного розділу» група пов'язаних елементів згортається у вершину переходу, що має елементи моделі між вершинами  $t_v - t_E$ .

**Правило 4.** При виділенні довільних циклічних конструкцій, вони згортаються у пару вершин  $\eta(p_{st}, t_{end})$ , у яких за потреби встановлюються значення в управляючих векторах.

Якщо є вихідна вершина переходу до згорнутої (місця), у якій не змінюється кількість та вага вхідних та вихідних дуг, згортка відбувається у вершину місця. Так, при виокремленні довільних циклів згортка відбувається у пару вершин (рисунку 1)  $p'_1$  та  $t'_2$ . Вершина переходу  $t'_2$  додана як зв'язка для дотримання правил PN. Але є винятки – при згортці конструкції (рисунку 2, *a*) у вершину місця  $p'_0$  (рисунку 2, *b*) потреби у додаванні вершини переходу не виникло, роль зв'язуючої залишилась за  $t_4$ .

**Правило 5.** Якщо у субмоделі виділяється розгалужена ділянка сильно зв'язаних елементів, обмежена вершинами переходів, вона згортається до вершини переходу, якщо така ділянка обмежена вершинами місць, вона згортається до вершини місця чи до  $\eta(p_{st}, t_z, p_{end})$  для встановлення характеристик (наприклад, часових).

**Правило 6.** Якщо виділена ділянка сильно зв'язаних елементів починається від вершини місця і закінчується вершиною переходу, то вони згортаються у пару  $\eta(p_{st}, t_{end})$  і перевіряється налагодження управляючого вектора у  $t_{end}$ . Якщо ділянка починається від вершини переходу і закінчується у вершині місця, згортка відбувається у пару  $\eta(t_{st}, p_{end})$  і характеристики кінцевої вершини місця потребують перевірки на обмеженість.

**Правило 7.** Конструкції, які відповідають патернам першої підгрупи другої групи [6], можуть бути згорнуті у конструкцію типу  $\eta(p_{st}, t_z, p_{end})$  з налагодженням управляючого вектора для  $t_z$ .

Визначаємо, чи відокремлені ділянки перетинаються, якщо так, то згортаємо ту з них, яка має більше число вершин. За правилами згортки класифікуємо виділені ділянки та вибираємо тип конструкції для згортки кожної з них. Згортку проводимо послідовно з кожною з виділених ділянок. Якщо певна ділянка перетинається з іншою, але має меншу кількість вершин, то вона не згортається, але може розглядатись на наступному кроці згортки.

**Висновки.** Таким чином, при збиранні субмоделей у часткову модель ПЗ проводиться їх рекомпозиція з використанням методу згортки, що приводить до зменшення розмірності моделі. Пропонований метод дозволяє згортати не лише ділянки моделі, що покриваються більш простими модифікаціями мереж Петрі, для яких доведені бездефектні властивості. Правила, визначені у методі згортки, дозволяють згортати і складні конструкції, в яких переплітаються паралельні потоки, цикли та вершини контролю.

При практичному застосуванні методу зменшення розмірності досягає 30%, що значно спрощує імітаційне дослідження та аналіз динамічних властивостей побудованих моделей. Разом з тим всі суттєві конструкції, пов'язані з паралелізмом чи конкуруючими процесами залишаються у моделях програмних компонентів і дозволяють аналітичними методами проводити виявлення явних та прихованих помилок у частковій моделі та моделі програмної системи в цілому.

### Список використаних джерел

1. Suprunenko O. Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4. No. 4 (112). P. 74–82. doi: 10.15587/1729-4061.2021.239212.
2. Гломодза Д. К. Застосування методу інваріантів до аналізу кольорових мереж Петрі із дедлоками. *Вісник НТУУ КПІ. Інформатика, управління та обчислювальна техніка*. 2016. № 64. С. 38–46.
3. Genovese F. R. The Essence of Petri Net Gluings. URL: [https://www.researchgate.net/publication/335712908\\_The\\_Essence\\_of\\_Petri\\_Net\\_Gluings](https://www.researchgate.net/publication/335712908_The_Essence_of_Petri_Net_Gluings) (accessed 27.11.2021).
4. Ломазова И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределённых систем с объектной структурой. Москва: Научный мир, 2004. 208 с.
5. Jensen K., Rozenberg G. High-Level Petri Nets: Theory and Application. Springer Science & Business Media, 2012. 724 p.
6. Супруненко О. О., Гребенович Ю. Є. Інструментальні засоби компонентно-орієнтованого моделювання програмних систем та PN-патерни: монографія. Черкаси: Видавець Чабаненко Ю.А., 2022. 82 с.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ПАРАЛЕЛІЗМОМ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ МОДЕЛІ МІКРОСЕРВІСУ

Супруненко О. О., Онищенко Б. О., Недоноско П. М.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Мета дослідження полягає у доведенні ефективності застосування комбінованого підходу до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом на прикладі програмного мікросервісу. Завдання роботи – побудова імітаційної моделі мікросервісу та її аналіз, виявлення недоліків у функціонуванні мікросервісу, формування проектних рішень без функціональних недоліків. Об'єктом дослідження є імітаційна модель мікросервісу з паралелізмом; предметом дослідження є функціональні недоліки та варіанти їх усунення. Методи досліджень: компонентно-орієнтоване моделювання, мережі Петрі, комбінований підхід до імітаційного моделювання програмних засобів з паралелізмом. Результати досліджень полягають у застосуванні комбінованого підходу до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом для визначення динамічних властивостей моделі мікросервісу, що дозволяють виявити функціональні недоліки у моделі, побудувати проектні рішення для їх усунення, перевірити динамічні властивості запропонованих рішень.

**Ключові слова:** мережі Петрі, імітаційна модель мікросервісу, комбінований підхід до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом, функціональні недоліки, динамічні властивості.

# PECULIARITIES OF APPLICATION OF COMBINED APPROACH TO SIMULATION OF SOFTWARE WITH PARALLELISM IN THE RESEARCH OF THE MICROSERVICE MODEL

Suprunenko O., Onyshchenko B., Nedonosko P.

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The purpose of the research is to prove the effectiveness of a combined approach to software simulation with parallelism on the example of software microservice. The task of the work is to build a simulation model of a microservice and to analyze it, to identify deficiencies in the functioning of the microservice, to form design solutions without functional deficiencies. The object of research is a simulation model of microservice with parallelism; the subject of research is functional deficiencies and options for their elimination. Research methods are: component-oriented modeling, Petri nets, a combined approach to software simulation with parallelism. The results of the research are to apply a combined approach to software simulation with parallelism to determine dynamic properties of the microservice model, to identify functional defects in the model, to build design solutions for their elimination, to check dynamic properties of the proposed solutions.

**Keywords:** Petri nets, simulation model of microservice, combined approach to software simulation with parallelism, functional defects, dynamic properties.

**Вступ.** Застосування комбінованого підходу до імітаційного моделювання програмних засобів (ПЗ) з паралелізмом [1] передбачене у двох варіантах – при проектуванні програмних засобів з паралелізмом [2] та при перевірці вже існуючих програмних проектів. У роботі представлені результати експериментального застосування комбінованого підходу до задачі аналізу моделі мікросервісу, який складається з кількох компонентів.

**Мета роботи** – дослідження ефективності комбінованого підходу до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом на прикладі програмного засобу, який має невелику кількість тісно зв'язаних компонентів.

**Постановка проблеми.** При побудові та дослідженні моделей програмних засобів потрібно враховувати велику кількість елементів та їх параметрів, які пов'язані з функціонуванням та результатами роботи. Важливо перевірити модель мікросервісу на наявність прихованих помилок, а також проаналізувати процеси, що приводять до небажаного користувацького досвіду. При виявленні недоліків та помилок у моделі важливо сформулювати проектні рішення, які пройдуть необхідні перевірки та дозволять подолати виявлені недоліки.

**Розв'язання проблеми.** Для аналізу функціонування мікросервісу відеодзвінків на основі мереж Петрі побудована модель (рисунок 1), на якій відображені етапи перевірки та підключення трьох категорій користувачів до відеодзвінка, зареєстрованих користувачів сервісу; гостей, які користуються сервісом але не зареєстровані; а також гостей, які не мають доступу до сервісу (зовнішніх гостей). Також описаний процес перебування у сеансі відеодзвінка та коректного виходу з сеансу всіх категорій користувачів. При імітаційному моделюванні використовувалась початкова розмітка моделі:  $\mu_0(p_0) = 5$  та  $\mu_0(p_{16}) = 2$ .

При інваріантному аналізі [3] початкової моделі мікросервісу з'ясувалось, що вершин переходів  $t_{22}$  та  $t_{23}$ ) не покриті ненульовими складовими у T-інваріанті, що свідчить про порушення властивості живості. Також за T-інваріантами були виявлені проблеми у вершинах переходів  $t_{24} - t_{28}$ . При аналізі P-інваріантів ненульовими значеннями не покриті елементи, пов'язані з вершинами місць  $p_{12}$  та  $p_{13}$ , що пояснюється порушенням збережуваності розмітки, це підтверджено і при імітаційному моделюванні.

Для послідовного аналізу виділених проблем побудована модель була розділена на три субмоделі, кожна з яких відображала окрему проблему. Субмоделі проаналізовані та запропоновані рішення, які дозволили подолати виявлені проблеми. При проведенні аналізу та рекомпозиції субмоделей у цілісну модель (рисунок 1) розмір моделі був зменшений на 35% (потужність множини вершин переходів  $|T|$ ). Запропоновані рішення повністю

«покриті» ненульовими складовими Р- та Т-інваріантів, що доводить їх живість, обмеженість та зберезуваність [3]. Також були дотримані умови повної керованості моделі, що є важливим показником якості пропонуваніх проектних рішень.

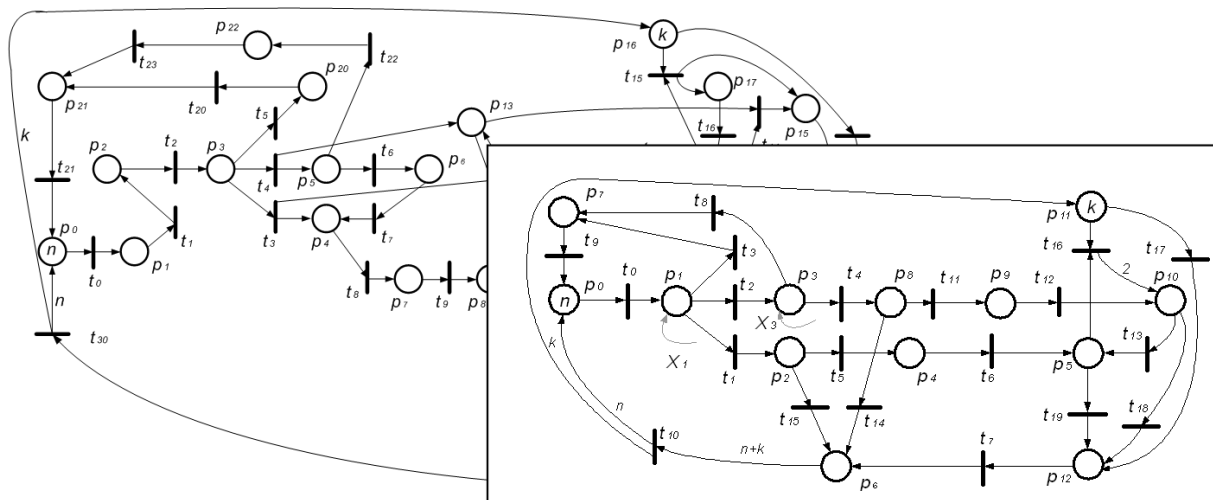


Рисунок 1 – Початкова та перетворена моделі мікросервісу відеодзвінків

**Висновки.** Таким чином, при використанні комбінованого підходу до імітаційного моделювання програмних засобів з паралелізмом на прикладі мікросервісу вдалося виявити потенційні конфліктні ситуації, провести їх поетапний аналіз та запропонувати збалансовані проектні рішення, які підвищують надійність роботи ПЗ, зменшують витрати на його обслуговування. Конфліктні ситуації виявлені на основі аналізу динамічних властивостей побудованих моделей, який дозволяє не тільки виявити недоліки моделі, а й визначити їх локалізацію для побудови проектних рішень та перевірки їх на відсутність явних та прихованих помилок.

### Список використаних джерел

1. Suprunenko O. Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4. No. 4(112). P. 74–82. doi: 10.15587/1729-4061.2021.239212.
2. Лук'янова О. О. Про компонентне моделювання систем із паралелізмом. *Наукові записки НаУКМА*. 2012. Т. 138. С. 47–52.
3. Супруненко О. О., Онищенко Б. О., Гребенович Ю. Є. Аналіз прихованих помилок у моделях програмних систем на основі мереж Петрі. *Електронне моделювання*. 2022. Т. 44. № 2.

## МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ПІЛОТІВ ЗА ЗМІНОЮ КУТА ТАНГАЖУ ПІД ЧАС ПОЛЬОТУ

Грищенко Ю.<sup>1</sup>, Романенко В.<sup>1</sup>, Заліський М.<sup>1</sup>, Фурсенко Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет, Київ, Україна

<sup>2</sup>Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна

**Анотація.** У статті розглядається система керування літаком ергатичного типу. Основна увага зосереджена на оцінці якості підготовки пілотів на основі аналізу зміни параметрів польоту літака. Зокрема, розглядаються особливості обробки даних щодо кута тангажу. Дані вимірювань розглядаються як випадкова величина та отримані на повному тренажері Ан-148 з відмовами та без, а також на основі розшифровок фактичних польотів літака В-737. У роботі виконаний синтез методів виявлення наявності складних відмов обладнання літака. Синтез виконувався на основі критерію Неймана-Пірсона, а також оптимального критерію Байєса. Аналіз запропонованого методу засвідчив підвищення ефективності якості пілотування та зменшення середньої помилки прийняття рішення щодо стану ергатичної системи.

**Ключові слова:** випадковий процес; якість техніки пілотування; детектор; людський фактор.

## METHOD OF EVALUATION OF THE QUALITY OF PILOT TRAINING BY CHANGING THE TANGING ANGLE DURING THE FLIGHT

Hryshchenko Yu.<sup>1</sup>, Romanenko V.<sup>1</sup>, Zaliskyi M.<sup>1</sup>, Fursenko T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Aviation University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The paper deals with the control system of ergatic aircraft. The main attention is paid to evaluation of the quality of pilot training using flight data processing. Measurement data are considered as a random variable and obtained on a full simulator An-148 with and without failures, as well as on the basis of transcripts of actual flights of the aircraft B-737. The paper presents the synthesis of methods for detecting complex failures of aircraft equipment. The synthesis is performed on the basis of Neyman-Pearson criterion and optimal Bayesian criterion. The analysis of the proposed method has shown an increase in the efficiency of piloting quality and a decrease in the average error of decision-making on the state of ergatic system.

**Keywords:** random process; quality of piloting technique; detector; human factor.

**Вступ.** Аналіз льотних почерків за параметрами польоту на комплексному тренажері літака з відключеним впливом довілля показав, кожен пілот має свій почерк. Випадкові функції зміни параметрів польоту за креном та тангажем при польоті можна ідентифікувати за належністю конкретному пілоту. Поява детермінованої складової є ознакою зміни льотного почерку у разі впливу негативних факторів на пілота. В результаті раніше проведених досліджень на тренажері КТС Ан-148 було встановлено, що без відмов або з одиночними відмовами статистичний розподіл кута крену не суперечить нормальному закону розподілу [1].

**Мета роботи** – підвищення якості функціонування ергатичної системи управління повітряним судном на основі прийняття рішення щодо зміни кута тангажу.

**Постановка задачі дослідження.** При одночасному дії більше двох серйозних відмов статистичний розподіл кута крену не суперечить узагальненому розподілу Вейбулла. Наведені у роботах [1, 2] результати аналізу трендів зміни кута крену показали наявність детермінованої синусоїдальної складової у випадку дії складних відмов. Тому необхідно також перевірити наявність детермінованої складової у трендах зміни тангажу при простих та складних польотах.

**Вирішення проблеми.** На першій стадії дослідження виконаний аналіз трендів зміни кута тангажу у випадку нормального польоту та у випадку наявності складних відмов. Результати аналізу реальних статистичних даних наведено на рисунку 1. Проведений розрахунок показав, що гістограми на рисунку 1 узгоджуються з нормальним законом (у випадку нормального польоту) та узагальненим розподілом Вейбулла (у випадку польоту зі складними відмовами). Візуальний аналіз тренду зміни кута тангажу показав наявність у ньому синусоїдальної складової.

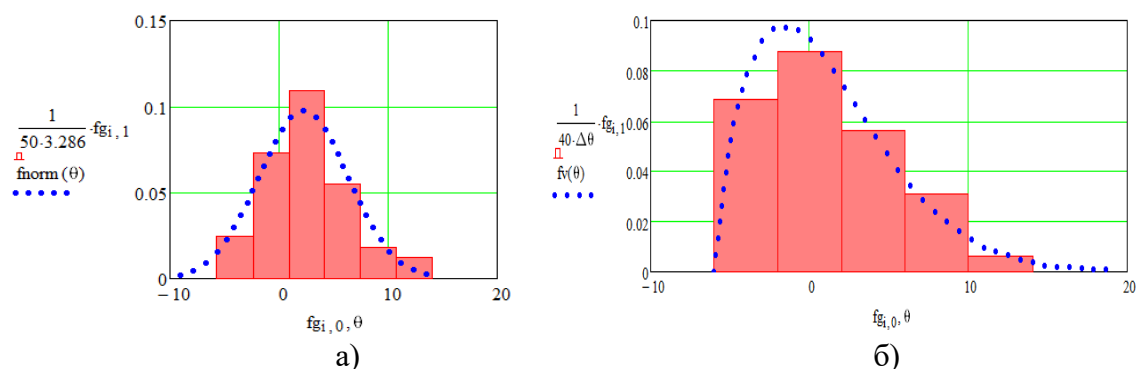


Рисунок 1 – Гістограми для результатів вимірювання кута тангажу: а) нормальний політ, б) політ у випадку наявності складних відмов

Для виявлення синусоїдальної складової тестуються дві гіпотези: гіпотеза  $H_0$  – реалізація вибірки описується багатовимірним гауссовим розподілом; альтернатива  $H_1$  – реалізація містить корисний синусоїдний сигнал. Відповідні функції правдоподібності для гіпотези та альтернативи

$$f(x_1, x_2, \dots, x_N / H_0) = \frac{1}{(\sigma\sqrt{2\pi})^N} e^{-\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad f(x_1, x_2, \dots, x_N / H_1) = \frac{1}{(\sigma\sqrt{2\pi})^N} e^{-\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x} - S_i)^2}{2\sigma^2}},$$

де  $x_i$  – вибіркове значення щодо вимірювання кута тангажу,  $\bar{x}$  та  $\sigma$  – математичне сподівання та стандартне відхилення,  $S_i$  – відомі значення відліків дискретного синусоїдального сигналу.

Логарифм відношення правдоподібності

$$\ln l(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^N S_i (x_i - \bar{x}) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N S_i^2.$$

Поріг прийняття рішення  $V$  розраховується на основі критерію Неймана-Пірсона та байєсівського підходу. У першому випадку для його знаходження необхідно вирішити рівняння для заданої ймовірності  $\alpha$  помилки першого роду

$$\Pr\left(\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^N S_i (x_i - \bar{x}) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N S_i^2 \geq V / H_0\right) = \alpha.$$

У другому випадку ознакою складних відмов є виконання нерівності

$$\sum_{i=1}^N S_i (x_i - \bar{x}) \geq V = \sigma^2 \ln\left(\frac{q C_{01} - C_{00}}{p C_{10} - C_{11}}\right) + 0.5 \sum_{i=1}^N S_i^2,$$

де  $p$  та  $q$  – апіорні ймовірності гіпотези та альтернативи,  $C_{00}$  та  $C_{11}$  – витрати, пов'язані з правильними рішеннями,  $C_{01}$  та  $C_{10}$  – витрати, пов'язані з помилковими рішеннями.

Аналіз запропонованих процедур виявлення складних відмов під час польоту виконувався на основі статистичного моделювання шляхом побудови характеристик виявлення.

**Висновок.** У роботі виконано синтез методів виявлення присутності в трендах зміни кута тангажу компонентів, що вказують на складні відмови під час польоту. При цьому використано два методи: на основі критерію Неймана-Пірсона та оптимального критерію Байеса. Аналіз запропонованих методів засвідчив підвищення ймовірності правильного виявлення стресових ситуацій у польоті до 0.9986, що значно зменшує ризик виникнення авіаційних подій.

#### Список використаних джерел

1. Data processing in the pilot training process on the integrated aircraft simulator / Yu. Hryshchenko, M. Zaliskyi, S. Pavlova et al. *Electrical, Control and Communication Engineering*. 2021. Vol. 17. P. 67–76.
2. Hryshchenko Yu., Romanenko V., Zaliskyi M. Quality assessment of aircraft glide path entrance. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2711. P. 649–660.

## ВПЛИВ ЗАКРИТТЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ НА ГЛОБАЛЬНУ АВІАТРАНСПОРТНУ СИСТЕМУ

**Іващук О., Остроумов І.**

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

**Анотація.** У статті досліджується українська мережа маршрутів, які є частиною світової авіатранспортної системи. Внаслідок вторгнення російських військ в Україну 23 лютого 2022 року значна частина повітряного простору є закритою, що спричинило серйозні проблеми для функціонування всієї авіатранспортної системи. Геометрія місцеположення повітряного простору, що потрапила під обмеження, створює значну перепону для прямих авіатранспортних потоків, що сполучають країни Азії з країнами Північної Америки та Європи. У роботі наведено результати статистичного аналізу регулярних авіаперевезень з прямим сполученням з аеропортів України. Втрата повітряного руху оцінюється за допомогою кумулятивних функцій загальної довжини траєкторії, загального часу польоту, кількості місць, які не були забезпечені, та параметра наявних місць-кілометрів. Розподіл цих параметрів досліджено окремо за кожним користувачем. Окрім того, проаналізовано результати перепланування траєкторій транзитних маршрутів. Отримані наукові результати свідчать про значне збільшення довжини траєкторії, часу польоту, кількості необхідного палива та додаткового викиду вуглецю в атмосферу.

**Ключові слова:** моделювання повітряного руху, статистичний аналіз, авіатранспортна система, повітряний простір України, потік повітряного руху.

## IMPACT OF CLOSED UKRAINIAN AIRSPACE ON GLOBAL AIR TRANSPORT SYSTEM

**Ivashchuk O., Ostroumov I.**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Ukrainian airways network is a part of global air transport system. As a result of military invasion of Ukraine by Russian troops on February 23, 2022 much of the airspace is closed, which has caused serious problems for the functioning of the entire air transport system. The geometry of closed airspace seriously affects direct connections from Asia to North America and European countries. The paper presents the results of statistical analysis of scheduled air services with direct connections from the airports of Ukraine. The loss of air traffic is estimated using the cumulative functions of the total length of the trajectory, the total flight time, the number of seats that haven't been provided, and the parameter of available seats-kilometers. The distribution of these parameters has been studied separately for each user. In addition, the results of re-planning the trajectories of transit routes are analyzed. The obtained scientific results indicate a significant increase in the length of the trajectory, flight time, the amount of fuel required and additional carbon emissions.

**Keywords:** air traffic modeling, statistical analysis; air transport system; Ukrainian airspace; air traffic flow.

**Вступ.** Користувачі повітряного простору використовують розгалужену мережу повітряних маршрутів для виконання польотів. Мережі повітряних маршрутів кожної з країн об'єднуючись створюють світову повітряну транспортну систему [1]. Якщо з тої чи іншої причини повітряний простір країни оголошується закритим авіакомпаніям доводиться шукати обхідні маршрути щоб зберегти напрямок забезпечення послуг. Проте, як показує практика такі обхідні маршрути є зазвичай довгими, що означає збільшення часу польоту, об'єм пального необхідного для виконання польоту, викидів CO<sub>2</sub> які утворюються при згорянні пального, що у результаті прямо впливає на підвищення вартості авіаперевезень для кінцевого користувача.

**Мета роботи.** Метою роботи є аналіз і вивчення наслідків закриття повітряного простору України для глобальної авіатранспортної системи.

**Постановка задачі дослідження.** Для аналізу повітряного руху ми використаємо базу даних сформованих за результатами передачі даних стосовно місцеположення кожного користувача за концепцією автоматичного залежного спостереження. Ми використали дані всіх польотів у аеропорти України за останні три місяці. Результат аналізу даних дозволив виявити рейси, що повторювались на постійній основі. Визначений графік рейсів дозволить спрогнозувати кількість запланованих рейсів, що не були виконанні протягом усього періоду закриття повітряного простору і як результат оцінити втрати.

**Вирішення проблеми.** У дослідженні ми використали дані повітряного руху за останні три місяці, щоб визначити регулярні рейси з українських аеропортів. Усі регулярні рейси повторюються щотижня і можуть бути використані для прогнозування регулярних авіаперевезень. Здебільшого регулярні рейси були ідентифіковані з таких українських аеропортів: Бориспіль (UKBB), Жуляни (UKKK), Львів (UKLL), Одеса (UKO), Харків (UKHN), Запоріжжя (UKDE), Дніпро (UKDD) та Івано-Франківськ (UKLI). Всі ці аеропорти є міжнародними, тому можуть приймати не тільки внутрішні, а й міжнародні рейси. База даних повітряного руху містить 76 унікальних рейсів з напрямками по всьому світу.

Результати аналізу даних свідчать про те, що регулярні пасажирські рейси виконували 28 різних авіакомпаній, що працюють в українських аеропортах. Припускаючи сталість графіку регулярних рейсів можливо спрогнозувати розподіл повітряного руху на 63 дні закриття повітряного простору. Ми використовуємо часові рамки з 24 лютого по 27 квітня 2022 року для прогнозування запланованого повітряного руху.

Наукова новизна роботи полягає у оцінюванні загальних втрат повітряного руху за сукупною функцією загальної довжини траєкторій для рейсів з аеропортів України. Результати втрат загальної довжини траєкторії представлені на рисунку 1, а результати сукупних втрати в кількості місць-кілометрів (ASK) за кожною авіакомпанією представлені на рисунку 2.

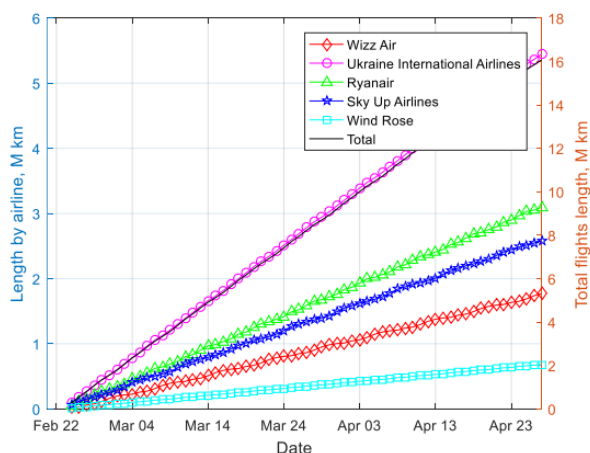


Рисунок 1 – Втрати загальної довжини траєкторії

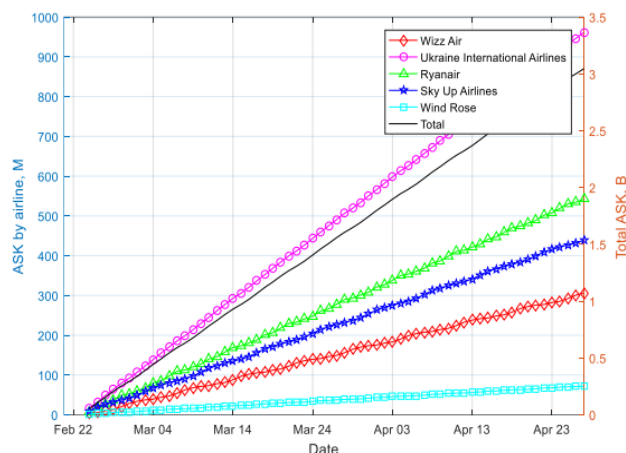


Рисунок 2 – Втрати коефіцієнта ASK

**Висновок.** Російський військове вторгнення в Україну спричинив закриття значної частини повітряного простору площею близько 18 млн км<sup>2</sup>. Результати статистичного



аналізу вказують на практичні результати дослідження: за 63 дні загальні втрати довжини траєкторії лише для регулярних перевезень досягають 16 млн км; не надано близько 1,6 млн місць, що призвело до загальних втрат коефіцієнта ASK на рівні 3 млрд місць-км. Результати моделювання загальних втрат за час польоту досягають 4,7 млн годин. Авіакомпанії втратили загалом близько 411 напрямків – 1630 рейсів щотижня.

#### Список використаних джерел

1. Configuration analysis of Ukrainian flight routes network / O. Ivashchuk, I.V. Ostroumov, N.S. Kuzmenko et al. *16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*. 2021. P. 6–10. doi: 10.1109/CADSM52681.2021.9385263.

### МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ІОТ-РІШЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ СМІТТЄЗБЕРІГАННЯ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ

Кравченко О. В.<sup>1</sup>, Твардовський В. Г.<sup>1</sup>, Сивоглаз Д. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Не секрет, що проблема зберігання твердих відходів до початку процесу їх утилізації є на сьогодні актуальною. Переповнені сміттєві баки є проблемою не тільки для України, а й для багатьох країн Європи. Об'єктом дослідження є IoT-пристрої для контролю та моніторингу рівня наповненості ємностей для твердих відходів. Предметом дослідження є апаратні та програмні засоби для розробки IoT-рішень в сфері моніторингу та аналізу системи сміттєзберігання твердих відходів. У роботі пропонується модель IoT-рішення для моніторингу та аналізу системи сміттєзберігання твердих відходів. Виконано опис самої моделі. Наведено функціональні схеми взаємодії апаратної та програмної частини цієї системи. Отримані експериментальні результати показують, що впровадження IoT-системи в практику дозволяє економити час та кошти для підприємств, які застосують цю модель у процесі збирання та тимчасового зберігання сортового сміття.

**Ключові слова:** IoT-рішення, модель, аналіз, моніторинг, сортоване сміття.

### IOT SOLUTION SYSTEM MODEL FOR MONITORING AND ANALYSIS OF SOLID WASTE CONSERVATION

Kravchenko O.<sup>1</sup>, Tvardovsky V.<sup>1</sup>, Sivoglaz D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** It is no secret that the problem of solid waste storage before the start of the disposal process is relevant today. Overcrowded garbage cans are a problem not only for Ukraine, but also for many European countries. The object of research is IoT devices for control and monitoring of the level of solid waste containers. The subject of research is hardware and software for the development of IoT solutions in the field of monitoring and analysis of solid waste disposal system. The paper proposes an IoT solution model for monitoring and analysis of solid waste disposal system. The description of the model itself is performed. Functional schemes of interaction of hardware and software of this system are given. The obtained experimental results show that the implementation of the IoT system in practice saves time and money for companies that use this model in the process of collection and temporary storage of sorted waste.

**Keywords:** IoT solution, model, analysis, monitoring, sorted garbage.

**Вступ.** Переповнені сміттєві баки є проблемою не тільки для України, а й для багатьох країн Європи. В епоху Інтернету речей багато пристроїв розробляються з нагоди покращити або ж оптимізувати загальні проблеми міст та селищ. Питання регулярності очищення сміттєвих контейнерів біля будинків є актуальним.

**Виклад основного матеріалу.** В роботах [1, 2] виконано аналіз інформації щодо існуючих IoT пристроїв для контролю та моніторингу рівня наповненості ємностей для твердих відходів, а також апаратного та програмного забезпечення, що активно застосовується в IoT проектах. Дослідження показали, що в усіх рішеннях для моніторингу рівня наповненості ємностей використовується ультразвуковий датчик відстані та

використовують незмінні батарейки, а також слідкують за тим, чи не загорівся контейнер. Нашою задачею є розробка моделі IoT-рішення для моніторингу та аналізу системи сміттєзберігання твердих відходів, на основі якої виконується проект та програмна реалізація IoT системи.

**Мета роботи** – розробка та проектування і програмна реалізація високоефективної системи IoT рішень на основі методу забезпечення процесу моніторингу та аналізу системи сміттєзберігання твердих відходів. Апаратним забезпеченням моделі є пристрій для аналізу заповненості сміттєвих контейнерів з можливістю передачі даних про стан заповненості контейнера, положення кришки або ж самого контейнера для випадків, коли контейнер буде перевернутий або ж кришка контейнера буде піднята, оскільки пристрій буде розташований на кришці із внутрішньої сторони контейнера. Також пристрій має бути оснащений можливістю перевірки контейнера на предмет підпалу для запобігання потенційних нещасних випадків та викиду в атмосферу шкідливих відходів.

Метод для моніторингу та аналізу системи сміттєзберігання твердих відходів складається з наступних кроків:

Крок 1. Перевірка стартових значень. Відповідно до стартових показників датчиків в подальшому визначається відходження від норми стану контейнера.

Крок 2. Перевірка стану контейнера. Для забезпечення точності перевірки заповненості контейнера зчитуються показники датчиків на предмет відпалу чи виділення небезпечних речовин, а також положення контейнера відносно початкового.

Крок 3. Аналіз показників датчика MQ-2 [3]. Якщо значення датчика вказують на наявність диму, то надсилається повідомлення про небезпеку.

Крок 4. Аналіз показників датчика GY-521[3]. Якщо значення датчика вказують на невідповідність стартовому положення, то надсилається повідомлення про некоректне положення контейнера, через що неможливо правильно виміряти стан заповненості контейнера.

Крок 5. Перевірка заповненості контейнера. Якщо датчик MQ-2 не сигналізує про небезпеку, а датчик GY-521 вказує на коректне положення контейнера, тоді відбувається зчитування значень з датчика HC-SR04 [3] і на основі даних робиться висновок щодо заповненості контейнера.

На рисунку 1 наведено блок-схему роботи програмного забезпечення приладу на основі методу аналізу, що пропонується.

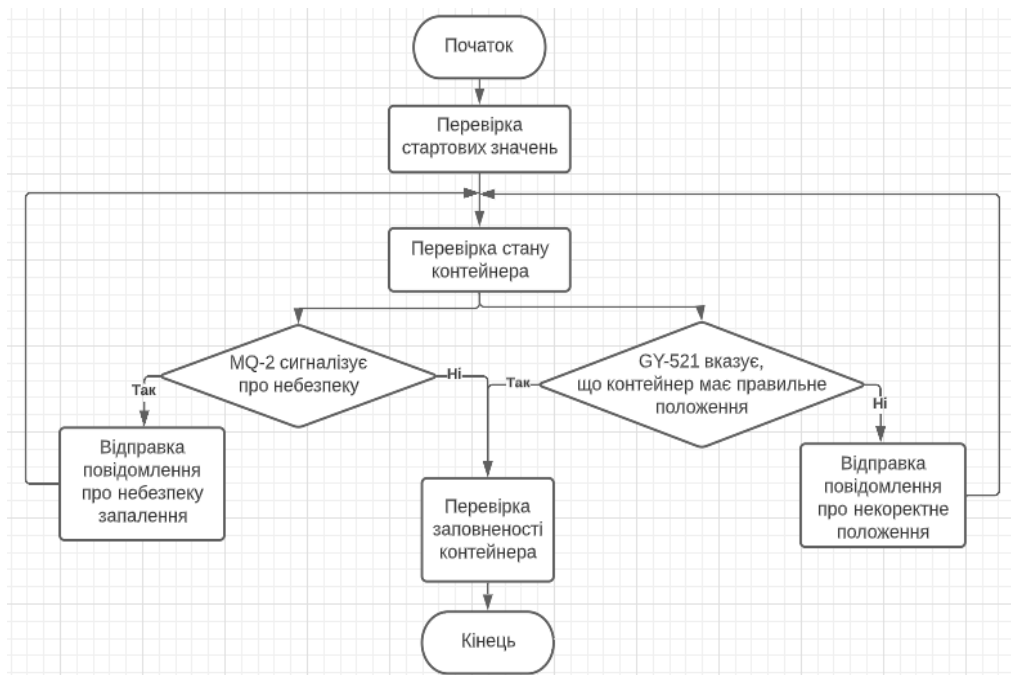


Рисунок 1 – Блок-схема роботи програмного забезпечення системи IoT рішення

На основі метода моніторингу та аналізу системи сміттєзберігання твердих відходів спроектовано та програмно реалізовано високоефективну систему IoT рішень для моніторингу та аналізу стану контейнера з мінімальним використанням енергоресурсів мікрокомп'ютера.

**Висновки.** Результати здійснених у проекті досліджень можуть бути використані при проектуванні IoT пристроїв з подібним функціоналом, а спроектоване та розроблене рішення може бути завершене і доповнене для практичного використання і в комерційних цілях.

#### Список використаних джерел

1. Твардовський В. Г., Кравченко О. В. IoT-рішення для моніторингу та аналізу системи сміттєзберігання твердих відходів. *Міжнародна науково-практична конференція*, (1–2 лют. 2022 р.). 180 р.
2. Tvardovskyi V., Kravchenko O., Besedina S. Design of IoT-solution for monitoring and analysis of the solid waste storage system. *Technology Audit and Production Reserves*. 2022. Vol. 2. No. 2 (64). Information and control systems. Information technologies. P. 6–10.
3. Офіційний сайт «Raspberrypi.org, GPIO». URL: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/> (дата звернення: 30.05.2022).

### METHODS FOR SOLVING EQUATIONS OF ELECTRIC CIRCUIT WHEN CALCULATING A STATIC MODE

Sytnyk O., Protasov S., Klyuchka K., Kyselova A.  
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The analysis and calculation of a static mode, that is associated with the solution of systems of nonlinear algebraic equations, describing the established mode of their operation, is characteristic for electric circuits. In most cases, algorithms are used to solve systems of algebraic equations, that are based on Newton's method, which is characterized by a quadratic convergence rate of an approximate solution. The object of research is the processes in nonlinear electrical circuits. The subject of research is methods and algorithms for solving the equations of electric circuits in the calculation of static mode. This paper proposes to use a modification of Newton's method to solve equations, taking into account the nature of the nonlinearity of volt-ampere characteristics of the elements in the circle. This approach makes it possible to build effective numerical algorithms and develop the appropriate software tools for modeling electric circuits on their basis.

**Keywords:** nonlinear equations, electric circuit, modelling, Newton's method.

### МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯНЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ПРИ РОЗРАХУНКУ СТАТИЧНОГО РЕЖИМУ

Ситник О.О., Протасов С.Ю., Ключка К.М., Кисельова Г.О.  
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Для електричних кіл характерним є аналіз та розрахунок статичного режиму, пов'язаний з розв'язком систем нелінійних алгебраїчних рівнянь, що описують зазначений режим. У більшості випадків для розв'язання систем алгебраїчних рівнянь використовуються алгоритми, в основі яких лежить метод Ньютона, що має квадратичну швидкість збіжності наближеного розв'язку. Об'єктом дослідження є процеси в нелінійних електричних колах. Предметом дослідження є методи та алгоритми розв'язку рівнянь електричних кіл при розрахунку статичного режиму. У роботі пропонується для розв'язання рівнянь використовувати модифікацію методу Ньютона, що враховує характер нелінійності вольт-амперних характеристик елементів кола. Цей підхід дає можливість побудувати ефективні чисельні алгоритми та розробити на їх основі програмні засоби моделювання електричних кіл.

**Ключові слова:** нелінійні рівняння, електричне коло, моделювання, метод Ньютона.

**Introduction.** Analysis of electric circuits is both an independent task, the solution result of which is of unconditional interest to specialists in the field of electrical engineering and electronics, allowing to study more deeply the mechanism of the circle at the level of a mathematical model, and the basis for solving problems of diagnosis, identification and optimization of electrical circuits, etc. [1].

**Formulation of the problem.** Nonlinear electric circuits are characterized by the analysis and calculation of the static mode associated with the solution of systems of nonlinear algebraic equations describing the established operational mode of such circles. As a matter of fact [2, 3], it is impossible to obtain an accurate solution of such equations in general form and various numerical methods are used to find the roots, which are associated with the implementation of sequential approximations for equations of non-binding of the form

$$F(X) = 0, \quad (1)$$

where  $F(X) = [x_1, x_2, \dots, x_n]^t$ ,  $F(X) = [f_1(X), f_2(X), \dots, f_n(X)]^t$ ,  $t$  – transportation.

**The purpose of the work** is to analyze and justify the choice of an effective method of solving equations of an electric circuit when calculating a static mode.

**Presentation of the main material.** To solve the equations of the electric circuit, iterative methods and methods of minimization can be used while calculating the static mode [2, 3].

Iterative methods are based on the idea of choosing a certain initial approximation of the system roots in the nonlinear equations and clarifying them according to a certain iterative scheme. The use of iterative methods is associated with two main difficulties. Firstly, the computation process can be inconsistent and, secondly, convergence can be so slow that it is almost impossible to achieve a satisfactory approximation of the solution.

Out of the minimization methods in solving systems of linear and nonlinear equations of appearance (1), deterministic methods of optimization of the first and second orders are most often used, which have a number of very significant drawbacks.

Recently, a lot of attention has been drawn to random search methods [2]. Sufficient convergence, simplicity of implementation and adjustment makes the usage of these methods very promising in many cases. It is possible when the random search algorithm that is used to solve some systems of nonlinear equations, in some cases the use of minimization methods is the only possible way to solve systems of nonlinear algebraic equations since the use of iterative methods for the same systems of equations does not allow to find the roots.

Random search algorithms can be used in the analysis of static mode. It is shown that the random search algorithm with training can be successfully used to calculate the initial approximation more successfully than zero [3].

In most modern analysis programs of nonlinear electric circuits for solving systems of algebraic equations, algorithms based on Newton's method are used, where the latter has a quadratic convergence rate of an approximate solution or its modification [2, 4]. Thus, a well-known modification of Newton's method is Matveev-Broide's method [2], the essence of which is that the norm of the bond vector, that should strive to zero when approaching the solution, is considered non-growing. Although Matveev-Broide method excludes the divergence of the iterative process, convergence is achieved not in all cases. The use of a combination of Newton's, Matveev-Broide's and Davydenko's methods [2, 4], allows getting a solution in the vast majority of cases, but the computer time costs may be quite significant.

The most effective for solving equations of an electric circuit when calculating a static mode in terms of convergence and reliability speed is the use of a modification of Newton's method, that takes into account the nature of the nonlinearity of volt-ampere characteristics of the elements in the circle. The effectiveness of this approach illustrates the result of solving the equation  $f(x) = -R_x + E - u(x)$ , describing the diode circuit (Figure 1, a), represented by a graphical interpretation (Figure 1, b), which indicates the need to take measures to possibly stop the computational process when calculating the exponential function in the case  $E \gg 0$ .

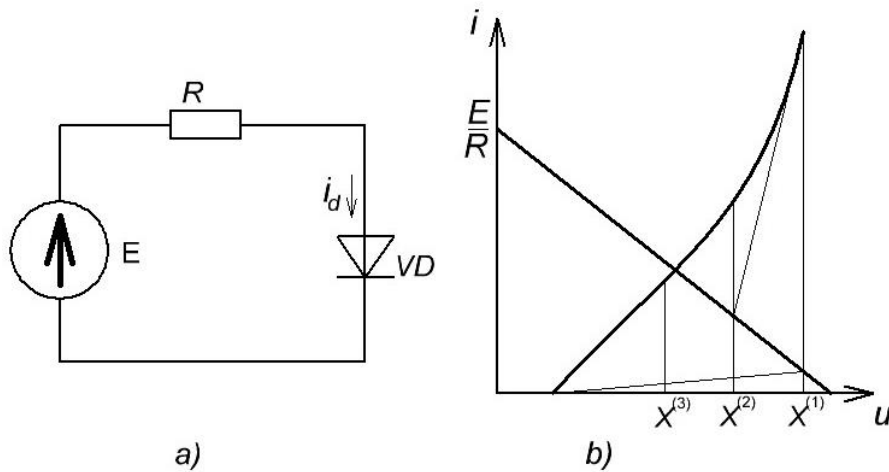


Figure 1 (a) – Diode circuit; (b) – graphical interpretation of the solution of the equation  
 $f(x) = -R_x + E - u(x)$

As a result of research it is established that this approach also improves the convergence of the computational process and overcomes the difficulties associated with the exponential nature of the nonlinearity of equations describing electrical circuits.

**Conclusions.** The use of a modification of Newton’s method allows getting a solution under any initial conditions with the required convergence rate of an approximate solution of equations in the electric circuit in static mode. This approach makes it possible to build effective numerical algorithms and develop on their basis the appropriate software tools for modeling and expand the capabilities of modern computer tools for scientific and engineering calculations electric circuits.

### References

1. Kreyszig E. Advanced engineering mathematics. 10th ed. John Wiley & Sons, Inc., 2010.
2. Hoffman J. D., Frankel S. Numerical Methods for Engineers and Scientists. Boca Raton: CRC Press, 2001. 840 p.
3. Duchi J. C., Jordan M. I., Wainwright M. J., Wibisono A. Optimal rates for zero-order convex optimization: The power of two function evaluations. *IEEE Transactions on Information Theory*. 2015.
4. Venkateshan S., Swaminathan P. Computational Methods in Engineering. Academic Press, 2014. 692 p.

## РЕАЛІЗАЦІЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ ЛІНІЙНИХ МАТРИЧНИХ РІВНЯНЬ

Гончаров А. В., Могілей С. О.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Об'єктом дослідження є багатокритеріальна мультимодальна транспортна задача з двома цільовими функціями мінімізації собівартості та ризику транспортних перевезень. Метою роботи є вивчення особливостей реалізації цієї задачі за допомогою методів багатокритеріальної оптимізації. Завдання дослідження – продемонструвати можливість зведення поставленої задачі до системи лінійних матричних рівнянь. Для побудови опорних планів задачі використано алгоритм методу Штейнера, який базується на відшуканні «компромісного» опорного плану між різними видами транспорту. Багатокритеріальність задачі пропонується реалізувати із застосуванням методів вагових коефіцієнтів та послідовних поступок, адаптованих з урахуванням особливостей постановки досліджуваної задачі. Показано, що розмірність відповідної системи лінійних матричних рівнянь безпосередньо залежить від кількості цільових функцій задачі дослідження. Таким чином, основним результатом цього дослідження є розробка нового методу розв'язання багатокритеріальної мультимодальної транспортної задачі, основна ідея якого полягає у зведенні її до системи лінійних матричних рівнянь, реалізація якої проводиться за допомогою засобів комп'ютерної математики (Mathcad).

**Ключові слова:** багатокритеріальна оптимізація, мультимодальна транспортна задача, система лінійних матричних рівнянь, метод Штейнера, засоби комп'ютерної математики.

## REALIZATION OF MULTIMODAL TRANSPORT PROBLEMS USING SYSTEMS OF LINEAR MATRIX EQUATIONS

Honcharov A., Mogilei S.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The investigation is aimed at a multicriteria multimodal transport problem with two objective functions of minimizing the cost and risks of transportations. The purpose of the article is to analyze the characteristics of solution for the problem given through methods of multicriteria optimization. The task is to demonstrate the possibility of transforming the problem into the system of linear matrix equations. To construct reference plans of the problem, the algorithm of Steiner's method based on determining the compromising reference plan for different means of transportation had been used. The multicriteria character of the problem is to be solved through weighted coefficients methods and successive concessions adapted to peculiar standards of the problem given. The measurement of the related system of linear matrix equations is directly dependent on the number of objective functions of the research problem. Thus, the main result of the research is the development of a new method of solving a multicriteria multimodal transport problem, the general sense of which is transforming it into a system of linear matrix equations and it is solved by means of computer mathematics tools (Mathcad).

**Keywords:** multicriteria optimization, multimodal transport problem, system of linear matrix equations, Steiner's method, computer mathematics tools.

**Вступ.** Логістичні задачі, які сьогодні постають перед дослідниками транспортних перевезень, мають надзвичайний рівень складності. Це зумовлено як високою модальністю таких задач, так і великим набором критеріїв логістичної оптимізації. Крім того, зважаючи на те, що класична транспортна задача полягає у визначенні оптимального плану транспортних перевезень, суттєвий вплив на обсяг оброблюваних даних має розмірність такої задачі – іншими словами, кількість пунктів відправки та доставки вантажів. Саме громіздкістю сучасних транспортних задач і визначається актуальність даного дослідження.

**Метою дослідження** є вивчення можливості зведення багатокритеріальних мультимодальних транспортних задач до аналогічних однокритеріальних з одним засобом доставки вантажів – тобто, класичних транспортних задач. Сама реалізація задач такого типу загалом неможлива без використання спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад, Mathcad, Matlab тощо).

**Постановка задачі.** Побудуємо модель класичної мультимодальної транспортної задачі для трьох видів транспорту. Дана модель буде містити одну цільову функцію мінімізації  $S$  та три матриці собівартостей перевезень  $C^k$ :

$$S = C^k \times X^k \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$C^k = (c_{ij}^k); X^k = (x_{ij}^k), k = \overline{1,3},$$

де  $i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}$  – кількість пунктів відправки і доставки відповідно.

$X^k$  – шукані матриці опорних планів по кожному виду транспорту;

$c_{ij}^k, x_{ij}^k$  – відповідно собівартість (за одиницю) та кількість вантажу, що перевозиться з  $i$ -го пункту відправки до  $j$ -го пункту доставки  $k$ -м видом транспорту.

**Основна частина.** Відношення  $C^k \times X^k$  розписується як:

$$C^k \times X^k = \sum_{k=1}^3 \sum_{i,j=1}^{n,m} c_{ij}^k \cdot x_{ij}^k, \quad (2)$$

тобто, цільова функція задачі  $S$  є сумою добутків відповідних елементів матриць собівартостей і опорних планів по всім видам транспорту.

Розширимо постановку задачу (1) та побудуємо модель мультимодальної транспортної задачі, яка містить дві цільові функції мінімізації – собівартості  $S$  і ризику  $R$  [1]:

$$S = C^k \times X^k \rightarrow \min,$$

$$R = R^k \times X^k \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$C^k = (c_{ij}^k); R^k = (r_{ij}^k); X^k = (x_{ij}^k), k = \overline{1,3},$$

де  $r_{ij}^k$  – ризик перевезення одиниці вантажу з  $i$ -го пункту відправки до  $j$ -го пункту доставки  $k$ -м видом транспорту (матриці ризиків  $R^k$  є відомими).

При реалізації задачі (3) отримаємо наступну систему лінійних матричних рівнянь:

$$\begin{cases} X^1 + X^2 + X^3 = X, \\ C^1 \times X^1 + C^2 \times X^2 + C^3 \times X^3 = S_{\min}, \\ R^1 \times X^1 + R^2 \times X^2 + R^3 \times X^3 = R_{\min}. \end{cases} \quad (4)$$

Застосувавши метод Штейнера [1] до задачі (3), отримаємо мінімальні значення цільових функцій  $S = S_{\min}, R = R_{\min}$ .

**Висновки.** Таким чином, в дослідженні описано новий метод зведення  $\sigma$ -критеріальної мультимодальної транспортної задачі до класичної транспортної задачі – через побудову системи лінійних матричних рівнянь розмірності  $\sigma+1$ . Це дає можливість розробити відповідний алгоритм розв'язання поставлених задач і реалізувати ці задачі за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема, в середовищі Mathcad [2].

### Список використаних джерел

1. Constructing reference plans of two-criteria multimodal transport problem / J. Su, K. Przystupa, S. Zabolotnii et al. *Transport and Telecommunication*. 2021. Vol. 22. No. 2. P. 129–140. doi: 10.2478/tj-2021-0010.
2. Gubina S. The solution of optimization problems by means of Mathcad and MS Excel. *Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice*. 2016. Vol. 2 (5). P. 268–270. URL: <https://doi.org/10.12737/6402>.

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНИХ ВИРОБІВ

Макаренко І. О., Федоров Є. Є., Бондаренко Ю. Ю.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Пріоритетними завданнями в рамках цієї роботи є розроблення процесу інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів, його автоматизація, а також зменшення обчислювальної складності, збільшення точності та надійності. Метою дослідження є підвищення ефективності контролю механічних характеристик оптичних виробів шляхом застосування штучної нейронечіткої мережі, навчання якої здійснюється на основі імунного алгоритму. В роботі розроблено та досліджено штучну нейронечітку мережу для автоматизації інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів, що забезпечує представлення знань за рахунок контролю характеристик оптичних виробів як зрозумілих для людської логіки правил; зменшує у 2,8-3,1 рази середньоквадратичну помилку та у 7-11 разів ймовірність прийняття неправильного рішення, а також, загалом, обчислювальну складність контролю шляхом автоматичного вибору структури моделі штучної нейронечіткої мережі, зменшення ймовірності попадання в локальний екстремум та використання технології паралельної обробки інформації для імунного алгоритму та зворотного розповсюдження у пакетному режимі. Доведено можливість використання процесу інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів у різних інформаційно-вимірювальних комплексах.

**Ключові слова:** оптичний виріб, критерії ефективності, нейромережа, система нечіткого виведення, імунний алгоритм.

## INTELLECTUAL CONTROL OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF OPTICAL PRODUCTS

Makarenko I., Fedorov Ye., Bondarenko Yu.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The priority tasks within the framework of this work are the development of the process of intellectual control of mechanical characteristics of optical products, its automation, as well as reducing the computational complexity, increasing the accuracy and reliability. The aim of the research is to increase the efficiency of control of mechanical characteristics of optical products by using an artificial fuzzy network, which is trained on the basis of an immune algorithm. The paper develops and investigates the artificial neural network for automation of intellectual control of mechanical characteristics of optical products, which provides representation of knowledge due to control of characteristics of optical products as rules clear to human logic; reduces the RMS error by 2.8-3.1 times and the probability of making the wrong decision by 7-11 times, as well as, in general, the computational complexity of control by automatically selecting the model structure of the artificial fuzzy network, reducing the probability of hitting the local extremum and using technology parallel information processing for the immune algorithm and back propagation in batch mode. The possibility of using the process of intellectual control of mechanical characteristics of optical products in various information and measuring systems is proved.

**Keywords:** optical product, efficiency criteria, neural network, fuzzy inference system, immune algorithm.

**Вступ.** Застосування оптичних виробів в різноманітних сферах людської діяльності (побутовій, військовій, телекомунікаційній, медичній тощо) останнім часом набуває усе більшого поширення. Особливої популярності розвиток відновлювальних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій виготовлення сучасних оптичних пристроїв і систем набуває в рамках концепції сталого розвитку та ініціативи «Industry 4.0» [1]. В той же час, враховуючи специфіку використання таких оптичних виробів в умовах оточуючого середовища (часто – агресивних та екстремальних), особливо в галузях критичного застосування (енергетика, космічна, військова, медична галузі та інші), актуальним постає питання високоефективного контролю саме механічних характеристик цих виробів. При



цьому, на думку авторів, перспективним в процесі контролю механічних характеристик оптичних виробів є використання штучної нейронечіткої мережі, для якої навчання проводиться за допомогою імунного алгоритму [2].

**Мета дослідження:** підвищення ефективності контролю механічних характеристик оптичних виробів шляхом застосування штучної нейронечіткої мережі, навчання якої здійснюється на основі імунного алгоритму.

**Постановка проблеми.** На ефективність контролю механічних характеристик оптичних виробів традиційними методами та засобами значний вплив мають стохастичні фактори оточуючого середовища, для яких відсутні однозначні закономірності, що можуть бути описані методами класичної логіки та теорії множин. При цьому значна складність, оперативність та масовість здійснюваних циклів контролю вимагає застосування сучасних підходів із залученням нейромережевих технологій. Тому в даній роботі наводиться процес створення штучної нейронечіткої мережі для здійснення інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів.

**Розроблення та дослідження штучної нейронечіткої мережі для інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів.** Для досягнення поставленої мети в науковому дослідженні були вирішені наступні завдання.

Спочатку відбувалося створення системи нечіткого контролю механічних характеристик оптичних виробів, котра передбачала формування лінгвістичних змінних, в якості яких було обрано, зокрема: модуль пружності, ударну в'язкість, опір зовнішнім навантаженням та межу міцності зі значеннями, областями яких є нечіткі множини. При цьому, вихідною змінною було обрано дію, що змінює величину механічних характеристик оптичних виробів. Наступними кроками стали формування бази нечітких правил (у кількості 16 правил) та проведення фазифікації. При цьому як функції приналежності було обрано

функції Гауса  $\mu_{\tilde{A}_{i1}}(x_i) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - m_{i1}}{\sigma_{i1}}\right)^2\right]$ ,  $\mu_{\tilde{A}_{i2}}(x_i) = 1 - \mu_{\tilde{A}_{i1}}(x_i)$ , де  $i \in \overline{1,4}$ ,  $m_{ij}$  – математичне

очікування,  $\sigma_{ij}$  – середньоквадратичне відхилення, як такі, що за фактом того, що вхідні параметри є результатом дії значної кількості факторів, відповідають умові, що всі вони мають однаково незначний вплив. Наступний крок передбачав агрегування умов для кожного правила шляхом мінімізації функцій приналежності з подальшою активізацією та агрегуванням висновків. У результаті чого функція приналежності результуючого висновку визначалась у вигляді:

$$\mu_{\tilde{C}}(\bar{x}, z) = \max\{\mu_{\tilde{C}_1}(\bar{x}, z), \dots, \mu_{\tilde{C}_{16}}(\bar{x}, z)\}, z \in \overline{1,3}.$$

Наступна дефазифікація шляхом максимізації функції приналежності  $z^* = \arg \max_z \mu_{\tilde{C}}(\bar{x}, z)$ ,  $z \in \overline{1,3}$  дозволяла визначати номер виду дії, що змінює величину механічних характеристик оптичних виробів.

На наступному етапі була створена п'ятишарова математична модель штучної нейронечіткої мережі контролю. Вхідний (нульовий) шар цієї мережі містив чотири нейрони, що відповідало кількості вхідних змінних. Перший прихований шар реалізував фазифікацію та містив вісім нейронів, що відповідає кількості значень лінгвістичних вхідних змінних. Другий прихований шар реалізував агрегування умов і містив шістнадцять нейронів, що відповідає кількості нечітких правил. Третій прихований шар реалізував активізацію висновків і містив шістнадцять нейронів, що відповідає кількості нечітких правил, а вихідний (четвертий) шар реалізував агрегування висновків та містив три нейрони, що відповідає кількості значень лінгвістичних вихідних змінних. Загалом, математична модель штучної нейронечіткої мережі на основі min-max нейронів має вигляд:

$$y_z = \mu_{\tilde{C}}(\bar{x}, z) = \max_{r \in \overline{1,16}} \left\{ w_r^z w^r \min \left\{ \min_{i \in \overline{1,4}} \max_{j \in \overline{1,2}} \left\{ w_{ij}^r \mu_{\tilde{A}_{ij}}(x_i) \right\}, \mu_{\tilde{B}_r}(z) \right\} \right\}, z \in \overline{1,3}.$$

Далі відбувався вибір критеріїв оцінки ефективності отриманої математичної моделі. Так, для оцінки параметричної ідентифікації такої моделі були обрані такі критерії:

- критерій точності  $F = \frac{1}{3P} \sum_{p=1}^P \sum_{z=1}^3 (y_{pz} - d_{pz})^2 \rightarrow \min_{\theta}$  ;
- критерій надійності  $F = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \left[ \arg \max_{z \in \{1,3\}} y_{pz} \neq \arg \max_{z \in \{1,3\}} d_{pz} \right] \rightarrow \min_{\theta}$  ;
- критерій швидкодії  $F = T \rightarrow \min_{\theta}$  ,

де  $d_{pz}$  – відгук, отриманий з об'єкту управління,  $d_{pz} \in \{0,1\}$ ,  $y_{pz}$  – відгук, отриманий по моделі,  $P$  – кількість тестових реалізацій.

Ідентифікація параметрів математичної моделі штучної нейронної мережі контролю механічних характеристик оптичних виробів з урахуванням алгоритму зворотного поширення у пакетному режимі передбачає обчислення вихідного сигналу за отриманою математичною моделлю та енергії помилки нейромережі з подальшою перевіркою умови завершення.

На завершальному етапі відбувалася ідентифікація параметрів математичної моделі штучної нейронної мережі контролю механічних характеристик оптичних виробів з урахуванням імунного алгоритму «модифікована штучна імунна мережа». Суть модифікації полягала у тому, що на етапі стискування в множині не обчислюється оточення клітинок, значення функції цілі яких менше найкращого середнього значення цілі за усіма ітераціями, що зменшує обчислювальну складність алгоритму. Чисельне дослідження запропонованих математичних моделей проводилось у пакеті MATLAB.

В результаті проведених досліджень та порівняльного аналізу результатів за отриманими за допомогою розробленої штучної нейронної мережі контролю механічних характеристик оптичних виробів з результатами, отриманими з використанням альтернативної нейромережі типу багат шаровий перцептрон із зворотним розповсюдженням (яка себе зарекомендувала у задачах високоточного контролю) було показано суттєве спрощення обчислювальної складності процесу контролю, зменшення середньоквадратичної помилки зі значення 28,8-33,2 до значення 9,3-11,5 та ймовірності прийнятих неправильних рішень зі значення 0,089-0,112 до значення 0,008-0,013.

**Висновки.** Запропонований підхід до інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів автоматизує процес такого контролю; забезпечує уявлення знання щодо контролю характеристик оптичних виробів, як правил, які легко доступні для розуміння людиною; зменшує обчислювальну складність, середньоквадратичну помилку у 2,8-3,1 рази та ймовірність прийняття неправильного рішення у 7-11 разів за рахунок автоматичного вибору структури моделі штучної нейронної мережі, а також приводить до зменшення ймовірності попадання в локальний екстремум та використання технології паралельної обробки інформації для імунного алгоритму та зворотного розповсюдження у пакетному режимі. Розроблений метод інтелектуального контролю механічних характеристик оптичних виробів може використовуватись у різних інформаційно-вимірювальних комплексах.

#### Список використаних джерел

1. Zheng T., Ardolino M., Bacchetti A., Perona M. The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*. 2020. Vol. 59, Iss. 6. P. 1922–1954. doi: 10.1080/00207543.2020.1824085.
2. Du K.-L., Swamy K. M. S. *Neural Networks and Statistical Learning*. London: Springer-Verlag, 2014.

# ВИКОРИСТАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У НАВЧАННІ ТА НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ СТУДЕНТІВ

Андрієнко В. О., Бойко В. В.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** У роботі запропоновано використання Інтернету речей та робототехніки в навчанні студентів технічних спеціальностей, які хочуть бути конкурентними в сучасних реаліях та прагнуть опанувати нові можливості мікроелектроніки та мікрокомп'ютерної техніки. Розглянуто можливість залучення таких студентів до науково-дослідної роботи через участь у науковому гуртку при кафедрі університету для отримання знань про фізичні та математичні основи робототехніки, принципи функціонування електротехнічних пристроїв, конструювання робототехнічних пристроїв та їх програмування, створення та відлагодження розумних пристроїв, що полегшують та роблять більш різноманітним наше життя.

У доповіді представлено досвід роботи наукового гуртка, основне призначення якого полягає в створенні груп зацікавлених студентів для реалізації спільних проектів у галузі робототехніки та Інтернету речей, що є сьогодні актуальними та цікавими, вимагають певної теоретичної і практичної підготовки з технічних дисциплін.

**Ключові слова:** гурток, робототехніка, програмування, Інтернет речей.

## USE OF ROBOTIC DEVICES AND INTERNET OF THINGS IN TEACHING AND RESEARCH WORK OF STUDENTS

Andriienko V., Boyko V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The paper proposes the use of the Internet of Things and robotics in the training of students of technical specialties who want to be competitive in modern realities and seek to master new opportunities in microelectronics and microcomputer technology. The possibility of involving such students in research work through participation in a research group at the University Department to gain knowledge about physical and mathematical foundations of robotics, principles of electrical devices, design of robotic devices and their programming, creation and debugging of smart devices that facilitate and make more diverse our lives is considered.

The report presents the experience of the scientific group, the main purpose of which is to create groups of interested students to implement joint projects in robotics and the Internet of Things, which are relevant and interesting today, require some theoretical and practical training in technical disciplines.

**Keywords:** group, robotics, programming, Internet of Things.

**Вступ.** Сьогодні сучасному студенту вже мало вивчення лише загальних дисциплін професійної підготовки з навчального плану конкретної спеціальності, особливо коли не розумієш, де можна застосувати всі ці отриманні знання. Професіоналізм викладачів та їх життєвий досвід створюють умови для одержання студентами теоретичної та практичної підготовки з базових предметів. Всі викладачі зрозуміло та доступно готують основу знань студентів з наведенням прикладів з сучасного життя, пропонують перевірити це на лабораторних та практичних заняттях. Але, крім того, під час навчання в університеті студентові потрібно надати можливість розвивати його індивідуальність, проявляти його особисті здібності, працювати в команді над реальними проектами. Все це стає можливим у поза навчальному середовищі, створеному в рамках наукового студентського гуртка.

**Метою роботи** є створення умов для наукового та професійного зростання студентів на основі досліджень систем інтернет речей та робототехніки через залучення їх до участі у науковому гуртку кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу ЧДТУ.

**Постановка задачі.** Завдання наукового студентського гуртка «Основи робототехніки та Інтернет речей» – створити комфортні умови для індивідуального розвитку студентів, забезпечити їх науково-дослідну діяльність необхідним технічним обладнанням для усвідомлення роботи різноманітних датчиків, пристроїв для проведення наукових досліджень та створення новітніх робототехнічних пристроїв та Інтернет речей.

**Основна частина.** Науковий гурток кафедри – це група зацікавлених осіб, які поєднані спільним видом інноваційної діяльності для вирішення сучасних наукових задач. Ключовими

завданнями діяльності наукового гуртка є: освоєння та розуміння студентами кафедри методології наукових досліджень; здобуття практичних навиків конструювання, розробки і програмування робототехнічних пристроїв та їх застосування на практиці; підготовка справжніх професіоналів з відповідним рівнем необхідної для їх спеціалізації; розвиток наукового потенціалу студентів; проведення цікавих семінарів та «мозкових штурмів».

Для реалізації зазначених задач всі учасники студентського наукового гуртка повинні проводити періодичні засідання та зустрічі. Під час цих зустрічей з'являється можливість застосовувати знання та вміння студентів, що отримані під час навчання, в робототехніці. Зараз стало можливим та доступним використання різних засобів для створення робототехніки, спостерігати за новими розробками у світі новітніх технологій, що все більше викликає інтерес до принципу роботи даних пристроїв, в тому числі Інтернет речей, до програмування їх поведінки, механіко-технічних принципів їх побудови та роботи, електромеханічного перетворення сигналів в рух цих пристроїв. Математична складова в розрахунках та перетвореннях сигналів та даних є також невід'ємною особливістю для створення роботів.

У межах наукового гуртка кафедри та за підтримки Інжинірингової лабораторії Noosphere Engineering School, що створено в Черкаському державному технологічному університеті, ми забезпечуємо студентів необхідним обладнанням для вивчення робототехнічних систем та дослідження Інтернет речей, щоб кожен початківець спробував себе розробником від простого адресного світлодіода, до написання програми інтелектуальної системи роботи SMART-міста. Програмування роботи електричних двигунів для створення моделей електромобілів, чи контроль серводвигуна для рухомого елемента у вигляді робота-маніпулятора. Застосувавши мікрокомп'ютери Raspberry Pi3 та Raspberry Pi4, з'являється можливість віддаленого контролю та управління роботою «розумним» будинком, а використання Bluetooth чи WiFi надає можливість керувати віддалено своїм власним розробленим пристроєм.

Також студенти мають можливість вивчати основи робототехніки та проектувати модель майбутнього пристрою, створювати їх на 3D принтерах в університеті. Обговорення своїх проєктів та задач у невеликих групах дає можливість студентам зробити свій внесок у кінцевий результат. Схемне представлення обговорюється до деталей та кожен має можливість спаяти її за допомогою паяльної станції, або ж звичайного паяльника, що також є в наших лабораторіях. Студентам доступні мікроконтролери на базі Arduino, ESP 8266 – плата, що спеціально розроблена для «Інтернет речей».

Студенти, учасники наукового гуртка кафедри, мають унікальну можливість навчатись на курсі «IoT Fundamentals» та одержати навички моделювання в PacketTracer в Мережевій Академії CISCO при ЧДТУ. На практичних заняттях студентам надається можливість працювати не тільки з датчиками та мікроконтролерами, але й використовувати мікрокомп'ютери Raspberry Pi4, що дає можливість керувати «Розумним будинком», інформаційною панеллю чи самостійним роботом через мережу Internet.

**Висновок.** Сучасна вища освіта та новітні технології у всьому світі вимагають від майбутніх фахівців у галузі ІТ та інженерів технічних спеціальностей відповідних професійних компетентностей. Одним з ефективних підходів на шляху формування конкурентоспроможного фахівця на міжнародному ринку праці є активне залучення здобувачів вищої освіти до науково-дослідної діяльності під час навчання, розвиток їх індивідуальності, створення умов для прояву їх особистих здібностей, набуття практичного досвіду працювати в команді над реальними проєктами. Реалізація цього підходу можлива завдяки створенню умов для наукового та професійного зростання студентів через залучення їх до участі у науковому гуртку кафедри університету.

#### Список використаних джерел

1. Андрієнко В. О., Бондаренко М. О. Робототехнічні системи в технічній освіті. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці (ІТОНТ-2018): тези доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф.*, (Черкаси, 17–18 трав. 2018 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2018. С. 43–45.

2. Андрієнко В. О. Особливості навчання основ робототехніки студентів комп'ютерних і технічних спеціальностей в університеті. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2020): тези доп. V Міжнар. наук.-практ. конф.*, (Черкаси, 21–23 трав. 2020 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2020. С. 188–189.

## ВЕБ-ОРІЄНТОВАНИЙ РЕСУРС ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГРУПОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ МЕТОДАМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Єфімов В. В., Оксамитна Л. П., Максимов А. Є., Триус Ю. В.  
Черкаський державний технологічний університет

**Анотація.** Використання систем підтримки прийняття рішень передбачає залучення експертів з наданням зручних засобів для автоматизації процесу проведення експертизи. Ця робота присвячена розробці веб-орієнтованого ресурсу для проведення групової експертизи з використанням методів прийняття рішень. Об'єктом дослідження є процес організації та проведення групової експертизи для підтримки прийняття рішень. Предметом дослідження є веб-орієнтований ресурс для проведення групової експертизи. Особлива увага приділяється програмним засобам, що використовувалися для розробки ресурсу. Результатом роботи є розроблений веб-орієнтований ресурс для експертного оцінювання, який забезпечить користувачам через мережу Internet доступ до інструментів проведення експертного аналізу реальних задач і проблем на основі методів прийняття рішень, зокрема анкетних методів і методу аналізу ієрархій.

**Ключові слова:** система підтримки прийняття рішень, веб-орієнтований ресурс, метод аналізу ієрархій, анкетні методи.

## WEB-ORIENTED RESOURCE FOR CONDUCTING GROUP EXPERTISE BY DECISION-MAKING METHODS

Yefimov V., Oksamytna L., Maksymov A., Tryus Y.  
Cherkasy State Technological University

**Abstract.** The use of decision support systems provides the involvement of experts with the provision of convenient tools to automate the examination process. This paper focuses on the development of a web-based resource for group expertise using decision-making methods. The object of research is the process of organizing and conducting a group expertise to support decision-making. The subject of the study is a web-based resource for group expertise. Particular attention is paid to the software used to develop the resource. The result is a web-based resource for experts' review that will provide Internet users with access to tools for expert analysis of real problems and issues based on decision-making methods, including questionnaires and hierarchical analysis.

**Keywords:** decision support system, web-oriented resource, analytic hierarchy process, questionnaire methods.

**Вступ.** На сучасному етапі методи експертного оцінювання застосовують у різних галузях практичної та наукової діяльності для прийняття рішень. Ці методи незамінні під час вирішення складних управлінських та соціально-економічних проблем, аналізу й прогнозування ситуацій.

**Постановка задачі.** Сьогодні рівень конкурентоспроможності будь-якого підприємства визначається швидкістю та правильністю прийняття рішень, у зв'язку з чим виникає потреба у впровадженні в їх діяльність систем підтримки прийняття рішень (СППР). Їх застосування надає можливість автоматизувати та оптимізувати роботу підприємства, що значно спрощує порівняння альтернатив для обрання найкращого варіанту за певними критеріями. Тому актуальною є проблема проектування та створення веб-орієнтованих СППР, які б надавали можливість керівникам в онлайн режимі приймати рішення з використанням методів прийняття рішень щодо розв'язування типових задач управління. У доповіді розглядаються задача з розроблення веб-орієнтованого ресурсу проведення групової експертизи, що можна бути інтегрована як окремий модуль до системи підтримки прийняття рішень.

**Метою роботи** є створення веб-орієнтованого ресурсу для проведення групового експертного оцінювання за допомогою методів прийняття рішень.

**Основна частина.** Типовими проблемами, які потребують проведення як індивідуальної, так і групової експертизи, є: визначення мети розвитку об'єкта управління; прогнозування; розроблення сценаріїв; генерування альтернативних варіантів прийняття рішень; розроблення системи кількісних оцінок; визначення рейтингів тощо. У всіх цих випадках доводиться звертатися до думки експертів. Експерт – це компетентний фахівець із певного питання, чий оцінки та судження з приводу об'єкта експертизи враховують під час прийняття рішення [1]. Прогнозоване експертне оцінювання відображає індивідуальні погляди фахівців стосовно перспектив розвитку об'єкта управління й ґрунтується на мобілізації фахового досвіду та інтуїції. Одним з шляхів підвищення якості результатів експертизи є залучення до її проведення групи експертів.

Для розробки веб-орієнтованого ресурсу проведення групової експертизи було досліджено предметну область, проаналізовано найбільш відомі існуючі аналоги, виконано концептуальне та логічне проектування ресурсу для групового експертного оцінювання з метою подальшої фізичної реалізації з використанням документно-орієнтованої системи керування базами даних (СКБД).

Перед створенням програмного продукту авторами проведений огляд і аналіз деяких існуючих систем для експертного оцінювання, зокрема онлайн-систем: Business Performance Management [2], easyАНР [3], Online Output [4], 123ahr [5]. На основі проведеного аналізу було виокремлено основну вимогу до ресурсу: створення веб-орієнтованої інформаційної системи з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом для прийняття рішень з підтримкою методів групової експертизи.

У ресурсі реалізовано такі функції: управління користувачами (реєстрація користувачів, керування ролями); ознайомлення з методами експертного оцінювання; забезпечення проведення індивідуального експертного оцінювання; забезпечення проведення групового експертного оцінювання; керування базами даних: користувачів, експертів, індивідуальних і групових експертиз; проведення експертного оцінювання за методами прийняття рішень, агрегування думок експертів й виведення одержаних результатів.

Функціональні вимоги до ресурсу: керування базою даних; асинхронна обробка запитів; модульність (легкість подальшого доповнення системи новим функціоналом); захист від ін'єкцій; робота з поштовими сервісами для комунікації з користувачами та експертами; розподілення ролей.

Нефункціональні вимоги до ресурсу: зручність використання – повинен бути інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для роботи з системою; надійність – система повинна коректно завершувати свою роботу у будь-яких ситуаціях; безпечність – система ролей не повинна дозволяти доступ до ресурсів нестворених користувачем, за виключенням адміністратора.

В результаті проведених досліджень у роботі виконано концептуальне та логічне проектування веб-орієнтованого ресурсу для експертного оцінювання. На рисунку 1 представлена логічна модель проведення індивідуальної експертизи, а на рисунку 2 – групової експертизи.

Модератор або адміністратор системи створює групову експертизу і виконує роль її керівника. Він надсилає запрошення на створену експертизу тим експертам, які є у базі системи та є найбільш кваліфікованими у сфері, що відповідає експертизі. Експерти отримують запрошення, приймають їх (або відхиляють) та вносять свої експертні думки у відповідні анкети. Після цього системою формується агрегований результат експертизи за обраним методом. Керівник експертизи може переглянути одержаний результат експертизи, проаналізувати відповіді кожного експерта і надати рекомендації щодо прийняття рішення.

До складу ресурсу входять такі підсистеми: адміністративна частина; підсистема для введення вхідних даних для проведення експертиз; підсистема реалізації методів

експертного оцінювання; підсистема для виведення результатів експертного оцінювання; підсистема управління базою даних; підсистема діалогу з користувачами.



Рисунок 1 – Логічна модель проведення індивідуальної експертизи

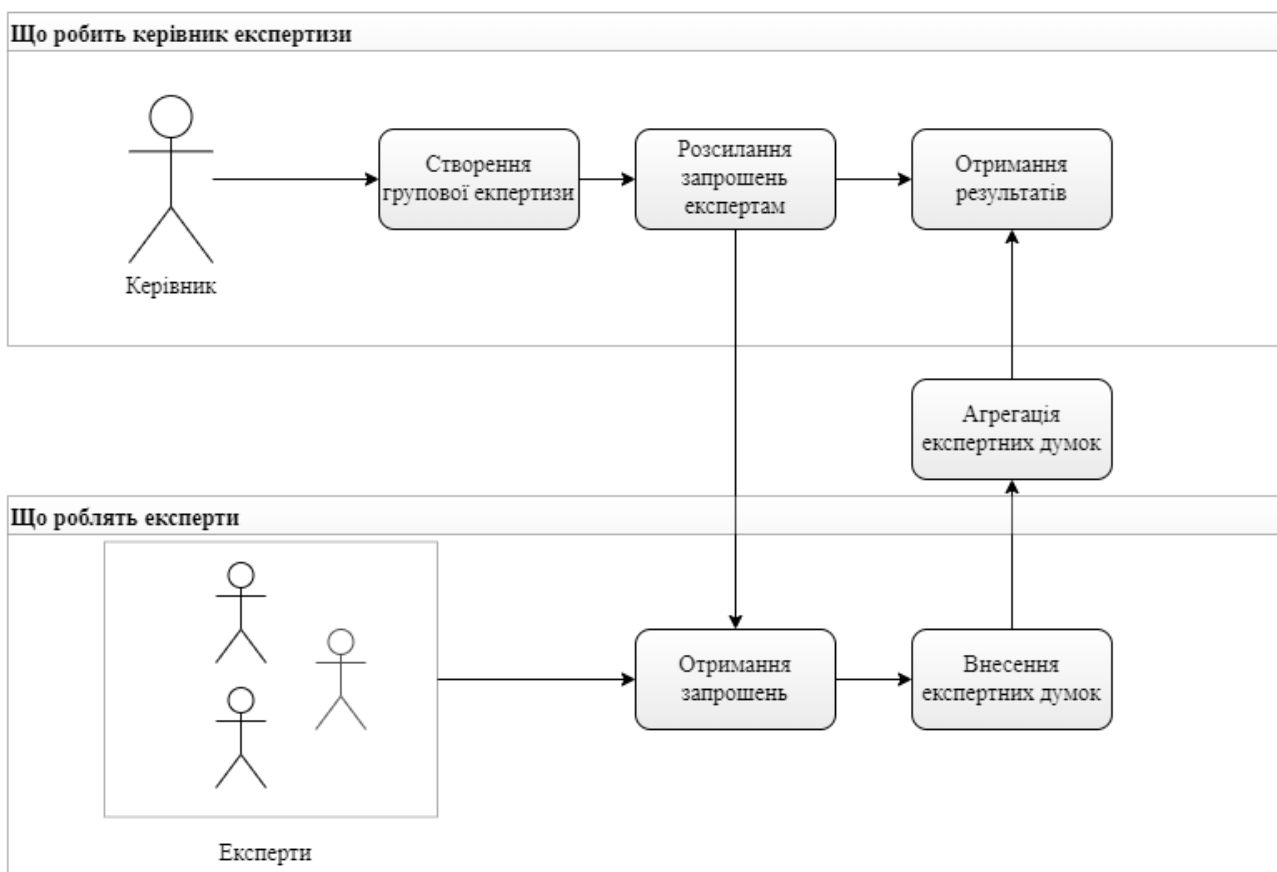


Рисунок 2 – Логічна модель проведення групової експертизи

Для створення програмного продукту використано такі популярні технології для розробки веб-додатків: фреймворк Angular, NodeJs сервер і база даних MongoDB. Обрані технології цілком задовольняють всім функціональним і нефункціональним вимогам до такого типу програмного забезпечення.

База даних MongoDB зберігає інформацію про користувачів та їх експертизи. Серверна частина забезпечує авторизацію користувачів, надання їм права доступу, виконує усі операції з базою даних та агрегує думки експертів у групових експертизах. Клієнтська частина виконує роль інтерфейсу системи та реалізує експертні методи.

На рисунку 3 представлена модель структури ресурсу та засоби його розробки.

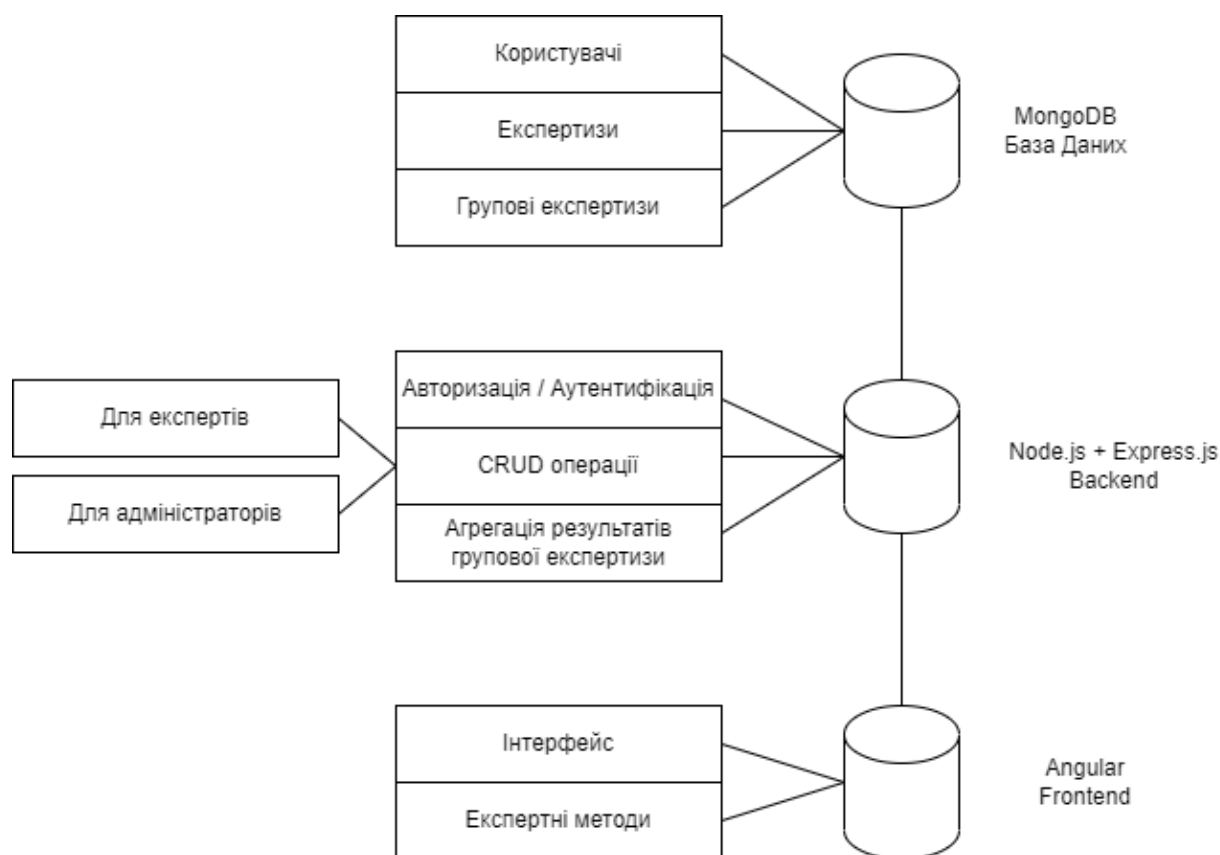


Рисунок 3 – Модель структури ресурсу

**Висновки.** Розроблений веб-орієнтований ресурс проведення групової експертизи надає можливість користувачам здійснювати експертизу для прийняття рішення в складних задачах бізнесу з використанням веб-технологій, створювати бази даних експертів, шаблонів анкет для експертиз, банк проведених експертиз, одержати теоретичні відомості про методи експертного оцінювання, що реалізовано в ресурсі, зокрема про метод аналізу ієрархій, анкетні методи. У подальшому планується в ресурсі реалізувати деякі методи прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.

#### Список використаних джерел

1. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 171 с.
2. Сайт ресурсу «BPM». URL: <http://bpmsg.com> (дата звернення: 20.05.2022).
3. Сайт ресурсу «easyAHP». URL: <http://www.easyahp.com/> (дата звернення: 20.05.2022).
4. Сайт ресурсу «OnlineOutput». URL: <https://onlineoutput.com/> (дата звернення: 20.05.2022).
5. Сайт ресурсу «123ahp». URL: <http://123ahp.com/> (дата звернення: 20.05.2022).



# WEB-ОРИЄНТОВАНИЙ РЕСУРС ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАДАЧ ДО МАТРИЦІ ЕЙЗЕНХАУЕРА ЗА МЕТОДОМ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Максимов А. Є.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Серед методів тайм-менеджменту широко застосованою є матриця Ейзенхауера, сутність якої полягає в розподілі задач за чотирма ступенями важливості – важливі-термінові, важливі-нетермінові, неважливі-термінові, неважливі-нетермінові. При цьому інколи досить важко точно визначити, до якої з категорій належить вхідна задача. Тому в цих умовах виникає необхідність створення системи для класифікації задач за відповідними ступенями важливості. У дослідженні автором запропоновано застосувати метод аналізу ієрархій (МАІ) для порівняння між собою вхідних задач за критеріями важливості і терміновості. Об'єктом дослідження є метод тайм-менеджменту «матриця Ейзенхауера». Предметом дослідження є web-орієнтований ресурс, що забезпечує в режимі онлайн автоматизацію процесу класифікації вхідних задач до матриці Ейзенхауера за ступенями важливості з використанням методу аналізу ієрархій. Отримані експериментальні результати підтверджують доцільність застосування авторського поєднання методу матриці Ейзенхауера та МАІ.

**Ключові слова:** тайм-менеджмент, прийняття рішень, метод аналізу ієрархій, матриця Ейзенхауера, класифікація задач, інформаційні технології для прийняття рішень.

## WEB-ORIENTED RESOURCE FOR CLASSIFICATION OF TASKS TO THE EISENHOWER MATRIX BY THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Maksymov A.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** Among the methods of time management is widely used Eisenhower matrix, the essence of which is to divide the tasks into four degrees of importance – important-urgent, important-non-urgent, unimportant-urgent, unimportant-non-urgent. At the same time, it is sometimes quite difficult to determine exactly which of the categories the input task belongs to. Therefore, in these conditions there is a need to create a system for classifying tasks according to the appropriate degrees of importance. In the research, the author has proposed to use analytic hierarchy process (AHP) to compare the input tasks on the criteria of importance and urgency. The object of research is the method of time management "Eisenhower matrix". The subject of research is a web-oriented resource that provides online automation of the process of classification of input tasks to the Eisenhower matrix by degrees of importance using the analytic hierarchy process. The obtained experimental results confirm the expediency of using the author's combination of the Eisenhower matrix method and AHP.

**Keywords:** time management, decision-making, analytic hierarchy process, Eisenhower matrix, classification of tasks, information technologies for decision-making.

**Виклад основного матеріалу.** Керування часом або тайм-менеджмент (від англ. time management) – наука про сукупність методів та технологій оптимальної організації часу та ефективності його використання для виконання поточних завдань, проектів та календарних подій [1]. Матриця Ейзенхауера – це метод, який використовує принципи важливості та терміновості для організації пріоритетів та робочого навантаження. Але критерії класифікації задач у даному випадку є досить абстрактними, тому набуває актуальності застосування додаткового математичного апарату з методів прийняття рішень для визначення пріоритетів задач.

**Мета роботи** – створення модуля для web-орієнтованої системи підтримки прийняття рішень, що забезпечує в режимі онлайн автоматизацію процесу класифікації вхідних задач до матриці Ейзенхауера за ступенями важливості з використанням методу аналізу ієрархій.

**Постановка задачі.** Розподіл задач тайм-менеджменту, які представлено множиною альтернатив  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , відбувається за допомогою множини критеріїв  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ . Згідно з методом «матриця Ейзенхауера»  $K$  – множина ступенів важливості задач [2], кількість яких в класичному методі дорівнює  $m = 4$ . Відповідно, особа, яка приймає рішення (ОПР), використовує для оцінювання задач такі критерії:  $k_1$  – важливі-термінові (задачі, що вимагають негайного вирішення),  $k_2$  – важливі-нетермінові (задачі, виконання яких треба призначити на пізніший строк),  $k_3$  – неважливі-термінові (задачі, які варто делегувати іншим),  $k_4$  – неважливі-нетермінові (задачі, які потрібно відкласти або взагалі видалити).

Якщо кількість задач в множині  $A$  більше 4, то для визначення пріоритетності цих задач доцільно застосовувати метод аналізу ієрархій [3], при цьому зазначені критерії мають однакову вагу в оцінюванні задач. Для розв’язування цієї задачі можуть залучатись експерти з управління проектами, які здійснюють порівняння і оцінювання альтернатив у відповідності до критеріїв, використовуючи шкалу Сааті [3].

**Основна частина.** Розглянемо особливості використання МАІ для класифікації задач за заданими критеріями в методі Ейзенхауера.

Оскільки критерії  $k_i$  ( $i=1,2,3,4$ ) є рівнозначними (матриця парних порівнянь є одиничною), то їх порівняння за МАІ між собою не проводиться. Тому спочатку проводиться порівняння альтернатив з множини  $A$  за критерієм  $k_1$  – «важливі-термінові задачі» та їх аналіз на включення до класу задач  $C_1$  за такою процедурою.

Нехай  $Q$  – величина ваги, що визначає включення альтернативи  $a_j$  до відповідного класу задач  $C_i$  за критерієм  $k_i$  ( $i=1,2,3,4$ ), тобто, якщо у векторі пріоритетів  $W = (w_j)_{j=1, \dots, n}$ , одержаному за МАІ при порівнянні альтернатив [3], відповідна величина  $w_j > Q$ , то альтернатива  $a_j$  потрапляє до класу задач  $C_i$  з пріоритетом  $w_j$  й вилучається з подальшого аналізу за іншими критеріями; у протилежному випадку альтернатива  $a_j$  залишається у множині альтернатив (задач) для подальшого порівняння за наступним критерієм  $k_{i+1}$  ( $i=1,2,3$ ). За замовчуванням, параметр  $Q$  дорівнює 0.25, оскільки маємо 4 рівнозначних критерії ( $Q=1/4=0.25$ ), але значення цього параметра можна збільшити (до 1), щоб підняти нижній поріг включення альтернатив до певного класу задач  $C_i$  (відповідного квадрата матриці Ейзенхауера) ( $i=1,2,3,4$ ).

За допомогою обрхованих ваг виокремлюються пріоритетні задачі для виконання в кожному квадраті матриці Ейзенхауера, що, в свою чергу, дає розуміння важливості кожної задачі у межах відповідного класу. Приклад порівняння вхідних задач за відповідністю до класу  $k_1$  «Важливі-термінові» продемонстровано на рисунку 1.

Формально за допомогою описаної процедури відбувається розбиття множини альтернатив  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  на класи задач виду:

$$C_i = \{a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, \dots, a_{s_i}^{(i)}\},$$

де

$$A = \bigcup_{i=1}^4 C_i, C_i \cap C_j = \emptyset, i \neq j, i, j = 1, \dots, 4,$$

$$a_j^{(i)} \in A, w(a_j^{(i)}) > Q, j = 1, \dots, s_i, \sum_{i=1}^4 s_i = n, i = 1, \dots, 4,$$

$w(a_j^{(i)})$  – значення пріоритету альтернативи  $a_j^{(i)}$  у векторі пріоритетів  $W^{(i)}$  матриці парних порівнянь альтернатив за критерієм  $k_i$ ,  $i = 1, \dots, 4$ .

Вищеописана процедура дозволяє з більшою точністю класифікувати задачі до матриці Ейзенхауера, а також упорядкувати їх за пріоритетом, що полегшить роботу ОПР при розподілі задач тайм-менеджменту.

За допомогою створеного web-ресурсу [4] користувач (ОПР, експерт) вводить у запропонований шаблон перелік необхідних задач в якості альтернатив, при цьому критерії

з множини  $K$  вже введені у шаблон у відповідності до методології матриці Ейзенхауера. Далі, після поетапного заповнення матриць порівнянь альтернатив для відповідних критеріїв, користувач одержить заповнену матрицю Ейзенхауера із зазначенням пріоритету задач у кожному класі (рисунок 2).

#	Дописати модуль для програми	Провести тестування нового модуля	Оновити версію програми на сайті	Створити свій блог	Поділитись статтями в чаті	Відповісти на електронні листи	Відсортувати поштовий спам	Переглянути відеокурс з дизайну
Дописати модуль для програми	1	2	4	6	7	7	9	8
Провести тестування нового модуля	1/2	1	3	5	6	7	9	8
Оновити версію програми на сайті	1/4	1/3	1	5	3	2	7	5
Створити свій блог	1/6	1/5	1/5	1	2	1/3	5	3
Поділитись статтями в чаті	1/7	1/6	1/3	1/2	1	1/2	4	3
Відповісти на електронні листи	1/7	1/7	1/2	3	2	1	3	3
Відсортувати поштовий спам	1/9	1/9	1/7	1/5	1/4	1/3	1	1/3
Переглянути відеокурс з дизайну	1/8	1/8	1/5	1/3	1/3	1/3	3	1

#	Вага
Дописати модуль для програми	0.3566
Провести тестування нового модуля	0.2774
Оновити версію програми на сайті	0.1385
Створити свій блог	0.0564
Поділитись статтями в чаті	0.0496
Відповісти на електронні листи	0.0735
Відсортувати поштовий спам	0.0187
Переглянути відеокурс з дизайну	0.0293

Dim	Lmax	Ю	ВО
8.0000	8.6016	0.0859	0.0610

Правило транзитивності не порушено, оскільки  $ВО \leq 0.1$ . Оцінки змін не потребують.

Рисунок 1 – Порівняння альтернатив за критерієм  $k_1$  за допомогою СППР «Decisioner» [4]

Важливі-термінові	
Задача	Вага
Дописати модуль для програми	0.3566
Провести тестування нового модуля	0.2774

Важливі-нетермінові	
Задача	Вага
Оновити версію програми на сайті	0.4464
Створити свій блог	0.2706

Неважливі-термінові	
Задача	Вага
Поділитись статтями в чаті	0.5638
Відповісти на електронні листи	0.2634

Неважливі-нетермінові	
Задача	Вага
Переглянути відеокурс з дизайну	0.8000
Відсортувати поштовий спам	0.2000

Рисунок 2 – Заповнена матриця Ейзенхауера за допомогою СППР «Decisioner» [4]

**Висновки.** В результаті дослідження було створено модуль для web-орієнтованої системи підтримки прийняття рішень, що забезпечує в режимі онлайн автоматизацію процесу класифікації входних задач до матриці Ейзенхауера за ступенями важливості з використанням методу аналізу ієрархій.

Отримані експериментальні результати підтверджують доцільність використання авторського підходу до класифікації задач тайм-менеджменту, що використовує поєднання методу матриці Ейзенхауера та методу аналізу ієрархій.

#### **Список використаних джерел**

1. Керування часом. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Керування часом](https://uk.wikipedia.org/wiki/Керування_часом) (дата звернення: 19.05.2022).
2. Як стати продуктивнішим за допомогою «коробки Ейзенхауера». URL: <https://dvokrapka.com/self/2016/03/yak-staty-produktyvnishym-za-dopomogoyu-korobky-ejzenhauera/> (дата звернення: 19.05.2022).
3. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill International Book Company, 1980. 287 p.
4. СППР «Decisioner» | Шаблон «Класифікація задач до матриці Ейзенхауера за методом аналізу ієрархій». URL: [http://decision.tg.ck.ua/eisenhower\\_ahp\\_template.php](http://decision.tg.ck.ua/eisenhower_ahp_template.php) (дата звернення: 19.05.2022).

---

## МЕТОДИ І ЗАСОБИ НЕЧІТКОЇ АДАПТАЦІЇ В МЕТАЕВРИСТИЧНИХ АЛГОРИТМАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Гейко А. В., Триус Ю. В.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Відомі метаевристичні методи глобальної оптимізації, що імітують процеси живої та неживої природи, поряд з перевагами над класичними методами оптимізації мають і свої недоліки, головними з яких є: повільна збіжність і потрапляння у локальні екстремуми, що робить ці алгоритми недостатньо ефективними при розв'язуванні реальних оптимізаційних задач. Для збільшення швидкості збіжності метаевристичних методів глобальної оптимізації та забезпечення пошуку оптимального рішення ефективним є використання різних адаптивних схем і підходів до управління параметрами цих методів. Як показали дослідження останніх років, одним із поширених інструментів, що використовуються для керування параметрами метаевристичних алгоритмів, є застосування контролерів нечіткої логіки (Fuzzy Logic Controller, FLC).

Метою дослідження є обґрунтування загального підходу до побудови контролерів нечіткої логіки для параметрів метаевристичних алгоритмів і на його основі розроблення адаптивного методу управління цими параметрами, що забезпечить баланс між швидкістю їх збіжності та пошуком глобального оптимального рішення. Також у межах дослідження створюється веб-орієнтований програмний продукт для реалізації найбільш популярних метаевристичних алгоритмів з можливістю використання різних схем адаптації їх параметрів, зокрема й нечіткої адаптації.

**Ключові слова:** метаевристичні методи, адаптивні алгоритми глобальної оптимізації, контролери нечіткої логіки.

## METHODS AND MEANS OF FUZZY ADAPTATION IN METAHEURISTIC ALGORITHMS OF GLOBAL OPTIMIZATION

Heyko A., Tryus Y.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** Known metaheuristic methods of global optimization that mimic the processes of animate and inanimate nature, along with the advantages over classical optimization methods have their drawbacks, the main of which are: slow convergence and falling into local extremes, which makes these algorithms ineffective in solving real optimization problems. To increase the rate of convergence of metaheuristic methods of global optimization and ensure the search for the optimal solution, it is effective to use various adaptive schemes and approaches to managing the parameters of these methods. Recent studies have shown that one of the common tools used to control the parameters of metaheuristic algorithms is the use of Fuzzy Logic Controllers (FLC).

The aim of the study is to substantiate the general approach to constructing fuzzy logic controllers for metaheuristic algorithm parameters and based on it to develop an adaptive method of managing these parameters, which will provide a balance between the speed of their convergence and finding the best global solution. The study also creates a web-based software product for the implementation of the most popular metaheuristic algorithms with the possibility of using different schemes of adaptation of their parameters, including fuzzy adaptation.

**Keywords:** metaheuristic methods, adaptive algorithms of global optimization, Fuzzy Logic Controllers.

**Вступ.** Багато задач, що виникають у таких фундаментальних науках, як фізика, хімія, молекулярна біологія, а також у багатьох прикладних науках і галузях людської діяльності: економіка, виробництво, фінанси, управління, техніка, транспорт, медицина, соціологія, освіта тощо, зводяться до задач неперервної та/або дискретної глобальної оптимізації. Особливості цих задач пов'язані з тим, що їх математичні моделі характеризуються

складною топологією поверхні пошуку, мультиекстремальністю, нелінійністю, негладкістю цільових функцій і функцій-обмежень, великою розмірністю простору пошуку та багатокритеріальністю. Тому їх розв'язування традиційними методами оптимізації ускладнене, або неможливе.

Для ефективного розв'язування зазначених задач оптимізації з кінця XX століття науковці почали інтенсивно розробляти стохастичні пошукові методи оптимізації, зокрема методи випадкового пошуку нульового порядку для знаходження глобального екстремуму цільової функції на допустимій множині. Особливе місце серед методів випадкового пошуку належить евристичним методам, заснованим на імітації (моделюванні) природних процесів, що запозичені у живої та неживої природи і реалізують адаптивний випадковий пошук.

Серед евристичних методів виділяють поведінкові методи, засновані на моделюванні колективної поведінки самоорганізованих популяційних систем.

Такі методи ще називають методами колективного інтелекту (Swarm Intelligence), метаевристичними методами, багатоагентними методами, популяційними методами.

Поряд з перевагами над класичними методами оптимізації метаевристичні методи у їх канонічному вигляді мають і свої недоліки, головними з яких є: повільна збіжність і потрапляння у локальні екстремуми, що робить ці алгоритми недостатньо ефективними при розв'язуванні реальних оптимізаційних задач. Для збільшення швидкості збіжності та забезпечення пошуку оптимального рішення ефективним є використання різних адаптивних схем і підходів до управління параметрами цих алгоритмів. Як показали дослідження останніх років (Y. T. Juang, S. L. Tung, H. C. Chiu, Hafiz Tayyab Rauf, Sumbal Malik, Umar Shoaib, Muhammad Naeem Irfan, M. Ikramullah Lali, Luis Rodríguez, Oscar Castillo, José Soria, Patricia Melin, Fevrier Valdez, Claudia I. Gonzalez, Gabriela E. Martinez, Jesus Soto, Fatemeh-Sadat Saeidi-Khabisi, Esmat Rashedi), одним із поширених інструментів, що використовуються для керування параметрами метаевристичних алгоритмів, є застосування контролерів нечіткої логіки (Fuzzy Logic Controller, FLC), наприклад для таких алгоритмів, як метод рою частинок (Particle Swarm Optimization, PSO), метод кажанів (Bat-Inspired, BA), метод сірих вовків (Grey Wolf Optimizer, GWO), алгоритм гравітаційного пошуку (Gravitational Search Algorithm, GSA).

**Постановка задачі.** Враховуючи вище сказане, у дослідженні передбачено вирішення таких основних завдань: проаналізувати існуючі FLC для управління параметрами метаевристичних алгоритмів пошуку глобальної оптимізації мультимодальних функцій, що імітують процеси живої та неживої природи, зокрема алгоритмів PSO, BA, GWO, GSA); розробити адаптивний метод управління параметрами метаевристичних алгоритмів на основі нечіткої логіки; створити веб-орієнтований додаток для дослідження метаевристичних алгоритмів; провести чисельний експеримент щодо перевірки ефективності використання FLC для управління параметрами метаевристичних алгоритмів у порівнянні з іншими адаптивними схемами на тестових задачах оптимізації з використанням авторського веб-орієнтованого програмного продукту.

**Метою дослідження** є обґрунтування загального підходу до побудови контролерів нечіткої логіки для параметрів метаевристичних алгоритмів, на його основі розробити адаптивний метод управління цими параметрами, що забезпечить баланс між швидкістю їх збіжності та пошуком глобального оптимального рішення, а також створення веб-орієнтованого програмного продукту для реалізації найбільш популярних метаевристичних алгоритмів з можливістю використання різних схем начіткої адаптації їх параметрів та проведення чисельного експерименту щодо перевірки ефективності запропонованого адаптивного методу.

**Основна частина.** На основі досліджень, наведених у роботах [2]-[5], було виділено як переваги, так і недоліки адаптивних нечітких варіантів метаевристичних методів.

*Переваги:*

1. Чисельні експерименти на тестових задачах оптимізації демонструють у більшості випадків перевагу, іноді суттєву, адаптивних нечітких метаевристичних алгоритмів над їх канонічними варіантами і деякими іншими адаптивними схемами, зокрема еволюційними;
2. Є можливість визначити спільні кроки побудови контролера нечіткої логіки для управління параметрами адаптивного метаевристичного алгоритму оптимізації.

*Недоліки:*

1. При збільшенні кількості параметрів, що входять до FLC, і збільшенні функцій належності, що описують відповідні лінгвістичні змінні, різко збільшується база нечітких правил, що уповільнює роботу алгоритмів, особливо для задач великої розмірності;
2. Ефективність використання FLC суттєво залежить від суб'єктивної думки експерта, який створює базу нечітких правил;
3. Застосування різних алгоритмів нечіткого логічного виведення (Мамдані, Сугено, Цукамото, Ларсена) дає різний ефект, при цьому виявити якусь закономірність переваги одних алгоритмів над іншими не вдалося.

Також було виділено *основні етапи побудови контролера нечіткої логіки* для управління параметрами адаптивного метаевристичного алгоритму оптимізації:

1. Визначити параметри метаевристичного алгоритму, що будуть входити до контролера нечіткої логіки і будуть ним керуватися.
2. Обрати індикатори, що характеризують ефективність роботи алгоритму, зокрема параметри для вимірювання прогресу популяції (наприклад, приріст цільової функції на сусідніх ітераціях), параметри для вимірювання різноманітності популяцій.
3. Серед цих параметрів визначити вхідні і вихідні параметри контролера нечіткої логіки.
4. Вхідним і вихідним параметрам контролера нечіткої логіки поставити у відповідність лінгвістичні змінні  $L_i$ , що задається кортежем:

$$L_i = \langle \beta_i, T_i, X_i, G_i, M_i \rangle,$$

де  $i = 1, \dots, n$ ,  $n$  – кількість лінгвістичних змінних, при цьому для кожної з визначених лінгвістичних змінних  $L_i$  вказати:

- кількість нечітких змінних  $\alpha$ , що входять до базової терм-множини  $T_i$ ;
- їх область визначення  $X_i$ ;
- тип функцій належності для базової терм-множини  $T_i$  : трикутний, трапецієвидний, L-R-функція певного виду та їх параметри;
- систему модифікаторів і логічних зв'язок  $G_i$  (при необхідності).

5. Згенерувати базу нечітких правил виведення виду:

$$P_1 : \text{якщо } (x \in A_1) \ \& \ (y \in B_1), \text{ то } z \in C_1;$$

$$P_2 : \text{якщо } (x \in A_2) \ \& \ (y \in B_2), \text{ то } z \in C_2;$$

....

$$P_p : \text{якщо } (x \in A_p) \ \& \ (y \in B_p), \text{ то } z \in C_p,$$

де  $x$  та  $y$  – імена вхідних змінних,  $z$  – значення змінної висновку,  $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2, \dots, A_p, B_p, C_p$  – деякі задані функції належності. При цьому чітке значення  $z_0$  необхідно визначити на основі наведеної інформації й чітких значень  $x_0$  та  $y_0$ .

6. Обрати алгоритм нечіткого логічного виведення, наприклад: Мамдані, Цукамото, Сугено, Ларсена.

7. Обрати один з методів дефазифікації:

- *Centroid* – метод центру тяжіння;
- *Bisector* – метод медіани;
- *LOM (Largest Of Maximums)* – метод найбільшого з максимумів;
- *SOM (Smallest Of Maximums)* – метод найменшого з максимумів;
- *Mom (Mean Of Maximums)* – метод центру максимумів.

Для дослідження метаевристичних алгоритмів авторами розробляється веб-орієнтований програмний продукт, що реалізує алгоритми PSO, BA, GWO, GSA та їх адаптивні модифікації, зокрема з використанням FLC, і надає можливість використовувати понад 20 відомих вбудованих тестових функцій, а також реалізовувати функції користувача.

Програмний продукт надає можливість задавати:

- значення вхідних управляючих параметрів алгоритмів;
- розмір популяції;
- розмірність області пошуку;
- максимальну кількість ітерацій;
- точність обчислень;
- кількість повторів алгоритму з подальшим збереженням протоколу результатів і виведенням найкращої спроби.

Реалізовано швидке введення меж гіперкубу або гіперпаралелепіпеда пошуку для задач великої розмірності. Для двовимірних задач оптимізації передбачена візуалізація графіка цільової функції та перебіг ітераційного процесу. Передбачена можливість введення моделі задачі умовної оптимізації з лінійними і нелінійними обмеженнями з подальшим її перетворенням у задачу безумовної оптимізації методом штрафних функцій (зовнішніх або бар'єрних).

Для розробки ядра веб-орієнтованого програмного продукту використовується мова програмування C# і фреймворк .net. Для створення інтерфейсу користувача використовується відкрита JavaScript бібліотека React.js. Для збереження даних обчислень використовується об'єктно-реляційна система керування базами даних PostgreSQL, а для візуалізації ітераційного процесу застосовується React.js і Chart.js.

### **Висновки.**

1. Створення адаптивних нечітких метаевристичних алгоритмів і дослідження їх ефективності є актуальною науковою і практичною проблемою, оскільки за допомогою контролерів нечіткої логіки можна посилити чи послабити різноманітність популяції та збільшити або зменшити швидкість збіжності цих алгоритмів.

2. Використання адаптивних нечітких варіантів метаевристичних методів має як певні переваги, так і недоліки, що потрібно враховувати при розв'язуванні конкретних задач оптимізації. Зокрема, серед недоліків варто виділити такі: уповільнення роботи алгоритму за рахунок виконання нечіткого виведення (фазифікації) і процесу дефазифікації, особливо для задач великої розмірності і збільшенням кількості правил нечіткого виведення; при побудові правил нечіткого виведення і функцій належності їх вхідних і вихідних параметрів значну роль грає суб'єктивна думка експерта, тому цьому етапу їх побудова отрібно приділяти особливу увагу, можливо із залученням групи експертів з процедурою агрегування їх думок; не завжди нечітке керування дає кращі результати у порівнянні з іншими підходами до адаптування метаевристичних алгоритмів.

3. Для дослідження ефективності різних схем нечіткої адаптації у метаевристичних методах глобальної оптимізації доцільно застосовувати програмні засоби, що реалізують нечітку логіку, зокрема засоби Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab, а також спеціальне програмне забезпечення, зокрема веб-орієнтоване, розробка якого є актуальною науково-технічною проблемою.

### **Список використаних джерел**

1. Jantzen J. Foundations of fuzzy control. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex PO19 8SQ, England, 2007. 209 p.
2. Juang Y. T., Tung S. L., Chiu H. C. Adaptive fuzzy particle swarm optimization for global optimization of multimodal functions. *Information Sciences*. 2011. Vol. 181. P. 4539–4549.
3. Adaptive inertia weight Bat algorithm with Sugeno-Function fuzzy search / Hafiz Tayyab Rauf, Sumbal Malik, Umar Shoaib et al. *Applied Soft Computing*. 2020. Vol. 90.
4. A fuzzy hierarchical operator in the grey wolf optimizer algorithm / Luis\_Rodríguez, Oscar\_Castillo, José\_Soria et al. *Applied Soft Computing*. 2017. Vol. 57. P. 315–328.
5. Fatemeh-Sadat Saeidi-Khabisi, Esmat Rashedi. Fuzzy Gravitational Search Algorithm, *2nd International eConference on Computer and Knowledge Engineering (ICCCKE)*, (Oct. 18-19, 2012), P. 156–160.



# САМООРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО БАНКУ СИСТЕМИ ПІДБОРУ ІНВЕНТАРЮ ДЛЯ НАСТІЛЬНОГО ТЕНІСУ НА БАЗІ НЕЙРОМЕРЕЖ

Тазетдінов В. А., Сисоєнко С. В., Хрульов М. В.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Сформульовано завдання, які повинна розв'язувати система підбору інвентарю для настільного тенісу. Інформаційний банк містить дані про властивості накладок і основ, а також відомі комбінації накладок і основ. Запропоновано відповідні алгоритми для класифікації вхідної інформації стосовно інвентарю для настільного тенісу, що дає можливість видалити з банку даних малоінформативні фактори. Створюється методика аналітичної обробки інформації, яка дозволяє надати гравцю перелік потрібного йому інвентарю для настільного тенісу. Це дає можливість передбачати тенденції розвитку ринку інвентарю настільного тенісу, виробникам – планувати і змінювати структуру виробництва, а також задовольнити інформаційні потреби покупців (гравців) і продавців. Розроблено метод самоорганізації інформаційного банку на основі результату розв'язання задачі кластеризації, яке отримано за допомогою самоорганізуючої мережі Кохонена.

**Ключові слова:** нейромережа, самоорганізація, кластеризація, інформаційний банк.

## SELF-ORGANIZATION OF THE INFORMATION BANK OF THE EQUIPMENT SELECTION SYSTEM FOR TABLE TENNIS BASED ON NEUR NETWORKS

Tazetdinov V., Sysoienko S., Khrulov M.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The tasks to be solved by the equipment selection system for table tennis have been formulated. The information bank contains data on the properties of rubbers and blades, as well as known combinations of rubbers and blades. Appropriate algorithms for the classification of input information on table tennis equipment are proposed, which makes it possible to remove uninformative factors from the data bank. A method of analytical information processing, which allows the player to provide a list of table tennis equipment he needs, is created. This makes it possible to forecast trends in the market of table tennis equipment, manufacturers - to plan and change the structure of production, as well as to meet the information needs of buyers (players) and sellers. The method of self-organization of the information bank based on the result of solving the clustering problem, which is obtained with the help of the self-organizing network Kohonen, is developed.

**Keywords:** neural network, self-organization, clustering, information bank.

**Вступ.** Сучасні тенденції на ринку настільного тенісу зумовлені великою кількістю причин, які визначаються поведінкою його суб'єктів. На сьогоднішній день спостерігається велика різноманітність обладнання для настільного тенісу. На ринку представлено понад 80 виробників накладок для настільного тенісу [1]. Також існує понад 100 виробників основ для настільного тенісу [2]. Кожен виробник має свій модельний ряд. При такому розмаїтті обладнання для настільного тенісу вибір основи та накладок стає для гравця дуже важким завданням. Як показує практика, більшість гравців не в змозі сформулювати вимоги до обладнання. На практиці гравець може оцінити обладнання лише після його практичного використання на основі власних відчуттів та ігрового досвіду. Водночас відбувається стрімке зростання сучасних інноваційних технологій та їх застосування в повсякденному житті, автоматизація всіх сфер людської діяльності. У таких умовах особливого значення набуває правильний підбір комбінації накладок і основи [3].

**Постановка задач.** Основою інформаційного банку системи підбору інвентарю для настільного тенісу є вектор полів  $\bar{A} = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ , які є головними факторами, що впливають на ігрові характеристики ракетки для настільного тенісу.  $A_1, A_2, \dots, A_n$  це такі параметри як швидкість, обертання, контроль, жорсткість губки, тип губки, зона найкращого відскоку, затримка м'яча на поверхні ракетки та інші.

Отже, першою задачею визначення залежності параметра  $G$ , який враховує швидкість, обертання та контроль ракетки як вихідної характеристики від вхідних значень, є знаходження функції

$$G = F(A_1, A_2, \dots, A_n). \quad (1)$$

Друга задача полягає у знаходженні показників чутливості параметра  $G$ , який визначає ігрові властивості ракетки і враховує її швидкість, обертання та контроль:

$$f_k = \frac{\partial G}{\partial A_k}, \quad b_k = \frac{f_k \bar{A}_k}{G}, \quad k = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де  $f_k$  – абсолютний показник чутливості;  $b_k$  – відносний показник чутливості;  $\bar{A}_k, \bar{G}$  – середні значення  $k$ -го фактора і вихідної характеристики відповідно в кожному класі інвентарю для настільного тенісу, який визначається експертом.

Властивостями задач (1)-(2) є: великий обсяг вхідних даних (в середньому 20), присутність шумових ефектів, існування нетривіальних залежностей між факторами, що впливають на вхід і вихідною характеристикою. Розв'язання задач (1) - (2) важливо для створення інформаційно-аналітичної підтримки процесів на ринку настільного тенісу і дозволить аналізувати умови і значно спростувати процедуру вибору інвентарю для настільного тенісу.

**Мета дослідження.** Метою роботи є розробка методу самоорганізації інформаційного банку. Цей метод включає знаходження малоінформативних і незначних факторів і їх подальше видалення.

**Основна частина.** *Оптимізація інформаційного банку.* Ця задача вирішується за допомогою нейромережових технологій [4]. Щоб досягти цього необхідно вирішити задачу, що складається у знаходженні класів вхідних векторів, які мають загальні якості.

Вхідні вектори формуються з вхідних факторів і вихідних характеристик, які в нашому випадку є наступними  $(A_1, A_2, \dots, A_n, G)$ . До складу кластеру належать образи, відстань між якими не є більшою за деяке позитивне значення. Для візуалізації цих образів представимо кластер у вигляді гіперсфери. Ці образи повинні належати до гіперсфери. (рисунок 1).

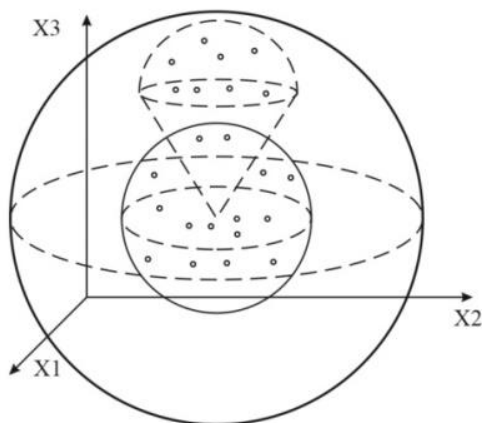


Рисунок 1 – Кластеризація

Однак деякі малоінформативні фактори можуть бути за межами гіперсфери, виходячи по одній чи декількох координатах, оскільки вони не впливають на приналежність до певної групи.

Знаходження таких факторів і видалення з інформаційного банку дасть можливість скоротити час навчання нейронної мережі та підвищити точність розв'язання задач підбору інвентарю для настільного тенісу.

Для виконання задач кластеризації застосуємо мережу Кохонена, архітектуру і функції якої наведено на рисунку 2. Навчання мережі відбувається на основі характеристик еталонних зразків ракеток. Як еталонний зразок для атакуючої гри може бути використано основу Butterfly Viscariya з накладками Butterfly TEnergy 05. Значення характеристик ракеток формуються на основі відгуків користувачів [1], [2] та експертних оцінок.

Результатом навчання є формування переліку інвентаря з близькими до еталону властивостями.

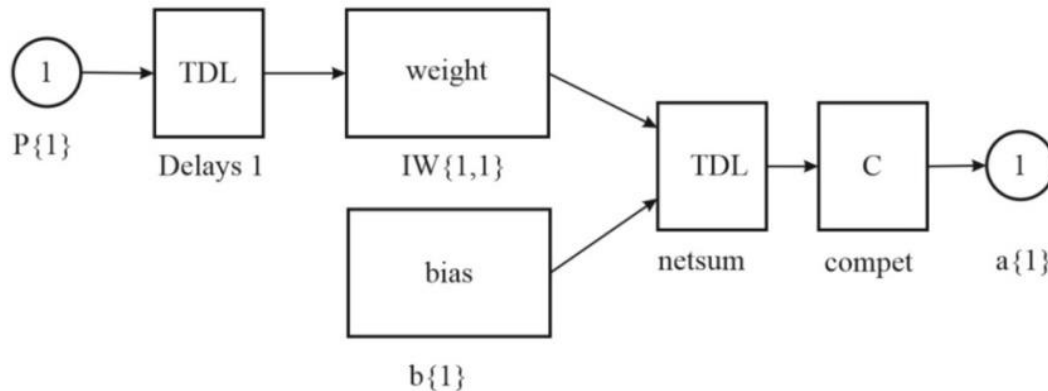


Рисунок 2 – Функції і архітектура мережі Кохонена

**Висновки.** Виконано формалізовані постановки задач аналізу ринку настільного тенісу, до яких належать: ідентифікація параметра, який враховує швидкість, обертання та контроль і, визначення коефіцієнтів чутливості зміни параметра, що визначає ігрові властивості ракетки до зміни екзогенних факторів. Запропоновано нейромережеві моделі та методи самоорганізації інформаційного банку. Необхідність їх використання викликана інформаційною надлишковістю та шумовими ефектами. На основі багаторазового використання мережі Кохонена для розв'язання задачі кластеризації розроблено метод вилучення незначущих факторів із банку даних. Запропонований метод дає прискорення на 20%.

#### Список використаних джерел

1. Rubber Reviews. URL: <https://revspin.net/rubber/> (дата звернення: 18.05.2022).
2. Blade Reviews. URL: <https://revspin.net/blade/> (дата звернення: 18.05.2022).
3. Тазетдінов В. А.; Сисоєнко С. В. Нейромережева система підбору інвентарю для настільного тенісу. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2021. С. 79–85.
4. Hertz J., Krogh A., Palmer R. G. *Introduction to the Theory of Neural Computation*. Boca Raton: CRC Press, 2018.

## КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ НАДБУДОВИ НАД ІНСТРУМЕНТАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ ПЛАНУВАННЯ ПРОЄКТІВ

Тесля Ю.<sup>1</sup>, Єгорченков О.<sup>2</sup>, Хлевна Ю.<sup>3</sup>, Єгорченкова Н.<sup>3</sup>, Катаєва Є.<sup>1</sup>, Хлевний А.<sup>2</sup>,  
Клеванна Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Черкаський державний технологічний університет

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

<sup>3</sup>Словацький технічний університет у Братиславі

**Анотація.** Показано необхідність інтелектуалізації процесів планування проєктів. Сформульовано принципи та задачі інтелектуалізації процесу планування проєктів. Запропоновано концепцію інтелектуальної надбудови над інструментальними програмними засобами управління проєктами, яка включає принципи, підхід, структуру, модель та засоби планування проєктів. Виділено етапи та задачі планування проєктів з використанням інтелектуальної надбудови. Розроблено структуру інтелектуальної технології планування проєктів. Запропоновано використати модифікований рефлексорний метод для реалізації інтелектуальної надбудови над інструментальними програмними засобами MS Project чи Oracle Primavera P6. Запропоновано модель вироблення реакцій на потік вхідних даних по плану проєкту в інтелектуальній надбудові. Розроблена концепція та засоби інтелектуальної надбудови пройшли експериментальну та практичну перевірку в проєктах та показали свою ефективність.

**Ключові слова:** планування проєктів, програмно-інформаційні надбудови, системи штучного інтелекту, рефлексорні інтелектуальні системи.

## CONCEPT OF INTELLECTUAL SUPERSTRUCTURE OVER PROJECT PLANNING INSTRUMENTS

Teslia I.<sup>1</sup>, Yegorchenkov O.<sup>2</sup>, Khlevna Yu.<sup>3</sup>, Yegorchenkova N.<sup>3</sup>, Kataeva E.<sup>1</sup>, Khlevny A.<sup>2</sup>,  
Klevanna G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cherkasy State Technological University

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv

<sup>3</sup>Slovak Technical University in Bratislava

**Abstract.** The necessity of intellectualization of project planning processes is shown. The principles and tasks of intellectualization of the project planning process are formulated. The concept of intellectual superstructure over project management software tools, which includes the principles, approach, structure, model and tools of project planning, is proposed. Stages and tasks of project planning with the use of intelligent superstructure are highlighted. The structure of intelligent project planning technology has been developed. It is proposed to use a modified reflex method to implement an intelligent superstructure to MS Project or Oracle Primavera P6 software. A model of generating reactions to the flow of input data on the project plan in intellectual superstructure is proposed. The developed concept and means of intellectual superstructure have passed experimental and practical testing in projects and have shown their effectiveness.

**Keywords:** project planning, software and information superstructures, artificial intelligence systems, reflective intelligent systems.

**Вступ.** Для підвищення точності планів проектів і зменшення витрат на їх створення необхідно інтелектуалізувати процес планування. На думку авторів це можливо через створення інтелектуальних надбудов над існуючими інструментальними програмними засобами управління проектами, наприклад (MS Project чи Oracle Primavera P6) [1].

**Мета роботи.** Метою роботи є розробка концепції інтелектуальної надбудови над інструментальними засобами планування проектів.

**Постановка задачі.** Для досягнення поставленої мети необхідно запропонувати задачі інтелектуалізації процесу планування проектів, розробити структуру інтелектуальної технології планування проектів та запропонувати інструменти її реалізації.

**Основна частина.** Метою будь якої системи планування є координація дій по вирішенню задач проекту. Для досягнення цієї мети система планування проектів обов'язково повинна: отримувати інформацію від менеджерів для розрахунку плану; використовувати інформаційний стандарт проектно-орієнтованої компанії для врахування попереднього досвіду планування і виконання планів проектів; вміти інтегрувати і аналізувати дані, отримані від менеджерів проекту та з інформаційного стандарту з метою виділення найбільш достовірної інформації; розраховувати план проекту; доводити план проектів до виконавців, вносити зміни в план проекту при його не виконання.

Для вирішення перерахованих задач інтелектуальна надбудова над інструментальними засобами управління проектами повинна спілкуватися з людиною на тему створення і розрахунку календарно-сітьового графіку на природній мові, самостійно вчитися планувати, аналізувати інформацію, обчислювати рішення; впроваджувати процеси виконання у відповідності з планом; виконувати моніторинг рішень; коригувати рішення. Структура інтелектуальної технології планування показана на рисунку 1.

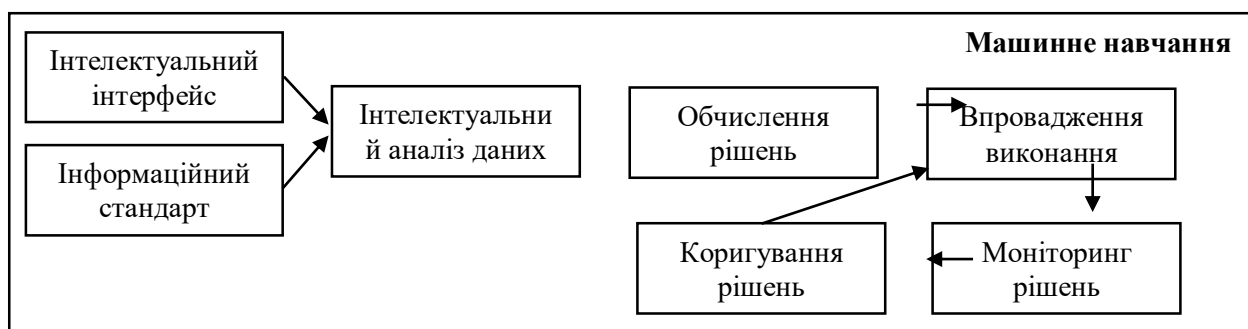


Рисунок 1 – Структура інтелектуальної технології планування проектів

Наведені задачі, які потрібно вирішувати в інтелектуальній надбудові функціональні і інформаційно є різними. Це виключає можливість створення єдиного ядра їх вирішення, чи то на базі неймереж, чи з використанням баз знань. Тому пропонується використати ідеї створення рефлекторних інтелектуальних систем [2]. Основна їх особливість – можливість одночасної обробки різних типів вхідних даних, з розрізнених джерел як єдиного вхідного потоку з виробленням рефлексів на довільні комбінації елементів цих даних. Що найбільше підходить для комбінування природномовної інформації від менеджерів, формалізованої та природномовної інформації з документів по проєкту, статистичної інформації з інформаційного стандарту та регламентної інформації виконання проєктів.

**Висновки.** Запропонована концепція створення інтелектуальної надбудови над інструментальними засобами планування проєктів на базі рефлекторної інтелектуальної системи, здатної сприймати та обробляти інформацію в звичайній природномовній формі та приймати рішення по плану проєкту з врахуванням попереднього досвіду планування робіт конкретними менеджерами і спеціалістами та величини відхилення цього плану від факту виконання.

### Список використаних джерел

1. Тесля Ю. М., Кубявка Л. Б., Єгорченков О. В., Єгорченкова Н. Ю. Програмно-інформаційні надбудови в управлінні портфелями проєктів і програм. Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті: наук. зб. Київ: НТУ, 2014. Вип. 1. С. 11–24.
2. Teslia I., Pylypenko V., Popovych N., Chorny O. The non-force interaction theory for reflex system creation with application to TV voice control. *6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2014)*. LERIA, France, 2014. P. 288–296.

## ЗНАННЄОРІЄНТОВАНА СИСТЕМНА ОПТИМІЗАЦІЯ В КОНТЕКСТІ УПРАВЛІНСЬКИХ ЗАДАЧ

Чаплінський Ю. П.

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України,  
м. Київ, Україна

**Анотація.** В роботі показано актуальність використання технології системної оптимізації при розв'язанні задач прийняття рішень в проблемних ситуаціях. Складність в реалізації прийняття рішень при розв'язанні сучасних прикладних задач полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, несумісності задач прийняття рішень через структуру або обмежуючі фактори тощо.

Системна оптимізація представляється засобом, що дозволяє враховувати особливості задач прийняття рішень та ідентифікувати, аналізувати та розв'язувати такі задачі. В роботі описано технологію прийняття рішень для управлінських задач, яка ґрунтується на методології системної оптимізації. Всі знання, що використовуються в процесі прийняття рішень на основі системної оптимізації, розглядаються в розрізі знань, що описують контекст, та знань, що описують контент. Для цього використовується взаємопов'язана множина онтологій, що являє собою багаторівневу асоціативну структуру. Представлено основні характеристики онтологічних складових прийняття рішень за допомоги технології системної оптимізації. Реалізація процесів технології системної оптимізації та інтеграція відповідних складових прийняття рішень базуються на представленні багаторівневої системи управління та прийняття рішення в ній через модель деякого контексту. Контекст описує чинники, що впливають на проблему, і забезпечує вимоги до рішень, які необхідно створити для осіб, що приймають рішення. Розглянуто використання контексту для реалізації технології системної оптимізації.

**Ключові слова:** контекст, онтологія, системна оптимізація, система підтримки прийняття рішень, управління знаннями.

# KNOWLEDGE-ORIENTED SYSTEM OPTIMIZATION IN THE CONTEXT OF MANAGEMENT TASKS

Chaplinsky Y.

V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The paper shows the relevance of using system optimization technology in solving decision-making tasks in problem situations. The difficulty in implementing decision-making in solving modern applied problems is the need to synthesize different points of view on the problem, the incompatibility of decision-making tasks due to structure or limiting factors, and so on.

System optimization is a tool that allows you to take into account the specifics of decision-making tasks and identify, analyze and solve such problems. The paper describes the technology of decision-making for management tasks, which is based on the methodology of system optimization. All knowledge used in the decision-making process based on system optimization is considered in terms of knowledge that describes the context and knowledge that describes the content. For this purpose, an interconnected set of ontologies, which is a multilevel associative structure, is used. Basic characteristics of ontological components of decision-making with the help of system optimization technology are presented. Implementation of system optimization processes and integration of relevant decision-making components are based on the presentation of the multi-level system of management and decision-making in it through a context model. The context describes the factors that influence the problem and provides requirements to solutions to be generated for decision-makers. The use of context for implementation of system optimization framework is considered.

**Keywords:** context, ontology, system optimization, decision support system, knowledge management.

**Вступ.** Комплексна та системна підтримка прийняття рішень сьогодні є домінуючим динамічним діловим середовищем. Діяльність як окремих людей, так і підприємств зараз все більшою мірою залежить від наявних в них знань як одного з найцінніших ресурсів і здатності їх ефективно використовувати. Більшість сучасних об'єктів управління вимагають використання гетерогенних (ієрархічних, комплексних, гібридних, що використовують різні мови опису тощо) моделей. З іншого боку, прийняття рішень в багатьох системах управління описуються взаємозв'язаними задачами. При чому, як правило, такі задачі виявляються несумісними через їх структуру, що склалася, та обмежувачими факторами.

**Мета роботи** – представити підтримку прийняття управлінських рішень, що базується на використанні методів та алгоритмів системної оптимізації і онтологічних методів представлення та обробки знань з врахуванням контекстів розв'язання задач прийняття рішень.

**Постановка задачі.** Для забезпечення прийняття рішень в сучасних умовах необхідні відповідні засоби, що відображають згадані особливості прийняття рішень та дозволяють ідентифікувати, аналізувати та маніпулювати всім різноманіттям об'єктів та відношень, що наявні в системі управління та можуть бути використані в проблемних ситуаціях. Таким особливостям задач прийняття рішень задовольняє технологія системної оптимізації, яка була запропонована В. М. Глушковым [1].

**Вирішення задачі.** Сучасна реалізація підтримки прийняття управлінських рішень базується на поєднанні та інтеграції знань, розумінні та ідеях розв'язання множин взаємозв'язаних задач з різних предметних областей, кожна з яких має свої специфічні передумови. Така підтримка прийняття рішень характеризується різноманітністю, багатомірністю, багаторівневістю.

В рамках такого прийняття рішень людини, що приймає рішення, необхідно врахувати множину властивостей, що визначаються та використовуються одночасно. Це вимагає розгляду процесів, структур, ресурсів, навколишнього середовища, а також взаємодії між

акторами процесу прийняття рішень. Складність в реалізації такого прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, несумісність задач прийняття рішень через структуру або обмежуючі фактори тощо. Цим особливостям процесів прийняття рішень задовольняє технологія системної оптимізації, суть якої полягає в цілеспрямованій зміні моделей прийняття рішень для досягнення спільності та у виборі найбільш прийняттого рішення поставленої задачі. Розв'язання задач на основі системної оптимізації можна представити в вигляді послідовності людино-машинних процедур, що включають формування моделі початкової задачі в термінах предметної області, переведення сформованої моделі в область задач, наприклад математичного програмування, та розв'язання задачі математичного програмування в багатокритеріальній постановці. Для представлення задач прийняття рішень та реалізації процесу прийняття рішень будемо використовувати взаємопов'язану множину онтологій прийняття рішень, що являє собою багаторівневу асоціативну структуру [2], яка включає наступні онтології: метаонтологію; базову онтологію; контекстну онтологію; множину онтологій представлення процесу прийняття рішень; онтологію реалізацій; онтологію представлення користувача та взаємодії з ним. При реалізації прийняття рішень необхідно використовувати тільки ті особливості дійсності, які є найважливішими для ситуації чи проблеми, тобто певний контекст. Під контекстом будемо розуміти будь-яку інформацію, яка може бути використана або характеризує відповідну проблемну область. При цьому концентрується увага на певних конкретних характеристиках, які визначаються через точки зору (аспекти розгляду).

**Висновок.** Використання знаннеорієнтованої системної оптимізації дає можливість перейти до безперервного аналізу ситуацій та плануванні дій, забезпечує проведення корекції процесу прийняття рішень без порушення технологічної цілісності, допускає багатоваріантність варіантів рішень та можливість їх отримання за різними критеріями і моделями. Результати роботи буде використано в рамках наукової роботи «Розробити типові онтологокеровані процедури системної оптимізації для розв'язання прикладних задач».

#### Список використаних джерел

1. Глушков В. М. О системной оптимизации. *Кибернетика*. 1980. № 5. С. 89–90.
2. Чаплінський Ю. П., Субботіна О. В. Онтологія та контекст при розв'язанні прикладних задач прийняття рішень. *Штучний інтелект*. 2016. № 2. С. 147–155.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ШВИДКОДІЮЧОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА СТАТИСТИКИ ВІДДАЛЕНИХ ВЕБ-РЕСУРСІВ

**Бабенко В. Г., Миронюк Т. В., Висоцький С. В., Висоцька І. П.**  
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Збір і аналіз статистики відвідуваності сайту важливий для оцінки багатьох параметрів, що характеризують ефективність роботи сайту (рекламні кампанії, оптимізація, партнерські посилання). А отже, розробка нових та вдосконалення існуючих інструментів для збору та інтерпретації статистичних даних, а також їх обробки та аналізу є сьогодні актуальною задачею. Об'єктом дослідження є статистика та моніторинг відвідуваності віддалених веб-ресурсів. Предметом дослідження є програмне забезпечення для реалізації системи моніторингу та статистики. Результатом дослідження є реалізована система моніторингу та статистики, яка виконує збір та відправку даних про відвідування з ресурсу веб-майстра до сервера у фоновому режимі, за рахунок чого збільшує швидкість побудови сторінки ресурсу у два рази, що підтверджує ефективність застосування реалізованої системи моніторингу і статистики віддалених веб-ресурсів.

**Ключові слова:** веб-сервіс, моніторинг, статистика, сервер, швидкодія.

## IMPLEMENTATION OF HIGH-SPEED SYSTEM OF MONITORING AND STATISTICS OF REMOTE WEB RESOURCES

**Babenko V., Myroniuk T., Vysotsky S., Vysotska I.**  
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** Collection and analysis of website traffic statistics is important for evaluating many parameters that characterise the effectiveness of a website (advertising campaigns, optimisation, affiliate links). Consequently, the development of new and the improvement of existing tools for collecting and interpreting statistical data, as well as their processing and analysis, is an urgent task today. The object of research is statistics and monitoring of remote web resources attendance. The subject of research is the software implementation of the system of monitoring and statistics. The result is the implemented system of monitoring and statistics, which collects and sends data on attendance from webmaster's resource to the server in the background, thereby doubling the speed of building the resource page, which confirms the effectiveness of the implemented system of monitoring and statistics of remote web resources.

**Keywords:** web service, monitoring, statistics, server, speed.

**Вступ.** На сьогоднішній день статистика та моніторинг надає можливість отримати дані про кількість переглядів сторінки та ресурсу в цілому, про географію відвідування сайту, дізнатися інформацію про переходи між сторінками, а також аудиторію веб-сайту [1]. Водночас збір та інтерпретація статистичних даних можуть ускладнюватися рядом обмежень, що можуть бути пов'язаними, як з технічними особливостями мережі та конкретних сайтів, так і з різноманітністю підходів щодо збору статистики та наявного широкого спектра засобів [2]. На даний момент область застосування систем статистики та моніторингу веб-сайтів [3] є досить вивченою. Найпопулярнішими такими системами є Google Analytics, Open Web Analytics та AngelFish. Але основним недоліком таких систем є повільна швидкість завантаження ресурсів в систему.

**Мета роботи** – розробка альтернативного способу збору статистики відвідуваності веб-ресурсу та реалізація на його основі швидкодіючої системи моніторингу та статистики віддалених веб-ресурсів.

**Основна частина.** Запропонований нами підхід щодо збору статистичних даних про відвідуваність сайту надає можливість користувачеві системи, а саме, WEB-майстру, використовуючи метод фонового звернення до серверу та кросдоменного AJAX-запиту,



зменшити час створення браузером HTML-сторінки. Розроблена система складається з двох частин: серверної, яка збирає та опрацьовує дані від веб-сайтів користувачів та користувацької, що виконує роботу з обробленими даними та здійснює підготовку щодо їх подання у відповідному вигляді користувачам системи. Основна відмінність створеної системи від вже існуючих систем полягає в тому, що система використовує фонову відправку та обробку даних про відвідування. Завдяки такому підходу система надає можливість зменшувати витрати часу на побудову сторінки ресурсу веб-майстра, але, водночас, отримувати всю необхідну інформацію про статистику. Розроблений JavaScript код розміщується на стороні клієнта та виконує запит до віддаленого серверу на основі кросдоменного AJAX-запиту, що, в свою чергу, виконується в фоновому режимі після повного завантаження сторінки.

Порівняльний аналіз окремих показників швидкодії реалізованої системи моніторингу та статистики віддалених веб-ресурсів із сучасними популярними аналогічними системами, такими як, Google Analytics, Open Web Analytics та Angelfish наведено на рисунку 1. Для отримання результату швидкості завантаження веб-сторінки ми використали відкрите програмне забезпечення компанії Google Lighthouse. Базові характеристики апаратного забезпечення для проведення експериментальних досліджень: Apple MacBook Pro 2019; CPU: Intel Core i7 2,6 ГГц; RAM: 16 ГБ DDR4 2400 МГц; GPU: Radeon Pro 555X.

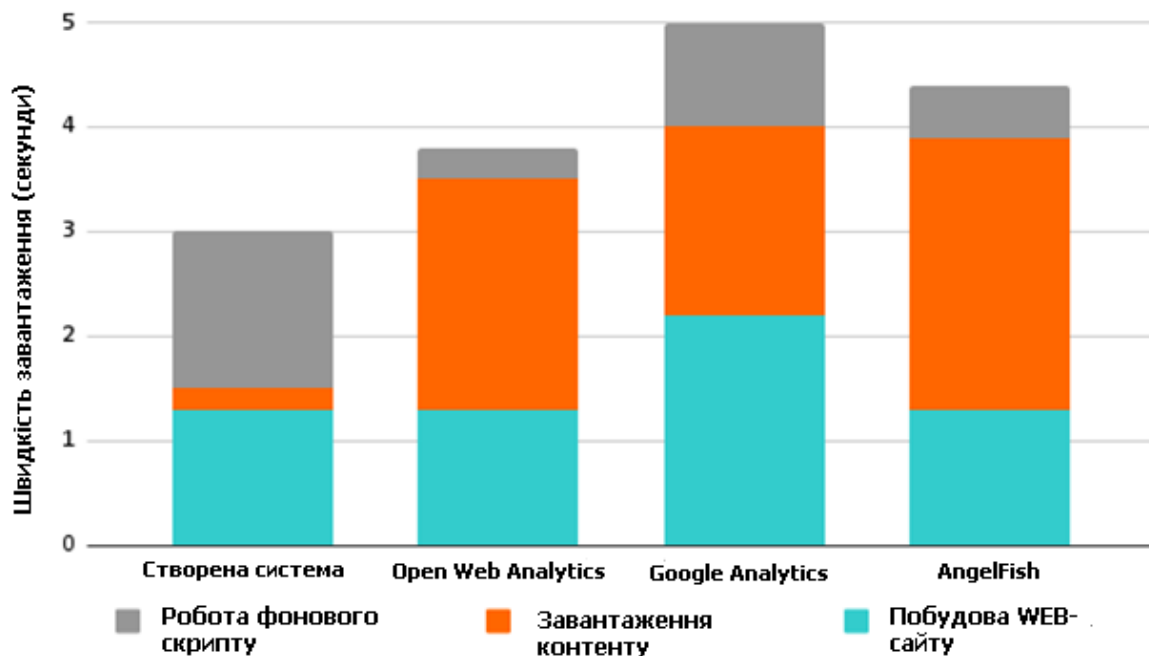


Рисунок 1 – Час завантаження ресурсів при застосуванні розробленого підходу щодо реалізації системи статистики та моніторингу

Час завантаження сторінки при використанні реалізованого ПЗ становить 1,5 секунди, тоді як при використанні аналогів необхідно більше 3 секунд, що у 2 рази більше.

**Висновки.** Наукова новизна даного дослідження полягає у створенні та застосуванні нового підходу щодо обміну інформацією між ресурсом та сервером, що мінімізує кількість трафіку, який використовується при відправленні даних на сервер. Результатом є реалізована система, яка за рахунок використання запропонованого підходу на основі фонові відправки та обробки даних про відвідування, надає можливість зменшити витрати часу на побудову сторінки ресурсу веб-майстра, отримуючи при цьому всю необхідну інформацію про статистику. У результаті проведення порівняльного аналізу швидкодії веб-сайту було визначено, що застосування розробленої системи моніторингу та статистики віддалених веб-ресурсів збільшує швидкість завантаження більше ніж у два рази.

### Список використаних джерел

1. Пахольчук Я. Інструменти веб-аналітики для аналізу відвідувачів сайтів. Суспільні комунікації. 2018. № 1 (3). С. 71–77.
2. Mokalis A. L. Google Analytics Demystified (4th ed.). CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018. 773 p.
3. Clifton B. Advanced Web Metrics with Google Analytics (3rd ed.). Sybex. April 3, 2012. 528 p.

## МЕТОД ЗМЕНШЕННЯ РІВНЯ ПОЗАСМУГОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ OFDM

**Биков Р. Г.**

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, м. Одеса, Україна

**Анотація.** Технологія OFDM базується на паралельних потоках передачі інформації із ущільненням несучих частот. Спектральна щільність OFDM сигналу значною мірою визначається спектром формуючого імпульсу. Запропонована апроксимація імпульсу з введенням нових параметрів дозволяє збільшити кількість його ступенів свободи і сконструювати сигнал з необхідними властивостями. Об'єктом дослідження є пошук методів зменшення рівня позасмугового випромінювання в OFDM системі. Предмет дослідження – застосування формуючих імпульсів для зменшення позасмугового випромінювання в OFDM системі. Отримані результати показали, що синтезований двопараметричний формуючий імпульс Найквіста має менший рівень перших бічних пелюстків спектральної щільності порівняно з такими імпульсами, як прямокутний імпульс та імпульс виду «Припіднятий косинус». Напрямом подальшого дослідження є оцінка завадостійкості OFDM системи в умовах міжканальної інтерференції з використанням синтезованого імпульсу.

**Ключові слова:** імпульс Найквіста, спектр, позасмугове випромінювання, OFDM.

## METHOD OF REDUCTION OF OUT-OF-BAND EMISSION IN OFDM TECHNOLOGY

**Bykov R.**

State University of Intelligent Technologies and Communications, Odesa, Ukraine

**Abstract.** OFDM technology is based on parallel data streams with frequency multiplexing. Spectral density of OFDM signal is largely determined by the spectrum of its shaping pulse. The proposed approximation of pulse shaping with the introduction of new parameters allows to increase the number of its degrees of freedom and to construct a signal with required properties. The object of research is to find methods to reduce the level of the out-of-band emission in the OFDM system. The subject of research is the use of pulse shaping to reduce out-of-band emission in the OFDM system. Obtained results show that synthesized twoparametric Nyquist shaping pulse has the lowest level of first side lobes of its spectral density compared to pulses, such as rectangular pulse and raised-cosine pulse. The direction of further research is to estimate the noise immunity of the OFDM system in the conditions of interchannel interference using the synthesized pulse.

**Keywords:** Nyquist pulse, spectrum, out-of-band emission, OFDM.

**Вступ.** Для OFDM сигналів характерним є підвищений рівень бічних пелюстків спектральної щільності. Високий рівень позасмугового випромінювання може створювати завади сусіднім радіослужбам, додатково погіршується завадостійкість системи при частотних зсувах між передавачем і приймачем. Для зменшення рівня позасмугового випромінювання існують різні методи. Зокрема, у передавачі використовуються формуючі імпульси Найквіста [1]. У даному повідомленні для тієї ж мети застосовується метод, заснований на використанні багатопараметричних функцій.

**Мета роботи** – синтез формуючого імпульсу Найквіста з низьким рівнем позасмугового випромінювання.

**Постановка задачі.** У роботі було поставлено такі задачі:

- дослідження залежності рівня позасмугового випромінювання двопараметричного формуючого імпульсу Найквіста у перших трьох бічних пелюстках спектральної щільності від параметра  $\beta$  при фіксованому параметрі  $\alpha=0,25$ .

- порівняння рівня позасмугового випромінювання з іншими імпульсами, що застосовуються в OFDM системі.

**Основна частина.** В якості досліджуваних функцій обрані прямокутний імпульс, імпульс виду «Припіднятий косинус» [2] та двопараметрична функція Найквіста з кусково-лінійною апроксимацією [3]:

$$s_1(t) = \begin{cases} U, & |t| \leq \frac{T}{2}; \\ 0, & |t| > \frac{T}{2}, \end{cases} \quad (1)$$

$$s_2(t) = \begin{cases} U, & 0 \leq |t| < t_A; \\ \frac{U}{2} \left( 1 + \cos \left( \frac{\pi}{\alpha T} \left( |t| - (1 - \alpha) \frac{T}{2} \right) \right) \right), & t_A \leq |t| < t_B; \\ 0, & |t| \geq t_B, \end{cases} \quad (2)$$

$$s_3(t) = \begin{cases} U, & 0 \leq |t| < t_A; \\ (1 - \beta)U, & t_A \leq |t| < t_C; \\ \beta U, & t_C \leq |t| < t_B; \\ 0, & |t| \geq t_B, \end{cases} \quad (3)$$

де  $t_A = (1 - \alpha)t_C$ ;  $t_B = (1 + \alpha)t_C$ ;  $t_C = T/2$ ;  $0 \leq \alpha \leq 1$ ;  $0 \leq \beta \leq 1$ .

Відповідні спектральні щільності (1)-(3) визначаються як:

$$S_1(f) = UT \operatorname{sinc}(\pi T f), \quad (4)$$

$$S_2(f) = UT \operatorname{sinc}(\pi T f) \frac{\cos(\pi \alpha T f)}{1 - 4\alpha^2 T^2 f^2}, \quad (5)$$

$$S_3(f) = UT \operatorname{sinc}(\pi T f) [1 - 2\beta(1 - \cos(\alpha \pi T f))], \quad (6)$$

$$\operatorname{sinc}(x) = \begin{cases} \sin(x)/x, & x \neq 0, \\ 1, & x = 0. \end{cases}$$

Вираз, що визначає енергію у перших трьох бічних пелюстках спектра при  $\Delta f = [1/T; 4/T]$ , може бути представлений у вигляді:

$$E = \int_{1/T}^{4/T} |S(f)|^2 df. \quad (7)$$

За виразом (7) був побудований графік залежності нормованої енергії перших бічних пелюстків спектральної щільності функції (6) від параметра  $\beta$  при  $\alpha=0,25$  (рисунок 1).

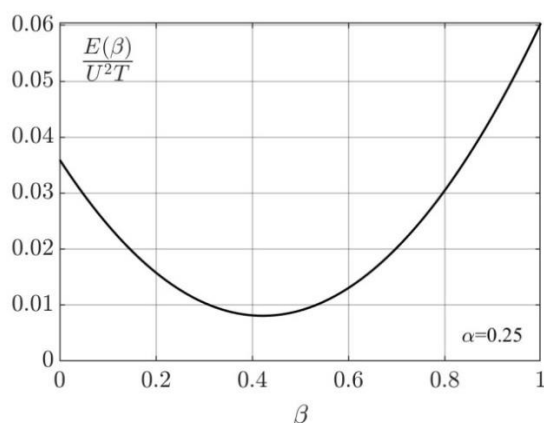


Рисунок 1 – Залежність нормованої енергії перших трьох бічних пелюстків спектральної щільності формуючого імпульсу від параметра  $\beta$  при  $\alpha=0,25$

Мінімальному значенню енергії на рисунку 1 відповідає параметр  $\beta_{\text{опт}}=0,422$ . На рисунку 2 наведені графіки досліджуваних функцій у часовій та частотній області.

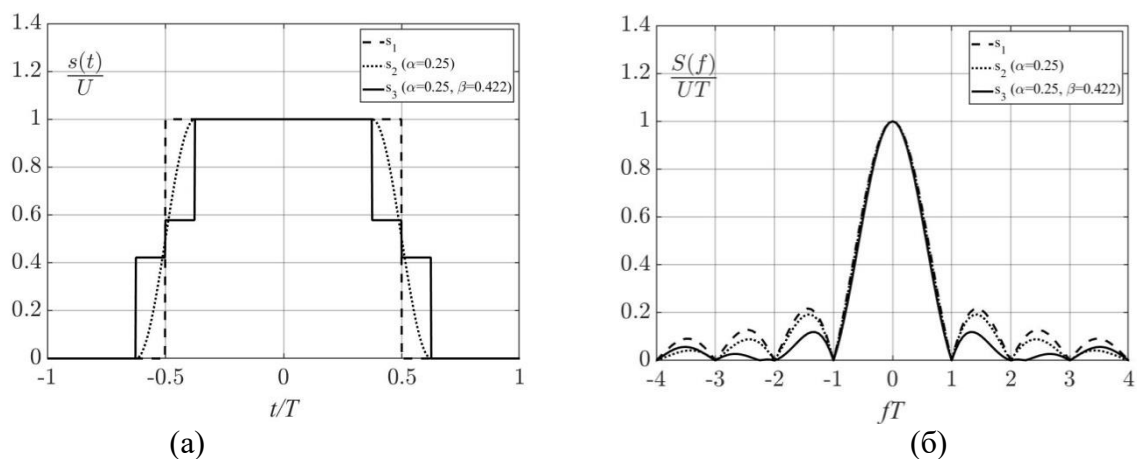


Рисунок 2 – Графіки досліджуваних імпульсів у часовій та частотній області

Аналіз рисунка 2 показує, що синтезована двопараметрична функція має найменший рівень перших бічних пелюстків спектральної щільності серед трьох досліджуваних імпульсів (4)-(6).

**Висновки.** Синтезовано двопараметричний формуючий імпульс Найквіста з низьким рівнем енергії перших бічних пелюстків спектральної щільності для застосування в OFDM системі. Цей імпульс має менший рівень позасмугового випромінювання при  $\alpha=0,25$  та  $\beta_{\text{опт}}=0,422$  порівняно з прямокутним імпульсом та імпульсом виду «Припіднятий косинус».

### Список використаних джерел

1. Kamal S., Azurdia-Meza C. A., Lee K. S. Improved Nyquist-I pulses to enhance the performance of OFDM-based systems. *Wireless Personal Communications*. Aug. 2017. Vol. 95. No. 4. P. 4095–4111.
2. Tan P., Beaulieu N. C. Analysis of the effects of Nyquist pulse-shaping on the performance of OFDM systems with carrier frequency offset. *European Transactions on Telecommunications*. 2009. Vol. 20. P. 9–22.
3. Сукачев Э. А. Введение в теорию сигналов Найквиста: монография. Одесса: Освіта України, 2016. 108 с.

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ ДЛЯ ШИРОКОСМУГОВИХ SDR СИСТЕМ КОГНІТИВНОГО РАДІО

Голубничий О. Г., Заліський М. Ю., Тараненко А. Г., Габрусенко Є. І., Щербина О. А.  
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

**Анотація.** Метою дослідження є розроблення інтелектуальної методики вимірювання параметрів сигналів для широкосмугових радіосистем когнітивного радіо зі змінюваними параметрами сигнально-кодових конструкцій, яка адаптована до використання програмно-апаратними засобами радіосистем з обробленням сигналів на програмному рівні (Software Defined Radio, SDR). Об'єктом дослідження є процеси вимірювання енергетичних параметрів сигналів і завад. Предметом дослідження є сигнали та шуми (їх адитивні та мультиплікативні складові), які підлягають вимірюванню на фізичному рівні широкосмугових SDR систем когнітивного радіо. У дослідженні використовується метод непрямих вимірювань та кореляційний метод оброблення сигналів з введенням додаткових вимірювальних сигналів. Інтелектуальна складова запропонованої в результаті досліджень методики полягає в автоматичному адаптивному налаштуванні вимірювальної системи оброблення сигналів шляхом встановлення її оптимальних параметрів.

**Ключові слова:** широкосмугова радіосистема, програмно-апаратні засоби телекомунікацій, когнітивне радіо, вимірювання сигналів, інтелектуальна система.

## INTELLIGENT TECHNIQUE OF MEASUREMENT OF SIGNAL PARAMETERS FOR BROADBAND SDR SYSTEMS OF COGNITIVE RADIO

Holubnychyi O., Zaliskyi M., Taranenko A., Gabrousenko Ye., Shcherbyna O.  
National Aviation University, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The aim of the study is to develop an intelligent technique of measurement of signal parameters for broadband cognitive radio systems, which takes into account a variability of parameters of signal and code structures and a possibility of signal processing in a Software Defined Radio (SDR) equipment. The object of research is the processes of measuring the energy parameters of signal and noise. The subject of research is signals and noises (their additive and multiplicative components), which are to be measured at the physical level of broadband SDR systems of cognitive radio. The study uses the method of indirect measurements and the correlation method of signal processing with the introduction of additional measurement signals. The intelligent component of the proposed technique is the automatic adaptive tuning of the measuring system of signal processing by setting its optimal parameters.

**Keywords:** broadband radio system, telecommunications software and hardware, cognitive radio, signal measurement, intelligent system

**Вступ.** Інтелектуальні системи, які пов'язані з обробленням сигналів і вимірюванням їх параметрів, використовуються в галузі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій [1]. Методи вимірювання параметрів сигналу є особливо важливими для широкосмугових малопотужних телекомунікаційних систем, які характеризуються малими значеннями співвідношення сигнал/шум, наприклад, ряду систем когнітивного радіо. Різновидом вимірювань параметрів сигналів в цьому контексті є вимірювання параметрів сигналів та завад в SDR системах з розширенням спектра сигналу та змінними параметрами.

**Мета роботи** – розроблення інтелектуальної методики вимірювання параметрів сигналів для широкосмугових SDR систем когнітивного радіо, яка враховує математичний опис сигналів із розширеним спектром та багатопозиційною модуляцією, варіювання параметрів цих сигналів в SDR системах, а також використовує точність вимірювань для адаптивного налаштування.

**Постановка проблеми.** У широкосмугових SDR системах когнітивного радіо при обробленні сигнально-кодових конструкцій окреме місце посідає проблема оцінювання рівня сигналів, близьких за своїми властивостями до шуму, та завад, оскільки оптимальні порогові значення прийняття рішень (про прийнятий символ тощо) залежать від цих даних та суттєво впливають на ефективність передавання та оброблення сигналів і даних в цілому.

**Виклад основного матеріалу.** Сигнал на вході SDR приймача у системі когнітивного радіо при використанні сигналів з розширеним спектром може бути представлений виразом

$$Z(t) = \mu S(t) + \eta(t) = \mu \sum_{n=1}^N a_n(t) x_n(t) + \eta(t), \quad n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де  $\mu$  – складова мультиплікативних завад, рівень яких є сталим порівняно з тривалістю одного переданого символу  $\tau$ ,  $\eta(t)$  – адитивні завади,  $N$  – кількість ортогональних складових сигналу з базою  $G$ ,  $a_n(t)$  – символи з  $M$  симетричними амплітудними рівнями  $a_{n,l}$ ,  $l = \overline{1, M}$ , які передаються з використанням опорних ортогональних сигналів  $x_n(t)$ . Значення  $\mu$  та дисперсія адитивних завад  $\sigma_\eta^2$  є предметом оцінювання в методиці, яка пропонується.

Запропонована методика вимірювання параметрів сигналів базується на такій системі оброблення сигналів:

$$E_m = \int_{t \in \tau} [K_m Z(t) + \tilde{\eta}_m(t)] [L_m x_n(t) + \tilde{\xi}_m(t)] dt, \quad (2)$$

де  $K_m, L_m$  – коефіцієнти підсилення (придушення)  $Z(t)$  та  $x_n(t)$  відповідно;  $\tilde{\eta}_m(t), \tilde{\xi}_m(t)$  – взаємно некорельовані сигнали на інтервалі часу  $t \in \tau$ , які додатково формуються у системі оброблення сигналів та є близькими за статистичними властивостями до білого шуму; запропонована система оброблення сигналів містить дві ланки обробки,  $m = 1, 2$  (рисунок 1).

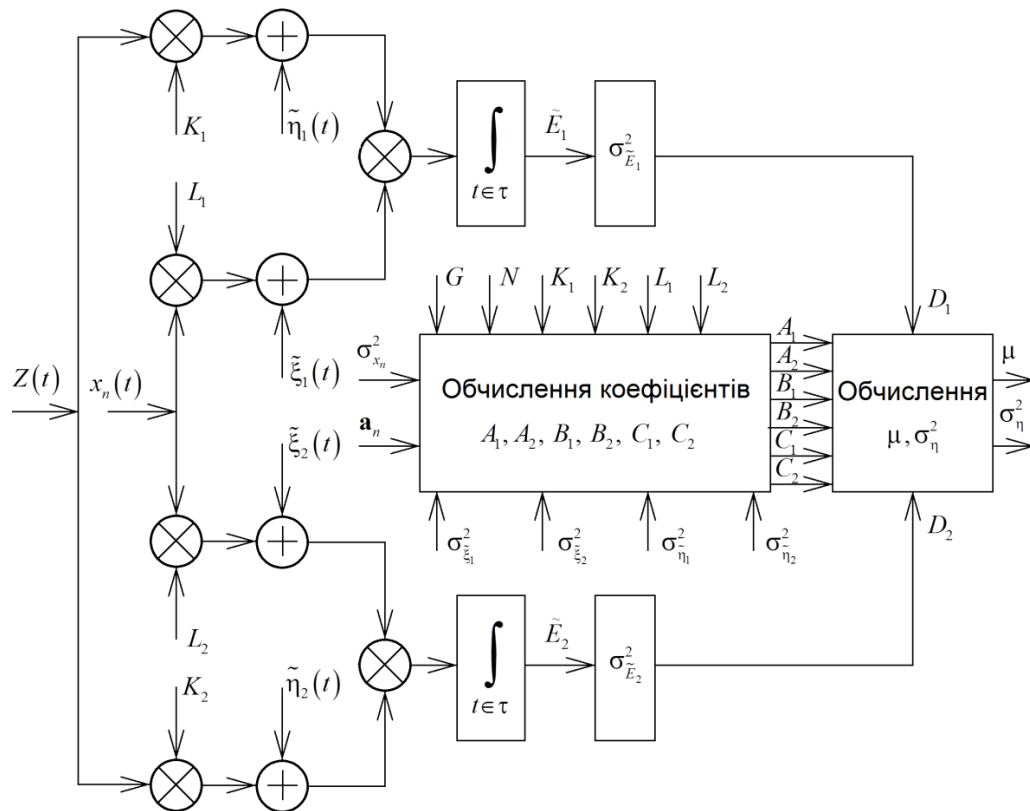


Рисунок 1 – Система оброблення сигналів, яка реалізує запропоновану методику вимірювання

**Висновки.** Запропонована інтелектуальна методика вимірювання параметрів сигналів для широкосмугових SDR систем когнітивного радіо. Запропонована методика заснована на методі непрямих вимірювань і дозволяє оцінювати рівень сигналу, мультиплікативних та адитивних завад. Інтелектуальна складова запропонованої методики полягає у автоматичному адаптивному налаштуванні системи оброблення сигналів шляхом встановлення її оптимальних параметрів.

#### Список використаних джерел

1. Measurements and statistical analyses of electromagnetic noise for industrial wireless communications / J. Zhang et al. *International Journal of Intelligent Systems*. 2021. No. 36 (3). P. 1304–1330.

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАФІКУ МУЛЬТИСЕРВІСНИМИ МЕРЕЖАМИ

Моркун В. С.<sup>1</sup>, Грищенко С. М.<sup>2</sup>, Грищенко Я. О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

<sup>2</sup>Державний податковий університет, м. Ірпінь, Україна

<sup>3</sup>Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна

**Анотація.** Застосування інформаційно-комунікаційних технологій в навчанні на сучасному етапі, безсумнівно, може стати каталізатором у вирішенні важливих соціальних задач підвищення доступності і якості освітніх ресурсів та послуг. Все змінилося з приходом Інтернету в кожний дім. Постійне зростання обсягу інформації, збільшення швидкості передачі інформаційних потоків у цифрових мережах зв'язку, як і раніше, залишається актуальним. Інформаційні технології досягли небувалого розквіту. Актуальним є завдання оцінки якості обслуговування потоків трафіку. Метою статті є дослідження трафіку та якості забезпечення для користувачів. Об'єктом дослідження є трафік мультисервісних мереж. Для досягнення поставленої мети було використано методи дослідження: теоретичні (аналіз, узагальнення) та структурно-функціональні. Результатами дослідження є ознаки контролю на об'єкті, зокрема показники якості функціонування, такі як ефективність, надійність, точність.

**Ключові слова:** інформаційні технології, застосування, контроль, мультисервісні мережі.

## ENSURING THE QUALITY OF TRAFFIC SERVICE BY MULTISERVICE NETWORKS

Morkun V.<sup>1</sup>, Hryshchenko S.<sup>2</sup>, Hryshchenko Y.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

<sup>2</sup>State Tax University, Irpin, Ukraine

<sup>3</sup>State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The use of information and communication technologies in education at the present stage, undoubtedly, can become a catalyst in solving important social problems of increasing accessibility and quality of educational resources and services. Everything has changed with the arrival of the Internet to every home. The constant increase in the amount of information, increase in the speed of transmission of information flows in digital communication networks, as before, remain relevant. Information technologies have reached an unprecedented level of sophistication. The task of assessing the quality of traffic flow servicing is relevant. The aim of the article is to study the traffic and quality of maintenance for users. The object of research is the traffic of multiservice networks. To achieve this goal, the following research methods have been used: theoretical (analyzing, summarizing) and structural-functional ones. The results of the study are signs of control on the object, including indicators of quality of operation, such as efficiency, reliability, accuracy.

**Keywords:** information technologies, implementation, control, multiservice networks.

**Вступ.** Сучасний рівень розвитку інформаційного суспільства та інтелектуальних сфер діяльності людини в сучасному суспільстві базується на використанні цифрових та телекомунікаційних технологій. Постійне зростання обсягу інформації, збільшення швидкості передачі інформаційних потоків у цифрових мережах зв'язку, як і раніше, залишається актуальним завданням оцінки якості обслуговування потоків трафіку.

**Постановка проблеми.** Задачею сучасних телекомунікаційних систем є забезпечення заданого рівня якості обслуговування користувачів.

**Метою роботи** є дослідження трафіку мультисервісних мереж та якості забезпечення для користувачів.

Для досягнення поставленої мети було використано такі методи дослідження: аналіз різних поглядів науковців на проблему, що досліджується, – для вивчення стану її розробленості; структурно-функціональний – для виділення та характеристики моделей та

інженерних методів; порівняння – для виявлення якісних характеристик забезпечення якості обслуговування, узагальнення – для визначення стану дослідження трафіку та забезпечення якості для користувачів.

**Основна частина.** Постійне вдосконалення галузі телекомунікацій змінило як політику ціни, так і в цілому зниження навантаження на передачу даних. Для вирішення проблем аналізу телекомунікаційних систем необхідно мати у своєму розпорядженні відповідні моделі та інженерні методи, що дозволяють на основі даних вимірювань оцінювати якість надання послуг та прогнозувати характеристики їх роботи. І тому широко застосовується теорія систем масового обслуговування (СМО).

Цією проблематикою займалися вчені Литвинов А. Л., Майоров С. А., Ерланг А. К., Феллер В. та ін.

Наприклад, науковець А. К. Ерланг заклав основи теорії масового обслуговування в перші два десятиліття 20-го століття. В. Феллер ввів поняття процесу розмноження і загибелі, і теорія систем масового обслуговування привернула увагу математиків, як об'єкт серйозного дослідження.

Різноманітні підходи побудови мультисервісних мереж і аналізу трафіку відображено у працях зарубіжних авторів W. E. Leland, M. S. Taqqu, W. Willinger, D. V. Wilson, A. S. Tanenbaum, D. J. Wetherall та ін.

У загальній математичній моделі СМО вагоме місце займає модель вхідного потоку заявок [2]. Контроль функціонування мережі, усунення перевантажень – все це є частиною в забезпеченні надійності необхідного рівня надійності якості мережі [1]. Форми оцінювання розмірів черг, що застосовувалися раніше, придатні виключно для пуассонівських потоків, і, при розрахунках трафіку, дають похибки, що перевищують 100-200%.

Спостереження за потоком трафіку називається політикою трафіку (policing and shaping – формування та регулювання трафіку) [1].

Збільшення обсягу наданих послуг призводить до необхідності швидкої реорганізації мережі, появи нових абонентів та перерозподілу навантажень. Все це викликає необхідність швидкої оцінки необхідної пропускнуєї спроможності інтерфейсів доступу.

У цих умовах розробка нових методів аналізу трафіку мультисервісних мереж, що забезпечують простоту розрахунків та їхню прийнятну точність, стає особливо актуальною.

У пакетних мультисервісних мережах зв'язку потоки пакетів (трафік) суттєво відрізняються від моделі пуассонівського потоку, що описується експоненційною функцією розподілу інтервалу часу між моментами надходження сусідніх пакетів. Тут потоки пакетів формуються безліччю різних джерел запитів на послуги, що надаються мережею, та мережними додатками, що забезпечують послуги передачі відео, даних, мовлення та ін. Джерела запитів, беручи участь у процесі створення потоку пакетів, істотно відрізняються між собою значеннями питомої інтенсивності навантаження. Інтенсивність навантаження результуючого потоку пакетів у кожний момент часу залежить від того, якими додатками обслуговуються джерела запитів та співвідношення їх чисельності для різних додатків. На структуру трафіку також впливають і технологічні особливості алгоритмів обслуговування. Якщо, наприклад, послуга забезпечується декількома додатками, або, якщо в протоколах застосовується повторна передача невірно прийнятих пакетів, то моменти виникнення запитів на встановлення сеансів зв'язку сильно кореговані. Через це в процесі обслуговування вихідні потоки зазнають значних змін і в підсумковому трафіку з'являються довгострокові залежності в інтенсивності надходження пакетів. Клієнти вимагають від мережі більш надійних гарантій продуктивності. Зокрема, мультимедійні програми часто потребують мінімальної пропускнуєї здатності та максимальної затримки для роботи продуктів. При цьому ознаками контролю є якість, надійність, точність послуг.



Це сфера, в якій Інтернет переживає тривалий період оновлення.

Простим рішенням для забезпечення високої якості обслуговування є побудова мережі достатньої потужності для будь-якого трафіку, який буде кинутий на нього. Назва цього рішення – надмірне надання. Отримана мережа буде переносити трафік додатків без значних втрат і, за умови гідної схеми маршрутизації, доставлятиме пакети з низькою затримкою.

**Висновки.** Узагальнюючи, можна зазначити, що трафік вже не є простою сумою безлічі незалежних стаціонарних та ординарних потоків, що властиво пуасонівським потокам телефонних мереж зв'язку. У мультисервісних мережах з комутацією пакетів трафік є різнорідним, а потоки різних програм вимагають забезпечення відповідних рівнів якості обслуговування. Ознаками контролю на об'єкті є показники якості функціонування, такі як ефективність, надійність, точність та інші.

Для забезпечення якості обслуговування необхідно вирішити чотири аспекти:

- поставленого завдання контролю перевантажень мережного сегменту;
- досягнення необхідного рівня достовірності за визначенням стану об'єкту;
- інформаційній значущості параметрів, використовуваних для визначення ознаки;
- виглядом функціональної залежності показника якості від параметрів;
- чутливості параметрів до змін, що відбуваються в об'єкті при появі несправності [3].

Резюмуючи можна сказати, що напрямками подальших розвідок є розробка методу дослідження трафіку мультисервісних мереж на основі аналізу розподілу кількості заявок.

### Список використаних джерел

1. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. Computer Networks. 5th ed. Cloth: Prentice Hall, 2011. 960 p.
2. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування : навч. посіб.; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 141 с.
3. Штіммерман А. М., Якимчук Н. М., Сорокін Д., Торошанко А. І. Управління мережним трафіком на основі диференційованих і інтегрованих послуг. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*: наук. журн. Київ: ДУТ, 2020. № 4 (69). С. 60–68. doi: 10.31673/2412-4338.2020.046068.

## ПРОЄКТУВАННЯ ПРИВАТНИХ МЕРЕЖ 5G ДЛЯ ПОТРЕБ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

Одарченко Р. С.<sup>1</sup>, Смірнова Т. В.<sup>2</sup>, Смірнов О. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Центральноукраїнський національний технічний університет,  
м. Кропивницький, Україна

**Анотація.** Фахівці відводять ключову роль в автоматизації виробничих процесів саме технології зв'язку 5-го покоління. Побудова подібних мереж може стати в пригоді при автоматизації виробничих процесів сучасних підприємств. Таким чином, необхідно розробити найбільш ефективні підходи для планування оптимальної архітектури приватних мереж 5G для потреб виробничих підприємств. Дослідження, проведені в цій роботі, дозволили провести розробку методів удосконалення мережевої архітектури підприємств з метою подальшої оптимізації виробничих процесів. Так, було розроблено метод планування мережі 5G для автоматизації виробничих процесів підприємства, що дає змогу проводити планування оптимальної структури стільникової мережі 5G для оптимізації виробничих процесів, оцінювати та зменшувати сукупні витрати на побудову мережі, при цьому забезпечуючи необхідні показники якості обслуговування вузлів мережі та її надійності.

**Ключові слова:** 5G, приватна мережа, проєктування, виробниче підприємство.

## DESIGN OF PRIVATE 5G NETWORKS FOR THE NEEDS OF MANUFACTURING ENTERPRISES

Odarchenko R.<sup>1</sup>, Smirnova T.<sup>2</sup>, Smirnov O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Aviation University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

**Abstract.** Experts assign a key role in the automation of production processes to the 5-th generation communication technology. The construction of such networks can be useful in automating the production processes of modern enterprises. Thus, it is necessary to develop the most effective approaches for planning the optimal architecture of private 5G networks for the needs of industrial enterprises. The research conducted in this work allows to develop methods for improving the network architecture of enterprises in order to further optimize production processes. Thus, a method of 5G network planning has been developed to automate production processes of the enterprise, which allows planning the optimal structure of 5G cellular network to optimize production processes, evaluate and reduce total network construction costs, while providing the necessary indicators of network node quality and reliability.

**Keywords:** 5G, private network, design, manufacturing enterprise.

**Вступ.** Фахівці відводять ключову роль в автоматизації виробничих процесів саме технології зв'язку 5-го покоління – 5G [1]. З урахуванням того, що мережі 5G будуть обслуговувати крім традиційних мобільних телефонів велику кількість різних пристроїв M2M та IoT, які мають специфічні характеристики та вимоги, використання технології Network Slicing дозволить підвищити ефективність роботи мобільних мереж зв'язку та якість послуг, що надаються. При віртуалізації мережевих функцій мережі радіодоступу основна функціональність базових станцій 5G, що відповідає за цифрову обробку сигналу, синхронізацію та управління, розміщуватиметься у хмарі (Software Defined Radio – SDR) окремо від радіоголовок (RRH) та антен, дозволяючи реалізовувати переваги когнітивного радіо та знижувати капітальні та операційні витрати на мережу радіодоступу. Застосування концепції мереж, що самоорганізуються, радіодоступу (Self Organizing Networks – SON) забезпечить підвищення ефективності розподілу, якості обслуговування користувачів та SDN), у якій рівень управління мережею відокремлений від пристроїв передачі і реалізується програмними засобами, дозволить перерозподіляти апаратні ресурси залежно від навантаження, підвищуючи ефективність їх використання, скорочення операційних витрат за рахунок автоматизації процесів формування радіопокриття та координації роботи сусідніх базових станцій різного рівня (мікро та макробазових) [2]. Архітектура мережі 5G (SDR і SDN), у якій рівень управління мережею відокремлений від пристроїв передачі і реалізується програмними засобами, дозволить перерозподіляти апаратні ресурси залежно від навантаження, підвищуючи ефективність їх використання. Саме тому побудова подібних мереж може стати в пригоді при автоматизації виробничих процесів сучасних підприємств. Таким чином, необхідно розробити найбільш ефективні підходи для планування оптимальної архітектури приватних мереж 5G для потреб виробничих підприємств.

**Мета роботи.** Науково обґрунтоване планування й оптимізація інформаційних мереж, які забезпечують надання запитуваних послуг із заданими показниками ефективності функціонування, є дуже складною науково-технічною й економічною проблемою, без вирішення якої неможливе створення інформаційної інфраструктури підприємства, що відповідає всім потребам та сформованим вимогам. Тому метою даної роботи є дослідження проблем та відповідно розробка рекомендацій по усуненню проблем під час проектування приватних мереж 5G.

**Формулювання проблеми дослідження.** При цьому було враховано, що однією з головних проблем розгортання сучасних безпроводових мереж зв'язку є більш ефективне планування, що дозволить з одного боку забезпечити необхідну якість обслуговування (цільову ефективність) та з іншого підвищити економічну ефективність використання мережевих ресурсів.

Тому метою роботи є удосконалення мережевої архітектури підприємств з метою подальшої оптимізації виробничих процесів.

**Вирішення проблеми.** Кожне виробниче підприємство повинно очікувати отримання максимального ефекту від вкладання власних коштів у свої власні проекти інформатизації. Величину цього ефекту можна відобразити на величині прибутку підприємства від реалізації проекту інформатизації. Виходячи із цих тверджень, можна проводити вибір оптимального проектного рішення, використовуючи критерій оптимальності Байєса-Лапласа (BL-критерій) [3]. Доцільно також обґрунтувати використання, як оціночної функції оптимальності – чистого приведеного ефекту за проектом інформатизації, як інтегрального показника ефективності проектних рішень. Таким чином, за аналізом результатів [4, 5], можна зробити висновок про необхідність розгортання на підприємствах саме мікrostільникової структури мережі із використанням радіочастот у діапазонах 700, 800 або 2600 МГц.

Процес планування радіомережі для автоматизації виробничих процесів підприємства необхідно виконувати у відповідності до наступної послідовності кроків: проектування покриття радіомережі із визначення місця розташування кожної базової станції (в мережах 5G – gNb), побудова комунікаційного транспортного сегменту із визначенням місцезнаходження кросових приміщень.

**Висновки.** Дослідження, проведені в даній роботі, дозволили провести розробку методів удосконалення мережевої архітектури підприємств з метою подальшої оптимізації виробничих процесів. Таким чином, було розроблено метод планування мережі 5G для автоматизації виробничих процесів підприємства, що полягає в послідовному забезпеченні проектування покриття радіомережі із визначення місця розташування кожної базової станції з використанням оптимізованої моделі оцінки втрат потужності радіосигналу на шляху розповсюдження з урахуванням обмежень по мінімальній пропускній здатності, кількості підключень та надійності та побудови комунікаційного транспортного сегменту із визначенням оптимального місцезнаходження кросових приміщень.

Розроблений метод дає змогу проводити планування оптимальної структури стільникової мережі 5G для оптимізації виробничих процесів, оцінювати та зменшувати сукупні витрати на побудову мережі, при цьому забезпечуючи необхідні показники якості обслуговування вузлів мережі та її надійності.

#### Список використаних джерел

1. Bondarenko O., Ageyev D., Mohammed O. Optimization model for 5G network planning. 2019 *IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*. 2019. P. 1–4. doi: 10.1109/CADSM.2019.8779298.
2. Integration of SDR and SDN for 5G / Cho Hsin-Hung et al. *IEEE Access*. 2014. No. 2. P. 1196–1204.
3. Multicriteria optimization in telecommunication networks planning, designing and controlling / V. M. Bezruk et al. *Open Book "Telecommunications Networks"*. 2012. P. 251–274.
4. Propagation path loss models for 5G urban micro-and macro-cellular scenarios / S. Sun, T. S. Rappaport, S. Rangan et al. *2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)* (2016, May). P. 1–6.
5. An open-source techno-economic assessment framework for 5G deployment / E. J. Oughton et al. *IEEE Access*. 2019. No. 7. P. 155930–155940.

## АНАЛІЗ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ЦИФРОВОГО КОГЕРЕНТНОГО МОДЕМУ З БІЛИМ ШУМОВИМ СИГНАЛОМ

Первунінський С. М.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Нині значна увага розробників телекомунікаційних систем приділяється створенню модемів з шумоподібними та шумовими сигналами. Такі модеми мають безперечні переваги в заводозахисності, конфіденційності передачі інформації, електромагнітній сумісності з сусідніми

електронними пристроями. В роботі проведено теоретичний аналіз завадостійкості демодулятора модему з сигналами типу білого шуму, що передаються через канал з постійними параметрами при дії адитивної гауссової завади. Аналіз завадостійкості виконаний з використанням методу характеристичних функцій, що дозволило отримати потенційну теоретичну оцінку. Отримані теоретичні результати можуть бути використані при порівняльному аналізі завадостійкості модемів з широкосмуговими сигналами.

**Ключові слова:** цифровий бінарний модем, шумовий сигнал, характеристичні функції.

## BER ANALYSIS OF DIGITAL COHERENT MODEM WITH WHITE NOISE SIGNAL

Pervuninsky S.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** Currently, significant attention of developers of telecommunication systems is paid to design of modems with noise-like and noise signals. Such modems have indisputable advantages in terms of interference protection, confidentiality of information transmission, electromagnetic compatibility with neighboring electronic devices. Theoretical bit error rate (BER) analysis of a modem demodulator with white noise type signals transmitted through a channel with constant parameters under the action of additive Gaussian interference is performed. BER analysis has been performed using the method of characteristic functions, which allows to obtain a potential theoretical estimate. The obtained theoretical results can be used in the comparative BER analysis of modems with broadband signals.

**Keywords:** digital binary modem, noise signal, characteristic function

**Вступ.** Модеми з широкосмуговими шумовими сигналами дозволяють одночасно працювати великої кількості абонентів в одній смузі частот, забезпечують високий рівень скритності передачі даних. Хоча принципи використання широкосмугових сигналів були розроблені достатньо давно, практичне застосування таких систем відбувалося в напрямку використання аналогових алгоритмів демодуляції сигналів [1]. Успіхи мікроелектроніки забезпечили можливість розпочати розробку цифрових демодуляторів шумових сигналів з побудовою в них взаємо кореляційних та автокореляційних методів демодуляції.

**Постановка задачі.** При наявності, на даний час, великої кількості різних типів таких систем питання теоретичного обґрунтування потенційної завадостійкості цифрових демодуляторів шумових сигналів з когерентними методами обробки сигналів поки що не вирішено. Подібна задача аналізу цифрового когерентного модему з генерацією сигналів хаотичної послідовності розглянута в роботі [2].

**Мета роботи** – отримання аналітичних виразів для обчислення завадостійкості бінарного когерентного цифрового модему шумових сигналів типу «білого» гауссового шуму при роботі по каналу з постійними параметрами, в якому діє центрована адитивна гауссова завада.

**Основна частина.** Структурна схема бінарного цифрового модему з шумовими сигналами наведена на рисунку 1, де використані наступні позначення: - модулятор має два генератори еталонних шумових послідовностей  $\{\xi_k^j\}$ ,  $k = \overline{1, N}$ ,  $j = \{0, 1\}$ , що представлені відліками двох еталонних реалізацій «білого» гауссового шуму, які формують вихідну послідовність  $S_k$ . Перемикач керується від джерела бінарного повідомлення  $\alpha_i = \{0, 1\}$ , що передається на  $i$ -у тактовому інтервалі  $T$ .

Демодулятор сприймає з каналу передачі суміш  $S_k + n_k$ , яка подається на корелятори. Кожен корелятор по другому входу отримує еталонну послідовність  $S_k$  що сформована блоком синхронізатора синхронно з передачею вхідної послідовності. За результатом кореляційної обробки, що представлені величиною  $\vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_0$ , пороговий пристрій (ПП) формує оцінку біта  $\hat{\alpha}_i$ , що прийнятий на  $i$ -у тактовому інтервалі.

Проведений з використанням методу характеристичних функцій [3] аналіз завадостійкості демодулятора, дозволив отримати формулу для обрахунку помилки демодуляції в залежності від дисперсій  $D_{\xi}$ ,  $D_n$  та величини взаємної кореляції між послідовностями  $S_k^1$  та  $S_k^0$ . З аналізу отриманого виразу отримані кінцеві результати для двох типів вхідних сигналів – ортогональних і протилежних.

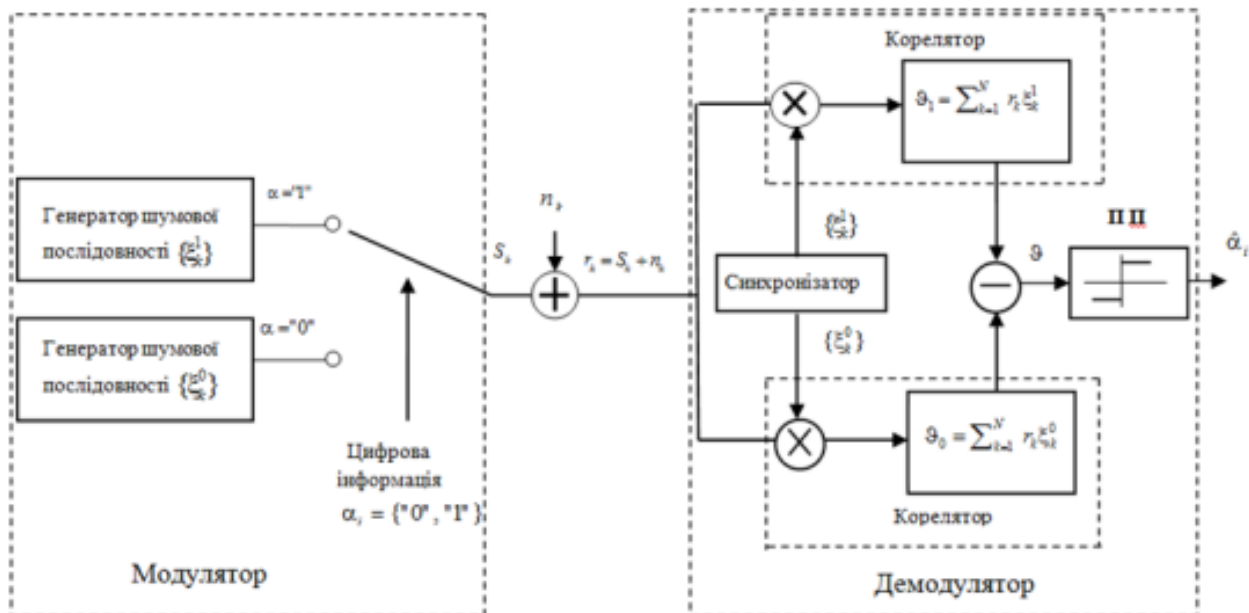


Рисунок 1 – Функціональна схема цифрового модему

Переходячи у кінцевих формулах від значення дисперсії випадкових величин  $\xi$  та  $n$  до параметра перевищення сигнал-завада  $h^2$ , отримуємо наступні вирази:

$$P_{n\text{ орт}} = 0,5 - \Phi(\sqrt{2h^2}); \quad P_{n\text{ прот}} = 0,5 - \Phi(2\sqrt{h^2}), \quad (1)$$

де  $P_{n\text{ орт}}$ ,  $P_{n\text{ прот}}$  – імовірність помилки демодуляції відповідно для ортогональних та протилежних сигналів;

$$\Phi(x) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_0^x \exp(-\frac{y^2}{2}) dy \text{ – інтеграл ймовірності.}$$

**Висновки.** Отримані формули для розрахунків потенційної завадостійкості бінарного когерентного цифрового модему шумових сигналів типу «білого» гауссового шуму при роботі по симетричному адитивному каналу з постійними параметрами. Наведені теоретичні результати можуть бути використані при порівняльному аналізі завадостійкості модемів з широкосмуговими сигналами.

#### Список використаних джерел

1. Борисов В. И., Зинчук В. М., Лимарев А. И. и др. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью. Москва: Радио и связь, 2003. 640 с.
2. Lau F. C. V., Tse C. K. Optimum correlator-type receiver design for CSK communication systems. *Int. J. Bifurcation and Chaos*. 2002. Vol. 12. No. 5. P. 1029–1038.
3. Первунінський С. М., Дідковський Р. М. Обчислення імовірності помилки приймача фазоманіпульованого шумового сигналу методом характеристичних функцій. *Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова*. 2011. № 1. С. 33–42.

## МЕТОД ДОСТОВІРНОГО ПЕРЕДАВАННЯ ПЕРЕСТАНОВОК У СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ З КОРОТКИМИ ПАКЕТАМИ

Фауре Е.В.<sup>1</sup>, Щерба А.І.<sup>1</sup>, Ступка Б.А.<sup>1</sup>, Байкенов А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

<sup>2</sup> Алматинського університету енергетики та зв'язку імені Гумарбека Даукеева,  
м. Алмати, Казахстан

**Анотація.** У роботі розроблено та досліджено метод забезпечення визначеного рівня достовірності передавання інформації в системах зв'язку з нероздільним факторіальним кодуванням даних за ймовірності бітової помилки, близької до 0,5. Основними відмітними особливостями розробленого методу є використання перестановки як контейнера для транспортування кожного символу перестановки нероздільного факторіального коду, а також мажоритарна та кореляційна обробка прийнятих з каналу зв'язку фрагментів бітової послідовності. Розроблено та реалізовано в програмній імітаційній моделі алгоритм достовірного передавання перестановок. Дослідження результатів роботи моделі для різних імовірностей бітової помилки в каналі зв'язку підтверджують ефективність розробленого методу. Метод може бути використаний у телекомунікаційних системах з короткими пакетами в умовах низького співвідношення сигнал-шум.

**Ключові слова:** факторіальний код, перестановка, достовірність, трьохетапний криптографічний протокол, короткий пакет.

## METHOD FOR RELIABLE TRANSMISSION OF PERMUTATIONS IN SHORT PACKET COMMUNICATION SYSTEMS

Faure E.<sup>1</sup>, Shcherba A.<sup>1</sup>, Stupka B.<sup>1</sup>, Baikenov A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

<sup>2</sup> Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The paper describes the development and investigation of a method for ensuring a certain level of reliability of information transmission in communication systems with nonseparable factorial data coding for a bit error probability close to 0.5. The main features of the developed method are the use of a permutation as a container for transporting each permutation symbol of nonseparable factorial code, as well as the majority and correlation processing of fragments received from the communication channel. An algorithm for reliable transmission of permutations is developed and implemented in the software simulation model. Studies of the model results for different probabilities of bit error in the communication channel confirm the effectiveness of the developed method. The method can be used in telecommunication systems with short packets in the conditions of low signal-to-noise ratio.

**Keywords:** factorial code, permutation, reliability, three-pass cryptographic protocol, short packet.

**Вступ.** Методологія інтегрованого захисту інформації на основі нероздільного факторіального кодування даних [1] дозволяє використовувати перестановки як транспортний механізм у системах зв'язку з короткими пакетами, а також реалізувати спільний захист даних, що передаються, від помилок каналу зв'язку та несанкціонованого доступу.

У працях [2], [3] досліджено властивості нероздільного факторіального коду до виявлення та виправлення помилок каналу зв'язку. Доведено ефективність коду, в тому числі за рахунок його властивостей синхронізації [4]. Розглянуті можливості нероздільного факторіального кодування не дозволяють їм бути використаними в системах передавання даних з високим рівнем завад і ймовірністю бітової помилки близькою до 0,5. Крім того, деякі додатки вимагають більш високих показників достовірності. До таких додатків можуть бути віднесені протоколи передавання даних в умовах низького співвідношення сигнал-шум, а також трьохетапні криптографічні протоколи [5]-[8], зокрема, трьохетапний криптографічний протокол на основі перестановок [9]. У трьохетапних протоколах для передавання одного повідомлення дані передають тричі, що збільшує ймовірність їх ураження завадою.

**Метою роботи** є забезпечення достовірного передавання перестановок, стійкого до впливу високого рівня помилок, ймовірність появи яких близька до 0,5.

**Метод достовірного передавання перестановок.** Для підвищення достовірності передавання перестановки  $\pi$  довжини  $N$  кожен її символ кодується перестановкою довжини  $M$ , що володіє максимальним значенням мінімальної відстані Хеммінга від її двійкового представлення до всіх її циклічних зсувів.

Приймачем використовується мажоритарна та кореляційна обробка символів перестановки  $\pi$ , як це реалізовано в [9]. Мажоритарна обробка передбачає багаторазове повторення символів і накопичення результату їх прийому. Кореляційна обробка передбачає обчислення відстаней Хеммінга від кожної отриманої з каналу зв'язку послідовності біт до всіх використовуваних передавачем бітових комбінацій, які відповідають символам перестановки.

Визначено теоретичні оцінки ймовірностей правильного та хибного розпізнавання символів перестановки. Досліджено залежності оцінок для різних ймовірностей бітової помилки в каналі зв'язку  $p_0$ . Розроблено та реалізовано алгоритм, що відповідає запропонованому методу. Виконано експериментальну перевірку отриманих теоретичних оцінок. Результати дослідження підтверджують ефективність запропонованих рішень.

За допомогою розробленої імітаційної програмної моделі системи передавання даних продемонстровано приклад реалізації розробленого методу з  $N = 23$  і  $M = 8$  для забезпечення ймовірності правильного розпізнавання перестановки  $\pi$  на рівні, не меншому за 0,999. Досліджено залежність середнього значення кількості накопичених фрагментів, необхідних для правильного прийому перестановки, від ймовірності бітової помилки.

**Висновок.** Розроблений метод завадостійкого передавання перестановок за рахунок представлення кожного символу перестановки  $\pi$  вигляді циклічного бітового зсуву іншої перестановки з визначеними властивостями, а також за рахунок використання мажоритарної та кореляційної обробки даних дозволяє забезпечити високу достовірність прийому навіть за ймовірності бітової помилки, близької до 0,5. Метод може бути використано для систем зв'язку з нероздільним факторіальним кодуванням, зокрема для реалізації трьохетапного криптографічного протоколу на основі перестановок.

### Список використаних джерел

1. Telecommunication systems with multiple access based on data factorial coding / J. S. Al-Azzeh, B. Ayyoub, E. Faure et al. *International Journal on Communications Antenna and Propagation*. 2020. Vol. 10. No. 2, P. 102–113, doi: 10.15866/irecap.v10i2.17216.
2. Faure E. V. Factorial coding with data recovery. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu*. 2016. No. 2. P. 33–39.
3. Faure E. V. Factorial coding with error correction. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. Nov. 2017. No. 3. P. 130–138. doi: 10.15588/1607-3274-2017-3-15.
4. Faure E., Shcherba A., Stupka B. Permutation-based frame synchronisation method for short packet communication systems. *2021 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*. Cracow, Poland, Sept. 2021. P. 1073–1077. doi: 10.1109/IDAACS53288.2021.9660996.
5. Schneier B. *Applied cryptography: protocols, algorithms, and source code in C*. 2nd Ed. New York: Wiley, 1996.
6. Nguyen D. M., Kim S. A quantum three pass protocol with phase estimation for many bits transfer. *2019 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC)*. Hanoi, Vietnam, Oct. 2019, P. 129–132. doi: 10.1109/ATC.2019.8924514.
7. Badawi A., Zarlis M., Suherman S. Impact three pass protocol modifications to key transmission performance. *J. Phys.: Conf. Ser.* Jun. 2019. Vol. 1235. No. 1. P. 012050.
8. Moldovyan A., Moldovyan D., Moldovyan N. Post-quantum commutative encryption algorithm. *Computer Science Journal of Moldova*. 2019. Vol. 81. No. 3. P. 299–317.
9. Shcherba A., Faure E., Lavdanska O. Three-pass cryptographic protocol based on permutations. *2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*. Kyiv, Ukraine, Nov. 2020. P. 281–284. doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349343.
10. Al-Azzeh J., Faure E., Shcherba A., Stupka B. Permutation-based frame synchronization method for data transmission systems with short packets. *Egyptian Informatics Journal*. 2022.

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ СИСТЕМ СИГНАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Аль-Амморі Алі<sup>1</sup>, Дяченко П. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Розвиток інформаційно-управляючих систем авіоніки зумовлює постійне зростання вимог що до функціональності та достовірності таких систем. Зокрема, при цьому зростають вимоги до таких їх робочих параметрів, як достовірність отриманої інформації, своєчасність виявлення небезпечної ситуації тощо. Удосконалення та оптимізація низки параметрів інформаційно-управляючих систем авіоніки на сьогодні є актуальною науково-практичною задачею. З цією метою пропонується спосіб вибору і оптимізації надійних структур інформаційно-управляючих систем. Розглядається задача підвищення достовірності розпізнавання подій інформаційно-резервованою структурою системи та сама задача забезпечення інформаційного резервування. Побудовано номограми залежності параметрів системи від кількості датчиків та сформульовано алгоритм вибору оптимальних структур системи на основі створених номограм.

**Ключові слова:** інформаційне резервування, достовірність розпізнавання подій, інформаційно-управляюча система.

## ENSURING INFORMATION RESERVATION OF SIGNALING SYSTEMS TO INCREASE INFORMATION SECURITY

Al-Ammouri Ali<sup>1</sup>, Dyachenko P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Transport University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The development of information and control systems of avionics leads to a constant increase in requirements for the functionality and reliability of such systems. In particular, the requirements for their operating parameters, such as the reliability of the information received, the timeliness of detection of a dangerous situation, etc. are growing. Improvement and optimization of a number of parameters of information and control systems of avionics today is an urgent scientific and practical task. To this end, a method of selecting and optimizing reliable structures of information and control systems is proposed. The problem of increasing the reliability of event recognition by the information-reserved structure of the system, as well as the problem of ensuring information redundancy are considered. Nomograms of dependence of system parameters on the number of sensors are constructed, and the algorithm of a choice of optimum structures of the system based on the created nomograms is formulated.

**Keywords:** information redundancy, reliability of event recognition, information and management system.

**Вступ.** До інформаційно-керуючих систем авіоніки, що істотним чином впливають на безпеку польоту і його ефективність, належать системи сигналізації та пожежогасіння для своєчасного виявлення відмов, пожежі і видачі екіпажу достовірної інформації про їх наявність [1].

Одним з основних методів забезпечення необхідних надійнісних характеристик систем сигналізації про пожежу, в плані підвищення достовірності переданих повідомлень, є введення інформаційного резервування. Оскільки існують різні способи інформаційного резервування, то для порівняння резервованих систем сигналізації про пожежу в якості основного критерію зазвичай приймається вірогідність виявлення подій, що являє собою суму ймовірності виявлення системою пожежі, коли пожежа має місце в дійсності, і ймовірності невиявлення системою пожежі, коли пожежі немає [2, 3].



**Мета роботи.** Покращення параметрів інформаційно-управляючих систем авіоники, зокрема підвищення достовірності розпізнавання подій інформаційно-резервованою структурою системи, та забезпечення інформаційного резервування на основі вибору і оптимізації надійних структур інформаційно-управляючих систем.

**Постановка задачі.** У дослідженні розв'язується актуальна науково-практична задача вибору і оптимізації надійних структур інформаційно-управляючих систем з метою підвищення достовірності розпізнавання подій, в порівнянні зі структурами з мінімально-допустимою достовірністю, що забезпечує правильне функціонування системи.

**Основна частина.** Вибір і оптимізація надійних структур інформаційно-управляючих систем є одною зі складних задач, яка вимагає застосування спеціальних підходів і програм вибору цих структур з урахуванням умови, що ймовірності помилкової тривоги і невиявлення, прямувала до нуля, а ймовірність правильного виявлення прямувала до 1. У застосуванні до систем пожежної сигналізації, забезпечення інформаційним резервуванням передбачає збільшення достовірності розпізнавання подій інформаційно-резервованою структурою системи в порівнянні зі структурою, яка має мінімально-допустиму (МД) достовірність для правильного функціонування системи. Таким чином, завдання забезпечення інформаційного резервування системи первинних датчиків пожежної сигналізації передбачає виконання двох основних етапів:

1. Визначення структури інформаційної системи сигналізації, що має мінімально допустиму для правильного функціонування системи достовірність розпізнавання подій, тобто володіє необхідними ймовірнісними характеристиками  $(p_{pv}, p_{ht}, p_{nv})^{md}$ , де  $p_{pv}$  – ймовірність правильного виявлення;  $p_{ht}$  – ймовірність хибної тривоги;  $p_{nv}$  – ймовірність невиявлення;  $md$  – ознака мінімально-допустимої достовірності.

2. Забезпечення інформаційного резервування системи, тобто вибір структури системи первинних датчиків з кращою, порівняно з мінімально-допустимою структурою системи достовірністю розпізнавання подій тобто. ймовірнісними характеристиками  $(p_{pv}, p_{ht}, p_{nv})^{ir}$ , де  $ir$  – ознака інформаційного резервування.

Як показують дослідження, можна зробити висновок про те, що вид структури системи сигналізації однозначно визначається парою  $(n, Q)$  структурних параметрів такої системи, де  $n$  – кількість рівноймовірносних (тобто, з однаковими значеннями  $a, b$  і  $d$  датчиків, складаючих систему,  $Q$  – значення індексу мажоритарної системи). У зв'язку з цим, задача визначення виду структури системи сигналізації про пожежу, що володіє мінімально-допустимою для правильного функціонування системи достовірністю розпізнавання подій, може бути інтерпретована наступним чином: є датчики з рівноймовірними характеристиками  $a, b$  і  $d$ , а також вартістю одного датчика  $C$ , де  $a$  – ймовірність правильного виявлення контрольованої події;  $b$  – ймовірність хибної тривоги;  $d$  – ймовірність невиявлення. Потрібно визначити вид оптимальної, в сенсі мінімуму  $n$  кількості використовуваних датчиків, структури сигнальної системи пожежогасіння, (тобто пару  $(n, Q)$ ), для якої ймовірність правильного виявлення  $(p_{pv})$  була б не нижче заданої  $(p_{pv})^{zp}$ , тобто,  $(p_{pv}) > (p_{pv})^{zp}$  а ймовірність “хибної” тривоги – не перевищувала б заданого значення  $(p_{hv})^{zp}$ , тобто  $(p_{hv}) < (p_{hv})^{zp}$ . Оскільки задані нормативно-технічною документацією значення ймовірностей правильного визначення пожежі  $(p_{pv})^{zp_{нтд}}$ , і хибної тривоги  $(p_{hv})^{zp_{нтд}}$  визначені для призначеного значення ймовірності виникнення події  $p(A)_{нтд} = p_{нтд}$ , відповідно,  $p(B)_{нтд} = 1 - p(A)_{нтд} = 1 - p_{нтд} = p_{нтд}$ , то обчислення граничних значень  $(p_{pv})^{zp}$  та  $(p_{hv})^{zp}$  для довільно призначуваної ймовірності виникнення події  $p(A) = p$  здійснюється за формулами  $(p_{pv})^{zp} = (p/p_{нтд}) (p_{pv})^{zp_{нтд}}$ ;  $(p_{hv})^{zp} = (p/p_{нтд}) (p_{hv})^{zp_{нтд}}$ . Створений, таким чином, множині  $A$ , елементами якої є виділені кортежі  $(p_{pv}, p_{ht}, p_{nv})^{min}$ , однозначно відповідає множина  $B$ , елементами якої є пари  $(n, Q)^{min}$ .

Номограми, побудовані в координатах площини, де вісь абсцис відповідає кількості датчиків  $n$ , сигнальної системи пожежогасіння (ССП), а вісь ординат – значенням ймовірнісних характеристик ССП –  $p_{нтд}$ , для різних значень  $a, b, d$  зображено на рисунку 1.

На побудовану координатну площину нанесено точки, ординати яких відповідають значенням  $(p_{hv})$  елементів множини  $A$ , а абсиси – значенням  $n$  елементів множини  $B$ . На тій же площині системи координат виділено область  $C$ , для множини точок якої виконується умова  $(p_{hv}) < (p_{hv})^{2p}$ . З рисунка 1 можна зробити висновок, що множина  $B$  розпадається на дві непересічні підмножини  $B_1$  і  $B_2$  так, що умова  $(p_{hv}) < (p_{hv})^{2p}$  виконується тільки для точок, що відповідають елементам множини  $B_2$ . Таким чином, виділено множину пар  $(n, Q)$ , а отже, і визначено множину структур ССП, складених з рівноймовірнісних датчиків з характеристиками  $a, b, d$ , для яких  $(p_{pv}) > (p_{pv})^{2p}$  і  $(p_{hv}) < (p_{hv})^{2p}$ .

З множини пар  $(n, Q)$ , виділимо таку єдину пару  $(n, Q)^{md}$ , для якої значення  $S(n, Q)$  – кількість використаних в структурі ССП, мінімальне. Можна стверджувати, що структура ССП, для якої значення  $S(n, Q)$  і  $Q$  визначені парою  $(n, Q)^{md}$ , є шуканою структурою, яка має мінімально-допустиму для правильного функціонування системи достовірність розпізнавання пожежі при призначених раніше вихідних даних і обмеженнях. Так, наприклад, якщо ССП утворена датчиками, ймовірнісні характеристики яких,  $a = 0.8$ ,  $b = d = 0.1$ , ймовірність виникнення пожежі  $p = 0.01$ ,  $(p_{pv})^{2p}_{nmd} = 0.9$  і  $(p_{hv})^{2p}_{nmd} = 0.01$  відповідно,  $(p_{pv})^{2p} = 0.01 \times 0.9 = 0.009$ ,  $(p_{hv})^{2p} = 0.99 \times 0.01 = 0.0099$ , то згідно з рисунком 2 парою  $(n, Q)^{md}$  для такої ССП є пара  $(4, 3)$ . Процедура власне забезпечення інформаційного резервування ССП полягає у виборі з множини  $B_2$  такої структури, для якої  $(p_{hv})^{ir} < (p_{hv})^{md}$ . Представивши множину  $B_2 = M \cup I$ , де  $M$  – множина, єдиним елементом якого є пара  $(n, Q)^{md}$ , робимо висновок, що для будь-якої пари  $(n, Q)^{ir}$  множини  $I$  умова  $(p_{hv})^{ir} < (p_{hv})^{md}$  виконується.

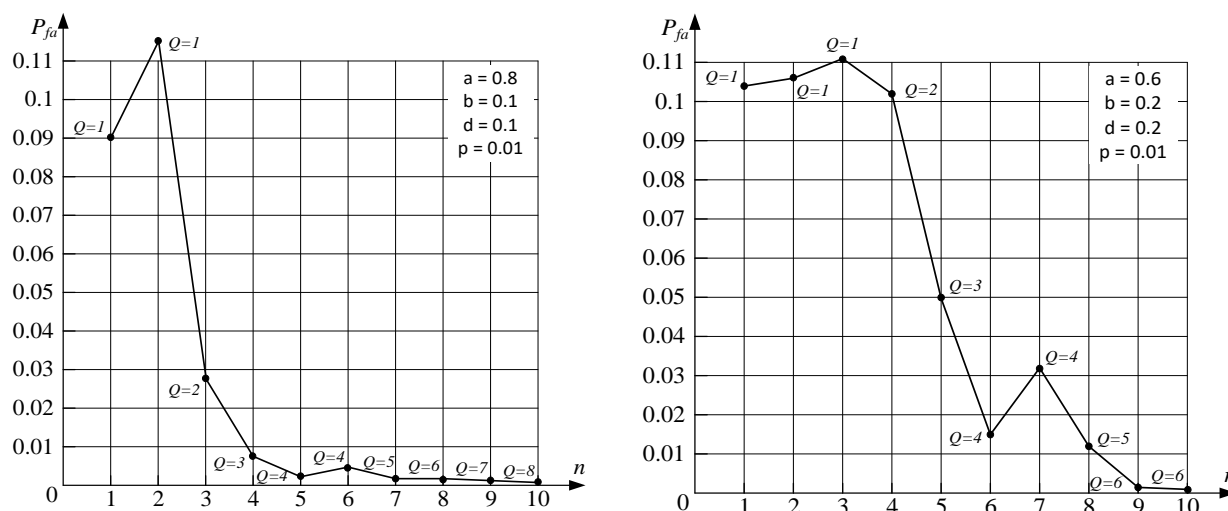


Рисунок 1 – Вибір структури  $S(n, Q)$  інформаційно-резервованої ССП

Для оцінки рівнів інформаційного резервування ССП, введемо кількісну шкалу рівнів резервування. Для цього зробимо розбиття області  $C$  для підмножини точок якої виконується умова  $(p_{hv}) < (p_{hv})^{2p}$  на три однакові непересічні підобласті  $C_1, C_2, C_3$  так, що  $C_1 \in ](p_{hv})^{2p}; 2(p_{hv})^{2p}/3]$ ,  $C_2 \in [2(p_{hv})^{2p}/3; (p_{hv})^{2p}/3]$ ,  $C_3 \in ](p_{hv})^{2p}/3; 0]$ . Таке розбиття представить множину  $I$  пар  $(n, Q)^{ir}$ , як  $I = I_1 \cup I_2 \cup I_3$ . Структура системи, що визначається парою  $(n, Q)^{ir} \in I_1$ , забезпечена першим рівнем інформаційного резервування, парою  $(n, Q)^{ir} \in I_2$  – другим рівнем і парою  $(n, Q)^{ir} \in I_3$  – третім рівнем інформаційного резервування. Для розглянутого прикладу, коли ССП утворена датчиками з характеристиками  $a = 0.8$ ,  $b = d = 0.1$ , пар, що відповідають першому рівню  $]0.0099; 0.0066[$ , немає; другому рівню інформаційного резервування  $]0.0066; 0.0033[$  має структуру системи, яка визначається парою  $(4, 3)$ ; третьому рівню  $]0.0033; 0[$ , відповідають пари:  $(5, 4)$ ,  $(6, 4)$ ,  $(7, 5)$  і т.д..

Для більш детального аналізу побудовано графічні залежності рисунків 2–4, де можна комплексно отримати дані відразу по усіх параметрах структури, а саме:  $a, b, d, n, Q, p_{cd}, p_{fa}, p_{nd}$  з урахуванням рівня резервування структур ІУС.

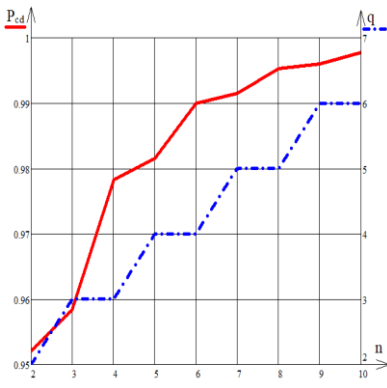


Рисунок 2 – Номограма залежності  $P_{cd}$  і  $q$  від  $n$

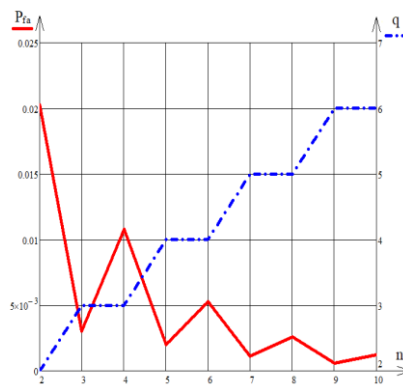


Рисунок 3 – Номограма залежності  $P_{fa}$  і  $q$  від  $n$

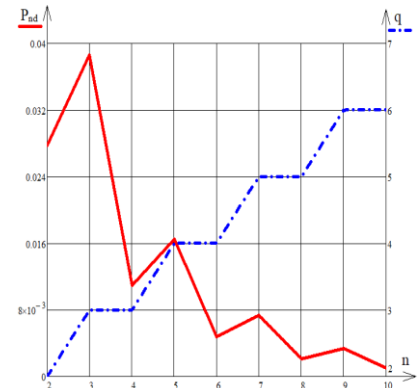


Рисунок 4 – Номограма залежності  $P_{nd}$  і  $q$  від  $n$

Алгоритм вибору структури за допомогою номограми має наступний вигляд:

1. Вибір датчиків інформації з певними ймовірнісними характеристиками  $a, b, d$ . Для прикладу взято датчики з  $a = 0.9, b = d = 0.05$ .
2. За вимогами нормативно-технічної документації визначається ймовірність правильного виявлення системи  $p_{cd}$ .
3. За номограмою обирається структура  $[p_{cd}, n, q]$  для якої  $p_{cd} \geq p_{cd}^{umd}$ .
4. Визначається коефіцієнт мажоритарності для обраної структури в такий спосіб:  $n$  – координата по осі абсцис,  $q$  – координата по осі ординат для обраної на графіку точки  $p_{cd}$ .
5. За номограмами для параметрів  $p_{nd}$  і  $p_{fa}$  визначається ймовірність невиявлення  $p_{nd}$  і помилкової тривоги  $p_{fa}$  для обраної структури.

Процедура вибору структури за допомогою номограми може бути також виконана за наведеним алгоритмом при наявності обмежень по ймовірності невиявлення або ймовірності помилкової тривоги в нормативно-технічній документації.

**Висновки.** Введене поняття рівня інформаційного резервування, являє собою характеристику якості інформаційного резервування структур систем сигналізації, що дозволяє проводити порівняння систем сигналізації різних за структурою і якістю використаних датчиків.

Зі збільшенням рівня інформаційного резервування зростає кількість використовуваних у системах сигналізації датчиків, що накладає на процедуру резервування додаткові обмеження конструктивного і економічного характеру.

Наведений аналіз інформаційних структур систем сигналізації про пожежу дозволяє обґрунтовано підійти до формування загальної структури системи, що задовольняє вимогам нормативної документації з експлуатації систем пожежогасіння, і визначити раціональні принципи розподілу потоків інформації між автоматикою і екіпажем.

### Список використаних джерел

1. Al-Ammouri A., Dyachenko P., Degtiarova A. Development of a mathematical model of information serial redundancy of management information systems of the aircraft fire alarm. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 2. Iss. 9 (86). P. 4–10. doi: 10.15587/1729-4061.2017.96296.
2. Al-Ammouri A., Al-Ammori H. A., Klochan A. E., Degtiarova A. O. Probabilistic models reliability of information and control systems. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*. 2018. № 3 (1). P. 60–69. doi:10.14254/jsdtl.2018.3-1.6.
3. Methods for improving the data reliability in information and control systems / A. Al-Ammouri, H. A. Al-Ammori, A. E. Klochan et al. *Electronics and Control Systems*. 2018. № 4 (58). P. 107–114.

## ФОРМАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ СІМЕЙСТВА BSD ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Луцький М. Г.<sup>1</sup>, Гнатюк С. О.<sup>1</sup>, Положенцев А. А.<sup>1</sup>, Верховець О. С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації,  
м. Київ, Україна

**Анотація.** На сьогоднішній день є актуальними питання, пов'язані зі специфікою інформаційних потоків операційних систем, які є ресурсами критичної інформаційної інфраструктури держави. Метою дослідження є формалізація інформаційних потоків для більш ефективного захисту ОС сімейства BSD від несанкціонованого дослідження. Це дозволить визначити інформаційні процеси досліджуваної ОС та розробити ефективні запобіжні заходи. Об'єктом дослідження є інформаційні потоки операційних систем сімейства BSD. Предметом дослідження є захист операційних систем сімейства BSD від несанкціонованого дослідження. Для досягнення поставленої мети розроблено структурно-аналітичні моделі інформаційних потоків ОС сімейства BSD, що дає можливість формалізувати інформаційні процеси досліджуваної операційної системи і розробляти ефективні контрзаходи. Крім цього, в роботі удосконалено математичну модель кількісного оцінювання програмних систем захисту інформації, яка буде корисною як для порівняння існуючих програмних систем захисту інформації, так і для аналізу змін в алгоритмах захисту програмних систем захисту інформації.

**Ключові слова:** програмний захист інформації, операційна система, інформаційний потік, несанкціоноване дослідження, структурно-аналітична модель, математична модель, BSD.

## FORMALIZATION OF INFORMATION FLOWS FOR PROTECTION OF BSD FAMILY OPERATING SYSTEMS FROM UNAUTHORIZED INVESTIGATION

Lutskyi M.<sup>1</sup>, Gnatyuk S.<sup>1</sup>, Polozhentsev A.<sup>1</sup>, Verkhovets O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Aviation University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>State Scientific and Research Institute of Cybersecurity Technologies and Information Protection,  
Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Today, the issues related to the specifics of information flows of operating systems, which are the resources of critical information infrastructure of the state, are relevant. The aim of this study is to formalize the information flows for more effective protection of the BSD family from unauthorized investigation, which will allow to formalize information processes of the studied OS and develop effective preventive countermeasures. The object of research is the information flows of the BSD operating systems. The subject of research is the protection of operating systems of the BSD family from unauthorized investigation. To achieve this goal, structural and analytical models of information flows of operating systems of the BSD family have been developed, which makes it possible to formalize the information processes of the OS under study and to develop effective preventive countermeasures. In addition, the mathematical model for quantitative evaluation of software information security systems operating in user mode has been improved. This model will be useful both to compare existing software information protection systems and to analyze modifications in the protection algorithms of software information protection systems.

**Keywords:** software information security, operating system, information flow, unauthorized investigation, structural and analytical model, mathematical model, BSD.

**Вступ.** Сьогодні спостерігається зростання кількості та складності кібератак на критичну інфраструктуру [1], що призвело до необхідності актуалізації систем безпеки, критичних для національної безпеки, у тому числі операційних систем, які вважаються ресурсом критичної інформаційної інфраструктури держави, яка зазвичай побудована на захищених операційних системах (UNIX, BSD, Linux). Але будь-які операційні системи та користувацьке ПЗ мають недоліки та проблеми з безпекою на різних рівнях. Актуальним є моделювання інформаційних потоків в ОС, що дозволить більш ефективно виявляти загрози безпеці інформації, реалізувати превентивні і контрзаходи.

**Мета роботи.** Метою даного дослідження є формалізація інформаційних потоків для більш ефективного захисту ОС сімейства BSD від несанкціонованого дослідження, що дозволить визначити інформаційні процеси досліджуваної ОС та розробити ефективні запобіжні заходи.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день залишаються відкритими питання пов'язані зі специфікою інформаційних потоків операційних систем, які є ресурсами критичної інформаційної інфраструктури держави (UNIX, сімейство BSD, Linux), а також відсутністю адекватних математичних моделей, які можна застосувати до різних систем захисту. Одержання та порівняння кількісних характеристик ускладнено через використання моделями низки чинників, які важко формалізувати.

**Розв'язання проблеми.** Для досягнення поставленої мети була розроблена структурна модель інформаційних потоків програмного середовища користувацького застосунку, в контексті НСД (рисунок 1).

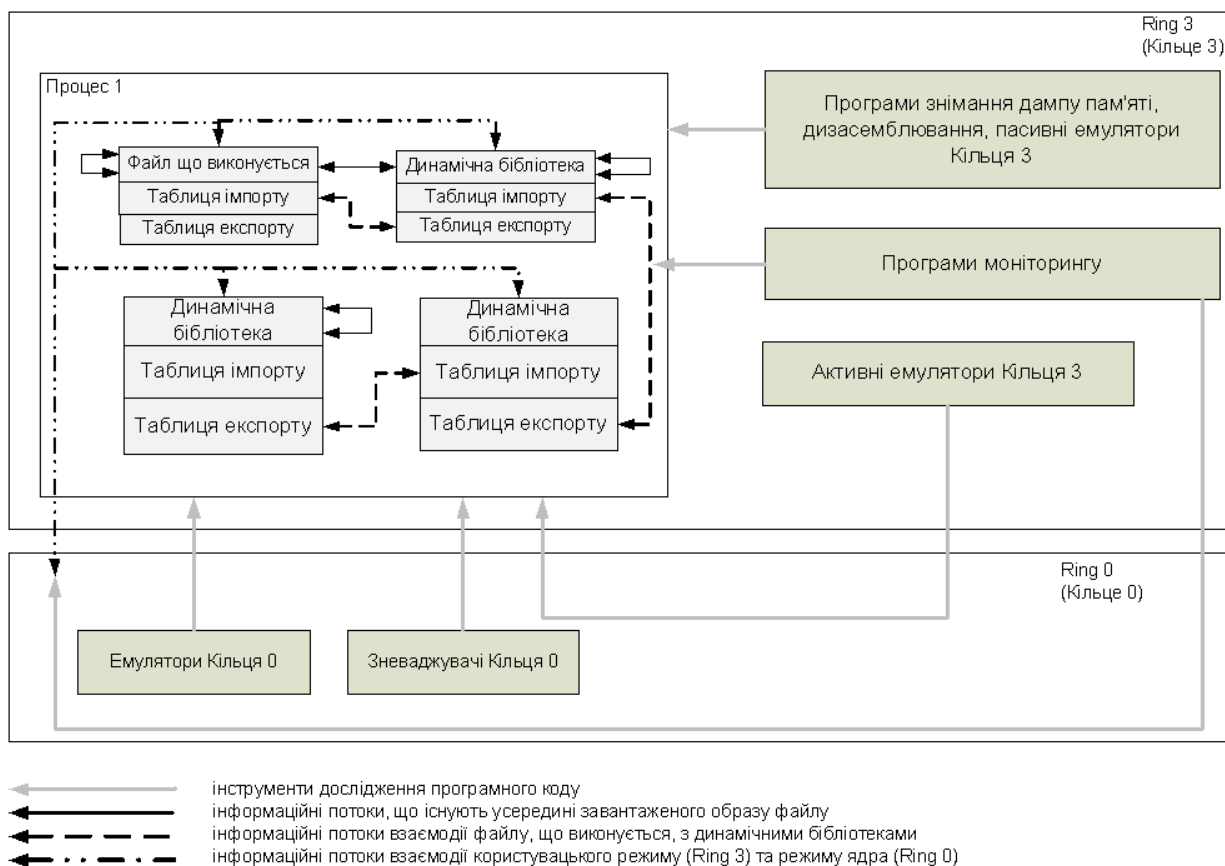


Рисунок 2 – Структурна модель інформаційних потоків програмного середовища користувацького застосунку

Розроблена в цьому дослідженні класифікація інформаційних потоків була використана при побудові структурних моделей програмного середовища в аспекті захисту інформації від засобів сканування.

Зазначена модель підтверджує необхідність розробки нових способів протидії засобам несанкціонованого дослідження, а саме: програмам моніторингу роботи аналізованого застосунку, активним емуляторам коду, що функціонують у користувацькому режимі, емуляторам, що функціонують у режимі ядра.

Крім того, було удосконалено математичну модель оцінки надійності програмної системи захисту інформації, яка базується на марківських процесах.

Процес злomu програмної системи захисту інформації, яка працює в режимі користувача, можна представити за допомогою рівнянь Колмогорова:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_2(t)}{dt} = \left( 1 - \sum_{i=2}^8 p_i(t) \right) * \lambda_1(t) - p_2(t) * (\lambda_2(t) + \lambda_3(t)), \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = \left( 1 - \sum_{i=2}^8 p_i(t) \right) * \lambda_2(t) - p_3(t) * (\lambda_1(t) + \lambda_3(t)), \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = \left( 1 - \sum_{i=2}^8 p_i(t) \right) * \lambda_3(t) - p_4(t) * (\lambda_1(t) + \lambda_2(t)), \\ \frac{dp_5(t)}{dt} = p_2(t) * \lambda_2(t) + p_3(t) * \lambda_1(t) - p_5(t) * \lambda_3(t), \\ \frac{dp_6(t)}{dt} = p_2(t) * \lambda_3(t) + p_4(t) * \lambda_1(t) - p_6(t) * \lambda_2(t), \\ \frac{dp_7(t)}{dt} = p_3(t) * \lambda_3(t) + p_4(t) * \lambda_2(t) - p_7(t) * \lambda_1(t), \\ \frac{dp_8(t)}{dt} = p_5(t) * \lambda_3(t) + p_6(t) * \lambda_2(t) + p_7(t) * \lambda_1(t), \end{array} \right.$$

Отримана система рівнянь дозволяє визначити ймовірність злomu програмних систем захисту інформації у випадкові моменти часу. Удосконалена модель дозволяє отримати кількісні оцінки для розглянутих програмних систем захисту інформації, що функціонують у користувацькому режимі.

**Висновки.** У роботі було розроблено структурно-аналітичні моделі інформаційних потоків ОС сімейства BSD, що дає можливість формалізувати інформаційні процеси досліджуваної операційної системи і розробляти ефективні превентивні та контрзаходи.

Крім того, було удосконалено математичну модель кількісного оцінювання програмних систем захисту інформації, що функціонують у користувацькому режимі. Ця модель буде корисною як для порівняння існуючих програмних систем захисту інформації, так і для аналізу змін в алгоритмах захисту програмних систем захисту інформації.

### Список використаних джерел

1. Gnatyuk S. Critical aviation information systems cybersecurity. *Meeting Security Challenges Through Data Analytics and Decision Support, NATO Science for Peace and Security Series, D: Information and Communication Security*. IOS Press Ebooks. 2016. Vol. 47. No. 3. P. 308–316.
2. Delimitrou C., Kozyrakis C. Security implications of data mining in cloud scheduling. *IEEE Computer Architecture Letters*. July-Dec. 2016. Vol. 15. No. 2. P. 109–112, doi: 10.1109/LCA.2015.2461215.
3. Security as a new dimension in embedded system design / P. Kocher, R. Lee, G. McGraw et al. *Proceedings of the 41st Design Automation Conference*. 2004. P. 753–760.
4. A big data-enabled consolidated framework for energy efficient software defined data centers in IoT setups / K. Kaur, S. Garg, G. Kaddoum et al. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Apr. 2020. Vol. 16. No. 4, P. 2687–2697. doi: 10.1109/TII.2019.2939573.
5. Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources / Z. Alimseitova, A. Adranova, B. Akhmetov et al. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2020. Vol. 98. Iss. 21. P. 3334–3346.
6. Studies on cloud-based cyber incidents detection and identification in critical infrastructure / S. Gnatyuk, R. Berdibayev, Z. Avkurova et al. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2923. P. 68–80.
7. Khan R. A., Khan S. U., Khan H. U., Ilyas M. Systematic mapping study on security approaches in secure software engineering. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 19139–19160, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3052311.

# ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВОГО ВТОРГНЕННЯ

Шаповаленко О. Д.<sup>1</sup>, Кліменкова Н. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

**Анотація.** Останнім часом виник великий інтерес до застосування аналізу даних для виявлення вторгнень в комп'ютерну мережу. В тезах розглядаються методи інтелектуального аналізу даних в системах виявлення вторгнень, а також типи необхідного досвіду та інфраструктури. У результаті проведення експериментальних досліджень продемонстровано, що на тестовій вибірці кращою моделлю системи виявлення аномалій є використання класифікатора на основі методу дерева рішень порівняно з методами опорних векторів та k-найближчих сусідів. Навчання моделі здійснювали на наборі даних від MIT Lincoln Labs з чотирма категоріями атак: DOS, R2L, U2R та probe. Дані попередньо нормалізувалися за допомогою бібліотеки StandardScaler. Представлена модель виявлення аномалій може слугувати ефективним доповненням до стандартних *IDS* для покращення системи безпеки мережі.

**Ключові слова:** інтелектуальний аналіз даних, моніторинг аномалій трафіку, машинне навчання.

## APPLICATION OF DATA MINING TO DETECT NETWORK INTRUSION

Shapovalenko O.<sup>1</sup>, Klimenkova N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State University of Telecommunication, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Recently, there has been great interest in using data analysis to detect computer network intrusions. The abstracts consider methods of data mining in intrusion detection systems, as well as the types of experience and infrastructure required. Experimental studies have shown that in the test sample, the preferred model of the anomaly detection system is the use of a classifier based on the decision tree method compared to the methods of reference vectors and k-nearest neighbors. The model has been trained on a data set from MIT Lincoln Labs with four categories of attacks: DOS, R2L, U2R and probe. Data have been pre-normalized using the StandardScaler library. The presented model of anomaly detection can be an effective addition to the *IDS* standard to improve the network security system..

**Keywords:** data mining, traffic anomaly monitoring, machine learning.

**Вступ.** Методи інтелектуального аналізу даних все більше застосовують в системах виявлення вторгнення [1–3]. Наприклад, методи виявлення аномалій можуть використовуватися для виявлення незвичайних шаблонів та поведінки. Аналіз посилань можна використовувати для відстеження вірусів до зловмисників. А класифікацію можна використати для групування різних кібератак, а потім профілі для виявлення вторгнень під час їх здійснення. Система виявлення вторгнень (*IDS* – Intrusion Detection System) є однією з технологій для підвищення безпеки мережі [4]. Вона збирає інформацію про певні ключові точки в мережі для технічного аналізу, щоб знайти відхилення або атаки вторгнення. Технологія динамічної безпеки призначена для виявлення мережі, сигналізації та реагування. Основною функцією *IDS* є виявлення нав'язливої поведінки та виявлення нав'язливих подій. По суті, це класифікація даних про поведінку мережі [5]. Дані мережі поділяються на звичайні та ненормальні дані, і судження про аномальну поведінку – це виявлення вторгнень. Застосування методів інтелектуального аналізу даних в системах виявлення вторгнень можливе в двох напрямках: побудова моделей атак з використанням методів класифікації в процесі виявлення та побудова моделей нормальної активності з використанням методів пошуку виключень в процесі виявлення.

**Постановка задачі.** Як і в будь-якій іншій задачі машинного навчання вибір правильних ознак для аномалій має першочергову важливість. Деякі алгоритми потребують вводу у формі часового послідовного потоку даних, але на практиці частіше потребується генерація спеціально сформованих потоків даних, до яких будуть застосовуватись алгоритми

виявлення аномалій. Нашою задачею в роботі є побудова моделі системи виявлення на основі методів машинного навчання.

**Мета роботи** – експериментальне дослідження застосування методів машинного навчання для побудови моделей виявлення аномалій для систем виявлення мережевого вторгнення.

**Основна частина.** Як набір даних були обрані дані MIT Lincoln Labs Массачусетського технологічного інституту. Даними є послідовності пакетів TCP локальної мережі які збирали протягом дев'яти тижнів в імітаційній моделі. Дані містять всього чотири категорії атак: DOS (відмова в обслуговуванні); R2L (*Remote-to-local* – несанкціоноване отримання прав користувача); U2R (несанкціоноване підвищення прав користувача до суперкористувача); probe (сканування портів з метою отримання конфіденційної інформації).

Також під час попередньої обробки даних була помічена небезпечна особливість – розподіл кожної ознаки має великий розкид, що може також впливати на точність прогнозування моделі, тому була проведена нормалізація ознак різними способами. Після використання декількох методів нормалізації зупинилися на StandardScaler [6].

Для реалізації запропонованої моделі виявлення вторгнень використовувались наступні алгоритми класифікації: метод опорних векторів (LinearSVC), метод дерева рішень (DecisionTreeClassifier) та метод найближчого сусіда (KNeighborsClassifier). В таблиці 1 представлені результати роботи алгоритмів.

Таблиця 1 – Точність за результатами роботи алгоритмів

Назва	Препроцесінг	Нормалізації	Балансування
DecisionTreeClassifier	0.7566	0.7567	0.7761
KNeighborsClassifier	0.7369	0.758	0.758
LinearSVC	0.6857	0.7218	0.7219

Згідно з таблицею можна прослідкувати, як змінювалась точність після вдосконалення моделей. Загальна тенденція така, що усунення недоліків допомагало підвищувати точність.

**Висновки.** У роботі запропоновано модель системи виявлення вторгнень на основі методів машинного навчання. Реалізація моделі вторгнень була виконана за допомогою трьох алгоритмів класифікації. У ході аналізу було обрано найкращий алгоритм – модель дерев рішень. Запропонована модель може бути хорошим доповненням до стандартних IDS, що може покращити систему безпеки мережі.

#### Список використаних джерел

1. Anoop Singhal. Data Warehousing and Data Mining Techniques for Cyber Security. Springer Science+Business Media, 2007. 162 p.
2. Danasingh A., Epiphany J. L. Data mining in network security - techniques & tools. *A Research Perspective Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2013. P. 269–278.
3. Дешуніна Д. С., Грайворонський М. В. Виявлення атак типу R2L та U2R методами машинного навчання. *Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики: матеріали XVI Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених*, (м. Київ, 26–27 квіт. 2018 р.) / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФТІ. Київ: ВПІ ВПК «ПОЛІТЕХНІКА», 2018. С. 96–99.
4. Мешков В. І., Віролайнен В. О. Аналіз сучасних систем виявлення та запобігання вторгнень в інформаційно-телекомунікаційних системах. УДК 004.056+65.012.12. Дніпропетровськ: Держ. ВНЗ «Національний гірничий університет». URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/17609/1/meshkov.pdf>.
5. Olorunnimbe M. K., Viktor H. L., Paquet E. Dynamic adaptation of online ensembles for drifting data streams. *J. Intell. Inf. Syst.* 2018. Vol. 50 (2). P. 291–313.
6. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Москва: Диалектика, 2016. 480 с.



# LINKED LIST SYSTEMS FOR SYSTEM LOGS PROTECTION FROM CYBERATTACKS

Boyko V.<sup>1</sup>, Vasilenko M.<sup>1</sup>, Slatvinska V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National University "Odessa Law Academy", Odessa, Ukraine

<sup>2</sup>International Humanitarian University, Odessa, Ukraine

**Abstract.** System logs are one of the main components for detecting intrusion and the presence of hidden malware in the system. Their protection is insufficient. There is a new type of rootkits malware which uses existing vulnerabilities in the log system to mask its presence in the system. Killchain for such a rootkit will look like other rootkits, but once inside the system, the rootkit will have the opportunity to escalate rights and editing logs to hide your presence and the fact of the invasion. We suggest to use a system based on blockchains as an efficient and computationally undemanding tool for protecting system logs.

**Keywords:** rootkits, malware detection, malware, cyberattack, blockchain, log, SIEM.

**Introduction.** The article predicts an increase in the volume of malware that uses the modification of system logs to hide traces of being at the Lateral Movement stage (according to the MITRE ATT&K classification [1]). Tracking down these kinds of attacks is difficult to track down and inefficient in most of today's mid-tier web servers. To improve the efficiency of web server protection and early intrusion detection, it is proposed to build a web server log protection system based on blockchain technology. Such a system is based on the authors early ideas [2], as well as its development in the report [3].

**The purpose of the work.** The study is the implementation of a protecting logs solution with the help of blockchain.

**Formulation of the problem.** There are three main tools for detecting and searching for rootkits: binary file analysis, system and user behavior analysis, and system log analysis [4, 5]. Typically, existing antivirus software uses a combined approach that combines first two ones. However, there are certain limits to the effectiveness of these approaches, which are determined mainly by the limitations on the power of the computing resources of the hardware.

**Solving the problem.** At the same time, one of the main tools for both primary and secondary intrusion diagnostics are event logs (logs) of software and system logs (operating system logs). These are sets of diagnostic messages that are generated by regularly or irregularly functioning software and can be effectively used to detect the fact of the invasion with taking further actions. That is why along with the analysis of files and activity we classify it in the third category of protection tools. Logs are often the only way to work on disclosing incidents, their analysis can be carried out in various ways - both manual and automated - by selecting signatures and heuristic rules, however, they are applied not for the analysis of binary files, but for the analysis of messages in the logs.

Logs are valuable material for analyzing the nature of attacks, the behavior of the attacking side and informing in the case of a breach of the defense [6].

Working with logs and system logs is an important component of the system's security, therefore, if an integrated security system is deployed, it must include SIEM - Security information and event management, which was previously a combination of SIM (Security information management) that is a system for managing information about security, and SEM (Security event management) that is a security event management system.

SIEM provides real-time analysis of security events (triggers) emanating from various devices and applications and allows to respond to possible threats proactively. Modern delivered SIEMs can have rather complex and branched architectures and include many different sources of information. However, the use of SIEM is widespread among large corporations, but mid-level web servers are characterized, firstly, by the absence of any integrated security system, and secondly, by neglect of collecting, protecting and processing logs.

Cybercriminals have already begun to include into malware the tools for masking the presence of malware in the system [7], including by modifying logs, which complement other masking tools well (timestomping, process masking, etc.); the presence of even the most primitive attack - a simple deletion of logs - reduces the visibility of malware in the system a lot, makes it difficult to detect and diagnose malware, and allows rootkits to function for a long time without detection, which in turn increases the scale of infection.

According to the MITRE classification [1], attacks related to modification of logs (Indicator Removal on Host: Clear Linux or Mac System Logs) belong to the metaclass with ID T1070. At the time of writing of this article, 17 types of malicious software that use the T1070.001 technique (Clear Windows Event Logs) and 3 varieties that use the T1070.002 technique (Clear Linux or Mac System Logs) have been registered.

Specifically, the database describes malware S0279 Proton which removes logs from /var/logs and /Library/logs, G0106 Rocke which clears log files within the /var/log/ folder and G0139 TeamTNT that removes system logs from /var/log/syslog.

The most promising option for protecting syslogs is linked list-based protection (blockchain technology). Unlike traditional protection methods, does not require many system resources and can be recommended for implementation in the most vulnerable mid-level systems.

Protecting logs with the help of blockchain makes it possible to complicate "backdating" modification of logs, which greatly complicates the implementation procedure (attacker need to select hashes, modify logs, while a rootkit usually has very limited resources), which (a) reveals the very fact of intrusion into system (b) leads to "swelling" of the malware and the use of large resources, which again increases its "footprint" and facilitates detection.

This technology is best suited for managing security and ensuring data integrity in distributed systems. At the same time, to "sign" the data distributed in the system, technologies that are quite low in terms of requirements for computing resources are used - which allows the use of blockchain technologies even in low-level applications and relatively modest hardware systems in terms of technical characteristics.

Another advantage of the blockchain is the ability to store, distribute and maintain the integrity of data even if this data is stored in an open form - in this case, the blockchain works as a guarantee of data integrity and protection from modification by a third party "on the fly".

**Conclusion.** The proposed system is scalable and can be implemented in variants of various reliability/performance ratios. The system thus obtained is practical, does not require a resource-intensive structure for storing and backing up system logs, imposes minimal requirements on the technical qualifications of the maintenance personnel, and, provided that the source link is stored outside the system, allows organizing reliable protection against the attacks described above. Thus, the use of blockchain will protect one of the most vulnerable and priority elements of the security system.

## References

1. MITRE ATTACK. Indicator Removal on Host: Clear Linux or Mac System Logs, Sub-Technique T1070.002 - Enterprise. Jan. 27, 2021. URL: <https://attack.mitre.org/techniques/T1070/002/>.
2. Бойко В. Д. Верификация первичной транспортной документации с использованием технологии связанных списков. *Electrotechnic and Computer Systems*. 2018. Vol. 29 (105). P. 127–135.
3. Бойко В., Василенко М. Система виявлення вторгнень з використанням технології зв'язаних списків: Doctoral dissertation. ВНТУ, 2020.
4. Aslan Ö. A., Samet R. A comprehensive review on malware detection approaches. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 6249–6271.
5. Sancho J. C., Caro A., Ávila M., Bravo A. New approach for threat classification and security risk estimations based on security event management. *Future Generation Computer Systems*. 2020. Vol. 113. P. 488–505.
6. Barford P., Yegneswaran V. An inside look at Botnets. *Malware Detection*. 2007. P. 171–191.
7. Blunden B. *The Rootkit Arsenal: Escape and Evasion in the Dark Corners of the System*. Jones & Bartlett Publishers, 2012. P. 23.

## ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОЇ ОНТОЛОГІЇ ПРИ ВИВЧЕННІ ТВОРЧОСТІ ІВАНА ФРАНКА

Атаманчук В. П.<sup>1</sup>, Атаманчук П. С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Тернопільський національний педагогічний університет  
імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна

**Анотація.** У тезах здійснюється аналіз можливостей використання трансдисциплінарної онтології для репрезентації інформації про творчість Івана Франка (на основі програми з української літератури для 10–11 класів, рівень стандарту). Об'єктом дослідження є вивчення характерних ознак явища трансдисциплінарності у наукових й освітніх вимірах. Предметом дослідження є трансдисциплінарна онтологія як інструмент для вирішення наукових завдань. Мета роботи полягає у створенні трансдисциплінарної онтології на основі творчості Івана Франка за програмою з української літератури для 10–11 класів (рівень стандарту). Наукова значущість дослідження полягає у визначенні багатовимірності й багаторівневості трансдисциплінарних пошуків, які зумовлюються вивченням наукових проблем за допомогою аналізу багатоманітних проєкцій у різних наукових площинах, що формує цілісну трансдисциплінарну парадигму. Практична значущість роботи визначається розглядом важливих рис трансдисциплінарної онтології та засобів її вираження на матеріалі фрагменту навчальної програми з української літератури для 10–11 класів; здійсненням візуалізації сформованої трансдисциплінарної онтології за допомогою когнітивної ІТ-платформи «ПОЛІЕДР» (KIT «ПОЛІЕДР»); можливостями використання різних форм візуалізації трансдисциплінарної онтології.

**Ключові слова:** трансдисциплінарна онтологія, трансдисциплінарність, когнітивні сервіси, програма.

## THE USE OF TRANSDISCIPLINARY ONTOLOGY IN THE STUDY OF IVAN FRANKO'S WORK

Atamanchuk V.<sup>1</sup>, Atamanchuk P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine

**Abstract.** Theses analyze the possibilities of using transdisciplinary ontology to represent information about the work of Ivan Franko (based on the program of Ukrainian literature for grades 10-11, standard level). The object of research is to study the characteristics of the transdisciplinarity phenomenon in scientific and educational dimensions. The subject of research is transdisciplinary ontology as a tool to solve scientific problems. The aim of the study is to create a transdisciplinary ontology based on the work of Ivan Franko in the program of Ukrainian literature for grades 10-11 (standard level). The scientific significance of the study comprises the multidimensionality and multilevel nature of transdisciplinary research, which are determined by the study of scientific problems through the analysis of diverse projections in different scientific fields, which forms a holistic transdisciplinary paradigm. The practical significance of the study is determined by the consideration of important features of transdisciplinary ontology and means of its expression on the material of a fragment of the curriculum in Ukrainian literature for grades 10-11; by the implementation of visualization of the formed transdisciplinary ontology with the help of cognitive IT platform "POLYEDR" (KIT "POLYEDR"); by the opportunities to use different forms of transdisciplinary ontology visualization.

**Key words:** transdisciplinary ontology, transdisciplinarity, cognitive services, program.

**Вступ.** Концепція трансдисциплінарності формує теоретичну основу продуктивного використання інформаційно-освітніх ресурсів, спрямованих на формування єдиного інформаційно-освітнього середовища. Концепція трансдисциплінарності осмислюється у працях С. Довгого [2], О. Стрижака [4], О. Палагіна [3] та ін. Важливими інструментами

здійснення наукових пошуків є трансдисциплінарні онтології [1]. Зокрема, трансдисциплінарні онтології систем знань виступають у ролі важливих засобів створення мережецентричних когнітивних сервісів, які забезпечують аналіз, структурування, відбір інформації за певними критеріями, що створює умови для її подальшої інтерпретації й застосування з урахуванням багатоманітних структурних взаємозв'язків. При цьому онтологія розглядається як структурна уніфікація певної предметної сфери за допомогою смислових моделей, що містять описи базової інформації, які мають ієрархічне впорядкування на основі їхніх властивостей та взаємодій.

**Постановка задачі.** У процесі виконання дослідницьких завдань виникає потреба у чіткому структуруванні інформації, яка осмислюється; у встановленні кореляцій та ієрархічних зв'язків між компонентами структури.

**Мета роботи** – здійснити конструювання трансдисциплінарної онтології на основі творчості Івана Франка за програмою з української літератури для 10–11 класів (рівень стандарту).

**Основна частина.** Трансдисциплінарна онтологія забезпечує можливості для сприйняття чітко структурованої інформації із візуалізованим відображенням структурних компонентів, що створює передумови для цілісного охоплення навчального матеріалу для дослідника, можливості для багаторівневого аналізу, керування агрегованими даними. Процес формування трансдисциплінарної онтології складається із таких етапів: семантичний аналіз програми з української літератури, таксономізація програми, формування структури документу на основі виділених термінів/понять (класи термінів, об'єкти класів термінів) та контекстів, визначення їхніх характеристик й взаємозв'язків, безпосереднє формування онтологічних описів.

Візуалізація сформованої онтології здійснюється за допомогою когнітивної ІТ-платформи «ПОЛІЕДР» (КІТ «ПОЛІЕДР») [5], яка забезпечує можливості здійснювати концептографічний аналіз великих обсягів просторово розподіленої неструктурованої інформації (Big Data), структурувати цю інформацію, визначати контекстні зв'язки для подальшого прогнозування імовірних кореляцій та відбору інформації. Візуалізація онтології у вигляді онтографа (рисунок 1) репрезентує структуру навчального матеріалу, присвяченого вивченню творчості Івана Франка.

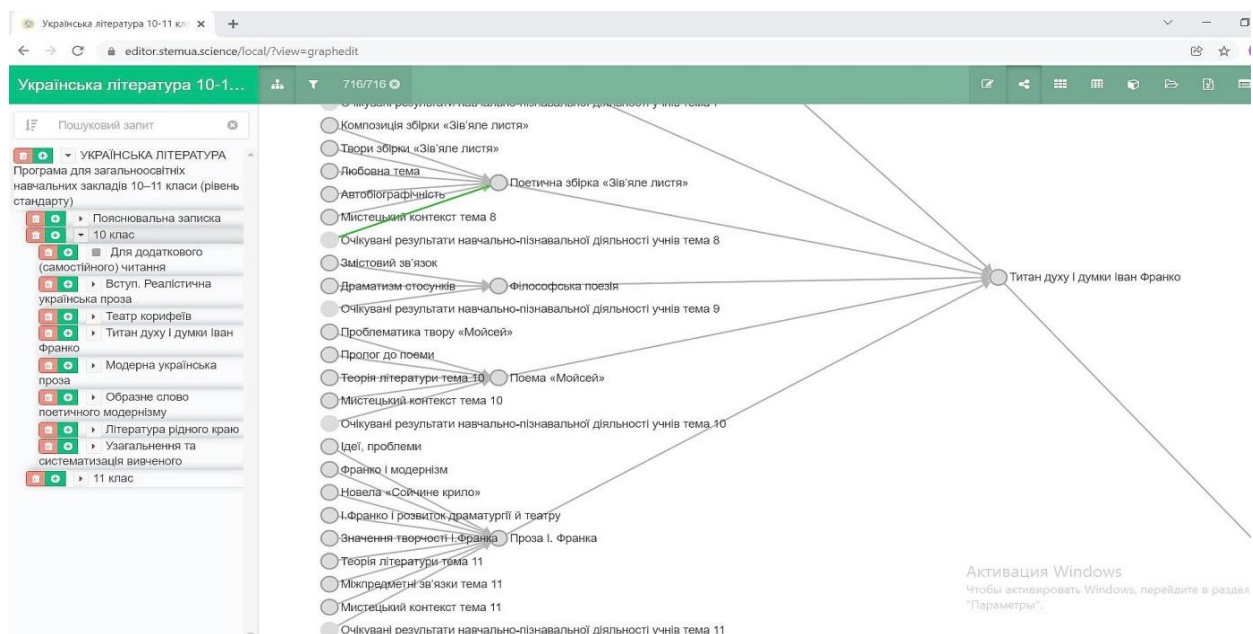


Рисунок 1 – Фрагмент онтології у вигляді онтографа

**Висновки.** Практична значущість дослідження полягає у створенні трансдисциплінарної онтології, яка відображає основні параметри творчості Івана Франка. Згадана онтологія постає у вигляді інтерактивного документа із різноманітними можливостями візуального представлення, що демонструє різні ракурси сприйняття інформації, різноманітні проекції об'єктів пізнання, забезпечуючи перспективи їхнього осмислення з інтеграційних позицій, а також сприяє формуванню цілісного уявлення про них за допомогою відтворених взаємозв'язків та ієрархічної впорядкованості.

#### Список використаних джерел

1. Гончар А. В., Стрижак О. Є., Беркман Л. Н. Трансдисциплінарна консолідація інформаційних середовищ. *Зв'язок*. 2021. № 1. С. 3–10.
2. Інформаційно-навчальні ресурси. Капсули знань: кол. монографія. / за ред. С. О. Довгого, О. Є. Стрижака. Київ: Ін-т обдарованої дитини НАПН України, 2019. 162 с.
3. Палагін О. В., Кургаєв О. П., Шевченко А. І. Ноосферна парадигма розвитку науки та штучний інтелект. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. № 4. Т. 53. С. 12–21.
4. Стрижак О. Є. Трансдисциплінарність навчально-інформаційного середовища. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія «Педагогічні науки»: зб. наук. праць*. Київ: Ін-т обдарованої дитини НАПН України, 2016. Вип. 8. С. 13–28.
5. Когнітивна ІТ-платформи «ПОЛПЕДР». URL: <https://polyhedron.ulif.org.ua/> (дата звернення: 09.06.2022).

#### ПРОГРАМНИЙ СЕРВІС АНАЛІЗУ РЕАКЦІЙ НА РУХОМИЙ ОБ'ЄКТ

Базіло К. В.<sup>1</sup>, Петренко Ю. О.<sup>2</sup>, Фролова Л. С.<sup>2</sup>, Коваленко С. О.<sup>2</sup>, Любченко К. М.<sup>2</sup>,  
Рубан А. М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

<sup>2</sup>Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, Україна

<sup>3</sup>Черкаська медична академія, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** В роботі представлено результати випробовування власного програмного сервісу аналізу реакцій на рухомий об'єкт, який забезпечує організацію і зручний оперативний контроль перебігу діагностичної процедури. Для реалізації такої процедури вивчалися динамічні характеристики процесів збудження і гальмування у центральній нервовій системі за точністю сенсомоторного реагування в групах спортсменів різного віку, кваліфікації та спеціалізації. Наведено результати експериментальних випробувань розробленого програмного продукту, чим підтверджено високу інформативність та надійність результатів тестування на значній вибірці досліджуваних осіб різновікових груп. Також продемонстровано високу стабільність роботи представленого програмного продукту, незалежно від кількості та тривалості проведених досліджень. Показано перспективи використання цього програмного сервісу у спортивній, медичній, психологічній, фізіологічній, авіаційно-космічній сферах, а також у педагогічній практиці для діагностики функціонального стану центральної нервової системи.

**Ключові слова:** програмний сервіс, реакція на руховий об'єкт, центральна нервова система, врівноваженість нервових процесів, зорово-моторна реакція.

#### SOFTWARE SERVICE FOR ANALYZING REACTIONS TO A MOVING OBJECT

Bazilo C.<sup>1</sup>, Petrenko Yu.<sup>2</sup>, Frolova L.<sup>2</sup>, Kovalenko S.<sup>2</sup>, Lyubchenko K.<sup>2</sup>, Ruban A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

<sup>2</sup> Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

<sup>3</sup> Cherkasy Medical Academy, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The paper presents the results of testing its own software service for the analysis of reactions to a moving object, which provides organization and convenient operational control of the diagnostic procedure. To implement this procedure, the dynamic characteristics of the processes of excitation and inhibition in the central nervous system for the accuracy of sensorimotor response in groups of athletes of different ages, qualifications and specializations are studied. The results of experimental tests of the

developed software product are given, which confirms the high informativeness and reliability of the test results on a large sample of subjects of different age groups. High stability of the presented software product regardless of the number and duration of the conducted researches is also demonstrated. Prospects for the use of this software service in sports, medical, psychological, physiological, aerospace spheres, as well as in pedagogical practice for diagnosing the functional state of the central nervous system are shown.

**Key words:** software service, reaction to a motor object, central nervous system, balance of nervous processes, visual-motor reaction.

**Вступ.** Відомо [1], що основною ознакою динамічності нервових процесів є швидкість вироблення умовних рефлексів і диференціювань. Так, при аналізі врівноваженості нервових процесів проводиться порівняння сили процесів збудження та гальмування [2]. У випадку, коли обидва процеси є сильними і взаємно компенсують один одного, то мова йде про врівноваженість цих процесів. У протилежному випадку, у одного із процесів буде вища активність, яка буде проявлятися не лише реакціями в корі головного мозку, але й в інших областях. Вищесказане доводить, що існують широкомасштабні зв'язки між центральною нервовою системою і психічними процесами, які важливі при сприйнятті рухів та формуванні уявлення такого рухового акту. Це надає наукове підґрунтя для подальших досліджень впливу збалансованості нервових процесів на рухову активність людини в її професійній діяльності.

**Мета дослідження:** підвищення об'єктивності та ефективності оцінювання характеристик реакції на рухомий об'єкт шляхом застосування розробленого програмного сервісу для аналізу цих реакцій, який здатний оцінити параметри збудження і гальмування у центральній нервовій системі в різних полях зору.

**Постановка проблеми.** Для визначення врівноваженості нервових процесів у центральній нервовій системі розроблені різні методики, що, в більшості, ґрунтуються на реакціях на рухомий об'єкт і представлені у вигляді автоматизованих систем тестування та отримання даних. Деякі з цих методик є комплексними тестовими програмами, до яких входить визначення латентного періоду зорово-моторної реакції за переважанням процесів збудження і гальмування, а також окремо розроблені способи оцінки часу реакції людини на рухомі об'єкти. Проте, основними їх недоліками є неспроможність отримання кількісної оцінки окремих характеристик реакції на рухомий об'єкт, а також наукоємність та технічна складність дослідницького обладнання та значні витрати часу. Також на сьогодні виникає потреба в оцінці нових характеристик, які не визначаються існуючими розробками у галузі техніки. Тому в роботі пропонується програмний сервіс для аналізу реакцій на рухомий об'єкт та оцінки параметрів збудження і гальмування у центральній нервовій системі в різних полях зору за складних та спрощених умов сприйняття, і в якому враховуються особливості реагування у різного контингенту населення.

**Основні режими роботи програмного продукту.** Програмний продукт «Sniper» розроблений на основі запатентованого способу визначення збудження і гальмування у центральній нервовій системі [3]. Програмний продукт дає можливість визначати параметри реакції на рухомий або нерухомий об'єкт за різних умов пред'явлення зорового подразника. Зручний сучасний інтерфейс програми дозволяє користувачу в інтерактивному режимі наочно спостерігати у лівій частині вікна задані поточні налаштування. Інтерфейс програми при виборі основних режимів зображено на рисунках 1 і 2.

**Обговорення результатів використання програми.** В апробації програми «Sniper» брали участь більше ніж 300 осіб різної статі віком від 12 до 25 років, що професійно займаються спортом. В процесі дослідження, особи підлягали випробуванням в режимі «Точність» за таких параметрів: швидкість рухового об'єкту: 250 мм/с; діаметр мішені та точкового об'єкта: 15 мм; кількість завдань: 32. Використання «Sniper» при дослідженнях юних баскетболістів 12-13 років показало особливості реагування на рухомий об'єкт різностатевих груп спортсменів в умовах біно- та монокулярного сприйняття. За даними тестування сенсомоторної реактивності цієї групи спортсменів виявлено переважання впливу на формування просторової точності рухів процесів збудження і гальмування. Також ці дослідження показали, що на сенсомоторну реактивність може впливати латеральність зорового сенсорного входу, що дозволило встановити кореляційні зв'язки між

сенсомоторною та руховою діяльністю. Дослідження реакції на об'єкт серед молодих спортсменів 17-20 років показали появу гендерних розбіжностей у точності сенсомоторного реагування в умовах збільшення швидкості руху об'єкта, що вказує на виникнення дисбалансу процесів збудження і гальмування при змінному вхідному сигналі. Програмний аналіз діяльності центральної нервової системи кваліфікованих спортсменів показав перехід у стан збудження при змінах швидкості вхідного зорового сигналу в ациклічних видах спорту, що не спостерігалось у циклічних видах спорту. Таким чином, виходячи із спостережень за діями обстежуваних і аналізу результатів роботи програми, можна зробити висновок про коректність її роботи.

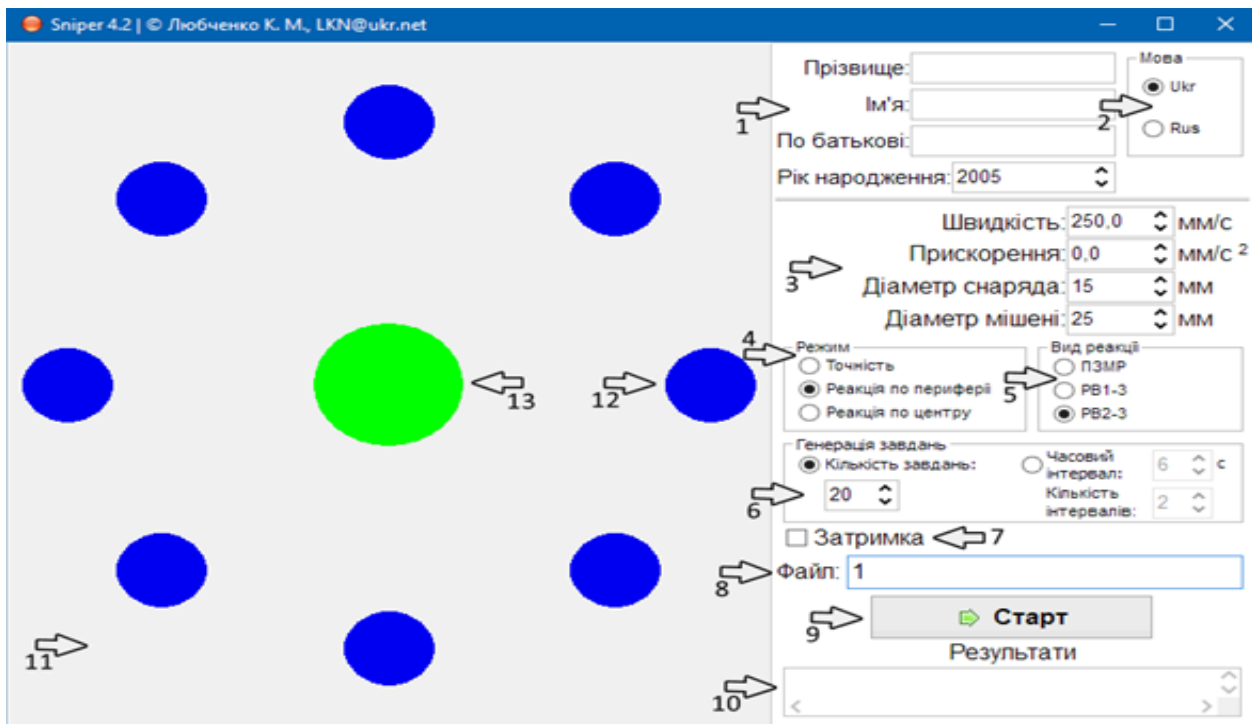
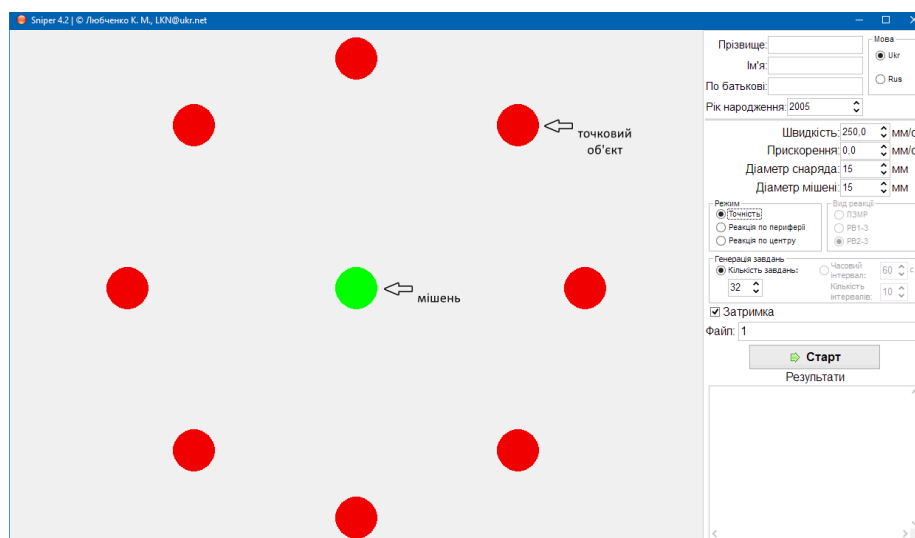
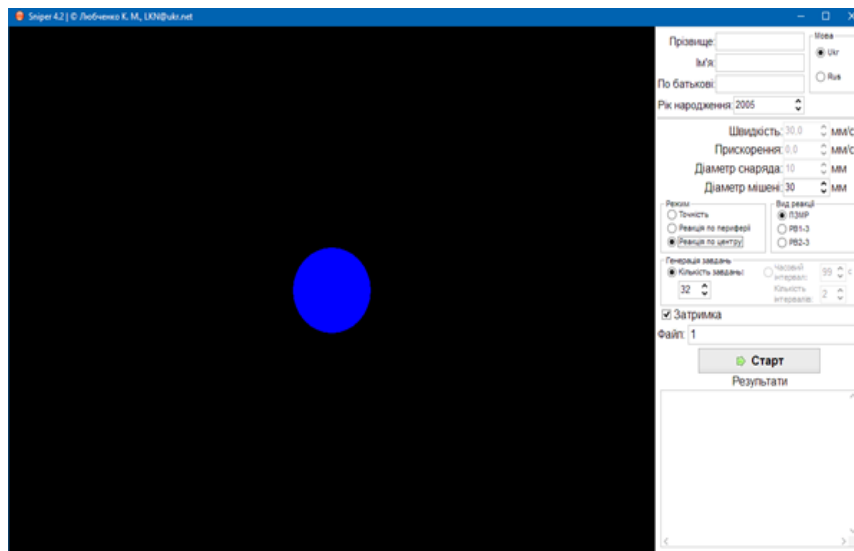


Рисунок 1 – Інтерфейс програми «Sniper» (1 – дані обстежуваного; 2 – мова; 3 – робочі параметри точкових об'єктів та мішеней; 4 – режими роботи; 5 – види реакцій; 6 – параметри генерації завдань; 7 – затримка; 8 – документ, в якому зберігаються результати; 9 – кнопка «Старт»; 10 – результати тестування; 11 – екран режимів; 12 – точковий об'єкт (снаряд); 13 – мішень) при обранні режиму – реакція по периферії

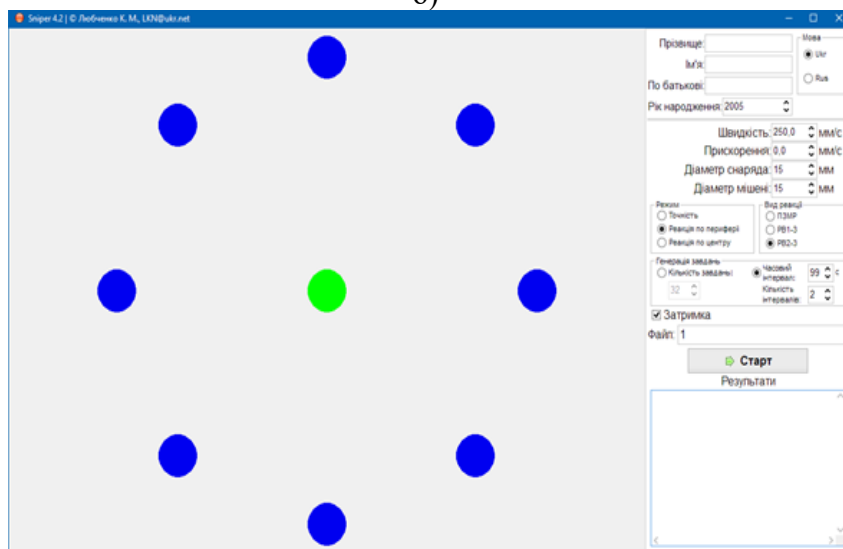


а)





б)



в)

Рисунок 2 – Інтерфейс програми «Sniper» при обранні режимів:  
а – точність; б – реакція по центру; в – працездатність

**Висновки.** Запропонований програмний сервіс дозволяє визначити нові якісні характеристики реакції на рухомий об'єкт і співвідношення процесів збудження і гальмування у центральній нервовій системі, підвищити об'єктивність та ефективність оцінки цих характеристик організму людини. Ця методологія може бути застосована для використання у медичній, психологічній, фізіологічній, спортивній, авіаційно-космічній сферах, а також у педагогічній практиці для діагностики функціонального стану та визначення поведінкових можливостей осіб різного віку та професій.

### Список використаних джерел

1. Lee J. C., Livesey E. J. Second-order conditioning and conditioned inhibition: Influences of speed versus accuracy on human causal learning. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7 (11). e49899. doi: 10.1371/journal.pone.0049899.
2. Malagarriga D., Villa A. E. P., Garcia-Ojalvo J., Pons A. J. Mesoscopic segregation of excitation and inhibition in a brain network model. *PLoS Comput. Biol.* 2015. Vol. 11 (2). e1004007. doi: 10.1371/journal.pcbi.1004007.
3. Спосіб визначення збудження і гальмування у центральній нервовій системі: Пат. № 118142 Україна, МПК А61В5/16 (2006.01) / Ю. О. Петренко, С. О. Коваленко, Л. С. Фролова, та ін. (Україна). заявл. 06.02.2017; опубл. 25.07.2017, Бюл. № 14. 6 с.



## МОДЕЛЮВАННЯ Е-ІНФРАСТРУКТУРИ УНІВЕРСИТЕТІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ ВІДКРИТОЇ НАУКИ В УКРАЇНІ

Драч І. І.<sup>1</sup>, Петроє О. М.<sup>1</sup>, Базелюк Н. В.<sup>1</sup>, Бородієнко О. В.<sup>1</sup>, Слободянюк О. М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут вищої освіти Національної академії педагогічних наук України, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

**Анотація.** Розбудова е-інфраструктури університетів є ключовою умовою розвитку відкритої науки в Україні, її успішної інтеграції до Європейського дослідницького простору та Європейського простору вищої освіти. Об'єктом дослідження є екосистема відкритої науки, а предметом – дослідницькі е-інфраструктури університетів для відкритої науки. Мета дослідження полягає у теоретичному обґрунтуванні моделі екосистеми дослідницьких е-інфраструктур університетів для розвитку відкритої науки в Україні. На досягнення мети було визначено такі завдання: 1) визначити склад основних компонентів екосистеми відкритої науки; 2) здійснити теоретичне обґрунтування моделі екосистеми дослідницьких е-інфраструктур університетів України; 3) надати пропозиції щодо розбудови дослідницьких е-інфраструктур відкритої науки в Україні. У дослідженні використано методи аналізу, синтезу, порівняння документів ЄДП та ЄПВО та наукових праць щодо впровадження відкритої науки. Метод моделювання використано для розроблення моделі екосистеми дослідницьких е-інфраструктур університетів України. Здійснено кількісний та якісний аналіз досвіду використання дослідницьких інфраструктур в університетах України. У результаті дослідження, на основі узагальнення стандартів UNESCO, EU, European University Association, визначено склад основних компонентів екосистеми відкритої науки: відкриті дані досліджень (Open research data); відкритий доступ до публікацій (Open access to publications); залучення громадськості; освіта і вміння; дослідницька відповідальність та добросовісність; оцінювання результатів досліджень. Запропоновано та теоретично обґрунтовано модель екосистеми дослідницьких е-інфраструктур університетів України. На основі аналізу практичного досвіду українських університетів виявлено проблеми використання дослідницьких е-інфраструктур та надано пропозиції щодо розбудови дослідницьких е-інфраструктур відкритої науки в Україні.

**Ключові слова:** відкрита наука, екосистема відкритої науки, дослідницька інфраструктура, е-інфраструктура; моделювання.

## MODELING E-INFRASTRUCTURE OF UNIVERSITIES FOR THE DEVELOPMENT OF OPEN SCIENCE IN UKRAINE

Drach I. I.<sup>1</sup>, Petroye O. M.<sup>1</sup>, Bazeliuk N. V.<sup>1</sup>, Borodiyenko O. V.<sup>1</sup>, Slobodianiuk O. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Higher Education of the National Academy of Education Sciences of Ukraine,

Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

**Abstract.** Developing universities' e-infrastructure is crucial for progressing open science in Ukraine and its successful integration into the European Research Area and the European Higher Education Area. The object of research is the open science ecosystem, and the subject is the universities' research e-infrastructures for open science. The study aims at theoretically substantiating the model of the universities' research e-infrastructures ecosystem for the development of open science in Ukraine. The following tasks have been defined to achieve the aim: 1) to determine the main components of the open science ecosystem; 2) to conduct theoretical substantiation of the model of research e-infrastructures ecosystem of Ukrainian universities; 3) to provide proposals for the development of research e-infrastructures of open science in Ukraine. The study has used methods of analysis, synthesis, and comparison of ERA and EHEA documents and research publications on implementing open science. The modelling method has been used to develop a Ukrainian universities' research e-infrastructures ecosystem model. Quantitative and qualitative analysis of

the experience of using research infrastructures in Ukrainian universities has been carried out. As a result of the study, based on the generalisation of UNESCO, EU, and European University Association standards, such main components of the open science ecosystem have been determined: open research data; open access to publications; public involvement; education and skills; research responsibility and integrity; research performance evaluation. The model of research e-infrastructure ecosystem of Ukrainian universities is proposed and theoretically substantiated. Based on the analysis of the Ukrainian universities' practical experience, the problems of using research e-infrastructure are identified, and proposals for developing open science research e-infrastructure in Ukraine are provided.

**Keywords:** open science, open science ecosystem, research infrastructure, e-infrastructure, modelling.

**Вступ.** Серед ключових трендів розвитку університетської науки на сучасному етапі цифрових трансформацій є багатократне збільшення обсягів даних, функціонування складних екосистем дослідницьких e-інфраструктур та розвиток відкритої науки, характерними ознаками якої є прозорі, доступні для всіх та повторно використані наукові знання, відкриті процеси їх створення та оцінки із залученням широкого кола заінтересованих сторін [1; 2, с. 4–5].

**Постановка задачі.** За даними опитувань, у 2020 р. лише 29 % закладів вищої освіти України були готові до інтеграції з Національним репозитарієм академічних текстів (НРАТ) [3], що свідчить про загальний низький рівень використання університетами наявних потужностей дослідницької e-інфраструктури. Перешкодою щодо розвитку відкритої університетської науки та її інтеграції у екосистему відкритої науки ЄС є також низький загальний рівень розвитку e-інфраструктур України [4, с. 138]. Невідкладність завдань щодо розбудови дослідницьких e-інфраструктур університетів спричинена також значним руйнуванням фізичної інфраструктури багатьох університетів внаслідок воєнних дій РФ в Україні та можливостями, які вони відкривають для дослідників університетів та усієї дослідницької спільноти України в умовах вимушеної віддаленої роботи.

**Мета дослідження:** теоретичне обґрунтування моделі екосистеми дослідницьких e-інфраструктур університетів для розвитку відкритої науки в Україні.

**Основна частина.** Відповідно до стандартів UNESCO [5], EU [6], European University Association [2] та ін., екосистему відкритої науки складають такі основні компоненти: відкриті дані досліджень (Open research data); відкритий доступ до публікацій (Open access to publication); залучення громадськості; освіта і вміння; дослідницька відповідальність та добросовісність; оцінювання результатів досліджень.

Екосистема дослідницької e-інфраструктури розглядається нами як підсистема в екосистемі відкритої науки, що являє собою комплекс e-засобів, які надають ресурси та послуги ученим, співробітникам, студентам та усім іншим членам дослідницьких спільнот відкритої науки для проведення досліджень та сприяння інноваціям.

Запропонована модель, розроблена з урахуванням наявної дослідницької e-інфраструктури України, відображає основні напрями політики з формування та розвитку екосистеми дослідницьких e-інфраструктур відкритої науки університетів, які створюють можливості ученим, співробітникам, студентам та усім іншим членам дослідницьких спільнот для залучення в процеси відкритої науки на всіх етапах досліджень (рисунок 1).

Проаналізовано досвід українських університетів та виявлено проблеми використання дослідницьких e-інфраструктур. Надано пропозиції з розбудови екосистеми дослідницьких e-інфраструктур відкритої науки українських університетів для посилення їх дослідницької спроможності, розвитку національної екосистеми відкритої науки, прискорення її інтеграції до Європейського дослідницького простору та Європейського простору вищої освіти.



Рисунок 1 – Модель екосистеми дослідницьких е-інфраструктур університетів України

### Висновки.

1. У дослідженні, на основі узагальнення стандартів UNESCO, EU, European University Association, з'ясовано склад та запропоновано структуру основних компонентів сучасної екосистеми відкритої науки: основні компоненти: відкриті дані досліджень (Open research data); відкритий доступ до публікацій (Open access to publication); залучення громадськості; освіта і вміння; дослідницька відповідальність та доброчесність; оцінювання результатів досліджень.

2. Розроблено модель екосистеми дослідницьких е-інфраструктур університетів України.

3. На основі аналізу практичного досвіду українських університетів надано пропозиції з розбудови екосистеми дослідницьких е-інфраструктур для посилення їх дослідницької спроможності, розвитку екосистеми відкритої науки України.

### Список використаних джерел

1. Теоретичні основи підвищення дослідницької спроможності університетів України в контексті імплементації концепції «Відкрита наука» / В. Луговий, І. Драч, О. Петроє та ін.; за ред. В. Лугового, О. Петроє. Київ: Ін-т вищої освіти НАПН України, 2021. doi: 10.31874/978-617-7644-53-7-2021.

2. The EUA Open Science. Agenda 2025. European University Association. Febr. 2022. URL: <https://eua.eu/resources/publications/1003>.

3. Опитування щодо інституційних репозитаріїв, відкритої науки та готовності до співпраці з НРАТ. МОН / Український інститут науково-технічної експертизи та інформації. 2020. URL: <https://bit.ly/3MeQpRV>.

4. Technology and Innovation Report 2021. Catching technological waves. Innovation with equity. *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)*. 2021. 196 p. URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020_en.pdf).

5. Recommendation on Open Science. UNESCO. 2021. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949>.

6. The EU's Open Science Policy. An official website of the European Union. 2022. URL: <https://bit.ly/3wnzvtA>.

# ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ СЕРВІСУ GOOGLE ANALYTICS ЗА 2012–2021 РОКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕБРЕСУРСІВ НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИХ УСТАНОВ

Іванова С. М., Кільченко А. В.

Інститут цифровізації освіти

Національної академії педагогічних наук України, м. Київ, Україна

**Анотація.** В роботі проаналізовано досвід застосування сервісу Google Analytics за період 2012–2021 рр. для оцінювання ефективності використання вебресурсів науково-педагогічних установ на прикладі вебсайту «Електронна бібліотека НАПН України» Інституту цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України. Розглянуто можливості системи Google Analytics. Наведено низку показників щодо моніторингу сайту наукової установи за допомогою сервісу Google Analytics протягом 2012–2021 рр. Визначено динаміку зростання продуктивності використання сайту наукової установи за певний період та шляхи підвищення рівня конверсії вебресурсу за допомогою його налаштування таким чином, щоб відвідувачі більше часу були активними на сайті. Перспективним є подальше впровадження нових інформаційно-цифрових систем у діяльність наукових установ, що дозволить підвищити ефективність науково-педагогічних досліджень.

**Ключові слова:** Google Analytics, оцінювання ефективності використання вебресурсів, моніторинг, науково-педагогічна установа, інформаційно-цифрові технології.

## EXPERIENCE OF APPLICATION OF GOOGLE ANALYTICS SERVICE FOR 2012-2021 FOR EVALUATION OF EFFICIENCY OF USING WEBRESOURCES OF SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL INSTITUTIONS

Ivanova S., Kilchenko A.

Institute for Digitalisation of Education of the

National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The paper analyzes the experience of using the Google Analytics service for the period 2012-2021 to assess the effectiveness of web resources of scientific and pedagogical institutions on the example of the website "Electronic Library of NAES of Ukraine" of the Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine. Features of Google Analytics are considered. A number of indicators for monitoring the site of a research institution using Google Analytics during 2012-2021 are given. The dynamics of growth of productivity of using the site of a scientific institution for a certain period and ways to increase the level of conversion of the web resource by adjusting it so that visitors are more active on the site are determined. Further introduction of new information and digital systems in the activities of scientific institutions is promising, which will increase the efficiency of scientific and pedagogical research.

**Keywords:** Google Analytics, evaluation of effectiveness of web resources, monitoring, scientific and pedagogical institution, information and digital technologies.

**Вступ.** Нині все більш важливу роль та вплив на розвиток економіки й країни в цілому виконують науково-педагогічні установи, що мають необхідний науковий, кадровий, і технічний потенціал для поступового та інноваційного розвитку. У своїй науково-педагогічній діяльності вони використовують власні вебресурси: сайт установи, електронну бібліотеку чи інституційний репозитарій, сайт наукового чи періодичного видання та ін., які є відкритими і доступними для ознайомлення, обговорення й застосування наукової спільноти та світової громадськості. Виникає *проблема* отримання статистичних даних щодо оцінювання ефективності використання певних вебсайтів науково-педагогічних установ, яку можна вирішити шляхом застосовування різних інформаційно-цифрових систем відкритого доступу [1].

**Постановка задачі.** Тому актуальним завданням є визначення найбільш зручних у користуванні засобів моніторингу вебресурсів для організації максимальної ефективності

їх функціонування. Для таких цілей є багато різних інформаційно-аналітичних систем: Clicky, Google Analytics, Spring Metrics, Mint, Woopra та ін., за допомогою яких можна якісно оцінити ефективність використання вебсайтів науково-педагогічних установ, а також визначити доцільність їх подальшої підтримки. Найбільш затребуваний серед цих систем – безкоштовний сервіс *Google Analytics (GA)* (<https://analytics.google.com>), що є зручним засобом моніторингу відкритих електронних систем, за допомогою якого можна збирати, опрацьовувати та зберігати статистичні дані щодо використання різних вебресурсів. *Можливості GA* дозволяють: отримати відомості щодо цільової аудиторії; оцінити ефективність каналів трафіку; виявити сторінки із високим показником відмов; проаналізувати час завантаження сайту та його сторінок; відстежити динаміку росту нових відвідувачів за IP-адресою; переглядати активність на сайті у режимі реального часу та ін.

**Мета роботи** – проаналізувати досвід застосування сервісу Google Analytics за період 2012-2021 рр. для оцінювання ефективності використання вебресурсів науково-педагогічних установ на прикладі вебсайту «Електронна бібліотека НАПН України» Інституту цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України (ІЦО НАПН України).

**Основна частина.** За допомогою системи GA науковцями ІЦО НАПН України з кінця 2011 р. проводиться моніторинг вебресурсів цієї установи у вигляді звітних матеріалів. Проаналізуємо досвід використання вебресурсу за 2012–2021 рр. на прикладі сайту «Електронна бібліотека НАПН України» (ЕБ НАПН України) (<https://lib.iitta.gov.ua>). Наведемо *основні дані*, що було отримано за цей період: *користувачі* – 407 тис. осіб (від 27 тис. у 2012 р. до 48 тис. у 2021 р.); *сеанси* (період часу активної взаємодії користувача з сайтом) – 764 тис. (від 37 тис. у 2012 р. до 96 тис. у 2021 р.); *перегляди сторінок* – 5270 тис. (від 235 тис. у 2012 р. до 594 тис. у 2021 р. Отже, кількість користувачів сайту за 10 років збільшилася майже у 2 рази, сеансів – у 2,6 разу, переглядів сторінок вебресурсу – у 2,5 разу.

Аналіз звітів GA дозволяє дізнатися, з якої країни користувачі відвідують сайт, якою мовою їм зручно читати публікації. Декілька показників щодо відвідування сайту ЕБ НАПН України за 2012–2021 рр.: *геодані відвідувачів (мова)* – 240 мов (від 41 у 2012 р. до 138 у 2021 р.); *місце розташування користувачів (країна)* – 182 країни (від 66 у 2012 р. до 139 у 2021 р.). Таким чином, за 10 років значно поширилася аудиторія користувачів сайту: у 2012 р. відвідувачі представляли 66 країн, а у 2021 р. їх вже було на 73 країни більше – 139 країн, спілкувались вони у 2012 р. 41 мовою, а у 2021 р. – 138 мовами. Після отримання даних щодо користувачів, часу їх перебування на сайті, їх інтересів тощо, можна починати роботи з підвищення рівня конверсії, тобто налаштувати вебресурс таким чином, щоб відвідувачі більше часу були активними – робили більше кліків та переглядів.

Однією з найбільш корисних функцій GA є можливість побачити, скільки користувачів заходить на сайт з мобільних пристроїв та правильно налаштувати для них функціональність вебресурсу, що може вплинути на його конверсію. За 2012–2021 рр. простежується така динаміка росту використання мобільних пристроїв: *сеансів* – 52 тис. (від 363 в 2012 р. до 23 тис. в 2021 р.); *країн* – 117 (від 12 в 2012 р. до 96 в 2021 р.); *міст* – 1689 (від 42 в 2012 р. до 1106 в 2021 р.).

**Висновки.** Авторами роботи проаналізовано досвід застосування сервісу GA за період 2012-2021 рр. для оцінювання ефективності використання вебресурсів науково-педагогічних установ на прикладі вебсайту «Електронна бібліотека НАПН України» ІЦО НАПН України. GA надає можливість здійснювати моніторинг відкритих електронних систем для збирання, опрацювання та зберігання статистичних даних щодо трафіку та відвідуваності користувачів сайтів для оцінювання їх показників, що надає змогу налаштування їх за потрібними параметрами й наповнення відповідно до зацікавленості відвідувачів. Перспективним є подальше впровадження нових інформаційно-цифрових систем в діяльність наукових установ, що дозволить підвищити ефективність науково-педагогічних досліджень.

### Список використаних джерел

1. Інформаційно-аналітична підтримка педагогічних досліджень на основі електронних систем відкритого доступу: посібник / за наук. ред. О. М. Спіріна. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2019. 208 с.

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОМУНІКАТИВНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ «ЛЮДИНА-ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ-СЕРЕДОВИЩЕ»

Литовченко В., Підгорний М.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** В статті розглядається схема комунікативного процесу взаємодії об'єктів системи «Людина-транспортний засіб-середовище» (Л-ТЗ-С). Проблематика цього процесу полягає в тому, що діяльність об'єктів (учасників) у цій системі має різні походження та властивості, але націлена на виконання однієї мети – переміщення в середовищі транспортного засобу (ТЗ) під впливом діяльності людини. При вирішенні перманентної події всередині системи кожний задіяний об'єкт має свої способи та засоби вирішення основної мети. Кожний об'єкт системи Л-ТЗ-С має свою природу дій, що призводить до необхідності їх синхронізації задля уникнення конфліктів. Автори пропонують накласти на кожний об'єкт системи властивості, які притаманні людині. Подана в статті схема оптимізації комунікативних взаємозв'язків базується на реакціях органів чуття людини.

**Ключові слова:** комунікативний процес, інформаційна система, транспортний засіб, оптимізація процесів.

## OPTIMIZATION OF COMMUNICATIVE PROCESSES IN THE SYSTEM "HUMAN-VEHICLE-ENVIRONMENT"

Lytovchenko V., Pidhornyy M.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The article considers the scheme of communicative process of interaction of the objects of the system "human-vehicle-environment" (H-V-E). The problem with this process is that the activities of objects (participants) in this system have different origins and properties, but aimed at achieving one goal - movement in the environment of the vehicle under the influence of human activities. When solving a permanent event inside the system, each participant involved in the event has his own ways and means of solving the main goal. Each object of the H-V-E system has his own nature of action, which leads to the need to synchronize them in order to avoid conflicts. The authors propose to impose on each object of the system the properties that are inherent in human. The article presents a scheme for optimizing communication relationships, based on the reactions of human senses.

**Keywords:** communication process, information system, vehicle, process optimization.

**Вступ.** При створенні інформаційних систем ТЗ виникає необхідність вибору найкращих властивостей: склад, структура, зміст, зв'язки та зовнішні параметри. Вибір оптимального варіанту базується на об'єктивному порівнянні ефективності альтернатив, які мають. При створенні систем вирішуються дві задачі: порівняння технічного рівня системи з технічним рівнем розвитку та порівняння окремих альтернатив системи, що створюється між собою. В першому випадку частіше за все використовуються абсолютні форми критеріїв; в другому – відносні. Для реалізації синтезу критеріїв необхідно провести оптимізацію системи Л-ТЗ-С.

**Мета публікації** – оптимізація системи взаємодії між людиною, транспортним засобом та середовищем, за рахунок упорядкування комунікативних процесів в системі Л-ТЗ-С.

**Постановка проблеми.** В сучасних транспортних системах присутня обмеженість автоматизації. Якщо уявити автоматизацію ТЗ у вигляді рівнів то широко використовуються системи допомоги водієві (ADAS) визначені товариством автомобільних інженерів (SAE) [1]. На кожному з рівнів виникають того, чи іншого роду конфлікти. На нижніх рівнях зростає вплив людини на систему. Оскільки втручання людиною часто відбувається несподівано і вимагає швидкого реагування, то це завдання є складним і викликає високе навантаження на водія. Але при збільшенні рівнів автоматизації та автономності, для людини виділяється роль спостерігача. Такі умови експлуатації ТЗ, є також небезпечними. На рівні автономності водій виступає в ролі оператора автоматичної системи.

**Розв'язання проблеми.** Застосовуючи людські відчуття, рівень автоматизації системи Л-ТЗ-С, проходить при зменшенні ентропії задіяних органів відчуття людини при керуванні системи Л-ТЗ-С та створення для людини інформаційного потоку даних контрольно-аналітичного характеру. Оптимізація системи Л-ТЗ-С досягається шляхом створення подразників на об'єкти штучного походження, які прирівнюються до подразників на людину.

Доповнюючи структурну схему розподілу сигналів керування [3, 146] комунікативними процесами (таблиця 1) отримаємо загальну схему оптимізації системи Л-ТЗ-С, де стрілкою вказано оптимізований процес експлуатації автоматизованим транспортним засобом (рисунок 1).

Таблиця 1 – Комунікативні процеси в системі Л-ТЗ-С

Рівні Об'єкт	Матеріальний	Функціональний	Параметричний
Людина	тіло людини	керування ТЗ, аналіз дорожніх подій, прийняття рішень при динамічних подіях та зміна маршруту руху	фізико-хімічні властивості, вік, досвід водіння та психофізичний стан
Транспортний засіб	матеріально-технічний засіб в цілому	переміщення по заданій траєкторії простору, взаємодія з об'єктами транспортної системи, перевезення людей та матеріальних об'єктів	фізико – хімічні властивості, громадський, послуги перевезення та обслуговуючий
Середовище	транспортна інфраструктура та навколишнє середовище	дорожнє покриття, знаки, розмітка, нерівності, освітлення, умови та перешкоди для переміщення	фізико-хімічні властивості, освітленість, рельєф та якість дорожнього покриття

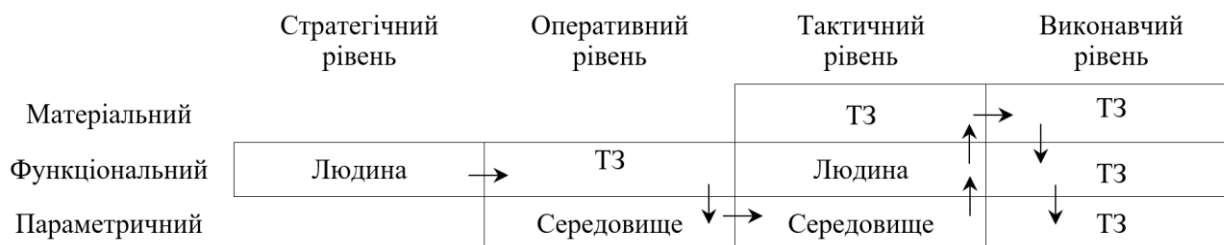


Рисунок 1 – Схема оптимізації системи Л-ТЗ-С

**Висновок.** Завдяки застосуванню комунікативних процесів в системі Л-ТЗ-С, реакція та адаптація системи наближується до адаптації людини, що зменшує ряд конфліктів та оптимізує функціональність, як системи, так і кожного її об'єкту. Змінюється рівень впливу об'єктів один на одного, що допустимо при функціонуванні системи Л-ТЗ-С. Таким чином, підвищення рівня автоматизації транспортних систем, що створюються не порушує зв'язок між об'єктами системи Л-ТЗ-С.

#### Список використаних джерел

1. SAE\_International. SAE Levels of driving automation. 2013. URL: <http://cyberlaw.stanford.edu/loda>.
2. Литовченко В. В., Підгорний М. В. Вибір способу проектування системи керування транспортним засобом. *Сучасні тенденції розвитку машинобудування та транспорту: матеріали Всеукр. наук.-техн. конф.* Кременчук: КрНУ, 2020. С. 144–148.

## ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ ОНЛАЙН-СЕРВІСУ LENS

**Мінтій І., Вакалюк Т., Іванова С.**

Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України,  
м. Київ, Україна

**Анотація.** Під час написання дослідження велике значення від самого початку має зручність і швидкість виконання усіх процесів пошуку матеріалів, їх аналізу аж до завершення певного етапу і поширення результатів. Більшість користувачів використовують для різних процесів різні сервіси – це можуть бути і звичайні пошукові системи, наукометричні бази даних, бібліотечні референс-менеджери, сповіщення, підписки та інше. Проте існують сервіси, що надають можливість виконувати усі ці дії, наприклад онлайн-сервіс Lens. Вітчизняні розробки щодо використання цього сервісу станом на сьогодні відсутні. В роботі розглянуто основні аспекти щодо пошуку, аналізу, упорядкування, оновлення та поширення матеріалів дослідження, використовуючи сервіс Lens. Сервіс має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Lens має набагато ширші можливості, ніж це розглянуто у дослідженні, а їх розгляд є напрямом подальших досліджень.

**Ключові слова:** референс-менеджери, наукометричні бази даних, сповіщення, Scopus, Mendeley, Lens.

## OVERVIEW OF LENS ONLINE SERVICE OPPORTUNITIES

**Mintii I., Vakaliuk T., Ivanova S.**

Institute for Digitalisation of Education  
of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** When writing a study, the convenience and speed of all processes of searching for materials, their analysis until the completion of a certain stage and dissemination of results are from the very beginning of great importance. The majority of users use different services for different processes – these can be the usual search engines, scientometric databases, library reference managers, notifications, subscriptions, and so on. However, there are services that allow you to do all of these things, for example, the online service Lens. There are currently no domestic developments in the use of this service. In this paper the main aspects of searching, analyzing, compiling, updating and distributing research materials using this service are considered. The service has an intuitive interface. Lens has much broader capabilities than this study has considered, and their consideration is an area for further research.

**Keywords:** reference managers, scientometric databases, alerts, Scopus, Mendeley, Lens.

**Вступ.** Сьогодні дані оновлюються надзвичайно швидко і кожен дослідник потребує зручних інструментів пошуку, аналізу, упорядкування, оновлення та поширення матеріалів дослідження. Звісно ж, усі ці процеси можна реалізувати за допомогою використання досить знайомих усім сервісів:

- пошук: пошукові системи (наприклад, Google пошук);
- аналіз: наукометричні бази даних (наприклад, Scopus, інструмент «Analyze search results»);
- упорядкування: наукометричні бази даних, бібліотечні референс-менеджери (наприклад, Mendeley [1]);
- оновлення: підписки, сповіщення (наприклад, сповіщення Google Академії);
- поширення: бібліотечні референс-менеджери (наприклад, Mendeley [1]).

Проте всі ці процеси можна виконувати, використовуючи один онлайн-сервіс – Lens. На сьогодні методичні розробки щодо роботи з цим сервісом відсутні.

**Мета роботи** – огляд можливостей онлайн-сервісу Lens.

**Основна частина.** Доступ до онлайн-сервісу Lens отримує будь-який зареєстрований користувач. Існує платний та безкоштовний (для особистого користування, для навчання) доступ. Після введення ключових слів у поле для пошуку (рисунок 1) користувач має можливість відфільтрувати отримані результати за цілою низкою параметрів, здійснити аналіз результатів, упорядкувати їх, зберігши як колекцію та поширити результати, обравши



під час створення колекції публічний доступ до неї (рисунок 2). Задля підтримання результатів пошуку в актуальному стані слід створити динамічну колекцію.

The screenshot shows the LENS.ORG search interface. At the top, there's a navigation bar with 'LENS.ORG', language options (English), and various menu items like 'Our Apps', 'Pricing', 'About', 'Work Area', 'Signed in as mintii', and 'Support'. Below this, a search bar contains the query 'Blended learning' and a search button. The main content area is titled 'Scholar Search Results' and shows 'Scholarly Works (31,051) = "Blended learning"'. A filter section on the left lists various criteria like Date Range, Flags, Author, Institution, etc. A summary table shows: Scholarly Works: 31,051; Works Cited by Patents: 25; Citing Patents: 36; Patent Citations: 36. The search results are sorted by Relevance, and the first result is 'BLENDED LEARNING DI PERGURUAN TINGGI DI TINJAU DARI PERSPEKTIF LEADERSHIP DAN IKLIM ORGANISASI' by Teguh Budiarto, published Feb 29, 2016. A table on the right shows institution counts: Open Access (192), State (143), Univer... (71), and Univer... (70).

Рисунок 1 – Результати пошуку в онлайн-сервісі Lens

**Висновки.** Онлайн-сервіс Lens надає можливість виконувати процеси пошуку, аналізу, упорядкування, оновлення та поширення. На відміну від сервісів, що надають аналогічні послуги, – пошукових систем, наукометричних баз даних, бібліотечних референс-менеджерів, Lens реалізує комплексний підхід – усі процеси з використанням одного сервісу. Вищевикладене не розкриває увесь потенціал можливостей онлайн-сервісу, що є напрямом подальших досліджень. Зокрема, заслуговує окремої уваги інтеграція Orcid та Lens. Завдяки цьому реалізовано «зв'язування даних з Lens з ідентифікатором Orcid і експортування метаданих до свого запису Orcid» (рисунок 2) [2].

## AREdu 2021 - Immersive technology today

2021 | Report

DOI: [10.31812/123456789/4592](https://doi.org/10.31812/123456789/4592)

LENSID: [082-403-640-857-24X](https://lens.org/record/082-403-640-857-24X)

CONTRIBUTORS: Svitlana H. Lytvynova; Serhiy O. Semerikov; Andrii M. Striuk; Mykola I. Striuk; Larisa S. Kolgatina; Vladyslav Ye. Velychko; Iryna S. Mintii; Olga O. Kalinichenko; Serhii M. Tukalo

Source: Iryna Mintii via The Lens

Рисунок 2 – Результати експортування метаданих патенту з Lens до Orcid

### Список використаних джерел

1. Мінтій І. С., Іванова С. М. Референс-менеджери як засоби керування бібліографічними даними. *Інформаційні технології в освіті та науці: зб. наук. праць*. Вип. 12. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2021. С. 102–105.
2. Meet the Lens: Integrating ORCID iDs into patents. URL: <https://info.orcid.org/meet-the-lens-integrating-orcid-ids-into-patents/>.

# СЕРВІС MENDELEY DATA ЯК ЗАСІБ ОПРИЛЮДНЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ У НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

**Олексюк В.П.**

Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України,  
м. Київ, Україна

**Анотація.** У тезах подано аналіз деяких можливостей сервісу Mendeley Data, який є сучасним хмарним сховищем для публікування експериментальних даних наукових досліджень. Сервіс Mendeley Data є розробкою компанії Elsevier. Дані, збережені за допомогою нього, легко інтегруються до матеріалів, опублікованих на сайті ScienceDirect. Набори даних, опубліковані в Mendeley Data, отримують унікальні цифрові ідентифікатори DOI. Використання сервісу сприяє обміну дослідницькими даними, що зазвичай вимагають грантові фінансування. Оприлюднені експериментальні дані дають можливість повторного їх використання іншими дослідниками, внаслідок чого спостерігається підвищення відтворюваності, прозорості та довіри до оригінального дослідження. У зв'язку з цим оприлюднення експериментальних даних наукових досліджень є типовою практикою провідних світових наукових інституцій.

**Ключові слова:** хмарний сервіс, відтворюваність експериментальних досліджень, Mendeley Data, відкритий доступ.

## MENDELEY DATA SERVICE AS A TOOL OF SHARING EXPERIMENTAL DATA IN SCIENTIFIC RESEARCH

**Oleksiuk V.**

Institute of Digitalization of Education of the National Academy  
of Pedagogical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The paper provides an analysis of some features of the Mendeley Data service. It is a modern cloud storage for publishing experimental research data. The Mendeley Data service is a development of Elsevier. The data stored with it is easily integrated into the materials published on the ScienceDirect site. Datasets published in Mendeley Data receive unique digital DOI identifiers. The use of the service facilitates the exchange of research data, which usually requires grant funding. Publication of experimental data allows their re-use by other researchers, resulting in increased reproducibility, transparency and confidence in the original study. In this regard, the publication of experimental research data is a typical practice of the world's leading scientific institutions.

**Keywords:** cloud service, reproducibility of experimental research, Mendeley Data, open access.

**Вступ.** За умов стрімкого зростання кількості наукових досліджень все більшої актуальності набуває проблема оприлюднення експериментальних даних досліджень. Не викликає сумнівів, що кількість наукових публікацій є опосередкованим показником наукового зростання та розвитку суспільства. Одним з головних компонентів якісного дослідження є його експериментальні дані, статистичне опрацювання яких дає можливість авторам обґрунтовано говорити про результати та висновки.

**Мета роботи** полягає у аналізі деяких можливостей сервісу Mendeley Data щодо публікації у відкритому доступі наборів дослідницьких даних.

**Основна частина.** Як показують публікації [0], [2], процес дослідження безпосередньо взаємопов'язаний з життєвим циклом даних, і їх неможливо розділити. Управління даними є важливим аспектом дослідження, оскільки дослідники збирають і опрацьовують значну кількість даних. Зазвичай цей процес займає чимало часу. Саме час є незмінним фактором для досягнення успіху в інноваційних наукових галузях. З іншого боку, належно організоване дослідження вимагає багато часу як для пошуку першоджерел, так і для організації й проведення експериментальної роботи.

Для того, щоб керувати різноманітними даними, науковцям потрібне відповідне сховище або платформа для довгострокового збереження. Такий підхід забезпечить відтворюваність експерименту завдяки можливості подальшого використання даних академічною спільнотою. Управління зазначеними даними передбачає використання спеціалізованих програмних засобів, зокрема розгортання хмарних сервісів. Найпростішим способом є використання хмарних сховищ на зразок Google Drive, OneDrive, Dropbox, Mega з подальшим посиланням на файли, опубліковані у них. Проте такий спосіб має недоліки, пов'язані з обмеженнями детального опису файлів, зокрема створення їх метаданих. Також такі файли, зазвичай, не можливо знайти в мережі, окрім як за посиланням, наведеним у публікації. Іншим способом оприлюднення експериментальних даних є їх архівування в інституційних репозитаріях (електронних бібліотеках) поряд із текстом статті. У цьому випадку метадані усього матеріалу будуть організовані згідно стандартів (дублінське ядро, протокол ОАІ-РМН), що забезпечить краще індексування та пошук. Такий спосіб не є максимально зручним для науковців, частіше він здійснюється фахівцями бібліотек, які забезпечують лише виконання процесу архівування. Крім того, створення та супровід інституційного репозитарію вимагає кваліфікованих ІТ-фахівців та бібліотекарів. Як показують дослідження, існує значний розрив між необхідними та наявними навичками бібліотечного персоналу стосовно управління даними наукових досліджень [3].

Беручи до уваги вищезгадане, дослідникам варто зберігати дані у спеціалізованих хмарних сховищах. Одним із цих середовищ є Mendeley. Сервіс належить всесвітньовідомому видавництву Elsevier. Загалом він є платформою управління бібліографічними довідками, а також платформою управління даними для даних досліджень. Сервіс можна охарактеризувати як хмарну платформу для управління, надання доступу та обміну бібліографічними посиланнями й дослідницькими даними [0]. Його складник Mendeley Data – це відкрите сховище дослідницьких даних. Автори можуть завантажувати до нього сирі та опрацьовані дані досліджень. Він також дозволяє приватно обмінюватися даними досліджень з окремими особами, і, крім того, дані можна публікувати для відкритого обміну. Чимало освітніх та наукових установ використовують сервіс для управління різними видами даних [4], [5].

Депонування даних з використанням сервісу Mendeley Data має ряд переваг, зокрема, зростання цитування, зниження ймовірності втрати даних, відтворюваність експерименту і, як наслідок, продовження дослідження іншими науковцями. Дослідники мають справу з різними типами даних, такими як текстові, числові, графічні тощо, у різноманітних форматах. Усі ці типи даних можуть бути збережені у онлайн-сховищі Mendeley Data. Нині він є сертифікованим репозитарієм із сертифікацією CoreTrustSeal [6].

Розглянемо детальніше процес оприлюднення дослідницьких даних із використанням сервісу Mendeley Data.

Для завантаження матеріалів дослідження до сервісу науковцю потрібно визначити та заповнити такі поля:

- Назва та опис набору;
- Дані (файли) та їх тип;
- Перелік співавторів (сервіс інтегрований із наукометричною базою Scopus, а тому автоматично формує посилання на профілі авторів) та їх приналежність до освітніх чи наукових установ;
- Кроки, що потрібні відтворення результату дослідження;
- Пов'язані посилання, зокрема на публікацію, «сирі дані», розроблене програмне забезпечення;
- Ліцензія.

Після того, як набір даних сформований, він перебуває у неопублікованому стані, який називають *чернеткою* (draft). У цьому стані автор має можливість змінювати набори даних, зокрема редагувати та видаляти їх складники. Після опублікування набору даних його неможливо видалити.

Публікуючи дані за допомогою сервісу, автори можуть обрати одну з кількох ліцензій Creative Commons і відкритих ліцензій на програмне та апаратне забезпечення. Компанія

Elsevier не володіє даними, які завантажують та публікують автори за допомогою сервісу Mendeley Data. Науковці зберігають контроль та авторські права над даними, а також обирають умови їх повторного використання [7]. Крім того опублікований набір даних отримує цифровий ідентифікатор об'єкта DOI. Автори матеріалу можуть перейменувати, перемістити та навіть видалити окремі файли. Під час публікації набору даних автор може вказати дату, після настання якої дані стають доступними (наприклад, щоб вони були доступні одночасно з пов'язаною статтею). Це означає, що опис і файли цього набору даних не будуть загальнодоступними до настання цієї дати ембарго. Тим часом, інша інформація про набір даних, така як автори, назва, цитати та пов'язані статті, стає доступною безпосередньо перед ембарго.

Сервіс Mendeley Data підтримує індексацію та поширення усього сховища загальнодоступних записів наборів даних за допомогою стандарту Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH). Це означає, що метадані для всіх наборів даних, опублікованих у Mendeley Data, доступні у відкритому форматі для полегшення великомасштабного отримання та аналізу записів, що підкреслює прихильність його розробників ідеям відкритої науки. У подальшому опубліковані метадані об'єднуються в індекс метаданих сервісів DataCite (повний індекс метаданих дослідницьких даних) та OpenAIRE. Останній є дослідницьким порталом ЄС, який прагне зробити якомога більше результатів досліджень з країн ЄС доступними для всіх.

**Висновки.** Підсумовуючи вищенаведене, зазначимо, що інтеграція української науки в європейський простір вимагає підвищення якості досліджень. Їх атрибутами є проведення якісної, чіткої та відтворюваної експериментальної роботи. Усі ці складники доцільно публікувати у відкритому доступі засобами сучасних хмарних сервісів, одним з яких є MenDeley Data. Ймовірно, що такі публікації відповідатимуть високим критеріям наукових досліджень, зокрема загальнодоступності, відкритості та прозорості як авторських текстів, так і отриманих у них результатів.

#### Список використаних джерел

1. Мінтій І. С., Іванова С. М. Огляд можливостей референс-менеджера Mendeley. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/728608/> (дата звернення: 02.04.2022).
2. Directorate-General for Research and Innovation (European Commission). Reproducibility of scientific results in the EU. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6bc538ad-344f-11eb-b27b-01aa75ed71a1> (date of access: 03.04.2022).
3. Do articles in open access journals have more frequent altmetric activity than articles in subscription-based journals? An investigation of the research output of Finnish universities / K. Holmberg, J. Hedman, T. D. Bowman et al. *Scientometrics*. 2020. Vol. 122. P. 645–659. URL: <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03301-x>.
4. Олексюк В. П., Іванова С. М., Мінтій І. С. Оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень: зарубіжний досвід. URL: <https://www.journal.kdpu.edu.ua/ped/article/download/4435/4165> (дата звернення: 03.04.2022).
5. Dillo I., De Leeuw L. CoreTrustSeal. *Mitteilungen der Vereinigung Österreichischer Bibliothekarinnen und Bibliothekare*. 2018. Vol. 71. No. 1. P. 162–170. URL: <https://doi.org/10.31263/voebm.v71i1.1981> (date of access: 02.04.2022).
6. Knowledge management in the classroom using Mendeley technology / M. A. Favero Reis et al. URL: <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2021.102486> (date of access: 28.02.2022).
7. Narendra K. B. Mendeley Data Repository as a platform for Research Data Management. URL: [https://www.researchgate.net/publication/329442759\\_Mendeley\\_Data\\_Repository\\_as\\_a\\_platform\\_for\\_Research\\_Data\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/329442759_Mendeley_Data_Repository_as_a_platform_for_Research_Data_Management) (date of access: 03.04.2022).

**РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
У ВОЄННИЙ ПЕРІОД ДЛЯ НАПИСАННЯ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ  
«МІСТОБУДІВНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ  
ЕКОЛОГІЧНИХ ПОСЕЛЕНЬ»**

**Селіхова Я. В.**

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,  
м. Харків, Україна

**Анотація.** В статті розглянуто інформаційні технології, які допоможуть науковцям, змушеним евакуюватися зі своїх домівок через жорстоку війну, напад росії на мирних жителів України. В цей нелегкий період, працюючи над дисертаційною роботою за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, за тематикою наукового дослідження «Містобудівні аспекти організації енергоефективних екологічних поселень (на прикладі Харківської області)», розроблено рекомендації, які стануть в нагоді для успішного продовження роботи над написанням дисертації та наукових досліджень на прикладі цієї тематики. Для досягнення поставленої мети розглянуто низку завдань: виявлення сучасних наукометричних баз, які знадобляться для подальшої роботи та комунікації з науковою спільнотою України та світу, визначення основних профільних джерел публікацій та робота з бібліографічними менеджерами, дослідження варіантів обробки даних із зазначеної наукової сфери.

**Ключові слова:** воєнний період, дисертаційна робота, наукометрична база, бібліографічні менеджери.

**RECOMMENDATIONS FOR THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES  
IN THE WAR PERIOD FOR WRITING A DISSERTATION ON THE TOPIC  
"URBAN ASPECTS OF THE ORGANIZATION  
OF ENERGY EFFICIENT ECOLOGICAL SETTLEMENTS"**

**Selikhova Y.**

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

**Abstract.** The article considers information technologies that will help scientists forced to evacuate from their homes due to the terrible war, Russia's attack on civilians in Ukraine. During this difficult period, working on a dissertation on the specialty 192 – Construction and Civil Engineering, on the topic of research "Urban aspects of the organization of energy efficient ecological settlements (on the example of Kharkiv region)", the recommendations that will be useful for successful dissertation writing and research on the example of this topic are developed. To achieve this goal, the following tasks have been considered: identification of modern scientometric databases that will be needed for further work and communication with the scientific community of Ukraine and the world, determination of the main sources of publications and work with bibliographic managers, research of options for data processing in this field.

**Key words:** war period, dissertation work, scientometric base, bibliographic managers.

**Вступ.** 24 лютого 2022 року, росія напала на Україну по всій довжині спільного кордону, від Луганська до Чернігова, а також із території Білорусі й окупованого Криму. Російська армія обстріляла із артилерії українські прикордонні застави. Рідне місто Харків – це місто на північному сході, перша столиця, науковий центр України [1], зазнало масових бомбардувань. З кожним днем окупанти цілеспрямовано все більше знищують цивільну інфраструктуру, внаслідок чого, почалася евакуація: щодня близько 30 тисяч людей відправляються із вокзалу Харкова до безпечних місць, на захід країни та за кордон [2]. Люди змушені тікати без усіх необхідних речей, в потяги дозволяють узяти лише документи та гроші. Тому, в такий важкий час, було вирішено присвятити статтю рекомендаціям, які стануть в нагоді для успішного продовження написання дисертаційної роботи та наукових досліджень.

**Метою роботи** є розроблення узагальнених рекомендацій щодо користування інтернет-ресурсами та інтернет-сервісами, які допоможуть молодому науковцю швидко отримати та проаналізувати максимальну кількість інформації, яка стосується об'єкта його дослідження при написанні своєї дисертаційної роботи.

**Постановка завдань.** Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити ряд завдань: виявлення сучасних в наукометричних баз, які знадобляться для подальшої роботи та комунікації з науковою спільнотою України та світу; визначення основних профільних джерел публікацій та робота з бібліографічними менеджерами; дослідження варіантів обробки даних з зазначеної наукової сфери. Методологія включає огляд наукометричних баз та основних джерел з профільними публікаціями та визначення бібліографічних менеджерів, з доданими до них посиланнями.

**Формулювання проблеми.** На сьогоднішній день, на території Харківської області (пишу звідси), тривають активні бойові дії, страждає цивільна інфраструктура, гинуть ні в чому невинні люди, болісно й гірко писати про це. Через цю ситуацію, частина науковців були вимушені покинути свої домівки та евакуюватися. Масове внутрішнє переселення суттєво вплинуло на якість життя та рівень наукової роботи та роботи взагалі. Ті люди, які вже забезпечені житлом на заході України, чи влаштувалися закордоном, та мають доступ до інтернет ресурсів, зможуть відновити свої напрацювання та продовжити роботу. В цій статті представлені необхідні, на мою думку, основні інформаційні технології, які допоможуть органічно інтегруватися в науковий процес.

**Результати дослідження.** Одним із основних напрямів наукової діяльності у вищій школі України є визначення узагальненої оцінки якості та результатів наукових досліджень окремого вченого, кафедри, факультету, університету і закладів вищої освіти України в цілому. На сьогодні сучасні тенденції представлення наукових досліджень вимагають від науковця подання отриманих результатів до світових, бажано, до загальнонавчаних періодичних видань і видавництва, що входять до різних наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science, ORCID, ResearcherID, ResearchGate, Google Scholar, Ukrainian Scientists Worldwide, Microsoft Academic Search, Index Copernicus, Scientific Social Community). Слід відмітити, що кількісні показники цих наукометричних баз даних усе активніше використовуються зарубіжними країнами для визначення та оцінювання ефективності діяльності як окремого науковця, колективу чи організації, так і перспективних напрямів розвитку науки, їх фінансування тощо [3].

Бібліографічні менеджери – це спеціальне програмне забезпечення для запису і використання літературних посилань. Бібліографічний менеджер дає можливість збирати інформацію про публікацію із баз даних, підтягувати дані, потрібні для цитування, створювати бібліографію в різних академічних стилях, сортувати зібрані посилання за поданим описом (автори, публікація даних, ключові слова і т.д.), додавати зауваження до цитувань, а також співпрацювати з іншими авторами [4]. Основними бібліографічними менеджерами, які стануть в пригоді, та зекономлять час науковця, є: BibDesk, CiteULike, Citavi, Colwiz, EndNote / EndNote Web, Jabref, Mendeley, Zotero.

Дисертація присвячена дослідженню й аналізу екологічної та енергетичної ситуації в Україні, визначенню ролі, передумов та заходів організації енергоефективних екологічних поселень в стійкому розвитку та розробці методологічних містобудівних основ проектування із можливістю їх застосування (на території Харківської області). Здійснення містобудівної діяльності нерозривно пов'язане з аналізом та обробкою просторових даних, а тому інформаційна підтримка є однією з фундаментальних складових містобудівної діяльності. Подача всіх видів містобудівної документації повинна здійснюватися у вигляді цілісної системи містобудування, яка є інструментом управління забудовою території. Сучасні інформаційні технології дозволяють значно підвищити ефективність роботи органів архітектурного та містобудування та скоротити час на надання послуг. В останні роки в українських містах і регіонах значно більше вільних відкритих даних. Незважаючи на це, часто нелегко знайти необхідні дані. Тому, в роботі висвітлено основні ресурси, які можна

використовувати під час написання роботи та для розробки проектів: Google Earth (панорами і супутникові знімки різних років), SAS Planet (супутникові знімки з високою роздільною здатністю доступні для завантаження), Wikimapia (ресурс, що дозволяє отримати інформацію про фактичне використання територій), Open Street Maps (моделювання та читання топографічних карт), Cadmapper (перетворює дані з відкритих джерел, таких як OpenStreetMap, NASA і USGS, в акуратно організовані файли CAD), Публічна кадастрова карта (можна знайти інформацію про кадастровий номер земельної ділянки, її межі, площу, форму власності, цільове призначення, згідно із класифікатором, наявні обмеження у використанні та іншу корисну інформацію), GEN (сайт глобальної мережі екопоселень, на платформі розміщена карта з різними типами поселень на різних континентах), Сайт «Еко-ціль» (дані про сонячну інсоляцію по регіонах), Карта сонячної активності регіонів України (сонячна інсоляція – використання альтернативних джерел в регіонах України), Карта вітрової активності регіонів України (вітрова енергія – використання альтернативних джерел в регіонах України), Карта гідроенергетичної активності в регіонах України (гідроенергетика – використання альтернативних джерел в регіонах України), Карта усіх типів відновлюваної енергетики України (використання усіх альтернативних джерел в регіонах України), Геопортал містобудівного кадастру Харківської області (безліч корисної містобудівної інформації міститься на цій платформі). Але в воєнний період, адміністратор геопорталу заблокував основні сторінки геопорталу в цілях безпеки.

**Висновки.** Виходячи з вищезазначеного, в роботі узагальнено інтернет-ресурси та інтернет-сервіси, які допоможуть молодому науковцю швидко отримати та проаналізувати максимальну кількість інформації, яка стосується об'єкта його дослідження, дозволить максимально якісно провести аналіз та обґрунтування наукових питань у сфері містобудування, при написанні своєї дисертаційної роботи. Представлені джерела інформації дають змогу досліджувати особливі характеристики та принципи проектування енергоефективних екологічних поселень з низьким рівнем споживання ресурсів, в яких представлені інноваційні технології, архітектурно-планувальні, просторово-композиційні, екологічні та економічні заходи використовуючи сучасні інформаційні технології. Слід зазначити, що наукова діяльність нашого міста продовжується, ми віримо в перемогу, та безмежно вдячні Збройним силам України – нашим героям!

### Список використаних джерел

1. Маслійчук В. Л. Харків. *Енциклопедія історії України*: у 10 т. / редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін.; Ін-т історії України НАН України. Київ: Наукова думка, 2013. Т. 10 : Т-Я. С. 346.
2. Укрінформ - Мультимедійна платформа іномовлення України. 13 березня 2022. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3421616-iz-harkova-sodna-evakuut-blizko-30tisac-ludej.html> (дата звернення: 26.03.2022).
3. Сайт НУБПУ. Наукометричні бази даних та їх кількісні показники: необхідність чи вимога часу? 2015. URL: <https://nubip.edu.ua/node/12785> (дата звернення: 26.03.2022).
4. Наука та метрика. Для чого необхідні референс-менеджери? 2022. URL: <https://nim.media/articles/gayd-z-programnikh-zabezpechen-dlya-roboti-z-bibliografichnimi-spiskami-zotero-mendeley-endnote> (дата звернення: 26.03.2022).
5. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем: підручник. Львів: Львівська політехніка, 2018. 620 с.
6. Вадимський С. Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень: навч. посіб. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.
7. Bornmann L, Marx W. How to evaluate individual researchers working in the natural and life sciences meaningfully? A proposal of methods based on percentiles of citations. *Scientometrics*. 2014.
8. Convergent validity of bibliometric Google Scholar data in the field of chemistry. Citation counts for papers that were accepted by *Angewandte Chemie International Edition* or rejected but published elsewhere, using Google Scholar, Science Citation Index, Scopus, and Chemical Abstracts / L. Bornmann, W. Marx, H. Schier et al. *J. Inform.* 2009.

# ВІДКРИТА УКРАЇНСЬКА ПОШУКОВА СИСТЕМА Й БАЗА ДАНИХ НАУКОВИХ ЦИТУВАНЬ

**Франчук Н. П.**

Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, м. Київ, Україна  
Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна

**Анотація.** Наукометричний аналіз потребує розробки певних критеріїв та показників для оцінювання результативності педагогічних досліджень. Об'єктом дослідження є наукометричні бази цитування та співпраця між науковими видавництвами, дослідниками та іншими зацікавленими сторонами з метою сприяння необмеженій доступності даних про цитування в науковій літературі. Предметом дослідження є пошукова система і база даних наукових цитувань Open Ukrainian Citation Index. В роботі описано відкриту українську пошукову систему наукометричних цитувань. Відкритий український показник цитування містить метадані усіх видань через використання сервісу Cited-by від Crossref. Також в системі враховуються цитування між публікаціями. В інтерфейсі системи є фільтри, використання яких дозволяє проводити пошук документів лише серед видань, що представлені в п'яти базах (Scopus, Web of Science, Nature Index journals, Directory of Open Access Journals, Flemish Academic Bibliographic Database for the Social Sciences and Humanities), а це, в свою чергу, спрощує пошук та аналіз наукових документів.

**Ключові слова:** пошукова система, відкритий український індекс цитувань, OUCI, реферативні та цитатні бази даних, спеціальні пошукові системи, онлайн-інструменти для відстеження наукових цитат.

## OPEN UKRAINIAN SEARCHING SYSTEM AND A DATABASE OF SCIENTIFIC CITATIONS

**Franchuk N.**

National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv, Ukraine  
Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences  
of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Scientometric analysis requires the development of certain criteria and indicators to assess the effectiveness of pedagogical research. The object of research is scientometrics citation databases and cooperation between scientific publishers, researchers, and other stakeholders to promote unrestricted availability of citation data in the scientific literature. The subject of research is the search engine and the database of scientific citations of the Open Ukrainian Citation Index. The paper describes an open Ukrainian search engine of scientometrics citations. The open Ukrainian citation index contains metadata of all publications, using the Cited-by service from Crossref. Also, the system considers citations between publications. The system interface has filters, the use of which allows you to search for documents only among the publications presented in five databases (Scopus, Web of Science, Nature Index journals, Directory of Open Access Journals, Flemish Academic Bibliographic Database for Social Sciences and Humanities), which in turn simplifies the search and analysis of scientific documents.

**Keywords:** searching system, Open Ukrainian Citation Index, OUCI, abstract and citation databases, special search engines, online tools for tracking scientific citations.

**Вступ.** Фахівці Державної науково-технічної бібліотеки України на чолі з Сергієм Назаровцем за дорученням Колегії Міністерства освіти і науки України розробили систему: «Відкритий український показник цитування» (Open Ukrainian Citation Index – OUCI) [2]. Перша в Україні наукометрична база почала свою роботу в 2002 році. Саме це стало свідченням того, що українці зробили перші кроки, спрямовані на інтеграцію та вихід нашої наукової спільноти на світовий рівень [4]. OUCI – це не лише система для пошуку, а й база даних наукових цитувань, які надходять від усіх видань, що використовують сервіси Cited-by від Crossref [5] та Initiative for Open Citations [6].



**Постановка задачі.** Для успішної комунікації та змоги соціалізуватися кожен науковець повинен використовувати цифрові технології для створення персональних профілів, в яких розміщувати свої напрацювання. Для вітчизняних досліджень є обов'язковість публікацій у виданнях, що індексуються, крім Google Scholar, ще й в міжнародних базах даних Web of Science або Scopus. Це робиться для того, щоб усі бачили важливість їх робіт [4]. Крім створення таких профілів, існують ще й пошукові системи й бази даних наукових цитувань. Дане дослідження присвячене одній із діючих на сьогодні вітчизняних пошукових систем і базі даних наукових цитувань Open Ukrainian Citation Index.

**Мета роботи** – ознайомити науковців з відкритою українською системою цитувань Open Ukrainian Citation Index та сприяти залученню видань до національної реферативної база даних, яка відповідає вимогам сучасних дослідників.

**Основна частина.** Використання системи OUCI допоможе з пошуком потрібних наукових публікацій, бо головною метою створення цієї системи було сприяння доступності даних про цитування, які є відкритими, розподіленими та структурованими. Розробники хотіли привернути увагу україномовних редакцій до проблеми повноти та якості метаданих статей, щоб покращити подання українських наукових видань у спеціалізованих пошукових системах та розширити читацьку аудиторію наших вітчизняних видань [1]. Для полегшення роботи з цією системою розробники пропонують практичний посібник, в якому описують переваги використання сервісу Cited-by від Crossref та підтримки Initiative for Open Citations [3].

Користувачі мають доступ до системи через вебсайт (рисунок 1), на якому можна обрати критерії та вказати умови пошуку. Внизу сторінки вказано кількість публікацій, що автоматично оновлюється за розділами: з усього світу, з різних наукових дисциплін, у вітчизняних виданнях.

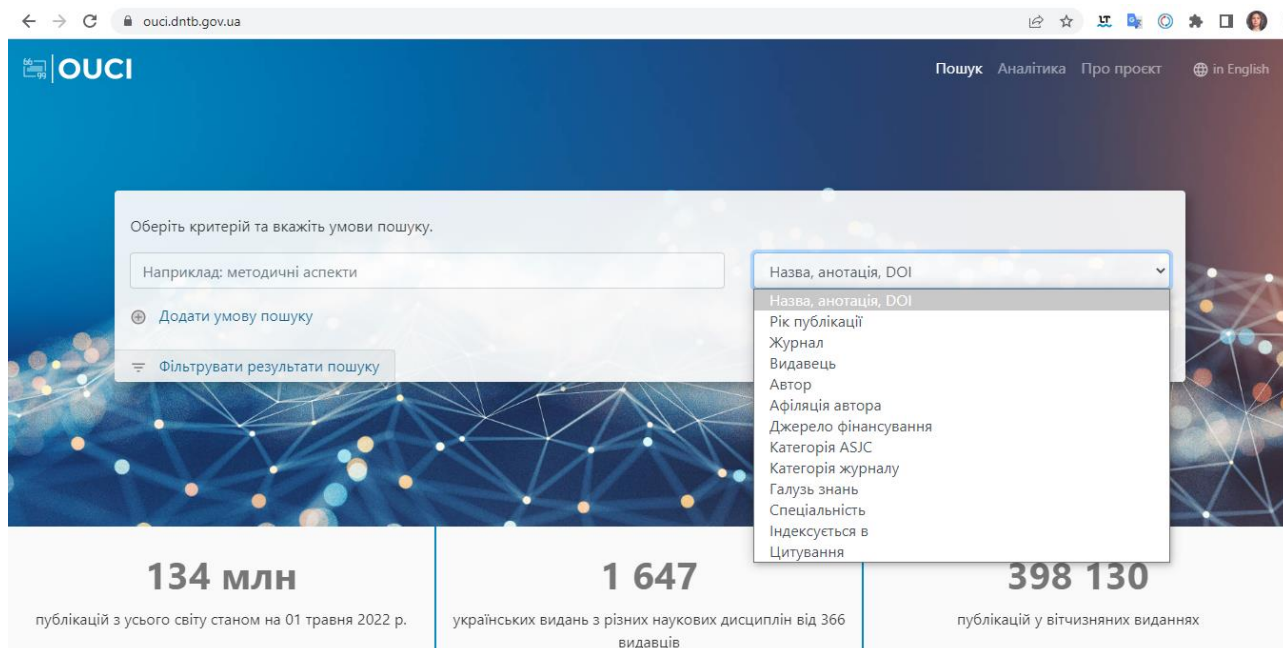


Рисунок 1 – Головна сторінка Open Ukrainian Citation Index

Крім цього, наведена аналітика, починаючи з 1991 року, за більшістю галузей знань. Графічно подаються: кількість публікацій за роками та кількість цитувань за роками. Також містяться вичерпні дані про проект, а саме: принцип роботи OUCI; як представити журнал в OUCI; метрики OUCI; приклади використання OUCI; відповіді на поширені запитання; контакти.

**Висновки.** Пошукова система працюватиме краще, якщо всі статті будуть мати DOI. Є багато прикладів некоректного використання метрик не тільки в Україні, а й у світі, разом з тим, проблема не в самих інструментах чи базах даних, а в користувачах, які не до кінця розуміють та неточно інтерпретують наукометричні показники. Практична значущість роботи полягає в розкритті характеристик та популяризації національної пошукової системи й бази даних наукових цитувань OUCI. Бо дослідження наших науковців часто зосереджені на національній тематиці, а, отже, мало цікавлять укладачів комерційних багатодисциплінарних баз, які зорієнтовані на міжнародну спільноту.

#### **Список використаних джерел**

1. Open Ukrainian Citation Index (OUCI) – ДНТБ України. URL: <https://dntb.gov.ua/uncategorized/open-ukrainian-citation-index-ouci> (дата звернення: 27.04.2022).
2. OUCI. URL: <https://ouci.dntb.gov.ua/> (дата звернення: 27.04.2022).
3. Назаровець С., Борисова Т. Відкритий доступ до наукових цитувань: практ. посіб. Київ: ДНТБ України, 2019. 34 с. URL: <https://zenodo.org/record/2648786> (дата звернення: 05.05.2022).
4. Франчук Н. П. Цифрові технології для оцінювання результативності педагогічних досліджень. *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України: зб. матеріалів*, (м. Київ, 10 лют. 2020 р.). С. 66–69.
5. Сервіс Cited-by от Crossref | Open Science in Ukraine. URL: <https://openscience.in.ua/cited-by-crossref.html> (дата звернення: 10.05.2022).
6. I4OC: Initiative for Open Citations. URL: <https://i4oc.org/> (дата звернення: 16.05.2022).

## АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ, МЕТОДІВ І ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАКАНСІЙ НА РИНКУ ПРАЦІ

Дубовський А. А.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** У сучасних умовах, що склалися на ринку праці як в Україні, так і світі, актуальною є проблема пошуку і прогнозування вакансій на міжнародному ринку праці, яка б задовольняла потреби як потенційних працівників, так і роботодавців, а також вирішення цієї проблеми за допомогою спеціальних наукових методів і засобів їх реалізації. Метою роботи є аналіз найбільш популярних методів прогнозування вакансій на ринку праці і програмних засоби, що їх реалізують. На основі цього аналізу буде визначено вимоги до веб-орієнтованої інформаційної системи аналізу і прогнозування вакансій на ринку праці, що розробляється автором у межах дисертаційного дослідження. Практична значущість дослідження полягає у тому, що створення такої системи надасть можливість її користувачам у будь-який час і будь-якому місці, де є доступ до мережі Інтернет, одержувати актуальну інформацію про вакансії на ринку праці як за певними регіонами, так і певними професіями, а також здійснювати прогнозування змін на ринку праці за допомогою математичного моделювання з використанням сучасних наукових методів і підходів.

**Ключові слова:** методи прогнозування, прикладні програми, вакансії, ринок праці, веб-орієнтована інформаційна система.

## ANALYSIS OF PRINCIPLES, METHODS AND SOFTWARE FOR VACANCY FORECASTING ON THE LABOR MARKET

Dubovskyi A.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** In the current conditions of the labor market in Ukraine and the world, the problem of finding and forecasting vacancies in the international labor market, which would meet the needs of both potential workers and employers, as well as solving this problem with special scientific methods and tools, is relevant. The aim of this work is to analyze the most popular methods of forecasting vacancies in the labor market and the software that implements them. Based on this analysis, the requirements for a web-based information system for analysis and forecasting of vacancies in the labor market, developed by the author within the dissertation research, will be determined. The practical significance of the study is that the creation of such a system will allow its users at any time and in any place where there is access to the Internet, to receive up-to-date information about vacancies in the labor market both for certain regions and certain professions. as well as to predict changes in the labor market through mathematical modeling using modern scientific methods and approaches.

**Keywords:** forecasting methods, applied programs, vacancies, labor market, web-based information system.

**Вступ.** Сучасне дослідження ринку праці неможливо виконати без використання інформаційних технологій, математичних та статистичних методів, а також прикладних програм, які дають можливість оцінити поточну ситуацію на ринку праці, виокремити істотні та несуттєві чинники та фактори його розвитку, причини соціально-економічної нестабільності, та зробити адекватний прогноз динаміки та тенденцій розвитку показників на ринку праці. Проаналізувавши процеси на ринку праці в часі за допомогою математичного моделювання, можна отримати результати поточного, ретроспективного та перспективного стану цього ринку. Результатом математичного моделювання стану ринку праці є побудова короткострокового або довгострокового прогнозу його поведінки, що надає можливість виокремити певні критерії та вектори розвитку ринку праці та його регулювання. Процес моделювання повинен відображати основні внутрішні та зовнішні взаємозв'язки між елементами цієї економічної підсистеми та іншими елементами економіки. Суть такого моделювання зводиться до прогнозів тенденцій динаміки зайнятості та безробіття населення, заробітної плати працівників, професійно-кваліфікаційної структури і т.п.

**Постановка задачі.** Головним призначенням математичного моделювання ринку праці є аналіз економічних процесів, що відбуваються на ринку праці, прогнозування напрямів його розвитку, розроблення управлінських рішень на всіх рівнях функціонування сфери трудових відносин. Однак, складність соціально-економічних процесів на ринку праці й узагалі в будь-якій економічній системі не дає змоги використовувати результати моделювання та прогнозування як єдине управлінське рішення, вони є тільки складовою частиною діяльності людей із регулювання ринку праці. Існує велика кількість методів економіко-математичного моделювання та прогнозування, деякі з них достатньо давно використовуються для прогнозу й аналізу. Проте в умовах соціально-економічної нестабільності на ринку праці варто застосовувати нові методи або їх комбінації з уже існуючими. Також не менш важливим аспектом є постійна автоматизація економіко-математичних методів та можливість застосування науковцями сучасних програмних продуктів з огляду на високу вартість та проблеми їх опанування.

**Метою роботи** є аналіз основних принципів, найбільш популярних методів прогнозування вакансій на ринку праці і програмних засоби, що їх реалізують, а також визначення на цій основі ключових вимог до модуля прогнозування веб-орієнтованої інформаційної системи аналізу і прогнозування вакансій на ринку праці, що розробляється автором у межах дисертаційного дослідження.

**Основна частина.** Основними принципами прогнозування розвитку ринку праці можна вважати [1]: системність прогнозування; відповідність прогнозування сучасним науковим дослідженням або науковість; адекватність прогнозів реальним процесам; сценарний характер прогнозів. *Системність* визначає, що ринок праці це цілісна система, яка має в собі сукупність окремих взаємопов'язаних елементів та включає в себе взаємозалежність факторів, послідовність та підпорядкування методів дослідження, врахування факторів соціально-економічної нестабільності та внутрішніх і зовнішніх викликів. *Науковість* відповідає за поєднання об'єктивних законів людських знань, пов'язаними з використанням математичного моделювання і прогнозування та використання сучасних інформаційних систем і технологій, з подальшою візуалізацією результатів дослідження. *Адекватність* регулює перевірку наявності в моделі всіх істотних факторів і відсутності несуттєвих факторів, перевірку наявності та точності значення змінних, перевірку статистичних гіпотез та крос-перевірку. Принцип *сценарності* забезпечує вибір показників ринку праці, значення яких можна варіювати, комбінування ключових факторів, розробку та аналіз сценаріїв розвитку, вибір стратегії з урахуванням всіх можливих сценаріїв.

Ретроспективний аналіз є видом економічного аналізу, що спрямований на порівняння фактичних результатів діяльності ринку праці, визначення величини впливу факторів на зміну результатів його діяльності, підрахунок резервів підвищення ефективності функціонування ринку праці, визначення шляхів мобілізації знайдених резервів тощо [2]. Економетричний аналіз дає змогу проаналізувати емпіричні дані за допомогою статистичних методів, кількісно виміряти вплив чинників на ті чи інші економічні явища, тобто виявити і математично описати кількісні взаємозв'язки між економічними змінними, просто і доступно описати фактори та їх значущість [2].

Альтернативою статистичним методам під час моделювання та прогнозування розвитку ринку праці є методи інтелектуального аналізу даних. Серед таких методів виділяються методи, що використовують штучні нейронні мережі. Застосування апарату нейронних мереж сьогодні є достатньо поширеним. Він використовується для прогнозування кадрових потреб підприємств, потреб робочої сили в системі «попит-пропозиції», під час визначення напряму прийняття управлінських рішень у системі трудових відносин, прогнозування розвитку регіональних ринків праці, прогнозування оцінки успішності працівників [3].

Сьогодні існує досить велика кількість пакетів прикладних програм для автоматизації методів аналізу та прогнозування процесів на ринку праці. За функціональними можливостями їх можна поділити на три визначальні групи: *загального призначення*, *професійного призначення*, *спеціалізованого призначення*. Проте основними проблемами під час вибору програмного забезпечення є їх недоступність індивідуальному користувачеві

(висока вартість), недостатність часу у дослідників на освоєння декількох програм, відсутність у багатьох безкоштовних пакетах графічного інтерфейсу, відсутність в одній програмі необхідних функцій, що потрібні користувачу як з боку потенційного працівника, так і роботодавця. У таблиці 1 наведено методи, що використовуються для аналізу ринку праці, та пакети прикладних програм, де вони реалізуються [4].

**Таблиця 1 – Методи аналізу ринку праці та пакети прикладних програм, де вони реалізуються**

Методи аналізу ринку праці	Пакети прикладних програм
Методи системного аналізу	QSB (Quantitative Systems for Business), Minitab, Matlab, Stata, Gretl, JMulti
Методи опрацювання статистичних даних	Microsoft Excel, XLSTAT, Gretl, EViews, SPSS
Агрегатне індексування	Microsoft Excel, XLSTAT, Gretl
Масиви індикаторів	QSB (Quantitative Systems for Business), Minitab, SPSS
Метод порівнянь	R (R Foundation for Statistical Computing), Curve Expert, DATAWRAPPER
Оцінювання зовнішніх та внутрішніх факторів	SAS (Statistical Analysis Software), Minitab, SPSS, Microsoft Excel, XLSTAT, Gretl, Curve Expert
Методи статистичного аналізу	Minitab, SPSS, Matlab, Microsoft Excel, Stata, Gretl, Statistica, EViews, QSB (Quantitative Systems for Business), Minitab, JMulti
Статистичні та динамічні балансові моделі	GraphPad Prism, Microsoft Excel, XLSTAT, Curve Expert, DATAWRAPPER, STATISTICA, EViews, MESOSAUR, NetLogo
Методи соціологічних досліджень	AnyLogic, Simulink, Microsoft Excel, Mathcad, SPSS Statistics Когнітивне моделювання «КАНБА», Growthbar, Living Facts, US Census Business Data, Social Mention
Методи експертних оцінок	Microsoft Excel, MATLAB (The Mathworks)
Метод аналізу трендів	Statistica, Matlab
Метод часових рядів	InfluxData, Trendalyze, Amazon Timestream, DataStax, Prometheus, QuasarDB, Warp 10, InfluxDB, Kdb+, Actian X, Axibase Time Series Database, Microsoft Excel, EViews, MESOSAUR
Аналіз сценаріїв	Microsoft Excel
Аналіз коефіцієнтів	MathCad, Matlab, Microsoft Excel, Statistica
Нейронні мережі	SPMD, Computer Art Studio, Viscosity, SOMine
Методи оптимізації показників	Mathcad, MatLab, Microsoft Excel, Statistica, Decision Support System (DSS)
Імітаційне моделювання	Arena, AnyLogic, GPSS World, Process Charter 1.0.2, Powersim 2.01, EViews
Методи математичного аналізу	Microsoft Excel, XLSTAT, Gretl, JMulti, Curve Expert, Statistica, EViews
Інші методи економіко-математичного моделювання	QSB (Quantitative Systems for Business), Minitab, Matlab, GraphPad Prism, Microsoft Excel, XLSTAT, Gretl, JMulti, Curve Expert, Statistica, EViews, MESOSAUR

**Висновки.** Згідно до проведеного аналізу методів і засобів прогнозування зроблено висновок, що найбільш сучасними і ефективними є методи інтелектуального аналізу даних, зокрема методи, що використовують штучні нейронні мережі як класичні, так і нечіткі, а найбільш затребуваними є веб-орієнтовані програмні засоби, що їх реалізують. У межах дослідження створюється веб-орієнтовна інформаційна технологія, що буде на базі методів інтелектуального аналізу даних, прораховувати деякі ризики та прогнозувати основні тенденції на ринку праці. На основі одержаного прогнозу буде будуватись модель змін на ринку праці, на базі якої буде відбуватись вибірка актуального стану ринку праці.

#### **Список використаних джерел**

1. Маршавін Ю. М. Шляхи забезпечення послідовності в підготовці фахівців у навчальних закладах України з потребами ринку праці: метод. і прикладні аспекти. *Ринок праці та зайнятість*. 2014. № 3. С. 13–18.
2. Жегус О. В. Моделювання попиту на освітні продукти закладів вищої освіти в Україні. *Проблеми економіки*. 2018. № 2. С. 410–417.

## ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ DATA SCIENCE В ЕЛЕКТРОННІЙ КОМЕРЦІЇ

Затонацька Т.<sup>1</sup>, Длугопольський О.<sup>2,3</sup>, Воловець Т.<sup>3</sup>, Подскребко О.<sup>1</sup>, Максимчук О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна

<sup>3</sup>Вища школа економіки та інновацій, м. Люблін, Польща

**Анотація.** Карантинні заходи для запобігання поширенню пандемії COVID-19 привели до швидкого зростання ринку електронної роздрібною торгівлі. Інтернет-магазини стали звичним і, для деяких груп людей, не єдиним способом забезпечення себе товарами. Тому через надмірне накопичення онлайн-даних необхідні сучасні методи їх аналізу. Завдяки огляду літератури щодо можливостей використання інструментів Data Science були визначені такі методи та моделі обробки даних електронної комерції, як інтелектуальний аналіз даних (кластерний аналіз, регресійний аналіз, класифікація), машинне навчання, штучні нейронні мережі, візуалізація тощо. Метою статті є побудова моделі обробки даних для підвищення ефективності електронної комерції. Під час моделювання були використані Ward-метод та кластерна візуалізація. У результаті кожен з отриманих кластерів був оцінений за статистичними показниками. Також були запропоновані варіанти розвитку електронної комерції та вдосконалення маркетингової стратегії підприємств. Встановлено, що використання реклами в соціальних мережах здатне значно збільшити електронні продажі, тоді як інвестування в друковані ЗМІ є неефективним. Таким чином, використання побудованої моделі є доцільним для покращення збуту та планування маркетингових витрат. Можливості використання інструментів Data Science в аналізі електронної комерції є ключовою сферою для залучення клієнтів, розширення бізнесу та збільшення доходів.

**Ключові слова:** електронна комерція, наука про дані, великі дані, кластерний аналіз, регресійний аналіз.

## USE OF DATA SCIENCE TOOLS IN E-COMMERCE

Zatonatska T.<sup>1</sup>, Dluhopolskyi O.<sup>2,3</sup>, Wołowiec T.<sup>3</sup>, Podskrebko O.<sup>1</sup>, Maksymchuk O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine

<sup>3</sup>Higher School of Economics and Innovation, Lublin, Poland

**Abstract.** Quarantine measures to prevent the spread of COVID-19 pandemic have led to a rapid growth of the e-retail market. Online shopping has become commonplace and for some groups of people the only way to provide themselves with the resources. Therefore, due to the excessive accumulation of online data modern methods of analysis are necessary. The literature review on the possibilities of using Data Science tools has identified such methods and models of e-commerce data processing as data mining (cluster analysis, regression analysis, classification), machine learning, artificial neural networks, visualization, etc. The aim of the article is to build a data processing model for improving the efficiency of e-commerce. Ward's method and cluster visualization have been used during the modeling. As a result, each cluster has been evaluated according to statistical indicators. Also, options for the development of e-commerce and improvement of marketing strategy have been proposed. It has been found that the use of advertising on social networks can significantly increase e-sales, while investing in print media is inefficient. Thus, the use of the built model is effective in improving of sales and planning of marketing costs. The possibilities of using Data Science tools in e-commerce analysis are a key area for attracting customers, expanding business, and increasing revenue.

**Keywords:** e-commerce, data science, big data, cluster analysis, regression analysis.

**Вступ.** Активне зростання ринку електронної комерції супроводжується збільшенням обсягу інформації, накопиченої за допомогою новітніх технологій. Це, у свою чергу, вимагає використання прогресивних підходів, методів і технологічних засобів для її зберігання, обробки та використання. Проблема підвищення ефективності інструментів електронної комерції активно розглядалась в працях зарубіжних [1; 2; 3; 4; 5] та українських [6; 7; 8; 9] вчених.

**Метою дослідження** є визначення сучасного стану, перспектив та можливостей застосування інструментів Data Science в аналізі даних електронної комерції в Україні.

**Завданням дослідження** є побудова моделі обробки даних електронної комерції для покращення стратегії електронних продажів та маркетингу підприємства.

**Результати.** Для реалізації моделі були використані дані підприємства Reckitt Benckiser, що спеціалізується на виробництві товарів для дому, лікарських засобів, засобів для здоров'я та гігієни. Однією з ключових стратегій Reckitt Benckiser на українському ринку є збільшення електронних продажів та залучення нових споживачів шляхом використання електронних маркетингових інструментів, в тому числі публікацій рекламних постів в соціальних мережах. Дані, які отримуються в процесі промо-активностей, можуть містити в собі дуже цінну інформацію для компанії та допомогти дослідити поведінку і найбільш ефективні дії споживачів.

За допомогою аналітичних інструментів Data Science була поставлена мета перевірити наявність зв'язку між рекламною кампанією клієнта (ефективними метриками) в мережі Instagram та динамікою вторинних продажів продукції компанії на сайті клієнта. Промоактивність працює наступним чином: на сторінці клієнта в соціальній мережі Instagram публікується новина про хвилю знижок на певний асортимент бренду X, в публікації міститься посилання з переходом на сайт Інтернет-магазину мережі, де користувач може оглянути весь запропонований промо-асортимент, а також придбати його.

Для дослідження використовувались дві бази даних. Перша містила в собі щоденну інформацію про кількість переходів на сайт та зроблених в подальшому замовлень на промо-продукцію, тоді як друга база даних включала наступні показники:

- кількість відвідувачів спільноти, ос.;
- різноманітність контенту – відношення кількості типів контенту до кількості публікацій в день, %;
- залучення аудиторії, або ERday, % – відношення суми кількості всіх дій користувачів (лайки, коментарі) в день до загальної кількості учасників спільноти;
- охоплення – кількість користувачів, які побачили публікацію;
- день, коли була зроблена публікація (1 – будній, 0 – вихідний);
- кількість переходів на сайт мережі.

Для початку важливо зрозуміти чи існує залежність між переходами через посилання з публікації на сайт та кількістю замовлень. Проаналізувати дану статистику зручно за допомогою методу регресійного аналізу. У лінійній регресії залежна змінна  $Y$  – кількість продажів, незалежна  $X$  – кількість відвідувань сайту інтернет-магазину. Для визначення гетероскедастичності використовувався метод Глейзера – розглянуто регресію абсолютних значень залишків  $|u_i|$ , які відповідають регресії найменших квадратів як деяку функцію від  $x_j$ , де  $x_j$  є тією незалежною змінною, яка відповідає зміні дисперсії  $\delta_c^2$  (рисунок 1). Адекватність моделі за цим методом визначається оцінкою коефіцієнта детермінації  $R^2$ . Оскільки  $R^2$  є малим та не близьким до одиниці ( $R^2 = 0,1619$ ), модель не є адекватною, а отже гетероскедастичність даних відсутня.

Автокореляція в моделі використовується для знаходження закономірностей в ряді даних, таких як періодичність. Перевірка на автокореляцію даних реалізовувалась методом Дурбіна-Ватсона і дані були отримані наступні –  $p$ -value = 0,1809, отже автокореляція відсутня.

Регресійний аналіз моделі показав (рисунок 2), що модель є адекватною, адже коефіцієнт детермінації дуже близький до одиниці ( $R^2 = 0,9316$ ), а  $p$ -value < 0,05. Отже, ступінь залежності кількості купівель від кількості відвідувань сайту інтернет-магазину є дуже високим. Якщо прийняти лінійний характер залежності даних двох статистичних показників, то коефіцієнт  $b$  в цій регресії характеризує метрику інтернет-маркетингу – конверсію продажів. Отже, згідно з моделлю конверсія сайту становить  $b = 0,1833$ , або 18,33%.

```

Call:
lm(formula = u ~ view)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-10.4352  -5.0152  -0.8094   1.5956  16.2297

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 20.010062   4.602064   4.348 0.000154 ***
view       -0.012215   0.005161  -2.367 0.024842 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 6.964 on 29 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1619,    Adjusted R-squared:  0.133
F-statistic: 5.601 on 1 and 29 DF,  p-value: 0.02484

```

Рисунок 1 – Результат перевірки моделі на гетероскедастичність

```

Call:
lm(formula = lead ~ view)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-26.773  -9.773   1.488   6.727  24.810

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -50.297510   8.225125  -6.115 1.16e-06 ***
view         0.183317   0.009225  19.872 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 12.45 on 29 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9316,    Adjusted R-squared:  0.9292
F-statistic: 394.9 on 1 and 29 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Рисунок 2 – Результат лінійної регресії

Далі цікавим є те, що саме потрібно публікувати та на які аспекти маркетингу потрібно звернути увагу. Для цього був використаний метод множинної регресії. Тестування моделі показало, як і в попередньому випадку, що гетероскедастичність та автокореляція відсутні, а залишки нормально розподілені.

Результати аналізу (рисунок 3) доводять, що модель можна вважати адекватною, адже коефіцієнт детермінації близький до одиниці ( $R^2 = 0,6309$ ), а  $p$ -value < 0,05. Регресійний аналіз показав, що між певними характеристиками публікацій і наміром клієнта зробити покупку не існує прямої залежності. Загалом кількість відвідувачів сайту залежить від відвідувачів бренд спільноти.

```

Call:
lm(formula = num_visits_site ~ ER_day + cont_div + group_size +
    coverage + visitors)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-54.203  -12.330   5.255  17.977  37.489

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 591.47358   229.85828   2.573 0.016395 *
ER_day      65.52404   403.86500   0.162 0.872419
cont_div     22.18726   24.66752   0.899 0.376994
group_size  -0.11148    0.05836  -1.910 0.067652 .
coverage     0.12101    0.19055   0.635 0.531163
visitors     0.93471    0.21765   4.295 0.000232 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 25.63 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6309,    Adjusted R-squared:  0.5571
F-statistic: 8.547 on 5 and 25 DF,  p-value: 7.952e-05

```

Рисунок 3 – Результат множинної регресії

Оскільки деякі показники даної моделі є незначущими за статистикою Стьюдента, для збільшення якості аналізу можна побудувати ще одну множинну регресію, де в якості незалежної змінної виступатиме кількість відвідувачів спільноти (рисунок 4).



```

Call:
lm(formula = num_visits_site ~ visitors)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-34.604 -12.018   0.593   9.363  37.264

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -28.19444   21.21932  -1.329   0.194
visitors      0.59214    0.07686   7.704 1.7e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 17.3 on 29 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6718,    Adjusted R-squared:  0.6604
F-statistic: 59.35 on 1 and 29 DF,  p-value: 1.704e-08

```

Рисунок 4 – Результат множинної моделі регресійного аналізу

Як видно з результатів, коефіцієнт детермінації став ближчим до 1, ніж в попередній моделі, що вказує на залежність кількості відвідувачів сайту від кількості відвідувачів Instagram-сторінки ( $R^2 = 0,6718$ ), ( $p - value < 0,05$ ).

**Висновки.** Таким чином, за допомогою регресійного аналізу зроблено наступні висновки: застосування такого маркетингового засобу як публікація інформації про промоактивність в соціальних мережах ефективно впливає на кількість електронних продажів; характер публікацій не має прямого впливу на кількість продажів, тому надмірне витрачання фінансових ресурсів на різноманітність публікацій не є ефективним. Отримані результати дали змогу компанії Reckitt Benckiser зрозуміти, як саме варто покращити маркетингову діяльність підприємства та в які засоби краще спрямовувати фінансові ресурси аби збільшувати електронні продажі та відповідно отримувати більший прибуток.

#### Список використаних джерел

1. Akter S., Wamba S. F. Big data analytics in e-commerce: a systematic review and agenda for future research. *Electronic Markets*. 2016. Vol. 26. P. 173–194. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s12525-016-0219-0>.
2. Alrumiah S. S., Hadwan M. Implementing Big Data analytics in e-commerce: vendor and customer view. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 37281–37286. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3063615>.
3. Cheng Y., Yang Y., Jiang J., Xu G. C. Cluster analysis of e-commerce sites with data mining approach. *International Journal of Database Theory and Application*. 2015. Vol. 8 (3). P. 343–354. URL: <http://dx.doi.org/10.14257/ijdta.2015.8.3.30>.
4. Wang Q., Cai R., Zhao M. E-commerce brand marketing based on FPGA and machine learning. *Microprocessors and Microsystems*. 2020. P. 103446. URL: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103446>.
5. Yue Y. S., Li B. E-Commerce platform and exports performance of Chinese manufacturing enterprises – empirical evidence based on Big Data from Alibaba. *China Industrial Economics*. 2018. Vol. 8. P. 97-115.
6. Potential of virtual reality in the current digital society: economic perspectives / O. Dluhopolskyi, A. Simakhova, T. Zatonatska et al. *11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies*, (Sept. 15–17, 2021). Deggendorf, Germany, 2021. P. 360–363.
7. Fedirko O., Zatonatska T., Dluhopolskyi O., Londar S. The impact of e-commerce on the sustainable development: case of Ukraine, Poland, and Austria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 915, (ISCES) “International Conference on Environmental Sustainability in Natural Resources Management” (Oct. 15–16, 2021). Odesa, 2021. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/915/1/012023>.
8. Development of recommendation system in e-commerce using emotional analysis and machine learning methods / T. Mykhalchuk, T. Zatonatska, O. Dluhopolskyi et al. *The 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, 1 (Sept. 22–25, 2021). Cracow, Poland, 2021. P. 527–535.
9. Zatonatska T., Dluhopolskyi O., Chyrak I., Kotys N. The internet and e-commerce diffusion in European countries (modeling at the example of Austria, Poland, and Ukraine). *Innovative Marketing*. 2019. Vol. 15 (1). P. 66–75.

## АНАЛІЗ КРОС-КОРЕЛЯЦІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ БІТКОЇНОМ ТА ФОНДОВИМ РИНКОМ

Соловійов В.<sup>1,3</sup>, Соловійова В.<sup>2</sup>, Матвійчук А.<sup>3,1</sup>, Семеріков С.<sup>1</sup>, Белінський А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий Ріг, Україна

<sup>2</sup>Криворізький економічний інститут, м. Кривий Ріг, Україна

<sup>3</sup>Київський економічний університет імені Вадима Гетьмана, м. Київ, Україна

**Анотація.** У роботі ми досліджуємо крос-кореляційні зв'язки між фондовими і криптовалютними ринками. Показники складності, які можуть служити індикаторами (індикаторами-передвісниками) кризових явищ на обох ринках, отримуються із застосуванням крос-кореляційного аналізу детрендованих флуктуацій. На прикладі фондових індексів S&P 500 і HSI та криптовалюти біткоїн, яка переважно і визначає існування крипторинку, ми оцінюємо динаміку крос-кореляцій на обох ринках. Використовуючи підхід ковзного вікна, ми локалізуємо їх динаміку в часі і визначаємо високий ступінь нелінійності з домінуючою антиперсистентністю в періоди крахів для кожного індексу. Існування індикаторів, що здатні ідентифікувати періоди з високим і низьким ступенем крос-кореляцій для фондового і крипторинків становить перспективи для надійної торгівлі із кількома парами активів та ефективної диверсифікації потенційних ризиків.

**Ключові слова:** фондовий ринок, крипторинок, крос-кореляції, крах, індикатор-передвісник.

## ANALYSIS OF THE CROSS-CORRELATION RELATIONSHIP BETWEEN BITCOIN AND THE STOCK MARKET

Soloviev V.<sup>1,3</sup>, Solovieva V.<sup>2</sup>, Matviychuk A.<sup>3,1</sup>, Semerikov S.<sup>1</sup>, Bielinskyi A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer Science and Applied Mathematics,  
Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

<sup>2</sup>Department of Information Technologies and Modelling,  
Kryvyi Rih Economic Institute, Kryvyi Rih, Ukraine

<sup>3</sup>Department of Mathematical Modelling and Statistics,  
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** In this study, we examine cross-correlation relationships between stock and cryptocurrency markets. The measures of complexity, which can serve as indicators (indicators-precursors) in both markets are retrieved from Detrended Cross-Correlations Analysis (DCCA). On the example of the S&P 500 and HSI stock indices and the Bitcoin cryptocurrency, which mostly determines the existence of the crypto market, we assess the variation of cross-correlations in both markets. Using the sliding window approach, we localize their dynamics across time and indicate a high degree of non-linearity with dominant anti-persistence during crash periods for each index. The existence of indicators that are able to detect the periods of high and low cross-correlations for stock and crypto markets provides prospects for reliable trading with several pairs of assets and effective diversification of their risks.

**Keywords:** stock market, crypto market, cross-correlations, crash, indicator-precursor.

**Вступ.** Після коронавірусної пандемії [1] і під час російсько-української війни [2], децентралізовані фінанси разом із їх одним із найпопулярніших представників – біткоїном (Bitcoin, BTC) – почали привертати неабияку увагу серед політиків, фінансових регуляторів і простих інвесторів, які, незважаючи на регулюючі закони в своїй країні, продовжують допомагати людям, використовуючи переваги децентралізованих фінансових операцій.

Приблизно з червня 2021 року кореляція між фондовим і крипторинками почала демонструвати висхідну тенденцію. Зокрема, це може бути пов'язано зі зростаючим числом фінансових інструментів на крипторинку, що змушує інвесторів вести себе так само, як на фондовому ринку. Оскільки BTC все ще залишається цифровим активом, що продовжує свій розвиток, його коливання є значними, і подальше майбутнє є дискусійним. Таким чином, кореляції між фондовим і крипторинками змінюються з плином часу, демонструючи нелінійну залежність.

**Метою роботи** є побудова крос-кореляційних індикаторів (індикаторів-передвісників) кризових явищ для фондового і криптовалютного ринків.

**Постановка задачі.** Для дослідження ступеня крос-кореляцій між такими складними нелінійними системами як фондовий та крипторинки, було взято за основу найбільш капіталізовані та розвинені фондові ринки США і Китаю, представленими індексами Standard and Poor's 500 (S&P 500) і Hang Seng (HSI), з ринком криптовалют, найбільшим представником якого є BTC. Досліджувані дані були завантажено з сайту Yahoo! Finance [3] за період з 14 вересня 2014 року по 22 травня 2022 року для того аби данні ряди можна було б співставляти один з одним. Побудова індикаторів-передвісників кризових явищ на обох ринках здійснювалась на основі мультифрактального крос-кореляційного аналізу детрендованих флуктуацій (Detrended cross-correlation analysis, DCCA).

**Детрендований крос-кореляційний метод.** Ідея DCCA представляє змогу оцінити крос-кореляційні характеристики, отримані на основі степеневих крос-кореляцій часових рядів [4]. Для подальших розрахунків ми враховуємо два часові ряди  $\{x_i \mid i = 1, 2, \dots, N\}$  та  $\{y_i \mid i = 1, 2, \dots, N\}$  і визначаємо їх профіль (накопичення)  $X(i) = \sum_{k=1}^i [x_k - \langle x \rangle]$  та  $Y(i) = \sum_{k=1}^i [y_k - \langle y \rangle]$ , де  $\langle \cdot \rangle$  – це середнє значення досліджуваного ряду.

Далі, поділивши ряд на  $N_s \equiv \text{int}(N/s)$  сегментів  $v$ , що не перетинаються, однакової довжини (масштабу)  $s$ , ми аналізуємо, як поводить себе коваріація відхилень двох систем:  $f^2(v, s) = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{X[(v-1)s+i] - \tilde{X}^v(i)\} \times \{Y[(v-1)s+i] - \tilde{Y}^v(i)\}$ , де  $\tilde{X}^v(i)$  та  $\tilde{Y}^v(i)$  – це інтерполюючі поліноми порядку  $m$ , визначені для кожної підпоследовності  $v$ .

Оскільки  $N$  не завжди ділиться націло на  $s$ , у кінці ряду завжди може залишитися залишок. Для врахування відкинутої частини, ми матимемо повторити вищезгадану процедуру, починаючи з кінця ряду.

Таким чином, ми отримаємо  $2N_s$  сегментів  $v$  ( $v = 1, \dots, 2N_s$ ).

Як результат, ми розраховуємо функцію флуктуацій  $F_{DCCA}^2(s)$  для діапазону різних часових масштабів  $s$ . Функція флуктуацій розраховується як  $F_{DCCA}^2(s) = (1/2N_s) \sum_{v=1}^{2N_s} f^2(v, s)$

Аналізуючи залежність  $F_q(s)$  від  $s$  у подвійному логарифмічному масштабі, ми можемо визначити скейлінгову поведінку функції флуктуацій. Зокрема, якщо досліджувані часові ряди мають крос-кореляційну степеневу залежність, тоді  $F_{DCCA}(s) \propto s^{h_{xy}}$ , де  $h_{xy}$  представляє собою крос-кореляційний скейлінговий показник, який є узагальненням класичного показника Херста [5].

Даний показник поводить себе схожим чином:

1. Якщо  $h_{xy} > 0.5$ , крос-кореляції між рядами представляються персистентними (трендостійкими): ріст (спад) у динаміці одного часового ряду супроводжується ростом (спадом) у динаміці іншого ряду.
2. Якщо  $h_{xy} < 0.5$ , крос-кореляції між рядами представляються антиперсистентними: із ростом в одному ряді ймовірним є спад у динаміці іншого ряду.
3. Якщо  $h_{xy} \approx 0.5$ , поведінка обох рядів нагадує випадкове блукання (значення двох систем не корелюють між собою).
4. Якщо  $h_{xy} > 1$ , обидва ряди представляються сильно корельованими та нестационарними.

За винятком крос-кореляційного показника Херста, використовуючи класичний DCCA алгоритм, ми можемо розрахувати стандартний коефіцієнт крос-кореляцій  $\rho_{DCCA}(s)$  між рядами, що може бути визначений як  $\rho_{DCCA}(s) = F_{DCCA}^2(s) / F_{DFAx}(s) \times F_{DFAy}(s)$  [6], де  $F_{DCCA}^2(s)$  – це  $F_q(s)$  для  $q = 2$ ;  $F_{DFA}(s)$  – стандартна функція детрендованих флуктуацій, а  $-1 \leq \rho_{DCCA}(s) \leq 1$  [7]. Аналогічно класичному коефіцієнту кореляцій,  $\rho_{DCCA} = 1$  показує, що ряди позитивно корельовані і рухаються синхронно;  $\rho_{DCCA} = -1$  означає, що ряди

поводять себе антиперсистентно по відношенню один до одного;  $\rho_{DCCA} = 0$  свідчить про незалежність двох рядів один від одного.

**Результати.** Для вимірювання ступеня крос-кореляцій між S&P 500, HSI і BTC, ми представляємо порівняльну динаміку визначених показників, розрахованих з використанням підходу ковзного вікна [8, 9], разом з досліджуваними рядами. Наведені нижче рисунки включають такі показники, як:

- коефіцієнт крос-кореляцій  $\rho_{DCCA}$  для довгострокових (250 днів –  $\rho_{last}$ ) та середньострокових (125 днів –  $\rho_{middle}$ ) залежностей;
- узагальнений крос-кореляційний коефіцієнт Херста ( $h_{xy}$ );

Очікується, що зазначені індикатори поведуть себе особливим чином під час кризових явищ: зростатимуть чи спадатимуть.

Крос-кореляційні показники були розраховані з наступними параметрами:

- ковзне вікно довжиною 250 днів та часовим кроком в 1 день;
- $m = 2$  для знаходження локальних трендів у  $f^2(v, s)$ ;
- часовий масштаб  $s$  варіюється від 10 до 1000 днів для всього часового ряду та від 10 до 250 днів при побудові індикаторів із використанням ковзного вікна.

Наш аналіз на основі крос-кореляційного коефіцієнта  $\rho_{DCCA}$  при різних часових масштабах показує, що крос-кореляції між фондовими індексами і BTC представлені слабкими в короткостроковій перспективі (менше 100 днів), але мають тенденцію до збільшення протягом більшого періоду. Як і очіувалося, для фондового ринку, і S&P 500, і HSI демонструють високу ступінь кореляції на усіх часових шкалах. Використовуючи алгоритм ковзного вікна, ми маємо змогу відстежувати, як нелінійна динаміка двох систем, що знаходяться в залежності один від одного, змінюється з часом.

На рисунку 1 представлена динаміка коефіцієнта  $\rho_{DCCA}$  для пар S&P 500-BTC, HSI-BTC та S&P 500-HSI.

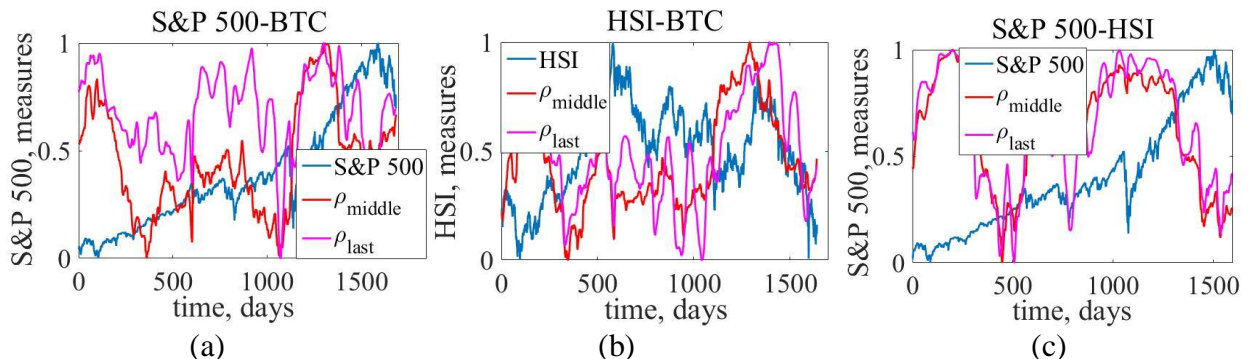


Рисунок 1 – Порівняльна динаміка S&P 500 та HSI із середньостроковими та довгостроковими крос-кореляційними коефіцієнтами  $\rho_{DCCA}$ , що були розраховані для пар: S&P 500-BTC (a), HSI-BTC (b) та S&P 500-HSI (c)

Помітна довгострокова кореляція спостерігається для періодів, починаючи з 2018 року. Для кризи, викликані пандемією коронавірусу, ця кореляція також спостерігається. До кінця 2021 року як середньострокові, так і довгострокові коефіцієнти крос-кореляцій знижувалися, і далі їх динаміка почала демонструвати тенденцію до зростання.

На рисунку 2 представлено порівняльну динаміку крос-кореляційного коефіцієнта Херста, розрахованого для пар S&P 500-BTC, HSI-BTC та S&P 500-HSI.

Крос-кореляційний показник Херста спадав під час найбільш помітних обвалів на фондових ринках. Те саме ми бачимо і щодо висхідної тенденції. Тому більшу частину часу BTC поведив себе асиметрично по відношенню до фондових індексів. Також для HSI і S&P 500 при значних крахах  $h_{xy}$  вказує на антиперсистентну поведінку обох індексів.

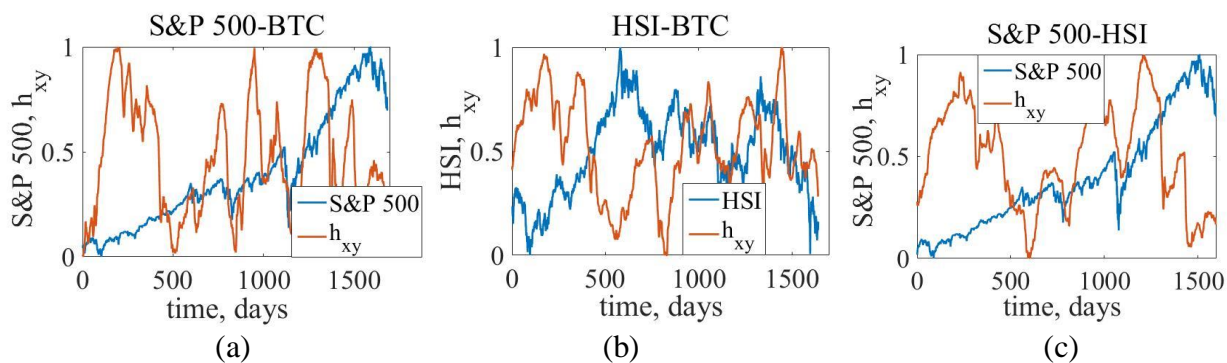


Рисунок 2 – Порівняльна динаміка S&P 500, HSI та  $h_{xy}$ , що були розраховані для пар: S&P 500-BTC (a), HSI-BTC (b) та S&P 500-HSI (c)

**Висновки.** У цій роботі ми проаналізували крос-кореляційні характеристики фондового і криптовалютного ринків із використанням крос-кореляційного аналізу детрендованих флуктуацій. На прикладі S&P 500, HSI та BTC ми показали, що більшу частину часу динаміка фондових індексів та криптовалютного ринку залишалася антиперсистентною під час кризових подій. Проте за останні роки ступінь їх взаємної кореляції почав зростати. Як і очікувалося, індекси S&P і HSI є сильно корельованими, незважаючи на деякі відмінності в їх структурі.

#### Список використаних джерел

1. Katsiampa P., Yarovaya L., Zięba D. High-frequency connectedness between Bitcoin and other top-traded crypto assets during the COVID-19 crisis. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. 2022. ISSN 1042-4431. P. 101578.
2. Aysan A. F., Demir E., Gozgor G., Lau C.K.M. Effects of the geopolitical risks on Bitcoin returns and volatility. *Research in International Business and Finance*. 2019. No. 47. P. 511–518.
3. The official page of “Yahoo! Finance”. URL: <https://finance.yahoo.com>.
4. Podobnik B., Stanley H. Detrended cross-correlation analysis: A new method for analyzing two nonstationary time series. *Phys. Rev. Lett.* 2008. No. 100. P. 084102.
5. Hurst H. E. Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. 1951. No. 116 (1). P. 770–799.
6. Zebende G. DCCA cross-correlation coefficient: Quantifying level of cross-correlation. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. 2011. No. 390 (4). P. 614–618.
7. Mosaic organization of DNA nucleotides / C. K. Peng, S. V. Buldyrev, S. Havlin et al. *Phys. Rev. E*. 1994. No. 49 (2). P. 1685–1689.
8. Bielinskyi A. O., Serdyuk O. A., Semerikov S. O., Soloviev V. N. Econophysics of cryptocurrency crashes: a systematic review. *Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics*. 2021. Vol. 3048. ISSN 1613-0073. P. 31–133.
9. Irreversibility of financial time series: a case of crisis / A. O. Bielinskyi, S. V. Hushko, A. V. Matviychuk et al. *Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics*. 2021. Vol. 3048. ISSN 1613-0073. P. 134–150.



## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НОЖІВ М'ЯСНОГО КУТЕРА НА ЇХ ВИТРИВАЛІСТЬ ПРИ ЗНАКОЗМІННИХ КОЛИВАННЯХ

**Батраченко О. В.**

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Метою роботи є дослідження чисельними методами залежності межі витривалості ножів кутера від їх конструктивних параметрів. Для визначення межі витривалості ножів кутера використовувався програмний комплекс SolidWorks, модуль Simulation. Було досліджено шість типів конструкцій ножів, які найчастіше використовуються в сучасних моделях кутерів. Для забезпечення високої межі витривалості ножів кутера вельми важливим є застосування закруглення або фасок на їх задній грані. Найвищу ефективність має закруглення у вигляді вертикального еліпсу (+17% витривалості), однак така геометрія зумовить погіршення технологічності виготовлення ножа, а відтак, його здорожчання. Використання фаски величиною  $C=2$  мм приводить до підвищення витривалості на 16%. Застосування закруглення радіусом  $R=2,5$  мм підвищує витривалість на 15%.

**Keywords:** кутер, ножі, довговічність, втомна витривалість.

## SIMULATION OF INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF MEAT BOWL CUTTERKNIVES ON THEIR ENDURANCE AT ALTERNATIVE OSCILLATIONS

**Batrachenko O.**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The aim of the work is to study the dependence of the endurance limit of bowl cutter knives on their design parameters by numerical methods. SolidWorks software, Simulation module, has been used to determine the endurance limit of the bowl cutter blades. Six types of knife designs that are most often used in modern models of bowl cutters have been studied. To ensure a high endurance limit of bowl cutter knives, it is very important to use rounding or chamfers on their back face. Rounding in the form of a vertical ellipse (+ 17% endurance) has the highest efficiency, however such geometry will cause deterioration of manufacturability of production of a knife, and consequently, its rise in price. The use of a chamfer of  $C = 2$  mm increases the endurance by 16%. The use of rounding with a radius of  $R = 2,5$  mm increases endurance by 15%.

**Keywords:** bowl cutter, knives, durability, fatigue strength.

**Вступ.** Аналіз досвіду експлуатації кутерів вказує на гостру проблему забезпечення належної міцності їх основних робочих органів – ножів. Недостатня міцність ножів призводить до частих випадків їх руйнування під час роботи кутера. При руйнуванні ножа виходить з ладу сам ніж або декілька з них (вартість одного ножа європейських виробників сягає 350 євро), стає непридатною для подальшого використання м'ясна сировина (120–750 л), пошкоджується чаша та кришка ножової головки, виникає ризик виходу з ладу підшипників ножового валу та самого валу [1]. В результаті кутер виходить з ладу на тривалий час та потребує значного обсягу ремонтних робіт, що спричинює суттєві матеріальні збитки для м'ясопереробного підприємства.

**Постановка задачі.** Характер зламу ножів в зонах найбільшої концентрації напружень 1 і 2 (рисунки 3) вказує на втомну природу їх руйнування [2, 3]. При цьому ґрунтовно втомна міцність ножів кутера у відомих працях не досліджувалась. Також відсутні праці, в яких би були запропоновані та обґрунтовані високоефективні шляхи підвищення втомної міцності ножів.

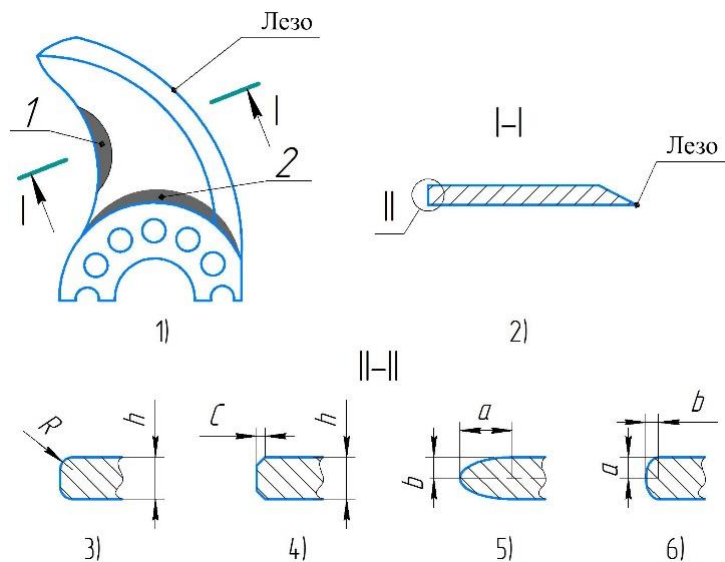


Рисунок 4 – Геометричні параметри ножа кутера та зони найбільшої концентрації напружень: 1) вид ножа збоку; 2) переріз ножа; 3) закруглення задньої грані ножа радіусом R; 4) фаски на задній грані; 5) закруглення задньої грані ножа горизонтальним еліпсом; 6) закруглення задньої грані ножа вертикальним еліпсом; 1, 2 – зони найбільшої концентрації напружень

**Мета роботи.** Метою роботи є дослідження чисельними методами залежності межі витривалості ножів кутера від їх конструктивних параметрів.

**Основна частина.** Для визначення межі витривалості ножів кутера використовувався програмний комплекс SolidWorks, зокрема, його модуль Simulation. Було досліджено шість типів конструкцій ножів, які найчастіше використовуються в сучасних моделях кутерів (товщиною  $h=5$  мм). Факторами, які варіювались, були (рисунок 5): геометрична форма леза та задньої грані ножа, радіус закруглення задньої грані ножа, величина фаски на задній грані ножа, вид та величина еліпса на задній грані ножа. Встановлено, що найменші значення межі витривалості показали такі ножі (рисунок 2, 3): Laska універсальний –  $2,2 \cdot 10^4$  циклів; Laska для сирокочених ковбас –  $2,2 \cdot 10^4$  циклів; Seydelmann –  $2,4 \cdot 10^4$  циклів. Ножі інших марок мають значно вищу витривалість: Alpina –  $4,2 \cdot 10^5$  циклів; Kilia –  $1 \cdot 10^6$  циклів і вище; Л5-ФКБ –  $1 \cdot 10^6$  циклів і вище.

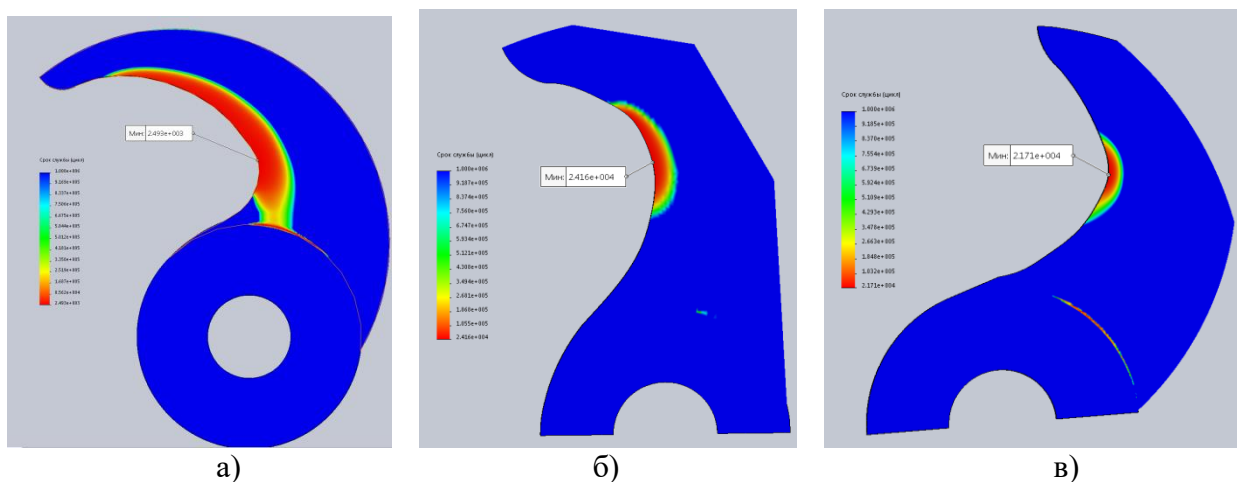


Рисунок 2 – Результати чисельного моделювання строку служби ножів кутера при знакозмінних навантаженнях (кількість циклів деформацій до руйнування): а) ніж марки Seydelmann; б) Laska для сирокочених ковбас; в) Laska універсальний

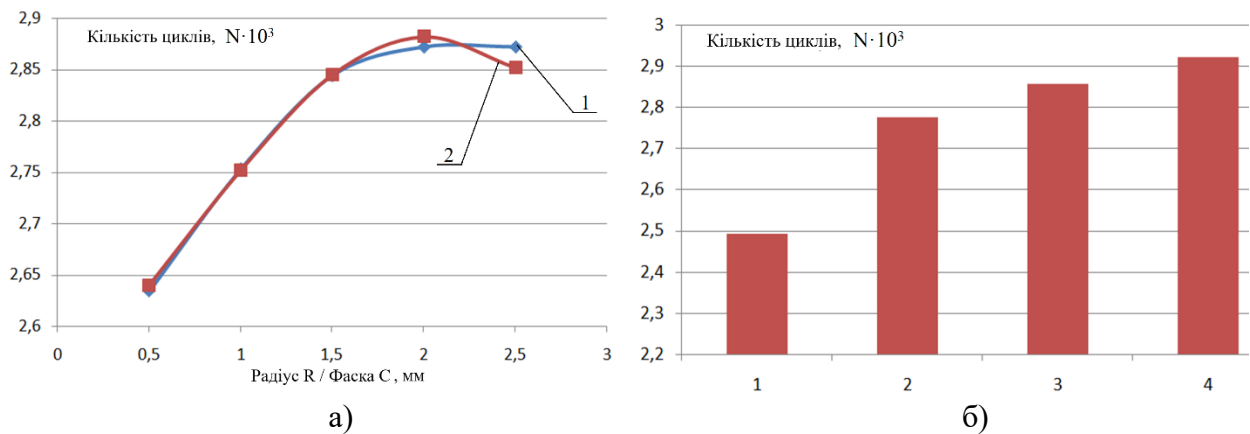


Рисунок 3 – Результати чисельного моделювання кількості циклів деформації до руйнування ножа (строку служби ножів) марки Seydelmann при різних геометричних параметрах задньої грані: а) при застосування закруглення (1) та фаски (2); б) для стандартного ножа (1), при застосуванні горизонтального еліпса 6,25×2,5 мм (2), при застосуванні горизонтального еліпса 4,00×2,5 мм (3), при застосуванні вертикального еліпса 2,5×1,5 мм (4)

**Висновки.** Для забезпечення високої межі витривалості ножів кутера вельми важливим є застосування закруглення або фасок на їх задній грані. Найвищою ефективністю володіє закруглення у вигляді вертикального еліпсу 2,5×1,5 мм (+17% витривалості), однак така геометрія зумовить погіршення технологічності виготовлення ножа, а відтак, його здорожчання. Використання фаски величиною  $C=2$  мм призводить до підвищення витривалості на 16% та дозволяє здешевити процес обробки задньої грані. Застосування закруглення радіусом  $R=2,5$  мм підвищує витривалість на 15%.

#### Список літературних джерел

1. Nekoz A. I., Venglovskiy O. L., Batrachenko A. V. Durability of cutter assemblies and its causative factors. *Foods and Raw Materials. Kemerovo Institute of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 6. No. 2. P. 358–370.
2. Moser M. Ermüdungsbruch von Fleischhack messern. *Kuttermesser*. 2010. URL: [http://martin-moeser.de/Veroeffentlichungen/Bruch\\_Kuttermesser.pdf](http://martin-moeser.de/Veroeffentlichungen/Bruch_Kuttermesser.pdf).
3. Маркус Л. И., Шаталов А. Н., Ананьев Р. А., Смирнов А. Б. Компьютерное моделирование причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров. *Мясная индустрия*. 2010. № 8. С. 19–21.

### МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІКИ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ПРИ ЇЇ ПОДРІБНЕННІ В М'ЯСОРІЗАЛЬНИХ МАШИНАХ

**Батраченко О.**

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Метою роботи є дослідження чисельними методами гідродинаміки сировини при її подрібненні в кутерах, вовчках і емульсаторах для обґрунтування нових шляхів підвищення продуктивності цих машин. Чисельне моделювання параметрів руху м'ясної сировини в кутері проводилось за допомогою програмного комплексу SolidWorks FlowSimulation. Сировина після відкидання ножами з високою швидкістю виходить із зони подрібнення під кутом 20°-35° до осі обертання ножів. Далі потік сировини вдаряється об стінку чаші та рухається вздовж її стінок та кришки. Наявність у кутері чітко вираженої зони відкидання сировини ножами з високою швидкістю дозволяє запропонувати рішення з розміщення в цій зоні статичних ножів задля інтенсифікації процесу кутерування, причому, без зайвих на те енерговитрат.

**Keywords:** комп'ютерне моделювання, кутер, вовчки, емульсатори, гідродинаміка.



# MODELING OF HYDRODYNAMICS OF RAW MATERIALS WHEN CRUSHING IT IN MEAT CUTTING MACHINES

**Batrachenko O.**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The aim of the work is to study the hydrodynamics of raw materials by numerical methods during its grinding in bowlcutters, meat grinders and emulsifiers to substantiate new ways to increase the productivity of these machines. Numerical modeling of raw meat movement parameters in the bowl cutter has been performed using the SolidWorks FlowSimulation software package. The raw material, after being discarded with knives at high speed, leaves the grinding zone at an angle of  $20^{\circ}$ - $35^{\circ}$  to the axis of rotation of the knives. Then the flow of raw materials hits the wall of the bowl and moves along its walls and lid. The presence in the bowl cutter of a clear zone of rejection of raw materials with high-speed knives allows us to offer a solution for placing static knives in this area to intensify the cutting process, and without unnecessary energy consumption.

**Keywords:** simulation, bowl cutter, meat grinders, emulsifiers, hydrodynamics.

**Вступ.** Ефективність роботи м'ясорізальних машин багато в чому обумовлює кількість та якість виготовленої продукції на м'ясопереробних підприємствах. Численні дослідження процесів роботи цих машин [1–3] оминули такий вкрай важливий аспект, як узгодження процесів подачі та подрібнення м'ясної сировини. Належне вирішення цієї задачі дасть можливість знайти нові шляхи підвищення продуктивності даних машин.

**Постановка задачі.** Актуальним є знаходження особливостей гідродинаміки сировини під час її переробки в кутерах, вовчках і емульситаторах та вироблення нових рішень з інтенсифікації процесу її подрібнення.

**Мета роботи.** Метою роботи є дослідження чисельними методами гідродинаміки сировини при її подрібненні в кутерах, вовчках і емульситаторах для обґрунтування нових шляхів підвищення продуктивності цих машин.

**Основна частина.** Чисельне моделювання параметрів руху м'ясної сировини в кутері проходило за допомогою програмного комплексу SolidWorks FlowSimulation (рисунок 6).

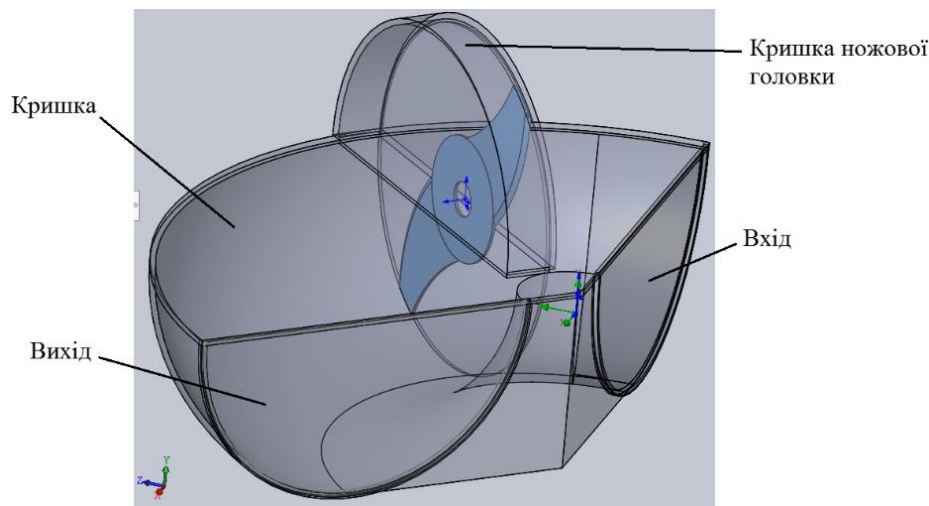


Рисунок 7 – Область розрахунку при моделюванні руху сировини після ножової головки кутера

Як видно з рисунка 2, сировина після відкидання ножами (максимальна лінійна швидкість ножів 94,5 м/с) з високою швидкістю (до 89 м/с) виходить із зони подрібнення під кутом  $20^{\circ}$ - $35^{\circ}$  до осі обертання ножів. Таке значення кута відповідає куту заточування ножів кутера. Далі потік сировини вдаряється об стінку чаші та рухається вздовж її стінок та кришки. Далі сировина рухається частково вгору, в кришку ножової головки, а частково, за рахунок високої кінетичної енергії – вдовж поверхні чаші, справа-наліво. Підтвердженням

результатів моделювання може бути фото, представлене на рисунку 3, а. Видно, що найбільша кількість сировини наявна в зоні 4 (утворена відкиданням сировини лезами ножів). На рисунку 3, б наведено термографію сировини та деталей кутера. Найбільш холодною зоною (синій колір) поверхні кришки ножової головки є зона, що відповідає зоні 4 на рисунку 3, а.

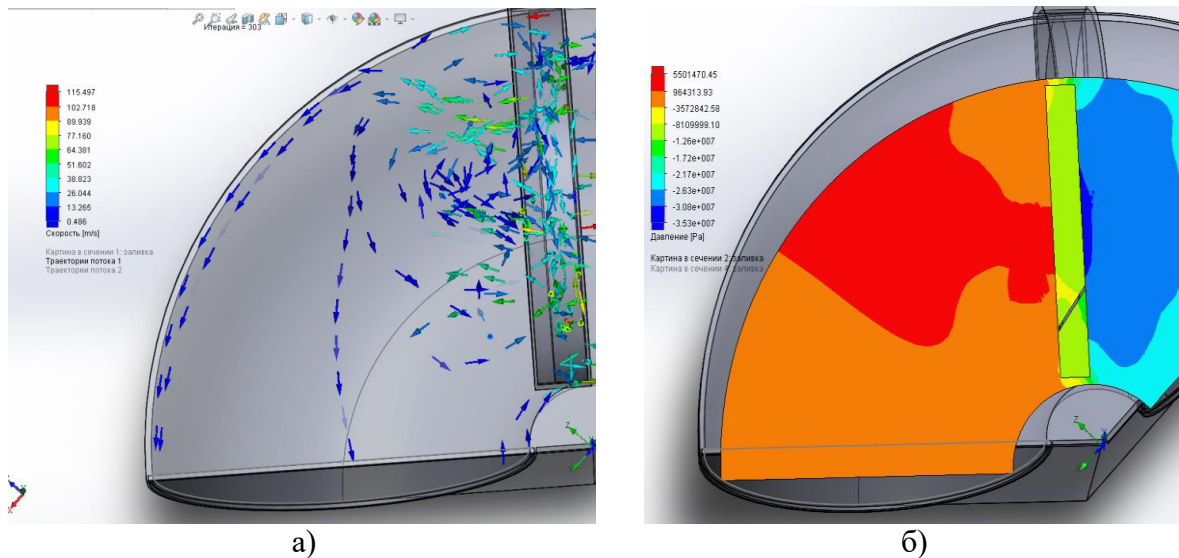


Рисунок 2 – Візуалізація результатів чисельного моделювання (частота обертання ножів  $50 \text{ c}^{-1}$ ): а) швидкість руху м'ясної сировини у внутрішньому об'ємі чаші, м/с; б) розподіл тиску м'ясної сировини в горизонтальній площині чаші, Па

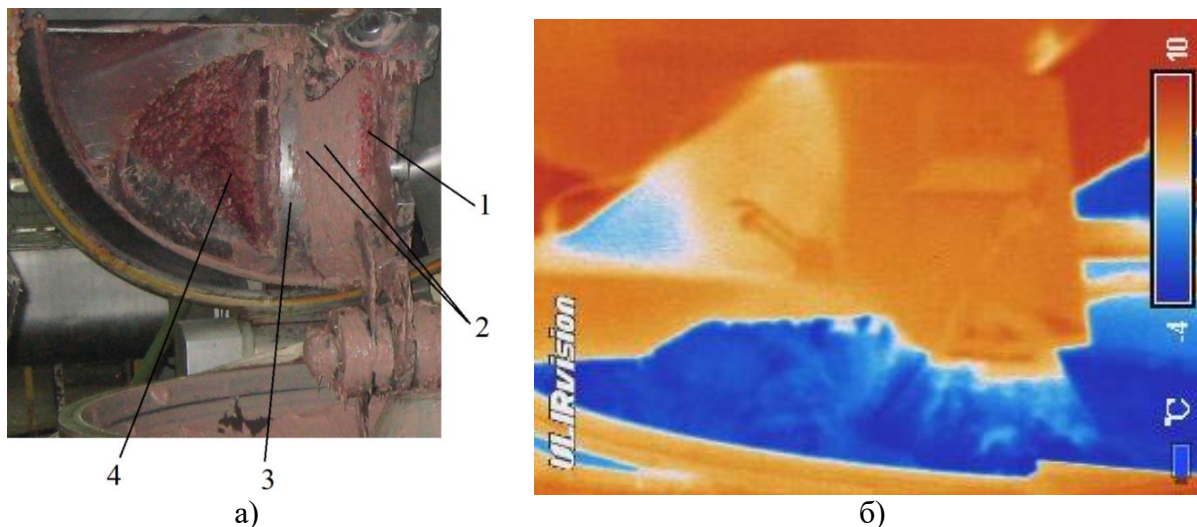


Рисунок 3 – Фотофіксація розподілу сировини по поверхні кришки ножової головки (а) та полів температур сировини та зовнішньої поверхні кришки ножової головки (б): 1 – сировина, яка винесена ножами першої площини різання із зони подрібнення за рахунок сил адгезії; 2 – сировина, яка відкинута ножами в площині їх обертання при гальмуванні ножової головки; ділянка, на якій відсутні сліди сировини; 3 – зона, в якій сировина відсутня; 4 – сировина, яка відкинута лезами ножів

**Висновки.** Встановлено напрямки та швидкість потоків м'ясної сировини, які відкидаються ножами ножової головки кутера. Виявлені особливості гідродинаміки сировини є додатковим фактором шкідливого нагріву м'яса при подрібненні та значних енерговитрат на процес кутерування. На основі встановлення в кутері чітко вираженої зони відкидання сировини ножами з високою швидкістю було запропоноване нове технічне рішення із розміщення в цій зоні статичних ножів задля інтенсифікації процесу кутерування, причому, без зайвих на те енерговитрат.

### Список літературних джерел

1. Hammer G.; Stoyanov S. Kattern mit zwei Messern und Katterleistung. *Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel. Jahresbericht*, Karlsruhe. 2007. Vol. 01. P. 24–26.
2. Brühwurstbrät – Kattern mit verschiedenen Messern / G. F. Hammer et al. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach*. 2005. 44, Nr. 168. P. 57–64.
3. Stoyanov S., Hammer G. Kattern: Kräfte am Messer, Temperatur und Leistung. *Kulmbacher Woche - Kurzfassung Vortrag*. 2007. Vol. 4. P. 27–31.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИМІРЮВАННЯ ПРОФІЛІВ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ НАКЛАДНИМИ ВИХРОСТРУМОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

**Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Базіло К. В., Тичкова Н. Б.**  
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Створена комп'ютерна модель процесу вимірювання накладним вихрострумівим перетворювачем неперервно змінних профілів електричної провідності та магнітної проникності в об'єктах контролю. Модель розглядається як інструмент для розробки ефективної метамоделі на штучних нейронних мережах та необхідна для розв'язку оберненої електродинамічної задачі. Розроблена комп'ютерна модель використана для симуляції процесів вимірювання на різних частотах збудження вихрових струмів у магнітних і немагнітних об'єктах контролю. Досліджено чутливість методу до низки несуттєво відмінних профілів, визначено оптимальні частотні діапазони, які забезпечують максимально можливі рівні вихідного сигналу перетворювача. Здійснена верифікація комп'ютерної моделі для випадків, коли приповерхневий шар задавався одно- та двошаровою апроксимацією. Показана збіжність з прийнятною точністю отриманих результатів.

**Ключові слова:** відновлення електрофізичних параметрів, метамодель, розрізнення профілів.

## COMPUTER SIMULATION OF THE PROCESS OF PROFILES MEASURING OF OBJECTS ELECTROPHYSICAL PARAMETERS BY SURFACE EDDY CURRENT PROBES

**Halchenko V., Trembovetska R., Bazilo C., Tychkova N.**  
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** A computer model of the process of measuring continuously changeable profiles of electrical conductivity and magnetic permeability in test objects by a surface eddy current probe is created. The model is considered as a tool for developing an efficient metamodel on artificial neural networks and is necessary for solving the inverse electrodynamic problem. The developed computer model is used to simulate the measurement processes at different frequencies of excitation of eddy currents in magnetic and non-magnetic test objects. The sensitivity of the method to a number of insignificantly different profiles is studied, and the optimal frequency ranges that provide the highest possible levels of the output signal of the probe are determined. Verification of the computer model is carried out for the cases when the near-surface layer is specified by one- and two-layer approximation. The efficiency with acceptable accuracy of taking the results is shown.

**Keywords:** restoration of electrophysical parameters, metamodel, distinction of profiles.

**Вступ.** Вичерпну інформацію про мікроструктуру матеріалу деталей машинобудування можна отримати, знаючи профілі електричної провідності та магнітної проникності в його приповерхневих шарах. Доцільним є отримання цих відомостей методами вихрострумівого неруйнівного контролю, одночасно виконуючи вимірювання профілів безпосередньо в технологічному процесі виготовлення деталей.

**Виклад основного матеріалу.** Вимірювання електрофізичних параметрів в приповерхневому шарі об'єкту контролю здійснюються в два етапи. Перший – це безпосередньо фізичні вимірювання вихрострумівим перетворювачем, а другий – чисельна обробка сигналу, яка передбачає реконструкцію профілів в результаті інверсії, як розв'язок багатопараметричної оберненої задачі. Реалізація такого підходу обробки сигналу вимагає розв'язку прямої і оберненої задач.

**Мета роботи** – дослідження з використанням створеної комп'ютерної моделі процесу вимірювання накладним вихрострумовим перетворювачем щодо встановлення чутливості розрізнення близьких профілів провідності і магнітної проникності, що неперервно змінюються в приповерхневому шарі об'єктів контролю з магнітного і немагнітного матеріалу.

**Основна частина.** Авторами в [1], запропонований апроксимаційний метод, в якому при обробці використовується окрім фізично вимірюваного сигналу ще і додаткова інформація про об'єкт, що отримана попередньо і зберігається в так званій метамоделі.

В основу створення комп'ютерної моделі процесу вимірювання профілів закладено математичну модель Uzal-Cheng-Dodd-Deeds [2], яка представлена авторами в [3] та використана в дещо видозміненому Theodoulidis [4] варіанті. Така математична модель використовує кусково-постійну апроксимацію неперервно змінних профілів електрофізичних параметрів і тому надалі розглядається умовно багат шарова приповерхнева зона об'єкта контролю (ОК). Для того щоб спрощення було адекватним, необхідно вибирати достатньо велику кількість умовних шарів, яка сягає декількох десятків.

В середовищі пакета MathCAD реалізована комп'ютерна модель та здійснена її верифікація моделюванням збудження вихрових струмів в об'єктах, для яких є відомими аналітичні залежності [5] визначення шуканих параметрів. Доведено адекватність створеної комп'ютерної моделі.

Також здійснювалася низка розрахункових експериментів із можливими типами профілів, причому як для магнітних, так і немагнітних матеріалів. Для цього в якості базових задавалися профілі провідності та проникності для 30-ти умовних шарів та створювалися близькі профілі на їх основі як результат незначних змін, наприклад, збільшенням початкових та кінцевих значень профілів на 1% та 3% з наступним розрахунком проміжкових значень, або збільшенням початкових та зменшенням кінцевих значень на 3% та інші. Сутність таких модельних експериментів полягає в імітації вимірювань при варіюванні профілів з фіксацією значень вихідного сигналу та оцінці можливості їх розпізнання. При цьому моделювання здійснювалося на різних частотах збудження вихрових струмів.

Отримані результати обчислювальних експериментів дозволяють орієнтовно оцінити чутливість перетворювача до розрізнення профілів електрофізичних параметрів при вимірювальному контролі об'єктів із магнітних та немагнітних матеріалів.

**Висновки.** Моделюванням при незначних змінах параметрів в модифікованих профілях отримані прийнятні для фіксації зміни амплітуди вихідного сигналу перетворювачів як для немагнітних, так і для магнітних матеріалів. Окрім цього, встановлено частотні діапазони збудження вихрових струмів, в яких чутливість перетворювача до аналізованих профілів більша. Для немагнітних матеріалів цей діапазон складає 3-8 кГц, а для магнітних – 8-10 кГц.

### Список використаних джерел

1. Halchenko V. Ya., Tychkov V. V., Storchak A. V., Trembovetska R. V. Reconstruction of surface radial profiles of the electrophysical characteristics of cylindrical objects during eddy current measurements with a priori data. The selection formation for the surrogate model construction. *Ukrainian Metrological Journal*. 2020. № 1. P. 35–50.
2. Bowler N. Eddy-current nondestructive evaluation. Springer, New York, 2019. 217 p.
3. Тичков В. В., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Тичкова Н. Б. Моделювання вихідного сигналу вихрострумового перетворювача із використанням моделі Dodd. *Датчики, прилади та системи – 2021: IX Міжнародна науково-технічна конференція*, (Черкаси – Херсон – Лазурне, 20–24 верес. 2021 р.): тези доп. Черкаси: видавець ФОП Гордієнко Є.І., 2021. С. 7–9.
4. Theodoulidis T. P., Kriezis E. E. Eddy current canonical problems (with applications to nondestructive evaluation). 1st ed. Tech Science Press, 2006. 280 p.
5. Li Y. Theoretical and experimental investigation of electromagnetic NDE for defect characterization. Newcastle University, 2008. 178 p.

## НЕЗВОРОТНІ МІРИ СКЛАДНОСТІ ПРОЦЕСІВ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ В МЕТАЛАХ

Ків А.<sup>1,2</sup>, Брюханов А.<sup>2</sup>, Соловійов В.<sup>3</sup>, Кавецький Т.<sup>4,5</sup>, Дячок Д.<sup>2</sup>, Дончев І.<sup>2</sup>,  
Лукашин В.<sup>2</sup>, Бєлінський А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Університет Бен-Гуріона в Негеві, м. Беер-Шева, Ізраїль

<sup>2</sup> Південно-Український національний педагогічний університет ім. К. Д. Ушинського,  
м. Одеса, Україна

<sup>3</sup> Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий Ріг, Україна

<sup>4</sup> Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,  
м. Дрогобич, Україна

<sup>5</sup> Люблінський католицький університет імені Івана Павла II, м. Люблін, Польща

**Анотація.** Процес пластичної деформації сталі DC04 є складним, нелінійним, незворотним, самоорганізованим процесом. Аналіз незворотності часового ряду «напруга-деформація» дозволив виявити характерні області (квазі)пружної, пластичної деформації і звуження. Останні дві області є найбільш інформативними. Область непружної деформації характеризується колективними самоорганізованими процесами трансформації дислокаційних структур, що переходять в пороутворення і, в кінцевому рахунку, утворенням мікротріщин і глобальної тріщини як причини руйнування зразка. Запропоновано заходи для кількісної оцінки незворотності процесу деформації. Було виявлено, що індикатори на основі кількісних характеристик складних мереж та пермутаційних шаблонів представляються особливо інформативними і можуть бути використані не тільки для класифікації стадій пластичної деформації, але й як передвісник процесу незворотного руйнування матеріалу.

**Ключові слова:** складні системи, пластична деформація, дислокації, мережеві заходи, пермутаційні індикатори, самоорганізація.

## IRREVERSIBLE MEASURES OF COMPLEXITY OF PLASTIC DEFORMATION PROCESSES IN METALS

Kiv A.<sup>1,2</sup>, Bryukhanov A.<sup>2</sup>, Soloviev V.<sup>3</sup>, Kavetsky T.<sup>4,5</sup>, Dyachok D.<sup>2</sup>, Donchev I.<sup>2</sup>,  
Lukashin V.<sup>2</sup>, Bielinskiy A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel

<sup>2</sup>South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

<sup>3</sup>Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

<sup>4</sup>Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine

<sup>5</sup>The John Paul II Catholic University of Lublin, Lublin, Poland

**Abstract.** The process of plastic deformation of DC04 steel is considered a complex, non-linear, irreversible, and self-organized process. The analysis of the irreversibility of the stress-strain time series has made it possible to identify characteristic areas of (quasi-)elastic, plastic deformation, and necking. The last two areas are the most informative. The area of inelastic deformation is characterized by collective self-organized processes of dislocation structures transformation, turning into pore formation and, ultimately, the formation of microcracks and a general crack as the cause of sample failure. Measures for quantitative assessment of the irreversibility of the deformation process are proposed. Network- and permutation-based measures have been found to be especially informative measures, which can be used not only to classify the stages of plastic deformation but also as a precursor of the material irreversible destruction process.

**Keywords:** complex systems, plastic deformation, dislocation, network measures, permutation indicators, self-organization.

**Вступ.** Однією з фундаментальних проблем фізичного матеріалознавства є пояснення спостережуваних в експерименті складних закономірностей виникнення і розвитку дефектних структур, що утворюються при пластичній деформації матеріалу. Деформований матеріал являє собою складну динамічну систему, в якій під впливом зовнішнього навантаження матеріал переходить у стан, далекий від термодинамічної рівноваги. Це призводить до

розвитку дисипативних нестійкостей у системі, що зумовлюють утворення різних типів неоднорідних дефектних структур, у тому числі дислокаційних. Пластична деформація металів просторово неоднорідна і переривчаста в часі через дискретну природу носіїв пластичності – дислокацій кристалічної ґратки [1]. Дискретність дислокаційних процесів є основною причиною локальних коливань напруги і деформацій. Однак типова крива «напруга-деформація», знята з точністю сучасного обладнання, виявляється гладкою. Причина цього полягає в тому, що глобальна крива «напруга-деформація» є результатом усереднення по деформованому об'єму та за часом і, як така, не показує переривчастості пластичного течії. Однак швидкість зміни цієї кривої містить флуктуації, аналіз часових рядів яких дозволяє отримати далеко неочевидну інформацію [2].

**Метою роботи** є аналіз незворотності часового ряду кривої «напруга-деформація»  $\sigma(\varepsilon)$ .

**Постановка задачі.** Аналіз незворотності в кривій «напруга-деформація»  $\sigma(\varepsilon)$  було виконано для сталі DC04 з довжиною робочої частини 50 мм, шириною 20 мм і швидкістю розтягування 0,1 мм/хв (рисунок 1, а). Усі представлені показники були розраховані з використанням методу ковзного вікна, де розмір вікна  $w \in \{150, 250, 500\}$  і розмір кроку  $h = 5$ , що відповідає часовому інтервалу між кожним вікном. Розрахунки цих типів показників були виконані як для вихідного часового ряду, так і для його стандартизованих прибутковостей, де прибутковості розраховуються як  $[x(t + 1) - x(t)]/x(t)$ . Аналіз незворотності для кривої «напруга-деформація» було виконано на основі графу видимості та пермутаційних шаблонів. Ми виявили, що класичний граф видимості представляється більш стійким до нелінійності саме вихідного часового ряду у порівнянні з його прибутковостями. Незворотність на основі пермутаційних шаблонів була розрахована для стандартизованих прибутковостей.

Незворотність у часі є фундаментальною властивістю нерівноважних дисипативних систем, і її втрата може свідчити про розвиток деструктивних процесів [1, 2]. Наше дослідження передбачає, що процес  $X$  називається статистично зворотним у часі, якщо розподіли ймовірностей вихідної та зворотної версії системи є приблизно однаковими [3–5]. Незворотність часових рядів вказує на наявність нелінійних залежностей (пам'яті) [6] в динаміці системи, далекої від рівноваги, включаючи негаусові випадкові процеси і дисипативний хаос.

**Міра незворотності часових рядів на основі пермутаційних шаблонів.** Обчислення пермутаційних шаблонів (permutation patterns, PP) передбачає, що часовий ряд  $X = \{x(i) \mid i = 1, \dots, N\}$  розбитий на пересічні підвектори  $\vec{X}(i) = \{x(i), x(i + \tau), \dots, x(i + [d_E - 1]\tau)\}$ , де  $d_E$  – довжина відповідних векторів (кількість елементів для співставлення), а  $\tau$  – це часова затримка між цими елементами [7]. Після процедури реконструкції фазових векторів, кожна підпоследовність  $\vec{X}(i)$  перетворюється на порядковий PP  $\pi = \{r_0, r_1, \dots, r_{d_E-1}\}$  з  $\{0, 1, \dots, d_E - 1\}$ , для яких має виконуватись умова  $x(i + r_0) \leq x(i + r_1) \leq \dots \leq x(i + r_{d_E-1})$ .

Цікава для нас міра незворотності часу, заснована на PP, може бути отримана шляхом врахування відносної частоти шаблонів як для початкового, так і для оберненого часових рядів. Таким чином, якщо обидва ряди мають приблизно однакові розподіли ймовірностей своїх PP, часовий ряд представляється оборотним і протилежний висновок може бути сформульований для іншого випадку.

Як для показників на основі пермутаційних шаблонів, так і для величин на основі графів, ми будемо використовувати функції щільності ймовірності (probability density functions, PDFs) згаданих величин. Якщо представити нашу систему оборотною в часі, ми припускаємо, що розподіли ймовірностей прямих і зворотних за часом характеристик повинні бути однаковими. Для незворотних процесів ми очікуємо знайти статистичну нееквівалентність. Оцінити її можна через відстань Дженсена-Шеннона [10]:  $JS(p \parallel q) =$



$\sqrt{[D_{KL}(p || m) + D_{KL}(q || m)]/2}$ , де  $D_{KL}(\cdot)$  відповідає відстані Кульбака-Лейблера [8],  $p$  відповідає розподілу прямих у часі характеристик, а  $q$  відповідає зворотнім,  $m = \frac{1}{2}(p + q)$ .

Для незворотності, заснованої на перестановках, ми протестували різні комбінації розмірності вкладення і часової затримки. Експерименти проводилися для  $d_E \in \{4, 5\}$  і  $\tau \in \{3, \dots, 15\}$ . Ми виявили, що  $d_E = 4$  і  $\tau = 15$  дають найбільш надійні результати при всіх розмірах ковзного вікна.

На рисунку 1, б ми можемо бачити, що під час переходу від пружної зони до пластичної і перед руйнуванням, незворотність зростає, що вказує на збільшення нелінійності в цих областях.

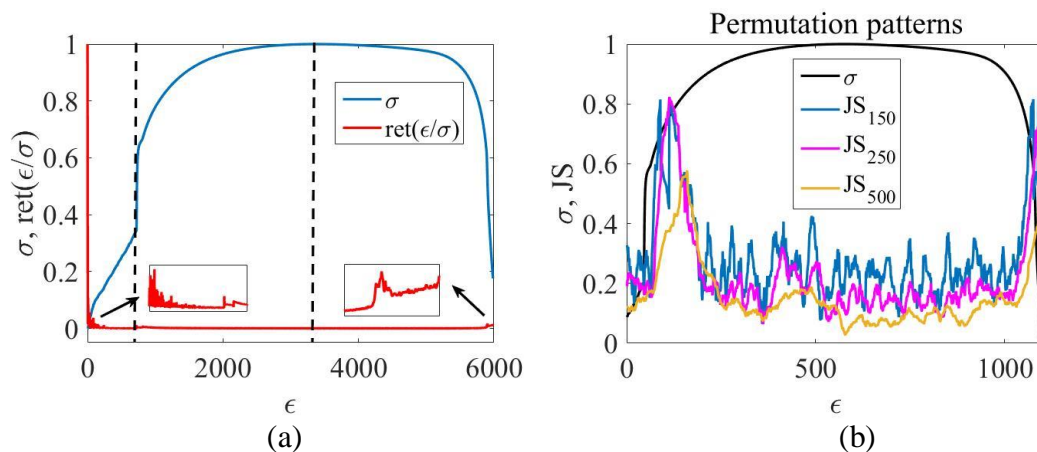


Рисунок 1 – Динаміка вихідної кривої «напруга-деформація» у часі і її стандартизовані прибутковості. Пунктирні лінії поділяють криві «напруга-деформація» на три етапи (а).

Стрілки вказують на стадію переходу від пружної деформації до пластичної і стадію руйнування в часовому ряді прибутковостей. Динаміка індикаторів незворотності на основі пермутаційних шаблонів наряду із кривою «напруга-деформація» (б)

**Методи складних мереж.** Граф видимості (Visibility graph, VG) заснований на простому відображенні часових рядів  $\{x_i | i = 1, \dots, N\}$  у вигляді графа, де кожне спостереження  $x_i$  розглядається у якості вершини (вузла) складної мережі. Дві вершини  $i$  та  $j$  пов'язані ребром  $(i, j)$ , якщо для всіх вузлів  $k$  з  $t_i < t_k < t_j$  застосовується умова  $x_k < x_j + (x_i - x_j)(t_j - t_k)/(t_j - t_i)$  [9].

Горизонтальний граф видимості (Horizontal visibility graph, HVG) являє собою спрощену версію цього алгоритму [9]. Для досліджуваного часового ряду множини вершин VG та HVG є однаковими, тоді як множини ребер HVG відображають взаємну горизонтальну видимість двох спостережень  $x_i$  та  $x_j$ . Тобто, між значеннями  $x_i$  та  $x_j$  можна побудувати ребро  $(i, j)$ , якщо  $x_k < \min(x_i, x_j)$  для всіх  $k$  з  $t_i < t_k < t_j$ .

Оскільки у визначенні VG та HVG чітко враховується час (порядок) спостережень, напрямок часу нерозривно пов'язаний з результуючою структурою мережі. Щоб врахувати цей факт, ми визначаємо набір нових статистичних мережних показників, заснованих на двох простих характеристиках вершин:

1. Оскільки число ребер інцидентних вершині  $i$  може бути визначено як  $k_i^r = \sum_j A_{ij}$ , для (H)VG, із врахуванням положення вершини у часі, цей показник може бути переписаний, враховуючи кількість інцидентних їй вершин у минулому  $k_i^r = \sum_{j < i} A_{ij}$  та майбутньому  $k_i^a = \sum_{j > i} A_{ij}$ . У даному разі,  $k_i = k_i^r + k_i^a$ , де  $k_i^r$  та  $k_i^a$  можуть вважатися *минулими* та *майбутніми* ступенями вершин. Як було визначено в роботі [9], такі міри відповідають вхідним та вихідним ступеням вершин графів направлених у часі.

2. Коефіцієнт локальної кластеризації графа  $C_i = [2/k_i(k_i - 1)] \sum_{j,k} A_{ij} A_{jk} A_{ki}$  є ще однією кількісною характеристикою графа, що характеризує структуру сусідів вузла  $i$  [2]. За аналогією до ступеня вершин, ми перепишемо стандартний коефіцієнт кластеризації із

врахування *минулого*  $C_i^r = [2/k_i^r(k_i^r - 1)] \sum_{j<i, k<i} A_{ij}A_{jk}A_{ki}$  та *майбутнього*  $C_i^a = [2/k_i^a(k_i^a - 1)] \sum_{j>i, k>i} A_{ij}A_{jk}A_{ki}$ .

На рисунку 2 представлено показники незворотності на основі мережного підходу разом з кривою «напруга-деформація».

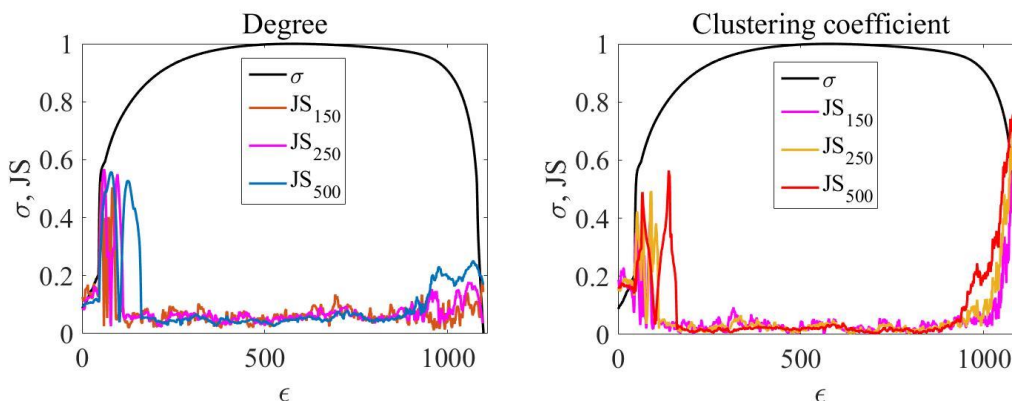


Рисунок 2 – Динаміка індикаторів графодинамічної незворотності поряд з кривою «напруга-деформація»

**Висновок.** У роботі представлено міри кількісної оцінки незворотності деформаційних процесів у металах. Виявлено, що індикатори на основі підходів теорії графів і пермутаційних шаблонів представляються особливо інформативними, що робить можливим їх використання не тільки для моніторингу та класифікації стадій деформації, але й як передвісник процесу незворотного руйнування матеріалу.

**Подяки.** Ця робота була частково підтримана Міністерством освіти і науки України (проекти № 0121U109543, 0122U000850 та 0122U000874) та Національним дослідницьким фондом України (проект № 2020.02/0100). Також подяка САІА (Словацьке академічне інформаційне агентство) за стипендію в інституті фізики Словацької академії наук в рамках Національної стипендіальної програми Словацької Республіки.

#### Список використаних джерел

1. Vinogradov A., Yasnikov I. S., Estrin Y. Stochastic dislocation kinetics and fractal structures in deforming metals probed by acoustic emission and surface topography measurements. *Journal of Applied Physics*. 2014. No. 115 (23). P. 1–10.
2. Kwapien J., Drozd S. Physical approach to complex systems. *Phys. Rep.* 2012. No. 515. P. 115–226.
3. Bielinskyi A., Serdyuk O. A., Semerikov S. O., Soloviev V. N. Econophysics of cryptocurrency crashes: a systematic review. *Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics*. 2021. Vol. 3048. ISSN 1613-0073. P. 31–133.
4. Irreversibility of financial time series: a case of crisis / A. O. Bielinskyi, S. V. Hushko, A. V. Matviychuk et al. *Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics*. 2021. Vol. 3048. ISSN 1613-0073. P. 134–150.
5. Costa M. D., Peng C. K., Goldberger A. L. Multiscale analysis of heart rate dynamics: entropy and time irreversibility measures. *Cardiovasc Eng.* 2008. No. 8 (2). P. 88–93.
6. Donges J. F., Donner R. V., Kurths J. Testing time series irreversibility using complex network methods. *EPL*. 2013. No. 102. P. 10004.
7. Bandt C., Pompe B. Permutation entropy. A natural complexity measure for time series. *Phys. Rev. Lett.* 2002. No. 88. P. 174102.
8. Zanin M., Rodríguez-González A., Menasalvas Ruiz E., Papo D. Assessing time series reversibility through permutation patterns. *Entropy*. 2018. No. 20 (9). P. 665.
9. Lacasa L., Nuñez A., Roldán É. Time series irreversibility: a visibility graph approach. *Eur. Phys. J. B*. 2012. No. 85. P. 217.
10. Analysis of symbolic sequences using the Jensen-Shannon divergence / I. Grosse, P. Bernaola-Galván, P. Carpena et al. *Phys. Rev. E*. 2002. No. 65 (4 Pt 1). P. 041905.



## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ГІБРИДНИХ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ

Лебедєв В. В., Мірошніченко Д. В., Савченко Д. О., Білець Д. Ю., Мисяк В. Р.,  
Тихомирова Т.С.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків, Україна

**Анотація.** Мета дослідження – комп'ютерне моделювання оптимального хімічного складу гібридних екологічно чистих біодеградабельних наповнених композитів з підвищеним комплексом міцностних властивостей. Завданнями дослідження є виявити оптимальний хімічний склад гібридних екологічно чистих біодеградабельних наповнених композитів та побудувати комп'ютерні моделі з метою прогнозування їх найважливіших експлуатаційних характеристик. Об'єктом дослідження є гібридні екологічно чисті біодеградабельні наповнені композити на основі полімолочної кислоти, відходів кавової гущі та гумінових речовин, предметом дослідження – процеси комп'ютерного моделювання оптимального хімічного складу композитів. Методом дослідження є комп'ютерне моделювання в середовищі MathCad Prime 6.0. В результаті проведених досліджень побудовані моделі з прогнозування експлуатаційних властивостей гібридних екологічно чистих біодеградабельних наповнених композитів залежно від їх хімічного складу, які можуть бути адаптовані до будь-якого вмісту кавової гущі та гумінових речовин.

**Ключові слова:** комп'ютер, моделювання, хімічний склад, гібридний, біодеградабельний, композити.

## COMPUTER MODELING OF OPTIMAL CHEMICAL COMPOSITION OF HYBRID BIODEGRADABLE COMPOSITES

Lebedev V., Miroshnichenko D., Savchenko D., Bilets D., Mysiak V., Tykhomyrova T.  
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

**Abstract.** The aim of the research is computer modeling of optimal chemical composition of hybrid environmentally friendly biodegradable filled composites with increased set of strength properties. The tasks of the research are to identify the optimal chemical composition of hybrid eco-friendly biodegradable filled composites and to build computer models for forecasting their most important performance characteristics. The object of research is hybrid eco-friendly biodegradable filled composites based on polylactic acid, coffee grounds waste and humic substances, the subject of research – computer modeling processes of optimal chemical composition of composites. The research method is computer simulation in MathCad Prime 6.0. As a result of the research, models for forecasting the performance properties of hybrid eco-friendly biodegradable filled composites depending on their chemical composition, which can be adapted to any content of coffee grounds and humic substances, have been built.

**Keywords:** computer, modeling, chemical composition, hybrid, biodegradable, composites.

**Вступ.** Сучасним трендом в галузі виробництва, використання та утилізації полімерних матеріалів є екологічно чисті біодеградабельні полімери та їх композиції, які реалізують принцип «нульових відходів» впродовж усього життєвого циклу. Саме тому дуже актуальним є розробка та комп'ютерне моделювання ефективних хімічних складів гібридних екологічно чистих біодеградабельних полімерних композиційних матеріалів на основі такого біопластику, як полімолочна кислота, відходів кавової гущі при їх сумісній функціональній гібридній модифікації гуміновими речовинами з метою досягнення у таких біодеградабельних полімерних композиційних матеріалів оптимального комплексу експлуатаційних властивостей.

Мета даного дослідження – комп'ютерне моделювання оптимального хімічного складу гібридних екологічно чистих біодеградабельних наповнених композитів з підвищеним комплексом міцностних властивостей.

## Матеріали та методи дослідження.

Об'єктами дослідження виступали:

- полімер молочної кислоти екструзійної марки Terramac TP-4000;
- відходи кавової гущі, зібрані в 8 різних кофінях в місті Харкова та сушені до вологості 50%. Відходи кавової гущі мають полі фракційні склад в межах розміру частинок від 0,5 до 1 мм. За допомогою методів ІЧ-спектроскопії показано [1–2], що кавова гуща за своїм хімічним складом характеризується вмістом до 6 % мас. і більше кофеїну, алкалоїдів та їх супутників, вмістом до 1% мас. хлорогенних кислот та їх похідних.

- гумінові речовини отримували відповідно до ISO 5073 [3]. Сутність методу полягає в обробці аналітичної проби палива лужним розчином пірофосфату натрію, подальшої екстракцією проби розчином гідроксиду натрію, осадженні гумінових кислот надлишком мінеральної кислоти і визначенні маси отриманого осаду.

Для комп'ютерного моделювання використовували середовище MathCad Prime 6.0.

**Результати.** Було проведено математичне моделювання в середовищі MathCad Prime 6.0. з прогнозування експлуатаційних властивостей гібридних екологічно чистих біодеградабельних наповнених композитів залежно від вмісту дисперсної фази у вигляді відходів кавової гущі та гумінових речовин (рисунок 1).

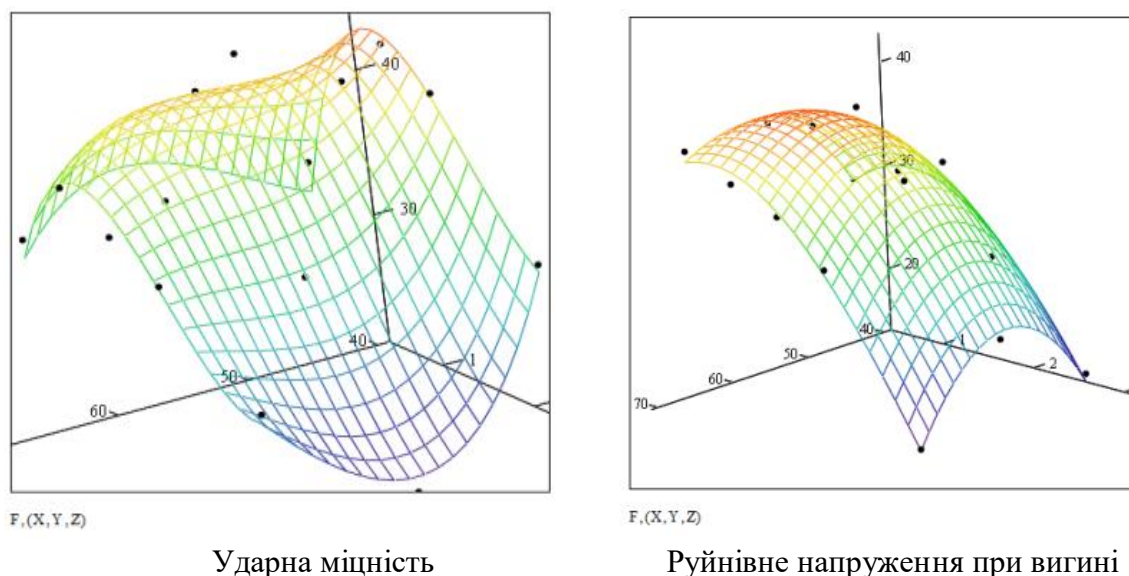


Рисунок 1 – Моделі по прогнозуванню експлуатаційних властивостей гібридних екологічно чистих біодеградабельних наповнених композитів

**Висновки.** Проведене моделювання дозволило отримати моделі з прогнозування експлуатаційних властивостей гібридних екологічно чистих біодеградабельних наповнених композитів залежно від їх хімічного складу, які можуть бути адаптовані до будь-якого вмісту кавової гущі та гумінових речовин.

## Список використаних джерел

1. Sorption resistance studying of environmentally friendly polymeric materials in different liquid mediums / V. Lebedev, T. Tykhomyrova, O. Filenko et al. *Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1038. P. 168–174.
2. Sorption characteristics studies of eco-friendly polymer composites / V. Lebedev, T. Tykhomyrova, O. Lytvynenko et al. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 280. P. 11001.
3. ISO 5073:2013. Brown coals and lignites – Determination of humic acids. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024122>.

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОЇ ПЕРЕДАЧІ, ВИГОТОВЛЕНОЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Рудь М. П.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** В роботі розглянуто магнітні редуктори та перспективи їх застосування, проведено аналіз можливостей магнітних передач, розроблено тестову конструкцію магнітної передачі на основі математичної моделі, розрахованої з використанням методу кінцевих елементів, та виготовлено діючу модель із застосуванням адитивних технологій. Для конструювання експериментального вузла нами розраховано математичну модель магнітних полів з використанням методу кінцевих елементів. Відповідно до розрахованої схеми розроблено конструкцію вузла магнітного редуктора з використанням програми Solidworks. При розробці вузла частину деталей, які можуть бути виготовлені з полімерних матеріалів, було сконструйовано з урахуванням виготовлення із застосуванням адитивної технології FDM (моделювання методом наплавлення). Розроблений вузол магнітного редуктора було виготовлено і перевірено його працездатність та показано відповідність розрахованим характеристикам. Можна зробити висновок, що запропонована конструкція має значні перспективи для застосування в спеціалізованому електротранспорті завдяки своїй надійності викликаній відсутністю сил тертя в передачі та притаманному внутрішньому захисту від перевантаження, а також можливості компонування в герметичну ємність, яка відділятиме електричну частину від агресивного зовнішнього середовища.

**Ключові слова:** електрична трансмісія, магнітний редуктор, кінцево-елементний аналіз, адитивні технології.

## COMPUTER SIMULATION OF MAGNETIC TRANSMISSION MADE WITH THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

Rud' M.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The paper considers magnetic gears and the prospects for their use, analyzes the possibilities of magnetic transmissions, develops a test design of a magnetic transmission based on a mathematical model calculated using the finite element method, and makes a working model using additive technologies. For designing the experimental unit, a mathematical model of magnetic fields using the finite element method has been calculated. According to the calculated scheme, the design of the magnetic gear unit has been developed using the Solidworks. During the development of the assembly, some of the parts that can be made from polymer materials have been designed to be manufactured using additive FDM (Fusion Deposition Modeling) technology. The developed magnetic gearbox assembly has been manufactured and tested for its performance, and compliance with the calculated characteristics is shown. It can be concluded that the proposed design has significant prospects for use in specialized electric vehicles due to its reliability caused by the lack of friction forces in the transmission and inherent internal overload protection, as well as the possibility of assembling into an airtight container that separates electrical part from aggressive environment.

**Keywords:** electric transmission, magnetic gear, finite element analysis, additive manufacturing technologies.

**Вступ.** В останні роки, магнітні передачі (Magnetic Gears - MG) все частіше привертають до себе увагу як дослідників так і промисловості. Передбачається, що безперервний технологічний розвиток магнітної трансмісії призведе до значного прогресу в області машинобудування. Магнітні передачі потенційно володіють високою ефективністю і надійністю завдяки їх безконтактній роботі, притаманному внутрішньому захисту від перевантаження і практичній відсутності необхідності технічного обслуговування.

**Мета роботи.** Метою даного дослідження є визначити експлуатаційні характеристики тестової конструкції магнітного редуктора, виготовленого із застосуванням адитивних технологій.

**Постановка задачі.** Для більшості ранніх MG топологій, їх щільність крутного моменту не могла конкурувати з їх механічними аналогами [1]. Дослідження магнітного зв'язку показали, що більш високі передачі крутного моменту можуть бути реалізовані тільки при великій кількості магнітних полюсів [1]. Концепція магнітної передачі (далі МП) була запропонована ще в кінці 1960-х років, яка включає три концентричні частини, тобто внутрішній магнітний ротор, зовнішній магнітний ротор і модулятор магнітного потоку між ними. Подальше вивчення цієї топології МП дозволило встановити математичні співвідношення між числом пар полюсів постійних магнітів роторів і кількістю модуляторів. Головною перевагою цієї топології МП є те, що всі постійні магніти беруть участь в передачі крутного моменту, в результаті чого стало можливим створити МП з високою питомою щільністю крутного моменту, як до одиниці об'єму так і до одиниці маси. Одночасний розвиток технологій постійних магнітів з високою індукцією магнітного поля надав можливість створення МП, що за питомою щільністю крутного моменту не поступаються механічним зубчатим редукторам. Це спричиняє значний інтерес до застосування МП в різних сферах, зокрема в автомобільній промисловості.

**Основна частина.** Серед нових запропонованих топологій МП найбільш вагомими є топології в яких використано планетарні магнітні передачі [2].

Основний принцип дії таких МП в тому, що феромагнітні полюс-частини, розташовані між внутрішнім і зовнішнім ротором МП і можуть модулювати магнітне поле таким чином, що кожен ротор «бачить» робочу зону, що відповідає своєму власному числу полюсів. Число пар полюсів на внутрішньому високошвидкісному роторі  $p_h$  і зовнішньому низькошвидкісному роторі  $p_l$  і кількість сегментів модулятора,  $q_m$  пов'язані наступною залежністю [1]:

$$q_m = p_h + p_l.$$

За аналогією з їх механічними аналогами, передавальне відношення планетарної магнітної передачі з нерухомим зубчастим вінцем визначається [1]:

$$G_r = \frac{p_l}{p_h}.$$

В результаті взаємодії між постійними магнітами і сталевими полюсами можуть виникати пульсації зчеплення крутного моменту. Для їх мінімізації кращою комбінацією для  $p_h$ ,  $p_l$  і  $q_m$  розраховується параметр, який називається коефіцієнтом зчеплення. Він дається наступним виразом [1]:

$$C_f = \frac{2p_h \cdot q_m}{LCM(2p_h, q_m)},$$

де LCM є найменше спільне кратне (LCM - least common multiple). Мінімум пульсацій зчеплення моменту досягається при  $C_f = 1$ .

Для того щоб оцінити можливості магнітних передач та адитивних технологій при їх виготовлення було сконструйовано магнітний редуктор, який може бути встановлений на механізмах з передаточним числом – 3,8. В розробленому редукторі напрями обертання вхідного та вихідного вала протилежні. Кількість пар полюсів роторів  $p_h=5$  і  $p_l=19$ , що відповідає  $q_m=19+5=24$  полюсів статора, а коефіцієнт зчеплення  $C_f = 2$  (рисунок 1, а). Для спроектованої конструкції було створено кінцевоелементну модель яка вирішує рівняння Максвелла, сформульовані з використанням комбінації магнітного векторного потенціалу та магнітного скалярного потенціалу як залежних змінних. Вихідними даними моделі є розподіл магнітного потоку (рисунок 1, б) та осьовий крутний момент між рухомими обертальними доменами. Для перевірки адекватності моделі виготовлено тестову конструкцію в якій не феромагнітні деталі виготовлено адитивним методом (рисунок 1, в).

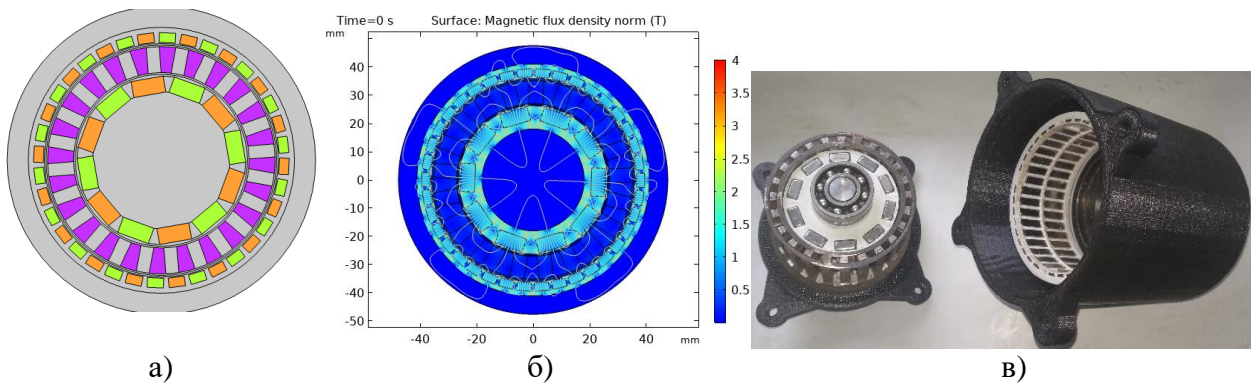


Рисунок 1 – Комп'ютерна модель магнітного редуктора та редуктор виготовлена із застосуванням технологій 3D-друку на її основі

**Висновки.** Створена кінцеелементна модель магнітного редуктора планетарної конструкції з передавальним числом 3,8. В моделі враховується вплив виготовлення окремих деталей із застосуванням адитивних технологій. На основі створеної моделі виготовлена тестова конструкція магнітного редуктора. Адекватність кінцеелементної моделі доведено шляхом порівняння експлуатаційних характеристик тестової конструкції і її теоретичних параметрів. Це дозволяє використовувати дану модель для подальших розробок магнітних редукторів подібної конструкції.

#### Список використаних джерел

1. Tlali P. M., Wang R.-J., Gerber S. Magnetic gear technologies: A review. *International Conference on Electrical Machines, ICEM*. 2014. P. 544–550. doi: 10.1109/ICELMACH.2014.6960233.
2. Surface magnet gears with a new magnet arrangement and optimal shape of stationary pole pieces / Tomoyuki Fujita, Yoshinori Ando, Kosuke Nagaya et al. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*. 2013. С. 243–249. URL: <http://dx.doi.org/10.4236/jemaa.2013.56039>.

### НОВА КОНЦЕПЦІЯ FDM ПРИНТЕРА ДЛЯ ДРУКУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Саленко О.<sup>1</sup>, Костенко А.<sup>1</sup>, Цуркан Д.<sup>1</sup>, Зінчук А.<sup>1</sup>, Загірняк М.<sup>2</sup>, Орел В.<sup>2</sup>,  
Аргат Р.<sup>2</sup>, Дерев'янку І.<sup>3</sup>, Самусенко О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
м. Кременчук, Україна

<sup>3</sup>ДП КБ «Південне», м. Дніпро, Україна

**Анотація.** Проаналізовано та систематизовано компоновки принтерів для FDM процесу. Показано, що використання принципово нових підходів, які передбачають зміну форми основи та виду руху, зокрема заміну традиційного столу циліндричним обертовим, дозволяє друкувати вироби у вигляді тонкостінних циліндричних оболонок більш якісно. Передусім, це стосується параметрів міцності отриманих виробів. Порівняння межі міцності тестових зразків, отриманих FDM-процесами на двох принтерах, один з яких виготовлений за запропонованою концепцією, доводить, що останній може бути успішно використаний для виготовлення осесиметричних корпусів резервуарів з осьовими отворами, забезпечивши межу міцності 0,75...0,85 [σ] матеріалу філаменту проти 0,45...0,55 [σ] (при використанні принтерів звичайного компонування). При цьому щільність укладання пластику (як і точність форми) обумовлюється динамічними процесами у принтері, що потребувало проведення аналізу та моделювання поведінки механічної системи принтера. Доведено, що динамічні явища розгону та гальмування обертових та лінійно рухомих мас мають більший вплив на щільність і точність, порівняно з традиційними пристроями, що потребує впровадження спеціальних алгоритмів керування приводами у перехідних режимах.

**Ключові слова:** FDM-друк, циліндричні заготовки, якість FDM, друк на неплоскій основі, моделювання механічної системи.

## A NEW FDM PRINTER CONCEPT FOR PRINTING CYLINDRICAL WORKPIECES

Salenko O.F.<sup>1</sup>, Kostenko A.<sup>1</sup>, Tsurkan D.<sup>1</sup>, Zinchuk A.<sup>1</sup>, Zagirnyak M.<sup>2</sup>, Orel V.<sup>2</sup>,  
Arhat R.<sup>2</sup>, Derevianko I.<sup>3</sup>, Samusenko O.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",  
Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

<sup>3</sup> DB "Pivdenne", Dnipro, Ukraine

**Abstract.** Printer layouts for FDM process are analyzed and systematized. It is shown that the use of fundamentally new approaches, which involve changing the base shape and movement type, in particular, replacing the traditional table with cylindrical rotating, allows you to better print products with the thin cylindrical shells form. First of all, it concerns parameters of the received products durability. Tensile strength comparison for test specimens obtained by FDM processes on two printers, one of which is made according to the proposed concept, proves that the latter can be successfully used for the manufacture of axisymmetric tank housings with axial holes, providing a tensile strength of 0.75... 0.85 [ $\sigma$ ] of filament material against 0.45... 0.55 [ $\sigma$ ] (when using conventional layout printers). The density of the plastic (as well as the accuracy of the form) is determined by dynamic processes in the printer, which has required analysis and modeling of the behavior of the printer mechanical system. It is proved that dynamic phenomena of acceleration and deceleration of rotating and linearly moving masses have a greater impact on density and accuracy, compared to traditional devices, which requires the introduction of special algorithms for controlling drives in transient modes.

**Keywords:** FDM printing, cylindrical blanks, FDM quality, non-flatbed printing, mechanical system modeling.

**Вступ.** Методи адитивного синтезу прототипів, моделей та елементів конструкції на сьогодні є одними з найбільш перспективних, оскільки їх можна безпосередньо застосувати до так званого «розумного виробництва», спрямованого на отримання принципово нових виробів, матеріалів, заготовок з мінімальним використанням сировини та максимальною уніфікацією обладнання. Незважаючи на те, що сьогодні світ активно розширює сфери використання адитивних технологій [1], [2], останні вивчені особливості формування шарів і продукту в цілому [3], ці технології досліджено недостатньо, що спонукає науковців до активізації зазначених робіт, зосереджуючи увагу на міцності, точності, щільності виробів інженерного призначення.

**Мета роботи.** Удосконалення процесу і обладнання для підвищення міцності циліндричних оболонок (баків), отриманих методом 3D-друку.

**Постановка проблеми.** Оскільки передбачається, що міцність виробів (довготривалих і тимчасових), отриманих адитивними процесами, у тому числі методом FDM, визначається рядом факторів, зокрема, способом укладання пластику, запропоновано нову концепцію принтера. Відповідно до неї плоский стіл замінений обертовим циліндром, а викладка здійснюється як намотування нитки на лейнер.

**Розв'язання проблеми.** Зміна механічної частини та топології викладання філаменту обумовила необхідність симуляційного дослідження механічної частини принтера. Для визначення можливих динамічних збурень за схемою на рисунку 1, а розроблено технічне рішення друкарського верстату. Він представлений на рисунку 1, б. З метою дослідження динамічних явищ у запропонованій концепції принтера було виконано динамічне моделювання системи в середовищі Matlab Simulink; елементи машини поділені на динамічні модулі (тіло 1-тіло 4), пов'язані між собою пружними зв'язками. Показано, що зміна динамічних параметрів обумовлює точність форми, а динамічні явища розгону та гальмування обертових та лінійно рухомих мас мають більший вплив на щільність шару, порівняно з традиційними пристроями, що потребує впровадження спеціальних алгоритмів



керування приводами у перехідних режимах. При моделюванні враховано нелінійність виникаючих сил тертя, температурні деформації від нагріву столу та екструдера, динаміку охолодження готового виробу, похибки в елементах приводу поперечного переміщення та обмежену жорсткість ланцюжку «основа-сопло екструдера». Установлено, що для стандартних компонентів та використовуваного двигуна NEMA17 1.7A 17HS4401 при швидкості викладання нитки 120...150 мм/хв в місцях реверсу поперечної каретки (тіло 1) ходу виникає похибка переміщення до 0,8 мм, яка може викликати появу міжвиткової порожнини.

Метрологічне обстеження зразків друку, отриманих із типового 3d принтера та виготовленого концептуального показало, що похибка друку для лінійних розмірів була в межах 9-10 квалітету і становила  $T_l = 0,15...0,17$  мм, розсіювання вертикальних розмірів –  $T_h = 0,18-0,2$  мм. Діаметральні розміри (отвори) виконано з розсіюванням  $T_e = 0,18$ . Таким чином, все розсіювання розмірів можна звести до однієї загальної множини, тобто розсіювання відповідає закону нормального розподілу. Отже, за тих самих умов не виявлено істотних факторів, що впливають на точність відтворення форми.

Важливим параметром є щільність отриманого виробу, що проявляється в неповному контакті між укладеними шарами. На рисунку 2 показано оптичну мікрофотографію (x40) структури торця виробу, отриманого на традиційному принтері (рисунок 2, а) та запропонованому (рисунок 2, б). Установлено, що щільність поверхні неоднорідна і зменшується від 95% до 90% в місцях реверсу головки (на кінцях лейнеру), каверни становлять до 0,6 мм (рисунок 2, а), що, на основі порівняння перехідних процесів комп'ютерної симуляції та мікрофотозон виробу, обумовлюється динамічними явищами гальмування та розгону екструдера. Це потребує зміни параметрів жорсткості та демпфування у ланцюжку «основа-сопло екструдера».

Дослідження характеристик міцності виробів, отриманих FDM-процесами на двох принтерах, один з яких виготовлений за запропованою концепцією, доводить, що останній можна з успіхом використовувати для виготовлення осесиметричних оболонок, зокрема ємностей (баків) з центральними отворами. При цьому за рахунок пропонованої топології викладання філаменту вдалося досягти міцність виробу на рівні 0,75...0,85 [ $\sigma$ ] матеріалу філаменту проти 0,45...0,55 [ $\sigma$ ] (при використанні принтерів звичайного компонування). Такі характеристики отримано укладанням нитки під кутами  $\pm \pi/4$ , що також дає максимальну довговічність виробу при експлуатаційних навантаженнях.

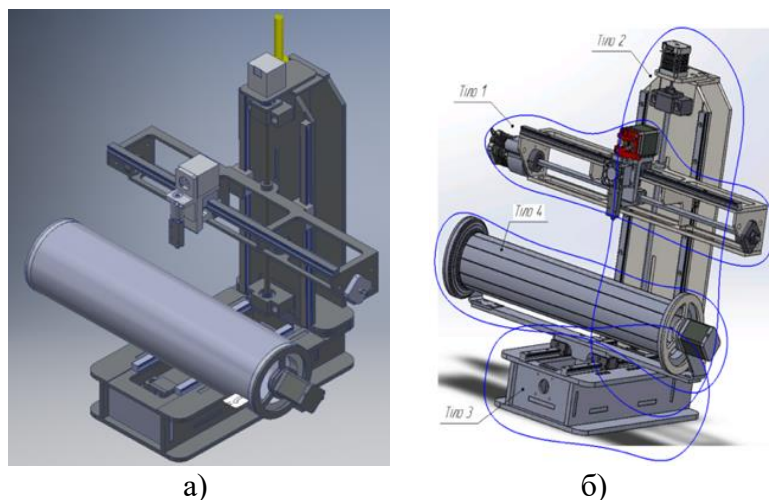


Рисунок 1 – Технічне рішення (а) та друкарський верстат (б)

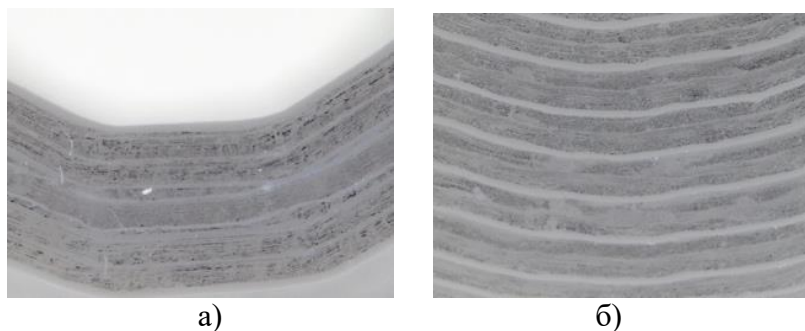


Рисунок 2 – Оптична мікрофотографія (x40) структури торця виробу, отриманого на традиційному принтері (а) та запропонованому (б)

Подальші дослідження мають бути направлені на вирішення питань топології формування закінцівок баку, на які встановлюють кришки.

**Висновок.** Сформульовано принципово нову концепцію принтера для друку заготовок на основі, відмінній від площини, зокрема, у вигляді розбірного циліндра. Виконане моделювання роботи принтера із врахуванням теплофізичних та пружних явищ у системі пропонованого принтеру. Встановлено умови надійного друку та мінімізації порожнистості виробу та показано, що застосування спеціальних алгоритмів керування дозволяє ліквідувати явища падіння щільності на кінцях циліндричного виробу (зберігаючи щільність на рівні 95%). Порівняння міцності типових елементів (оболонок), викладених на плоскій основі методом побудови шарів уздовж головної осі виробу та на циліндричній, довело, що запропонована концепція дозволяє отримувати міцність виробу на рівні 0,75...0,85 [ $\sigma$ ] міцності матеріалу.

#### Список використаних джерел

1. Sliusar V. I. Fabber-technologies. A new tool for three-dimensional modeling, *Electronics: science, technology, business*. 2003. Vol. 5. P. 54–60.
2. Murphy S. V., Atala A. 3D-bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*. 2014. Vol. 32. P. 773–785. doi:10.1038/nbt.2958.
3. Types of 3D printers and tree-dimensional printing. URL: <http://www.techno-guide.ru/informatsionnye-tekhnologii/3d-tekhnologii/vidy-3d-printerov-i-trekhmernoj-pechati.html>.

### ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВИХРОСТРУМОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИПОВЕРХНЕВИХ ПРОФІЛІВ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСКИХ ОБ'ЄКТІВ

Тичков В. В., Тичкова Н. Б.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** У роботі виконано опис розробленого програмного продукту, реалізованого на мові програмування Pascal в середовищі Delphi (Embarcadero RAD Studio 10.4 Sydney). Об'єктом дослідження є процеси вихрострумове вимірювання приповерхневих профілів електрофізичних характеристик плоских виробів. Предметом дослідження є програма, призначена для розрахунку складових вектора магнітної індукції при вихрострумовому контролі багат шарових електропровідних плоских виробів накладними перетворювачами в будь-якій точці над об'єктом контролю, вектора магнітної індукції в центрі котушки; повної потужності вихрового струму, що розсіюється котушкою збудження. Розрахунки проводяться при п'яти різних значеннях відстані між котушкою збудження та об'єктом контролю. Наведено результати верифікаційних розрахунків умовно одношарового плоского об'єкта контролю із використанням моделі накладного вихрострумове перетворювача. Також отримано результати обчислень компонентів вектора магнітної індукції.

**Ключові слова:** вихрострумове вимірювання, приповерхневий шар, програмний продукт, вектор магнітної індукції.



# SOFTWARE PRODUCT FOR MODELING EDDY CURRENT RESEARCH OF SURFACE PROFILES OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF FLAT OBJECTS

Tychkov V., Tychkova N.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The paper describes the developed software product implemented in the Pascal programming language in the Delphi environment (Embarcadero RAD Studio 10.4 Sydney). The object of research is the processes of eddy current measurement of near-surface profiles of electrophysical characteristics of flat products. The subject of research is a program designed to calculate the components of the vector of magnetic induction in eddy current testing of multilayer electrically conductive flat products with surface probes at any point over the testing object, the vector of magnetic induction in the center of the coil; the full power of the eddy current dissipated by the excitation coil. The calculations are performed at five different values of the distance between the excitation coil and the testing object. The results of verification calculations of a conditionally single-layer flat testing object using the model of a surface eddy current probe are presented. The results of calculations of the components of the magnetic induction vector are also obtained.

**Keywords:** eddy current testing, near-surface layer, software product, vector of magnetic induction.

**Вступ.** Для професійного використання моделювання технологічних процесів обробки матеріалів потрібна розробка моделей, адекватних реальним об'єктам та явищам. Для цього моделі попередньо налаштовують з використанням результатів експериментальних досліджень і параметрів внутрішнього стану об'єкта контролю, що моделюється так, щоб у процесі обчислювального експерименту відтворити з високим ступенем точності кількісні та якісні характеристики продукції, режимні параметри процесу. Створення спеціалізованих програмних продуктів дозволяє проводити розрахунки технологічних параметрів та оцінювати їх вплив на обрані показники якості продукції та вирішувати оптимізаційні задачі.

**Основний матеріал.** Вихрострумний контроль призначений для виявлення несущільностей, геометричних особливостей, механічних властивостей матеріалу об'єкту контролю (ОК) та сортування його на основі вищезгаданих характеристик. Основними параметрами, які впливають на вимірюваний вихрострумний сигнал, є електропровідність та магнітна проникність матеріалу; розмір і форма ОК; взаємне розташування вихрострумного перетворювача і ОК.

В роботі [1] наведена математична модель визначення вихідного сигналу накладного вихрострумного перетворювача для дослідження структури ОК в результаті вимірювань профілів електрофізичних параметрів при наявності декількох умовних шарів металу.

**Мета роботи** – розробка програмного продукту для моделювання вихрострумних досліджень приповерхневих профілів електрофізичних характеристик плоских об'єктів.

На основі відомої математичної моделі [1] розроблено програмне забезпечення мовою програмування Pascal в середовищі Delphi (Embarcadero RAD Studio 10.4 Sydney) для розрахунку компонент вектора магнітної індукції при вихрострумних дослідженнях плоских електропровідних об'єктів контролю. Спілкування користувача з комп'ютером відбувається через графічний інтерфейс візуалізації. В якості вихідних даних задаються: кількість та товщина кожного умовного шару, значення електрофізичних параметрів (питомий об'ємний опір та магнітна проникність) плоских ОК для кожного шару, на основі яких створюється файл Data.xls. Для зручності формування файлів по кількості шарів є необмеженим. Використовується основна програма MagFldDodd.exe (рисунк 1), яка дозволяє провести розрахунки компонентів вектора магнітної індукції котушки збудження вихрострумного перетворювача з вихідними даними, введеними у вікна програми: геометричні параметри котушки збудження та її розташування над ОК; кількість витків, струм та частота збудження струму в котушці, кількість шарів ОК, номер та параметри розрахункового шару.

MagFld Dodd v.1.0.0.1

R1	0,03175	N	Thick (meters)	R( $\mu\Omega$ cm)	$\mu$	
R2	0,0508	1	1	1000000000	1	
L3	0,01778	2	0,01	0,01	1	
L6	0,0005	3	1	1000000000	1	
N3	100					
I9	338,709	ALPHA	ABS SUM OF FLDS	LAST CHANGE	RATIO	
F	2,5	5	0,175657282616403	0,000307273991207387	0,874640625855537	
L2	0,00025	10	0,158177323637835	6,05330520623783E-6	0,00382691087889283	
N9	3	15	0,156867688731365	1,20727870759325E-5	0,00384807960567554	
N8	1	20	0,156902478618592	2,03499945808049E-6	0,000648491813512801	
R8	0,041275	25	0,156885465523948	3,20634534048273E-7	0,000102187456619214	
Z7	0	30	0,156885916336157	7,47737125743389E-8	2,38306007067334E-5	
		35	0,156884760303563	1,76167924777543E-8	2,80728230767392E-6	
		40	0,156884570053795	2,17935227802804E-9	3,47285949995076E-7	
		Lift-off	RL B(Z)	IM B(Z)	RL B(R)	IM B(R)
		E.C. PWR	RL B(CENTER)	IM B(CENTER)	B(Z) / B(C)	B(R) / B(C)
		0,0005	-0,00251581670034616	0,00131248598600596	-0,010870270212288	0,00454817143644526
		52,906081017288	0,158753458542229	-0,034126525952648	0,0174750308287418	0,0725668285643721
		0,00075	-0,00246142825921577	0,00130174578548752	-0,0105813228942813	0,0044624270342796
		51,4302373801688	0,164130861912292	-0,034023424406274	0,0166116708633623	0,0685108301894347
		0,001	-0,00240907724203461	0,00129098821305768	-0,0103020265283871	0,00437950216589803
		50,0104931744389	0,16948788001344	-0,0338933397714534	0,0158130593151829	0,0647653529638289

Load Data  
Calculate  
Save Result to file...

R1 = 3,175E-2; R2 = 5,08E-2; Driver Length = 1,778E-2;  
Coil mean radius 0,041275 meters; Frequency 2,5;  
Min lift-off = 0,0005; Lift-off increment = 0,00025;  
100 turns, each carrying 338,709 amps;  
Mag. field at R = 0,041275; Z = 0 meters below; Surface of cond. 1;  
Integral haz converged

Рисунок 1 – Вікно програмного продукту з вихідними та розрахунковими даними

Результати розрахунків для подальшої обробки даних та їх використання записуються у файл CalculationResult.xls. Правильність розрахунку за розробленою комп'ютерною програмою контролюється інформацією про верифікацію процесу інтегрування згідно моделі Dodd [2].

**Висновки.** Розроблено програмний продукт для моделювання вихрострумів досліджень приповерхневих профілів електрофізичних параметрів плоских об'єктів мовою програмування Pascal в середовищі Delphi (Embarcadero RAD Studio 10.4 Sydney). Результати модельних розрахунків для одношарового плоского об'єкту контролю верифіковано даними експериментальних досліджень [2].

### Список використаних джерел

1. Тичков В. В., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Тичкова Н. Б. Моделювання вихідного сигналу вихрострумів перетворювача із використанням моделі Dodd. *Датчики, прилади та системи–2021: IX Міжнародна науково-технічна конференція: тези доп.*, (Черкаси – Херсон – Лазурне, 20–24 верес. 2021 р.). Черкаси: видавець ФОП Гордієнко Є.І., 2021. С. 7–9.
2. Dodd C. V., Deeds W. E. Calculation of magnetic fields from time-varying currents in the presence of conductor. Technical report contract No. W-7405-eng-26, Oak Ridge National Laboratory; July 1975. 32 p.

# МЕТОД ПОЛІНОМІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ДАНИХ З U-КВАДРАТИЧНИМ РОЗПОДІЛОМ

Чепинога В. В., Чепинога А. В.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** В дослідженні запропоновано оригінальний спосіб для оцінювання параметрів розподілу похибок вимірювання. Його використання доцільно для обробки результатів експериментів при багаторазових вимірюваннях, що виступають як об'єкт дослідження в автоматизованих інформаційних системах. В основу покладено метод максимізації полінома, що базується на стохастичних поліномах Кунченка з використанням статистик вищих порядків. Як модель випадкової складової обрано U-квадратичний розподіл, який має від'ємний коефіцієнт ексцесу. В результаті досліджень отримано поліноміальні оцінки з використанням аналітичних і чисельних методів. Теоретичні викладки обґрунтовано виконанням багаторазових статистичних випробувань методом Монте-Карло. Проведено порівняльний аналіз їх точності з відомими оцінками. Показано переваги використання методу максимізації полінома для даних з від'ємним коефіцієнтом ексцесу.

Ключові слова: U-квадратичний розподіл, оцінювання параметрів, дисперсія оцінок, моменти, коефіцієнт ексцесу, стохастичний поліном.

## METHOD OF POLYNOMIAL ESTIMATION OF PARAMETERS FOR U-QUADRATIC DISTRIBUTION DATA

Chepynoha V., Chepynoha A.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** In this paper a new original method for estimating the parameters of the measurement error distribution is proposed. Its use is expedient for processing the results of experiments in multiple measurements, which are the object of research in automated information systems. It is based on the method of polynomial maximization, which is based on stochastic Kunchenko's polynomials using higher-order statistics. U-quadratic distribution is chosen as the model of random data with negative coefficient of kurtosis. As a result of research, polynomial estimates are obtained using analytical and numerical methods. Theoretical calculations are substantiated by the performance of multiple statistical tests by the Monte Carlo method. A comparative analysis of their accuracy with known estimates is carried out. The advantages of use of polynomial maximization method for data with a negative excess coefficient are shown.

**Keywords:** U-quadratic distribution, parameter estimation, variance, moments, coefficient of kurtosis, stochastic polynomial.

**Вступ.** Однією з основних задач, що вирішуються при обробці експериментальних даних є виявлення законів поведінки досліджуваних об'єктів чи процесів. Отримані результати дають змогу провести оцінку певних параметрів та сформулювати вимоги до систем, що розробляються. І якщо системи не є строго детермінованими, то до них необхідно вже застосовувати методи математичної статистики. Практичні методи статистичної обробки експериментальних даних досить часто спираються на теоретичний базис, який оперує поняттям щільності розподілу випадкової величини. Проте зазвичай ця характеристика не є відомою заздалегідь. Тоді, в залежності від задачі, керуються або ж припущенням про вид щільності розподілу чи вирішують задачу апроксимації [1, 2].

**Метою роботи** є проведення порівняльного аналізу ефективності оцінок параметрів методу максимізації поліному в порівнянні з відомими оцінками за використання статистик вищих порядків.

**Постановка задачі.** Нехай  $\theta$  – параметр, який необхідно оцінити на основі аналізу вибіркового значень  $\vec{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Цей вектор розміру  $n$  містить незалежні і однаково розподілені вибіркові значення, отримані в результаті багаторазових експериментів.

Припускається, що математична модель статистичних даних адекватно описується U-квадратичним розподілом виду:

$$p(x) = \alpha(x - \theta)^2, \quad x \in [a, b]. \quad (0)$$

При цьому значення параметра форми  $\alpha$  є апріорно невідомим.

**Основна частина.** Як відомо з [3], знаходження оцінок параметра  $\theta$  методом максимізації стохастичного полінома за однаково розподіленої вибірки  $\vec{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  проводиться за рівнянням загального виду:

$$\sum_{i=1}^r h_i(\theta) \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n [x_v^i - m_i(\theta)] \Big|_{\theta=\hat{\theta}} = 0, \quad (2)$$

де  $r$  – степінь полінома,  $\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v^i$ ,  $i = \overline{1, r}$  – набір вибірових статистик вищих порядків,  $m_i(\theta)$  – початкові моменти,  $h_i(\theta)$  – вагові коефіцієнти, що забезпечують мінімум дисперсії оцінок параметра  $\theta$  за степені полінома  $r$ .

В результаті досліджень отримані коефіцієнти степеневого стохастичного полінома у вигляді їх залежності від параметра форми  $\alpha$  та оцінюваного параметра  $\theta$ , побудовано поліном степені  $r=3$  у вигляді кубічного рівняння. Для його рішення було застосовано аналітичну формулу Кардано, а також чисельний метод Н'ютона-Рафсона. Окрім цього отримано аналітичний вираз кількості добутої інформації і відповідно дисперсію оцінки для оцінюваного параметра  $\theta$ , що дозволило порівняти її з дисперсію класичних оцінок.

Щоб підтвердити отримані теоретичні результати ефективності різних методів оцінювання параметра  $\theta$  було розроблено програмну реалізацію статистичного моделювання за методом Монте-Карло. В результаті проведених експериментів кількістю  $10^4$  отримано коефіцієнти зменшення дисперсії в залежності від коефіцієнта форми  $\alpha$  та об'єму вибірки  $n$ .

Для порівняльного аналізу точності оцінок використано відоме поняття коефіцієнта зменшення дисперсії [4]:

$$\hat{g}_{(\theta)3} = \frac{\hat{\sigma}_{(\theta)PMM3}^2}{\hat{\sigma}_{(\theta)mean}^2}, \quad \hat{q}_{(\theta)3} = \frac{\hat{\sigma}_{(\theta)PMM3}^2}{\hat{\sigma}_{(\theta)median}^2}, \quad \hat{r}_{(\theta)3} = \frac{\hat{\sigma}_{(\theta)PMM3}^2}{\hat{\sigma}_{(\theta)quant}^2}, \quad (3)$$

де  $\hat{\sigma}_{(\theta)mean}^2$ ,  $\hat{\sigma}_{(\theta)median}^2$ ,  $\hat{\sigma}_{(\theta)quant}^2$ ,  $\hat{\sigma}_{(\theta)PMM3}^2$  – усереднені на основі експериментів значення дисперсії оцінок, що отримуються із застосуванням середнього, медіани, центру перегинів та ММПл при  $r=3$  відповідно.

**Висновки.** Аналізуючи отримані результати, можна говорити, про ефективність методу максимізації поліному порівняно з відомими класичними методами. Перевага методу максимізації полінома над методами середнього та оцінки центру перегинів отримана більш ніж в три рази, оцінки медіани взагалі мають найгірші показники дисперсії і фактично не рекомендовані для даних з від'ємним коефіцієнтом ексцесу. Науковою новизною є вперше застосований метод до випадкової величини такого виду. Застосування розроблених алгоритмів доцільне при практичних вимірюваннях величин з екстремальними значеннями.

### Список використаних джерел

1. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 304 с.
2. Щербак Л. М., Ревуцький Є. А. Задачі метрологічного забезпечення вимірювальних пристроїв. *Наукоємні технології*. 2009. Т. 4. № 1). С. 103–107.
3. Кунченко Ю. П. Стохастические полиномы. Киев: Наук. думка, 2006. 275 с.
4. Заболотний С. В., Чепинога А. В., Бондаренко Ю. Ю., Рудь М. П. Поліноміальні оцінки параметрів для даних з експоненційним степеневим розподілом. *Вісник НТУУ КПІ. Серія: Радіотехніка, радіо апаратобудування*. 2018. № 75. С. 40–47.

## ULTRASONIC METHOD FOR DETERMINING PARAMETERS OF ORE SLURRY FLOWS IN THICKENER

Porkuian O.<sup>1</sup>, Morkun V.<sup>2</sup>, Morkun N.<sup>2</sup>, Tron V.<sup>2</sup>, Serdiuk O.<sup>2</sup>, Haponenko A.<sup>2</sup>,  
Haponenko I.<sup>2</sup>, Bobrov Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine

<sup>2</sup>Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

**Abstract.** The density of the pulp and the dynamics of its change are one of the main factors affecting the efficiency of the mineral processing process. These parameters depend both on the characteristics of the processed raw materials and on the technological regulations. For some technological operations, for example, thickening, changing this parameter over time is critical to achieve the required qualitative and quantitative indicators of the process. At present, methods for monitoring technological variables of the process of enrichment of mineral raw materials, based on ultrasonic measurements, are widely used. A method has been developed for determining the content of the solid phase of ore pulp in the process of its deposition in technological units of concentrating plants. The proposed method makes it possible to determine the concentration of the solid phase of the pulp after the results of measuring the intensity of ultrasonic Love waves. In this case, it is not necessary to know the intensity of the wave at the output of the ultrasound source. Computer simulation is performed and calculation of the attenuation coefficient of the Love wave depending on the volume fraction of the solid phase in the pulp is presented, and the comparative results of measurements with laboratory analysis data are given. The high sensitivity of the developed method to changes in the controlled parameter makes it possible to recommend it for use in industrial conditions to assess the characteristics of dynamic processes.

**Keywords:** ultrasound; slurry; ore; solid phase; ultrasonic Love waves.

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУДНОЇ ПУЛЬПИ У ДЕШЛАМАТОРІ

Поркуян О.<sup>1</sup>, Моркун В.<sup>2</sup>, Моркун Н.<sup>2</sup>, Тронь В.<sup>2</sup>, Сердюк О.<sup>2</sup>, Гапоненко А.<sup>2</sup>,  
Гапоненко І.<sup>2</sup>, Бобров Є.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,  
м. Северодонецьк, Україна

<sup>2</sup>Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

**Анотація.** Густина пульпи та динаміка її змінення є одними з основних факторів, що впливають на ефективність процесу збагачення корисних копалин. Ці параметри залежать як від характеристик сировини, що переробляється, так і від технологічного регламенту. Для деяких технологічних операцій, наприклад дешламації, зміна цих параметрів у часі є критично важливою для досягнення необхідних якісних і кількісних показників процесу. Нині значного поширення набули методи контролю технологічних змінних процесу збагачення мінеральної сировини, що базуються на ультразвукових вимірюваннях. Розроблено метод визначення вмісту твердої фази рудної пульпи у процесі її осадження у технологічних агрегатах збагачувальних фабрик. Пропонований метод дозволяє визначати концентрацію твердої фази пульпи за результатами вимірювання інтенсивності хвиль Лява. При цьому не обов'язково знати інтенсивність хвилі на виході джерела ультразвуку. Виконано комп'ютерне моделювання і наведено розрахунок коефіцієнта згасання хвилі Лява залежно від об'ємної частки твердої фази в пульпі та наведено порівняльні результати вимірювань з даними лабораторного аналізу. Висока чутливість розробленого методу до змін контрольованого параметра дозволяє рекомендувати його для використання у промислових умовах для оцінки характеристик динамічних процесів.

**Ключові слова:** ультразвук, пульпа, руда, тверда фаза, ультразвукові хвилі Лява.

**Introduction.** The cost price of the raw material for the production of ferrous and non-ferrous metals, due to some objective reasons, in recent years is gradually increasing, but the content of the useful components in the ore for beneficiation is reducing.

Under these conditions, the issues, which are related to the improvement of minerals beneficiation process control through the introduction of modern high-performance automatic control and regulation systems become crucial [1, 2]. The existing facilities for operational control

of the qualitative and quantitative characteristics of the crushed materials do not meet modern requirements.

A number of the most important chemical-mineralogical and physical-mechanical characteristics of the pulp solid phase are not used to control the technological process since there are no devices for their determination [3].

**The purpose of the work.** The study is consideration of the results of theoretical analysis and practical testing of the method of measuring the concentration of the solid phase of the pulp during its deposition in the technological units of concentrators, which is based on the use of ultrasonic Love waves.

**Formulation of the problem.** The problem is to obtain dependences that allow to analyze the influence of different conditions on the dispersion of ultrasonic Love waves, as well as the dependence of the phase velocity on different parameters.

**Solving the problem.** Consider the process of propagation of Love waves over a surface that is in contact with various media. In practice, the application of surface waves quite often takes place in contact with an elastic layer with the solid or liquid medium. Let's consider a case with three layers: on the layer 1, which contacts with elastic semispace 2 by one surface, and from the other side, the solid or liquid medium (semispace 3) acts on it. The layer 1 thickness is  $h$ . All three media (1, 2, 3) are homogeneous and elastic. We obtain the wave equation and Love dispersion equations for cases: 1) the medium 3 is solid; 2) the medium 3 is liquid. Let's define the effect of the presence of medium 3 on the displacement and the intensity of the Love wave in media 1 and 2.

In considered cases, to the equations of Love waves in all three media

$$u_{y1} = (A \sin s_1 z + B \cos s_1 z) e^{i(kx - \omega t)}; u_{y2} = C e^{-s_2 z} \cdot e^{i(kx - \omega t)}; u_{y3} = D \cdot e^{s_3 z} \cdot e^{i(kx - \omega t)} \quad (1)$$

where  $u_{y1,2,3}$  is the displacement respectively in media 1, 2, 3;  $A, B, C, D$  are the coefficients that can be found from the boundary conditions;  $s_3 = \sqrt{k^2 - k_{t3}^2}$ ;  $k_{t1,2,3} = \omega/c_{t1,2,3}$  are the wavenumbers of transverse waves respectively, in media 1, 2, 3;  $k$  is the wavenumber of the Love wave;  $c_{t1,2,3} = \sqrt{\mu_{1,2,3}/\rho_{1,2,3}}$  is the velocity of transverse waves propagation in media 1, 2, 3;  $\mu_{1,2,3}$  and  $\rho_{1,2,3}$  are respectively Lamé coefficients and densities of media 1, 2, 3.

Using computer simulation it can be shown that the Love wave intensity in the layer is proportional to the square of the liquid density. Thus, the joint solution of the motion equations for three different solid media allows obtaining the expressions for displacements in each medium, the dispersion relation for Love waves, and to calculate the intensity of the wave on this basis. The problem-solving algorithm for three solid media can be generalized to an arbitrary number of layers.

**Conclusion.** It was shown that the attenuation coefficient of a Love wave in a heterophase medium depends on the physical properties of the medium: the intensity of the Love wave in the layer is proportional to the square of the density of the liquid. For the intensity of ultrasound used in automated process control, the contribution of nonlinear effects is insignificant.

The results of computer simulation and practical approbation of the developed method for controlling the concentration of the solid phase in the pulp flow indicate its high accuracy and reliability. Taking into account the fact that the measurement error of this parameter does not exceed 1%, it can be recommended for wide application at concentrating plants.

## References

1. Vogt T., Schmidt M., Szczepanski K. Value Creation in Mining: Emerging from a Rocky Decade. Retrieved. 2021. URL: <https://www.bcg.com/publications/2021/>.
2. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. Vol. 7 (4). P. 325–329.
3. Morkun V., Semerikov S., Hryshchenko S., Slovak K. Environmental geo-information technologies as a tool of pre-service mining engineer's training for sustainable development of mining industry. *CEUR Workshop Proceedings*. 2017. No. 1844. P. 303–310.

# COMPUTER MODELING OF PROCESSES OF RADIATIVE DEFECT FORMATION IN MATERIALS IRRADIATED WITH ELECTRONS

Shmygaleva T.<sup>1</sup>, Srazhdinova A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** Computer modelling of the spectrum of primary beaten-out atoms and the concentration of point radiation defects irradiated with electrons are performed using cascade and probabilistic method. A mathematical model of energy spectrums of primary beaten-out atoms are obtained. Algorithms of calculating the primary beaten-out atoms spectrum and concentration of radiation defects are developed. Cascade and probabilistic functions are calculated subject to the quantity of interactions and infiltration base, primary beaten-out atoms spectrum, and defect concentrations in materials irradiated with electrons. The results of calculations of the defect concentration are compared with calculations made earlier without considering energy losses. It is apparent that accounting for energy losses makes a significant contribution to the primary beaten-out atoms and to the defect concentration.

**Keywords:** model, algorithm, calculation, electron, spectrum of primary beaten-out atoms, concentration of radiate on defects, cascade probabilistic function.

**Introduction.** For solids, ion irradiation is an efficient method to alter properties such as metal strength, corrosion resistance, metal fatigue, wear, etc. Nowadays, radiation physics of solids makes a considerable contribution to the advancement of nanophysics and the related applied field, nanoelectronics [1, 2]. Under the effect of a certain type of bombarding particles in a material it is possible to form a predefined structure and chemical compounds that are totally stable over a wide range of temperatures [3–5]. Many papers have been on to the problems of interaction of particles with matter and generation of radiation defects when a substance is irradiated with protons, alpha-particles, and ions in particular [6, 7].

**The purpose of the work.** The aim of the work is to develop algorithms for calculating cascade probabilistic functions, energy spectra of primary knocked-out atoms, concentration of radiation defects in materials irradiated with electrons and carrying out their calculations. Since all expressions are analytical, calculations can be carried out at any depth of the irradiated material, which makes it possible to trace the processes of interaction of electrons with matter and the formation of radiation defects in dynamics.

**Formulation of the problem.** In case of the interference of electrons with a solid, in particular when calculating the spectrum of PBOA, it is necessary to take into consideration the overall losses of energy for ionization and excitation during PBOA generation (in contrast to the simplest of cascade and probabilistic functions (CPF), where the interaction path is constant) [8].

**Solving the problem.** We shall take into consideration the interaction of electrons with substance during the generation of radiation imperfections in solids. It is supposed that an electron formed at deep  $h'$  cooperates with substance in the following way:

- A charged particle loses energy in the ionization and excitation (the main type of energy loss). These losses are continuous over the deepness of the penetration of particles.
- The electron forms primary beaten-out atom (PBOA), and for hundreds of interferences with the electrons of the medium (ionization losses), some interferences happen in the process of the formation of PBOA.
- PBOA forms defects in the form of Frenkel pairs (vacancy, interstitial atom) in the case of electron irradiation.
- For electrons, the relativistic case is considered since the kinetic energy of electrons is comparable to or greater than the rest energy of electrons. The interaction cross section is taken as the McKinley-Feshbach or Mott cross section [8].

The spectrum of PBOA is calculated by the following formula Eq.1.

$$W(E_0, E_2, h) = \sum_{n=0}^{n_1} \int_{h-k\lambda_2}^h \exp(-\ln n! - n \ln \lambda_0 + \frac{1}{\lambda_0 a k} \ln \left( \frac{E'_0}{E'_0 - kh'} \right) - \frac{h'}{\lambda_0} + n \ln \left( h' - \frac{\ln \left( \frac{E'_0}{E'_0 - kh'} \right)}{a k} \right) - \frac{h-h'}{\lambda_2} - \ln \lambda_1(h') - \ln \lambda_2) \omega(E_1, E_2) dh'' \quad (1)$$

The concentration of radiation point defects during electron radiation is calculated by the formula Eq.2 [8].

$$C_k(E_0, h) = \int_{E_c}^{E_{2max}} \nu(E_2) W(E_0, E_2, h) dE_2 \quad (2)$$

**Conclusion.** Thus, the paper simulates the processes of radiation defect formation in materials irradiated with electrons. The approximation expression is selected, and the approximation parameters are found for different values of the initial energy. Calculations of cascade and probabilistic functions are performed. Algorithms for calculating the PBOA spectrum for electrons and the concentration of point radiation defects are demonstrated. The spectrum of primary beaten-out atoms is calculated as a function of the PBOA energy at different values of the initial energy of electron and at various bottoms of observation. The concentration of radiation defects was estimated. The results of calculations of the defect concentration are compared with calculations made earlier using a simple formula without considering energy losses for PBOA spectrum. The results of calculating point defects are compared with the experiment. There is a good concordance.

### References

1. Komarov F. F. Nano- and microstructuring of solids by swift heavy ions. *Physics-Uspekh*. 2017. Vol. 187. P. 465–504.
2. Lubov M. N., Kulikov D. V., Kurnosikov O., Trushin Y. V. Kinetic simulation of the 3D growth of subsurface impurity nanoclusters during cobalt deposition onto a copper surface. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2014. Vol. 78. P. 682–685.
3. A new nanoporous material based on amorphous silicon dioxide / L. A. Vlasukova, F. F. Komarov, V. N. Yuvchenko et al. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*. 2012. Vol. 5. P. 582–587.
4. Electronic properties of diamond-like carbon films modified with silver nanoclusters / S. S. Sarsembinov, O. Yu. Prikhodko, A. P. Ryaguzov et al. *Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics*. 2010. Vol. 7. P. 805–807.
5. Effect of implantation temperature and annealing on synthesis of ZnSe nanocrystals in silica by ion implantation / M. A. Makhavikou, F. F. Komarov, O. V. Milchanin et al. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2019. P. 377–386.
6. Radiation stability of triple coatings based on transition-metal nitrides under irradiation by alpha particles and argon ions / A. I. Potekaev, S. B. Kislitsyn, V. V. Uglov et al. *Russian Physics Journal*. 2016. No. 1. P. 99–108.
7. Kulikov D. V., Lubov M. N., Trushin Y. V., Kharlamov V. S. Kinetic modeling of the growth of copper clusters of various heights in subsurface layers of lead. *Technical Physics Letters*. 2015. Vol. 41. P. 961–963.
8. Cascade and probabilistic method, solution of radiation and physical tasks, Boltzmann's equations. Communication with Markov's chains / E. G. Boos, A. A. Kupchishin, A. I. Kupchishin et al. KazNPU after Abay, Scientific Research Institute for New Chemical Technologies and Materials under al-Farabi KazNU. Almaty, Kazakhstan, 2015.



## ІЕРАРХІЧНА МАШИНА СТАНІВ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ ЗА ПОСЛІДОВНІСТЮ ПОЗ ЛЮДИНИ

Бройде Ю. І.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Запропоновано підхід до визначення типу фізичної вправи за послідовністю поз на відео для системи комп'ютерного зору з використанням ієрархічної машини станів. Об'єктом дослідження є процеси класифікування фізичних вправ, які виконує атлет під час тренувань. Предметом дослідження є ієрархічна стейт-машина як класифікатор відеоконтенту. Метою дослідження є розробка підходу до визначення типу фізичної вправи атлета з попередньо заданого набору вправ за послідовністю поз на відео. Наукове значення полягає в обґрунтуванні можливості використання ієрархічної машини станів як структурної одиниці класифікатора з подальшою мінімізацією часу обробки та помилкою розпізнавання. Підхід використовується для обробки вихідного сигналу нейронної мережі та дозволяє класифікувати фізичні вправи. Практичним застосуванням запропонованого підходу є алгоритм автоматичного вимірювання тривалості виконання спортивних вправ.

**Ключові слова:** машина станів; комп'ютерний зір; нейронна мережа; класифікація фізичних вправ.

## HIERARCHICAL STATE MACHINE FOR CLASSIFICATION OF PHYSICAL EXERCISES BY HUMAN POSE SEQUENCE

Broyda J.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** An approach to determine the type of exercise by the sequence of poses on video for a computer vision system using a hierarchical state machine is proposed. The object of research is the classification process of physical exercises performed by an athlete during training. The subject of research is the hierarchical state machine as a classifier of video content. The study aims to develop an approach to determine the type of exercise of an athlete from a predetermined set of exercises by the sequence of poses on video. The scientific significance lies in the substantiation of the possibility of using the hierarchical state machine as a structural unit of the classifier with further minimization of processing time and recognition error. The approach is used to process the output signal of the neural network and allows you to classify exercises. A practical application of the proposed approach is an algorithm for automatic measuring of the duration of sports exercises.

**Keywords:** state machine; computer vision; neural network; classification of physical exercises.

**Вступ.** Застосування нейронних мереж для комп'ютерного зору дозволяє визначити координати суглобів на кожному кадрі відео потоку тренування спортсмена, а також оцінювати його 3d позу у просторі, яка відповідає координатам суглобів. Результати оцінювання, тобто послідовність поз з координатами суглобів людини на відеокадрах та у просторі, не можуть сприйматися оператором безпосередньо та потребують спеціальної обробки.

**Постановка задачі.** Звідси витікає науково-практичне завдання – формування інструментів для автоматизованого оцінювання типу рухів спортсмена на основі відеопотоку в реальному часі, задля подальшої класифікації їх у більш складні елементи, такі як фізичні вправи із визначенням їх параметрів.

**Мета роботи** – розробка підходу визначення типу фізичної вправи спортсмена з попередньо заданого набору вправ за послідовністю поз людини на відео.

**Основна частина.** Пропонований підхід є альтернативою методам визначення типу діяльності людини з використанням нейронної мережі [1], а також попереднього лінійного задання послідовності вправ, що використовується найчастіше на практиці.

Приклад сучасної нейронної мережі для екстракції послідовності поз з відео описаний в статті [2]. Також необхідний сигнал може бути отриманий з класичних систем таких, як MoCAP, що засновані на гіроскопах (Xsens), або на аналізі стану міток з декількох камер (Vicon), або з RGB-D сенсорів (Kinect) [3]. Аналіз сигналу нейронної мережі є більш складним завданням, ніж аналіз сигналу з класичної системи, в зв'язку з тим, що такий сигнал є менш точним і статистичні характеристики флуктуацій такого сигналу не мають математичної моделі.

Візуальне представлення поз людини у просторі під різними кутами спостереження було зроблено за допомогою мови програмування Python3 та пакета matplotlib [4].

Для визначення типу вправи пропонується використовувати метод ієрархічних стейт-машин [5]. Він передбачає наявність керівної стейт-машини, яка за певних обставин передає контроль до одної з обраних підлеглих стейт-машин, що і означає детекцію вправи. В свою чергу, підлегли стейт-машини за певних обставин передають контроль керівній стейт-машині, що означає закінчення виконання вправи. Кожна підлегла стейт-машина відповідає одній вправі. Підлегли стейт-машини не залежать одна від одної, тому набір підлеглих стейт-машин може змінюватися. Можуть існувати як системи, що містять одну підлеглу стейт машину (така система буде детектором виконання вправи), так і системи, де підлеглих машин декілька (така система буде класифікатором вправ).

Керівна стейт-машина складається з стану «Вправа не визначена» та з набору супер-станів, кожен з яких відповідає підлеглий стейт-машині та її вправі. Перехід з стану «Вправа не визначена» до супер-стану якоїсь з підлеглих стейт-машин виконується коли атлет переходить до опорної пози одної з цих стейт машин. Зворотній перехід відбувається за таких умов:

- а) якщо поза атлета не визначена ( $I_0$ );
- б) якщо атлет довше за деякий заданий час знаходиться в позі, що відповідає опорній позі ( $I_1$ ) керівної стейт-машини

Набір станів підлеглої стейт-машини довільний, але кожна підлегла стейт-машина має активувати один зі своїх станів опорною позою ( $I_m$ ). Функціонал підлеглих стейт-машин не є обмеженим тільки детекцією вправи. Те що система знаходиться у будь-якому стані, що належить підлеглий стейт-машині, означає, що на виході система видає назву вправи, що відповідає цій стейт-машині. А отже на базі станів підлеглої стейт-машини можна розробляти додатковий функціонал. Це може бути підрахунок повторень вправи (наприклад, присідів), чи аналіз метрики вправи (наприклад, швидкість вправи «підняття колін»). Схема ієрархічної стейт-машини подана на рисунку 1.

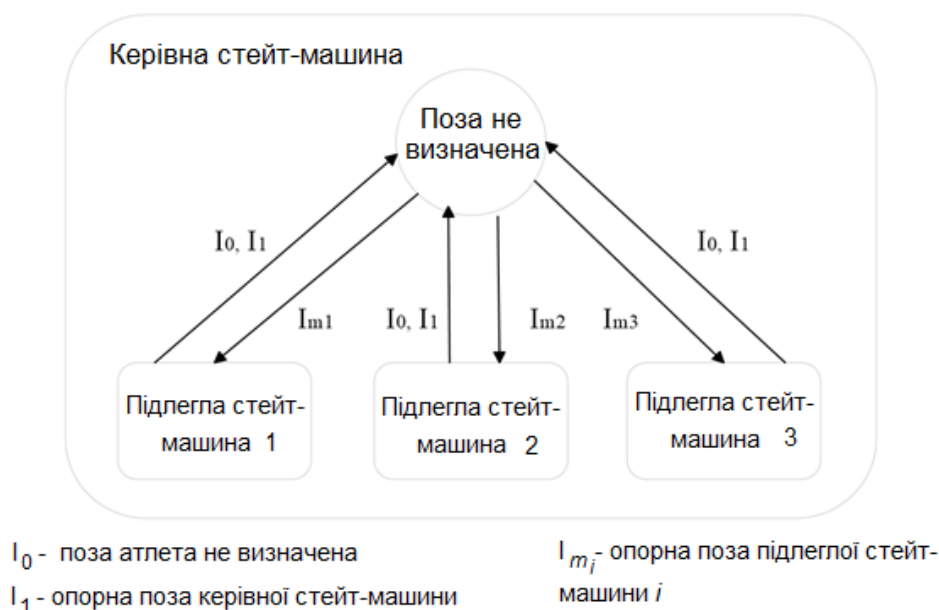


Рисунок 1 – Схема ієрархічної стейт-машини

**Висновки.** Розроблено ієрархічну стейт-машину, як основу підходу до розпізнавання вправи. При імплементації було запрограмовано класифікатор на три вправи: 1. Присідання; 2. Випади; 3. Підняття колін. Підхід потребує обов'язкового повернення атлета до базової опорної позиції керуючої стейт-машини (у даному випадку це поза I<sub>1</sub>, коли людина стоїть, та її корпус направлений до камери).

#### Список використаних джерел

1. Human activity recognition using tools of convolutional neural networks: A state of the art review, data sets, challenges and future prospects. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2202.03274>.
2. BlazePose: On-device real-time body pose tracking. 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2006.10204>.
3. Smisek J., Jancosek M., Pajdla T. 3D with Kinect. Consumer Depth Cameras for Computer Vision. 2013. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-4640-7>.
4. Hunter J. D.. Matplotlib: A 2D graphics environment. 2007. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4160265>.
5. Hierarchical State Machines. 2000. URL: [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-44929-9\\_24.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-44929-9_24.pdf) Bell Laboratories.

## ІНТЕРНЕТ МЕДИЧНИХ РЕЧЕЙ В ЕКОСИСТЕМІ ПАЦІЄНТООРІЄНТОВАНОЇ ЦИФРОВОЇ КЛІНІКИ

**Кривенко І. П., Гринзовський А. М., Чалий К. О.**

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

**Анотація.** У публікації проаналізовано перспективи запровадження пацієнтоорієнтованої цифрової клініки з підтримкою ІоМТ, охарактеризовано синтез технологій ML, AI, VR, AR у середовищі цифрової клініки, побудованої на основі ІоМТ, для покращення догляду за здоров'ям пацієнта та надання якісної медичної допомоги. Об'єктом дослідження є процеси надання медичної допомоги пацієнтам та медичних послуг для догляду за здоров'ям. Предметом дослідження є функціональні можливості пацієнтоцентрованої цифрової клініки з підтримкою ІоМТ з інтеграцією ML, AI, VR, AR для покращення якості надання медичних послуг пацієнтам. Для досягнення поставленої мети було проведено пошук доказів засобами PubMed та TRIP на основі результатів систематичних оглядів, мета-аналізів, рандомізованих клінічних досліджень щодо ефективності застосування цифрових клінік та ІоМТ.

Визначено, що запровадження пацієнтоорієнтованої цифрової клініки з підтримкою технології ІоМТ має суттєві переваги, сприяє еволюцізації цифрових клінік, відкриває нові можливості для діагностики, лікування та профілактики пацієнтів, завдяки чому затребуваність цього компонента сучасної цифрової екосистеми має виражений приріст і буде зростати у майбутньому. Встановлено, що підсилюючим і перспективним компонентом сучасної цифрової клініки є створення для пацієнта голосових віртуальних медичних помічників з підтримкою AI, ML, AR, VR. Обґрунтовано, що запропоноване рішення розширює функціональні можливості цифрової клініки і відносить її до потужного засобу в управлінні і догляді за здоров'ям пацієнта.

**Ключові слова:** Інтернет медичних речей (ІоМТ), цифрова (віртуальна) клініка, віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR), машинне навчання (ML), штучний інтелект (AI), голосовий віртуальний медичний помічник.

## INTERNET OF MEDICAL THINGS IN THE PATIENT-CENTERED DIGITAL CLINIC'S ECOSYSTEM

**Kryvenko I., Hrynzovskyi A., Chalyy K.**

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The article analyzes the prospects of introducing a patient-oriented digital clinic with IoMT support. The synthesis of ML, AI, VR, AR technologies in the environment of a digital clinic based on IoMT to improve patient health care and provide quality care is described.

The object of research is the processes of providing medical care to patients and medical services for health care. The subject of research is the functionality of a patient-centered digital clinic with IoMT support with the integration of ML, AI, VR, AR to improve the quality of medical services to patients. To achieve this goal, PubMed and TRIP have searched for evidences based on the results of systematic reviews, meta-analyzes, randomized clinical trials on the effectiveness of digital clinics and IoMT.

It is determined that the introducing of patient-oriented digital clinic with IoMT technology has significant benefits, contributes to the evolution of digital clinics, opens new opportunities for diagnosis, treatment and diseases prevention of patients, so the demand for this component of modern digital clinic's ecosystem is growing and will grow in the future.

Based on the PubMed and TRIP search results it is established that the strengthening and promising component of a modern digital clinic is the creation of voice virtual medical assistants for the patient with support for AI, ML, AR, VR. It is justified that the proposed solution expands the functionality of the digital clinic and makes it a powerful tool in the management and care of patient health.

**Keywords:** Internet of Medical Things (IoMT), digital (virtual) clinic, virtual reality (VR), augmented reality (AR), machine learning (ML), artificial intelligence (AI), voice virtual medical assistant.

**Вступ.** Сучасний розвиток технологій відкриває значні інноваційні можливості для покращення догляду за здоров'ям пацієнтів. Запровадження нового покоління інформаційних технологій, до яких актуальні для Інтернету медичних речей (англ. Internet of Medical Things – IoMT), віртуальна та доповнена реальність (англ. Virtual and Augmented Reality – VR, AR), машинне навчання (англ. Machine Learning – ML), аналітика великих даних, штучний інтелект (англ. Artificial Intelligence – AI), роботизовані медичні системи, носимі пристрої, блокчейн, повністю змінюють галузь охорони здоров'я, роблячи її більш досконалою, потужною, ефективною та персоналізованою. У цій трансформації важливу роль відіграє технологія IoMT, яка дозволяє різноманітним медичним пристроям з вбудованими датчиками, біомедичними сканерами підключатися через мережу Інтернет до інформаційної системи охорони здоров'я, спільно працювати, накопичувати, швидко аналізувати та автоматизовано обробляти великі масиви медичних даних [1].

**Постановка задачі.** Перспективні можливості мають технології IoMT для побудови цифрових (віртуальних) клінік як інноваційної компоненти цифрової екосистеми охорони здоров'я для більш удосконаленого і комплексного догляду за здоров'ям пацієнта. Нами був проведений аналіз наукових публікацій за 2010–2022 роки у PubMed, Trip, Medline, Google Scholar та здійснено пошук доказів щодо ефективного застосування пацієнтами цифрових клініки як компонента цифрової екосистеми закладу охорони здоров'я. Результати засвідчили, що переважно цифрову клініку пацієнтам пропонувалося застосовувати в якості звичайного телемедичного веб-додатку. Такий підхід обмежувався мінімальним функціоналом, забезпечуючи можливість для онлайн та офлайн телемедичних консультувань, надання довідкової інформації пацієнтам та підтримку комунікації із закладом охорони здоров'я. При цьому результати мета-аналізів, систематичних оглядів та рандомізованих клінічних досліджень підтверджують наявність суттєвих доказів на підтримку використання цифрової клініки при медичній допомозі пацієнту [2, 3, 4, 5, 6].

Вважаємо, що побудова пацієнтоорієнтованої цифрових smart-клінік нового покоління з підтримкою IoMT має суттєві переваги і дозволить значною мірою покращити якість надання медичних послуг пацієнтам та посилити потенціал цифрових клінік. Наші наукові пошуки були сконцентровані на розробці цифрової клініки з підтримкою технологій IoMT, яка доповнить можливості телемедичного консультування і удосконалив догляд за здоров'ям пацієнта в домашніх та навколишніх умовах, чи за умов обмеження можливості фізичного відвідання закладу охорони здоров'я.

**Мета роботи:** проаналізувати перспективи запровадження пацієнтоорієнтованої цифрової клініки з підтримкою IoMT, охарактеризувати синтез технологій ML, AI, VR, AR у середовищі цифрової клініки, побудованої на основі IoMT, для покращення догляду за здоров'ям пацієнта та надання якісної медичної допомоги.

**Основна частина.** Інтеграція технологій ML, AI, VR, AR в ІоМТ має значимі переваги при догляді за пацієнтом та побудові сучасної цифрової клініки, що доповнює її новими можливостями і розширює її функціональність. Технології VR, AR за допомогою модифікованої реальності забезпечують для цифрових клінік наявність тривимірного мультисенсорного середовища для створення відчуття повного занурення до відповідної автентичної симуляції віртуального світу [7, 8, 9]. Наявні докази щодо ефективності терапевтичного застосування технологій VR, AR при лікуванні широкого спектра захворювань, підтримці когнітивно-поведінкової терапії, когнітивних розладах, полегшені емоційного самопочуття, проведення навчальної діяльності пацієнтів.

Важлива роль при проектуванні цифрової клініки відводиться ML та методам глибокого навчання, що дозволяє здійснювати постійний моніторинг життєво важливих показників пацієнта, таких як кров'яний тиск, частота серцевих скорочень, частота дихання тощо у режимі реального часу, проводити діагностику, виконувати розпізнання рухової активності пацієнта у взаємодії з навколишнім середовищем. Рішення ІоМТ з використанням AI і ML є необхідними для обробки великих даних з різноманітних медичних пристроїв, що сприятиме продуктивному функціонуванню і розширенню можливостей цифрової клініки.

Результати наших наукових досліджень засвідчили, що дієвим компонентом сучасної цифрової клініки є створення для пацієнта голосових віртуальних медичних помічників з підтримкою AI, ML, AR, VR. Такі віртуальні медичні помічники здатні організовувати онлайн-розмови, можуть інтерпретувати відповіді пацієнтів, ставити уточнюючі питання та давати дієві рекомендації за допомогою тексту або синтезу мовлення на основі AI, ML замість забезпечення прямого контакту з живим агентом-людиною. Розроблені голосові віртуальні помічники безперервно можуть виконувати різноманітні запрограмовані набори дій, запити користувача, генерувати ефективне прийняття рішень, ідентифікувати на основі комп'ютерного зору фізичний простір, визначати геолокацію, скеровувати пацієнта при виконанні вказівок, забезпечуючи більшу інтерактивність засобами VR, AR й імітувати фахового помічника у вирішенні питань, бути дієвими при діагностиці, лікуванні і профілактиці.

**Висновки.** Запровадження пацієнтоорієнтованої цифрової клініки з підтримкою технологій ІоМТ та інтеграцією ML, AI, VR, AR має суттєві переваги для покращення догляду за здоров'ям пацієнта та надання якісної медичної допомоги. Технології ІоМТ сприяють еволюцізації цифрових клінік, відкривають нові можливості для діагностики, лікування та профілактики пацієнтів, завдяки чому затребуваність цього компонента сучасної цифрової екосистеми має виражений приріст і буде зростати у майбутньому. Вагомим підсилюючим і перспективним компонентом сучасної цифрової клініки є створення для пацієнта голосових віртуальних медичних помічників з підтримкою AI, ML, AR, VR. Така інновація розширює функціональні можливості цифрової клініки і відносить її до потужного засобу в управлінні і догляді за здоров'ям пацієнта. Значимий потенціал має застосування віртуальних медичних помічників у галузі тактичної медицини.

#### Список використаних джерел

1. Dwivedi R., Mehrotra D., Chandra S. Potential of Internet of Medical Things (IoMT) applications in building a smart healthcare system: A systematic review. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2022 Mar-Apr. Vol. 12 (2). P. 302–318. doi: 10.1016/j.jobcr.2021.11.010.
2. Are virtual fracture clinics during the COVID-19 Pandemic a potential alternative for delivering fracture care? A systematic review / E. P. Murphy, C. Fenelon, R. P. Murphy et al. *Clin Orthop Relat Res.* 2020, Nov. Vol. 478 (11). P. 2610–2621. doi: 10.1097/CORR.0000000000001388.
3. Understanding virtual urology clinics: A systematic review / M. A. Edison, M. J. Connor, S. Miah et al. *BJU Int.* 2020, Nov. Vol. 126 (5). P. 536–546. doi: 10.1111/bju.15125.
4. A virtual clinic for the management of diabetes-type 1: Study protocol for a randomised wait-list controlled clinical trial / E. Nerpin, E. Toft, J. Fischier et al. *BMC Endocr Disord.* 2020, Sept. 5. Vol. 20 (1). P. 137. doi: 10.1186/s12902-020-00615-3.

5. Virtual outpatient clinic as an alternative to an actual clinic visit after surgical discharge: A randomised controlled trial / P. Healy, L. McCrone, R. Tully et al. *BMJ Qual Saf.* 2019, Jan. Vol. 28 (1). P. 24–31. doi: 10.1136/bmjqs-2018-008171.

6. Efficacy of physician associate delivered virtual outpatient clinic / D. Meehan, A. Balhareth, M. Gnanamoorthy et al. *Int J Health Care Qual. Assur.* 2019, Aug. 12. Vol. 32 (7). P. 1072–1080. doi: 10.1108/IJHCQA-09-2018-0233.

7. Чалий О. В., Кривенко І. П., Чалий К. О. Синергетична інтеграція традиційного та AR-контенту у навчанні медичної інформатики. *Імерсивні технології в освіті: зб. матеріалів I Наук.-практ. конф. з міжнародною участю*. Київ: ІЗН НАПН України, 2021. С. 151–155. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/727353>.

8. Кривенко І. П., Чалий К. О. Забезпечення автентичного навчання в онлайн-курсах засобами доповненої і віртуальної реальності. *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України: зб. матеріалів*. Київ, 2022. С. 107–110. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/730168>.

9. Chalyi O., Kryvenko I., Chalyu K., Lyubchuk O. Immersive augmented and virtual reality technologies in distance learning systems. *Physical and technological problems of transmission, processing and storage of information in infocommunication systems: Proceedings of IXth International Scientific-Practical Conference*. Chernivtsi-Suceava (Ukraine-Romania), 2021. P. 74.

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРАЦІВНИКІВ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Сокол О. Л., Гончаренко О. Ю., Атамась О. О., Дашенко О. М.,  
Мірошніченко В. В., Шемет І. А.  
ТОВ «Тріумф ІТ», м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Робота присвячена питанням підготовки працівників закладів охорони здоров'я до використання медичних інформаційних систем у їх професійній діяльності в умовах широкої інформатизації системи охорони здоров'я України. Об'єктом дослідження є процес інформатизації закладів охорони здоров'я. Предметом дослідження є система підтримки дистанційного навчання (СПДН) на базі платформи Moodle. Метою дослідження є розробка та запровадження системи підтримки дистанційного навчання для працівників закладів охорони здоров'я, які є адміністраторами і користувачами медичної інформаційної системи «Доктор Елекс». Практична значущість дослідження полягає у створенні СПДН для працівників закладів охорони здоров'я та її наповненні дистанційними навчальними курсами для адміністраторів і користувачів медичної інформаційної системи «Доктор Елекс».

**Ключові слова:** електронна система охорони здоров'я, медичні інформаційні системи, система підтримки дистанційного навчання, Moodle, дистанційний навчальний курс.

## DISTANCE LEARNING SUPPORT SYSTEM FOR HEALTHCARE EMPLOYEES

Sokol O., Honcharenko O., Atamas O., Dashchenko O., Miroshnichenko V., Shemet I.  
"Triumph IT" LLC, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The work is devoted to the issues of preparation of employees of health care institutions for the use of medical information systems in their professional activities in the conditions of wide informatization of the health care system of Ukraine. The object of research is the process of informatization of health care institutions. The subject of research is the distance learning support system (DLSS) based on the Moodle platform. The purpose of the study is to develop and implement a distance learning support system for employees of health care institutions who are administrators and users of the medical information system "Doctor Eleks". The practical significance of the study is to create a SPD for health care workers and fill it with distance learning courses for administrators and users of the medical information system "Doctor Eleks".

**Keywords:** ehealth, medical information systems, distance learning support system, Moodle, distance learning course.

**Вступ.** Міністерство охорони здоров'я України у межах медичної реформи серед пріоритетних завдань визначило впровадження електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ). ЕСОЗ являє собою інформаційно-телекомунікаційну систему, що забезпечує автоматизацію ведення обліку медичних послуг та управління медичною інформацією шляхом створення, розміщення, оприлюднення та обміну інформацією, даними і документами в електронному вигляді, до складу якої входять центральна база даних та електронні медичні інформаційні системи, між якими забезпечено автоматичний обмін інформацією, даними та документами через відкритий програмний інтерфейс (API) [1, стаття 2, п. 1.2].

ЕСОЗ складається з державного центрального компонента та зовнішнього приватного компонента. Зовнішній компонент представлений програмними рішеннями – приватними медичними інформаційними системами, що підключені до центрального компонента ЕСОЗ. Саме через них кінцеві користувачі, зокрема медичні працівники, працюють з ЕСОЗ. Серед цих МІС провідне місце займає система «Доктор Елекс», що використовується більш ніж у 1400 медичних закладах України [2]. Медична інформаційна система «Доктор Елекс» – хаб даних медичного закладу, що охоплює всі його бізнес-процеси, надає можливість всебічного аналізу та побудови звітів на основі даних, внесених в систему.

**Постановка задачі.** Тому актуальною і соціально значущою проблемою є цілеспрямована робота з підвищення рівня інформатичних компетентностей щодо використання МІС працівників закладів охорони здоров'я, зокрема керівників, лікарів, медичних сестер, а також інженерів-програмістів цих закладів, які виконують роль адміністраторів медичних інформаційних систем. Ця проблема набуває ще більшої вагомості в умовах як пандемії COVID-19, так і воєнного стану в Україні. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є організація дистанційного навчання зазначеної категорії працівників закладів охорони здоров'я для формуванні у них необхідних умінь і навичок роботи з МІС. Таку організацію беруть на себе, як правило, компанії-розробники МІС, їх партнери, що впроваджують МІС, а також заклади підвищення кваліфікації медичних працівників. ТОВ «Тріумф ІТ» є партнером ТОВ «Доктор Елекс» і, зокрема, здійснює впровадження і підтримку МІС «Доктор Елекс» у медичних закладах як Черкаської області, так і в інших регіонах України. Крім того, компанія пропонує технологічні рішення, які включають підготовку ІТ-стратегії, проектування, монтаж та інсталяції локальних комп'ютерних мереж, а також постачання ліцензованого програмного та апаратного забезпечення [3].

**Метою дослідження** є розробка та запровадження системи підтримки дистанційного навчання на базі платформи Moodle для працівників закладів охорони здоров'я, які залучені до інформатизації закладів охорони здоров'я і на практиці застосовують медичну інформаційну систему «Доктор Елекс» у своїй професійній діяльності.

**Основна частина.** Для досягнення поставленої мети співробітники компанії «Тріумф ІТ», спільно з науковцями кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу ЧДТУ, спроектували, розробили і запровадили СПДН на базі безкоштовної платформи Moodle [4], що призначена для навчання роботі з МІС «Доктор Елекс» медичних працівників різних категорій, зокрема й інженерів-програмістів, які виконують роль адміністраторів цієї системи. На рисунку 1 подано фрагмент головної сторінки СПДН ТОВ «Тріумф ІТ».

СПДН використовує у повному обсязі функціонал, що надає система Moodle для організації дистанційного навчання. Але найважливішою складовою СПДН є методичне забезпечення навчального процесу, яке реалізоване у вигляді дистанційних навчальних курсів (ДНК), що містять: навчальні матеріали як у текстовому форматі, так і у вигляді презентацій; тематичні відео-лекції; завдання для практичної роботи і самостійного виконання; засоби для контролю засвоєння теоретичного матеріалу у формі тестів; форум для обговорення актуальних питань щодо впровадження і використання МІС.

Так ДНК для адміністраторів МІС «Доктор Елекс» містить такі теми: «Вступ. Загальні поняття та визначення», «Початок роботи з МІС «Доктор Елекс». Електронна медична картка пацієнта в МІС «Доктор Елекс»», «Робота з основними модулями МІС: «Пацієнти»,

«Реєстратура», «Лікар», «Адміністратор», «Приймальний покій», «Стаціонар», «Фінанси», «Склад», «Лабораторія», «Робота з іншими модулями МІС: «Медсестра», «Задачник», «Аудит документів», «PACS/RIS», «Операційна», «Розробка шаблонів документів», «Робота з eHealth». На рисунку 2 подано фрагмент сторінки ДНК «Адміністратор МІС».

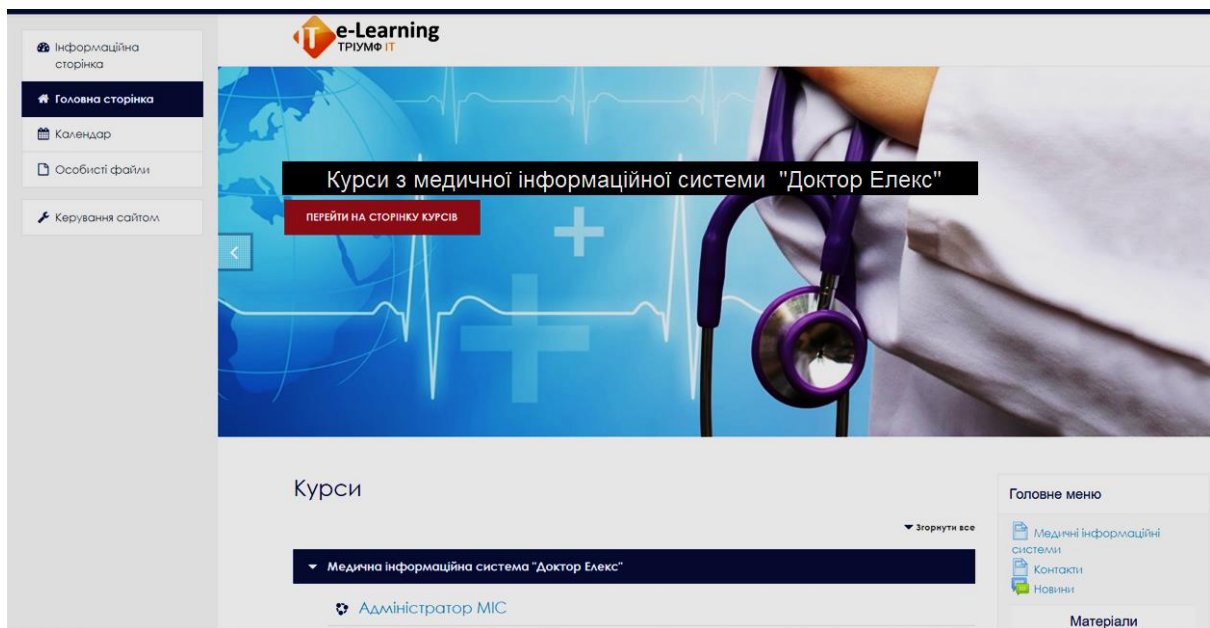


Рисунок 1 – Фрагмент головної сторінки СПДН ТОВ «Тріумф ІТ»

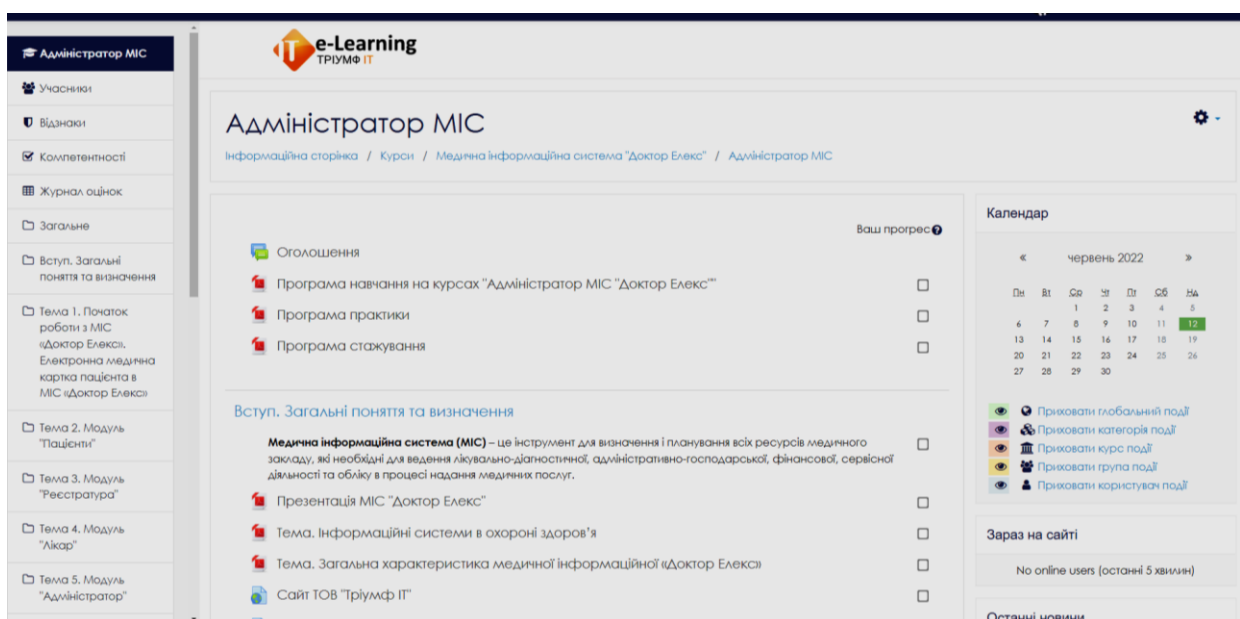


Рисунок 2 – Фрагмент сторінки ДНК «Адміністратор МІС»

Цей дистанційний навчальний курс також використовується для навчання нових співробітників ТОВ «Тріумф ІТ» під час стажування, а також для навчання студентів ІТ-спеціальностей ЧДГУ, які проходять виробничу практику на базі компанії. Після успішного навчання на курсах, слухачі отримують відповідний сертифікат.

У доповіді більш детально буде розглянуто зміст програми зазначеного ДНК, проаналізовано програмне забезпечення, що використовується під час навчання, зокрема:



МІС «Доктор Елекс», засоби для проведення онлайн-занять, а також будуть представлені результати апробації програми курсу для адміністраторів МІС.

**Висновки.** Важлива роль у процесі інформатизації системи охорони здоров'я в Україні взагалі і кожного медичного закладу зокрема належить медичним працівникам. Тому потрібна систематична і цілеспрямована робота з підготовки як майбутніх, так і діючих медичних працівників до використання інформаційних технологій і медичних інформаційних систем у їх професійній діяльності. Цю роботу успішно виконують компанії-партнери розробників МІС.

Практична значущість дослідження полягає у створенні СПДН для працівників закладів охорони здоров'я та її наповненні дистанційними навчальними курсами для адміністраторів і користувачів медичної інформаційної системи «Доктор Елекс».

#### Список використаних джерел

1. Про державні фінансові гарантії медичного обслуговування населення: Закон України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2168-19> (дата звернення: 01.06.2022).
2. Сайт МІС «Доктор Елекс». URL: <http://doctor.eleks.com> (дата звернення: 01.06.2022).
3. Сайт ТОВ «Тріумф ІТ». URL: <https://tg.ck.ua/> (дата звернення: 01.06.2022).
4. Система підтримки дисанційного навчання ТОВ «Тріумф ІТ». URL: <http://mis.tg.ck.ua> (дата звернення: 01.06.2022).

### МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ COVID-19 ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ГРАДІЄНТНОГО ПІДСИЛЮВАННЯ

Чумаченко Д. І.<sup>1</sup>, Чумаченко Т. О.<sup>2</sup>, Меньяйлов Є. С.<sup>1</sup>, Мурадян О. С.<sup>3</sup>, Жолткевич Г. М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна

<sup>3</sup>Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна

**Анотація.** Пандемія нового коронавірусу вплинула на всі сфери людського життя та продовжує поширюватись світом. Ефективним інструментом для розробки науково обґрунтованих профілактичних та протиепідемічних заходів для стримування пандемічного розповсюдження вірусу є імітаційне моделювання. Найбільшу точність розрахунку прогнозованої захворюваності на інфекційні хвороби мають методи машинного навчання. В рамках цього дослідження побудована модель епідемічного процесу COVID-19 на засадах методу градієнтного підсилювання. Для експериментального дослідження було проведено налаштування моделі для України та сусідніх країн: Молдови, Польщі, Румунії, Словаччини та Угорщини. Для перевірки адекватності моделі використані дані про захворюваність на коронавірус на відповідних територіях. Вибір таких країн також дозволяє оцінити універсальність моделі, оскільки на територіях, що досліджуються, епідемічний процес має різний характер, а уряди країн запроваджували різні контрольні заходи. Результати моделювання показали високу точність, що дозволяє використання моделі в практиці охорони здоров'я.

**Ключові слова:** епідемічна модель, машинне навчання, градієнтне посилення, моделювання COVID-19.

### SIMULATION OF THE COVID-19 DISTRIBUTION DYNAMICS USING THE GRADIENT BOOSTING METHOD

Chumachenko D.<sup>1</sup>, Chumachenko T.<sup>2</sup>, Meniailov I.<sup>1</sup>, Muradyan O.<sup>3</sup>, Zholkevych G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

<sup>3</sup>V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

**Abstract.** The new coronavirus pandemic has affected all spheres of human life and continues to spread around the world. Simulation modeling is an effective tool for developing evidence-based preventive and anti-epidemic measures to contain the pandemic spread of the virus. Machine learning methods have the

highest accuracy in calculating the predicted incidence of infectious diseases. As a part of this study, a model of the COVID-19 epidemic process is built based on the gradient boosting method. For the experimental study, the model is tuned for Ukraine and neighboring countries: Moldova, Poland, Romania, Slovakia, and Hungary. To test the adequacy of the model, data on the incidence of coronavirus in the respective territories have been used. The choice of such countries also makes it possible to assess the model's universality since the epidemic process has a different character in the studied territories, and the countries' governments have introduced various control measures. The simulation results have shown high accuracy, allowing the use of the model in healthcare practice.

**Keywords:** epidemic model, machine learning, gradient boosting, COVID-19 simulation.

**Вступ.** Коронавірусна інфекція (COVID-19) викликає тяжке гостре захворювання з розвитком у ряді випадків респіраторного дистрес-синдрому. Випадки зараження COVID-19 зареєстровані у більшості країн світу на всіх континентах. Захворювання, викликане новим коронавірусом, було названо BOOЗ COVID-19, новою аббревіатурою, отриманою з Coronavirus Disease 2019. Імітаційне моделювання є ефективним інструментом для вивчення епідемічного процесу COVID-19. Моделі захворюваності дозволяють прогнозувати її динаміку, а також виявляти фактори, що найбільше впливають на розвиток епідемії. Це дозволяє особам, які приймають рішення, впроваджувати науково-обґрунтовані ефективні протиепідемічні та контрольні заходи для стримування пандемії COVID-19 на конкретних територіях.

**Постановка задачі.** Адекватний прогноз захворюваності на COVID-19 дозволяє впровадити науково обґрунтовані профілактичні та протиепідемічні заходи для стримання пандемічного розвитку захворюваності. Для побудови моделі використані щоденні кумулятивні дані захворюваності на COVID-19 на вибраних територіях.

**Метою дослідження** є розробка моделі машинного навчання епідемічного процесу COVID-19 на засадах методу градієнтного посилення.

**Матеріали та методи.** Градієнтне посилення (Gradient Boosting) – це метод машинного навчання для завдань класифікації та регресії, який будує прогностичну модель в ансамблі слабких моделей [1]. У нашому випадку градієнтне посилення це ансамбль дерев рішень. Метод ґрунтується на ітеративному навчанні дерев рішень для мінімізації функції втрат. Завдяки особливостям дерев рішень градієнтне посилення може працювати з категоріальними ознаками та справлятися з нелінійностями. Посилення – це метод перетворення погано навчених моделей на добре навчені. Під час посилення кожне нове дерево навчається на модифікованій версії вихідного набору даних. Головними перевагами методу є простота у реалізації, можливість ітеративного виправлення слабких помилок класифікатора, що підвищує точність шляхом поєднання вразливих учнів, метод не схильний до перенавчання [2].

**Результати.** Модель епідемічного процесу COVID-19 була перевірена на основі щоденної кумулятивної статистики нових випадків в Україні, Угорщині, Молдові, Польщі, Румунії та Словаччині. Були використовували дані, надані Центром громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України для українських даних та дані Ресурсного центру з коронавірусу Університету Джона Хопкінса для сусідніх з Україною країн. Метриками для оцінки адекватності моделі були середня абсолютна помилка (MAE) та середньоквадратична помилка (MSE). Результати моделювання наведені в таблиці 1. Програмна реалізація моделі виконана за допомогою мови програмування Python.

Таблиця 1 – Результати моделювання

Країна	MAE	MSE
Молдова	275,75	166087,96
Польща	2151,16	13180096,34
Румунія	1062,50	2633408,14
Словаччина	261,20	232483,32
Угорщина	545,109	954897,51
Україна	2223,71	11929595,02

За допомогою моделі обчислено прогнозу кумулятивну захворюваність на COVID-19 на відповідних територіях. Результат прогнозу для України наведено на рисунку 1.

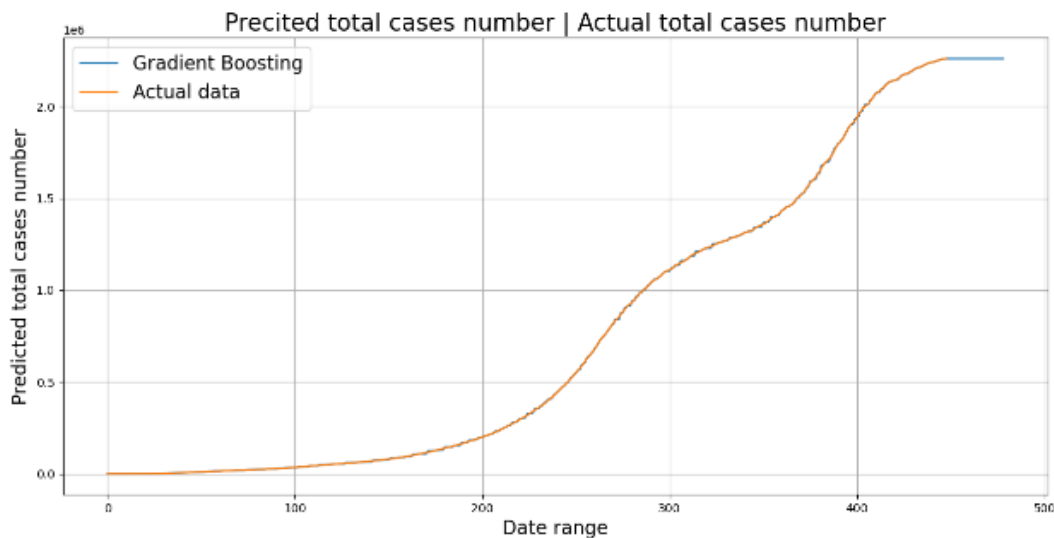


Рисунок 1 – Прогноз кумулятивних нових випадків COVID-19 в Україні

Незважаючи на те, що абсолютні похибки здаються великими, вони залежать від загальної кількості випадків, що зареєстровані у відповідній країні. Так, відносна похибка для України склала 0,772 для навчальної вибірки та 0,258 для тестової вибірки. Невелика різниця в похибках для різних вибірок говорить про те, що модель не є перенавченою.

Складність моделі градієнтного посилення становить  $O(M \cdot n \cdot \log n)$ , де  $M$  – кількість дерев. Як правило, ця модель займає більше часу, ніж випадковий ліс, тому що вона будує наступне дерево на основі помилки або залишку попереднього дерева, тому процес не можна розпаралелити порівняно з випадковим лісом.

**Висновки.** Оцінка моделі машинного навчання на основі методу градієнтного посилення для прогнозування захворюваності на COVID-19 показала, що вона може бути використана в практиці громадської охорони здоров'я для обґрунтування та планування протиепідемічних заходів. Залежно від тривалості побудованого прогнозу він може бути використаний фахівцями охорони здоров'я для вирішення різних завдань: оперативного аналізу ефективності реалізованих контрольних заходів, оцінки ефективності планованих обмежувальних та профілактичних заходів, оцінки обсягу ресурсів, необхідних для забезпечення пацієнтів належним доглядом (кількість ліжок, подача кисню, чисельність медичного персоналу та ін.). Використання імітаційного моделювання дозволяє врахувати фактори, що впливають на динаміку епідемічного процесу, та науково обґрунтувати необхідність запровадження протиепідемічних заходів, спрямованих на припинення пандемії на окремих територіях. Прогнози для сусідніх з Україною країн дають змогу розробити ефективну політику в'їзду в країну, а також оцінити ризики, пов'язані з динамікою поширення COVID-19 на прилеглих територіях.

Недоліком моделі є неможливість визначення факторів, що впливають на розвиток захворюваності, тому перспективним напрямом досліджень є створення комбінованої моделі машинного навчання з використанням мультиагентного підходу. За рахунок використання моделей машинного навчання мультиагентні моделі підвищують точність прогнозування, при цьому з'явиться можливість проведення експериментальних досліджень з оцінки ефективності реалізованих протиепідемічних заходів.

Наукова новизна дослідження полягає у розробці та вивченні моделей емерджентних інфекцій, на прикладі COVID-19 на основі простих методів статистичного машинного

навчання. Практична новизна дослідження полягає у впровадженні автоматизованого інструменту оцінки динаміки епідемічного процесу COVID-19 на різних територіях. Ще однією істотною практичною цінністю є здатність експертів у галузі охорони здоров'я приймати рішення лише на основі нових випадків COVID-19. Це особливо актуально для місць, де збирання інших даних про пацієнтів неможливе через низьке фінансування системи охорони здоров'я або форс-мажорні обставини. Наприклад, в умовах війни Росії в Україні неможливо зібрати повні дані про хворих на COVID-19, особливо на тимчасово окупованих територіях і територіях, де ведуться активні бойові дії. За таких умов пропонований підхід буде практичним для своєчасного контролю епідемічного процесу COVID-19.

Дослідження виконане в рамках проєкту 0121U109814 «Соціолого-математичне моделювання ефективності управління соціально-епідемічними процесами для забезпечення національної безпеки України», що фінансується Міністерством освіти і науки України.

#### **Список використаних джерел**

1. Natekin A., Knoll A. Gradient boosting machines: a tutorial. *Frontiers in Neurorobotics*. 2013. Vol. 7. P. 21.
2. Friedman J. H. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*. 2001. Vol. 29. No. 5. P. 1189–1232.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ОСВІТНІМ ПРОЦЕСОМ УНІВЕРСИТЕТУ

**Аширова А. В., Капітан О. В., Кожем'якін О. С., Заспа Г. О.**

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Розглядається структура моделі інформаційної технології управління освітнім процесом в рамках цифрової трансформації університету. При розробці моделі використано підхід, який розглядає управління освітнім процесом як складний, динамічний, різновекторний процес. Розглянуто процеси інтеграції окремих існуючих інформаційних систем в єдину автоматизовану систему управління освітнім процесом та їх основні взаємозв'язки. Подібна інтеграція дозволила оптимізувати процеси управління освітнім процесом, покращити оперативність роботи структурних підрозділів університету, стимулювати подальший розвиток технологій дистанційного навчання, покращити якість підготовки фахівців тощо.

**Ключові слова:** модель, інформаційна технологія, управління, освітній процес.

## INFORMATIONAL TECHNOLOGY OF EDUCATIONAL PROCESS MANAGEMENT OF THE UNIVERSITY

**Ashyrova A., Kapitan O., Kozhemiakin O., Zaspа G.**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The structure of the model of information technology of educational process management within the digital transformation of the university is considered. In developing the model, an approach is used that considers the management of the educational process as a complex, dynamic, multi-vector process. The processes of integration of some existing information systems into a single automated control system of the educational process and their main relationships are considered. Such integration allows to optimize the processes of educational process management, improve the efficiency of structural units of the university, stimulate further development of distance learning technologies, improve the quality of training, etc.

**Keywords:** model, information technology, management, educational process.

**Вступ.** На даний час в багатьох закладах вищої освіти частково досягнуто відповідний рівень апаратного і програмного забезпечення внутрішніх систем підтримки освітньої діяльності, але головним завданням досі залишається забезпечення високої ефективності використання даних засобів для управління освітнім процесом.

**Постановка задачі.** При розробці інформаційної технології управління освітнім процесом в університеті необхідно використати підхід, який розглядає організацію такої діяльності як єдиний процес, що складається з багатьох окремих різнофункціональних але взаємопов'язаних процесів, з урахуванням складності освітнього процесу через його динамічність та багатозадачність, різновекторність, оскільки, потрібно одночасно забезпечувати функціонування багатьох структурних підрозділів університету та комунікації із зовнішніми структурами.

**Метою роботи** є створення моделі інформаційної технології управління освітнім процесом в рамках цифрової трансформації університету.

**Основна частина.** Модель інформаційної технології управління освітнім процесом (рисунок 1) є подальшим розвитком моделі інформаційної системи управління освітньою діяльністю Черкаського державного технологічного університету [1]. Вона поєднує між собою існуючі в університеті окремі інформаційні системи, що виконують відповідні окремі функції, і в комплексі надають можливість покращити рівень автоматизації управління освітнім процесом.

Ядром моделі управління освітнім процесом є інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності (ІАСПОД) [2], яка акумулює в собі всі відомості про освітні досягнення здобувачів вищої освіти (ЗВО) за період навчання, з подальшим формуванням по завершенню навчання документів про вищу освіту. ІАСПОД синхронізується з Єдиною державною системою з питань освіти (ЄДЕБО) в частині персональних даних здобувачів та з модулями пакета програм «Політек-СОФТ», з яких, зокрема, отримує пакет даних щодо освітніх компонент відповідного навчального плану освітньої програми, та дані науково-педагогічних працівників (НПП).



Рисунок 8 – Модель інформаційної технології управління освітнім процесом

Важливою складовою моделі, що розглядається, є система підтримки дистанційного навчання (СПДН), яка розгорнута на базі LMS Moodle. СПДН є своєрідним освітнім хабом, де зосереджено навчально-методичні та звітні матеріали для забезпечення усіх видів навчальних занять, інтерактивні інструменти для проведення занять з використанням сторонній сервісів. За рахунок синхронізації з ІАСПОД та електронною бібліотечною системою (ЕБС) в СПДН постійно оновлюються відомості щодо назв навчальних дисциплін, НПП, шифрів та складів академічних груп, навчально-методичного забезпечення навчальних дисциплін. Після формування в СПДН електронних журналів з результатами навчання ЗВО за кожною навчальною дисципліною, ці дані передаються до ІАСПОД для формування друкованих варіантів відомостей обліку успішності та, в подальшому, додатку до диплому.

Взаємодія СПДН та ЕБС із системою електронного документообігу (СЕД) «Prima Doc» дозволила повністю перевести в цифровий формат процес розгляду, погодження і

затвердження нормативних документів, що складають основу усіх компонент освітньої програми, зокрема, програм навчальних дисциплін та навчально-методичних розробок.

Інтеграція СПДН з однією зі складових пакета програм Microsoft Office 365 – Microsoft Teams надає можливість синхронізувати розклад занять НПП, за яким в Teams проводяться заняття в дистанційному форматі, з навчальним контентом СПДН, що використовується НПП під час занять.

**Висновки.** Застосування моделі інформаційної технології управління освітнім процесом забезпечить можливість поєднання окремих інформаційних систем в єдину, що дозволить оптимізувати процеси управління освітнім процесом, покращити оперативність роботи структурних підрозділів університету, стимулювати подальший розвиток технологій дистанційного навчання, покращити якість підготовки фахівців тощо.

#### **Список використаних джерел**

1. Аширова А. В., Заспа Г. О., Капітан О. В., Кожем'якін О. С. Інформаційна система управління освітньою діяльністю університету. *Інформаційні технології – 2021: зб. тез VIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих науковців*, (м. Київ, 20 трав. 2021 р.). Київ, 2021. С. 3–5.
2. Триус Ю. В., Заспа Г. О., Кожем'якін О. С., Аширова А. В. Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності структурних підрозділів закладів вищої освіти. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2020. № 4. С. 27–38.

### **ЕЛЕМЕНТИ WEB-ПРОГРАМУВАННЯ В РОЗДІЛІ «МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ІНФОРМАТИКИ»**

**Брескіна Л. В., Лобанов О. О., Шувалова О. І.**

Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського,  
м. Одеса, Україна

**Анотація.** Підготовка сучасного вчителя Інформатики щільно пов'язана з інноваційними методиками викладання цієї дисципліни у школі. Зміст предмета «Методика навчання Інформатики» базується на передових дослідженнях, що впроваджуються у шкільний навчальний процес. В цьому дослідженні наведено обґрунтування доцільності вивчення web-програмування як основи розділу, алгоритми і програми курсу «Методика навчання Інформатики». Методика дослідження включає критичний аналіз наукової і методичної літератури, отримання практичного досвіду, спостереження, бесіди, експериментальне впровадження, збір і аналіз результатів.

**Ключові слова:** методика навчання Інформатики, алгоритми та програми, web-програмування.

### **ELEMENTS OF WEB-PROGRAMMING IN THE SECTION "METHODS OF TEACHING INFORMATICS"**

**Breskina L., Lobanov O., Shuvalova O.**

South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky,  
Odessa, Ukraine

**Abstract.** The training of the modern teacher of Informatics is closely connected with the innovative methods of teaching this discipline at school. The content of the subject "Methods of teaching Informatics" is based on advanced research implemented in the school educational process. In this study, the substantiation of the expediency of studying Web programming as the basis of the section algorithms and programs of the course "Methods of teaching Informatics" is given. Research methods include critical analysis of scientific and methodological literature, practical experience, observation, interviews, experimental implementation, collection and analysis of results.

**Keywords:** methods of teaching Informatics, algorithms and programs, Web-programming.

**Вступ.** Зростання ролі інформаційних технологій у повсякденному житті піднімає вимоги до предмету «Інформатика» у школі і вимоги до підготовки майбутнього вчителя у вишах. Сучасність характеризується зростанням ролі засобів інформаційно-комунікаційних технологій та їх впливу на всі сфери життя. Питання розроблення ефективних методик навчання учнів основ програмування залишається відкритим.

**Постановка задачі.** До питань поглиблення вивчення об'єктно-орієнтованого програмування, вивченню програмування при підготовці учителя інформатики приділено увагу у наукових дослідженнях М. І. Жалдака, Н. В. Морзе [2], В. В. Лапінського [3] та інших. Результати найновіших досліджень знайшли відображення у змісті сучасних підручників з методики навчання інформатики.

**Метою дослідження** є розкриття підстав для розгляду web-програмування, як основи реалізації розділу «Алгоритми та програми» шкільної програми у курсі «Методика навчання інформатики» при підготовці сучасного вчителя інформатики.

**Основний матеріал.** Змістова лінія «Алгоритми та програми» у шкільному курсі інформатики є основною, на котру припадає не менше 40% шкільного навантаження у рік для кожного класу.

В цьому дослідженні було зроблено спробу максимально наблизити сприйняття поняття об'єктно-орієнтованого програмування до професійного рівня простими можливостями технологій web-програмування, що реалізуються в середовищі браузера. При цьому було задіяно сервіс SPACES [5] на сайті для навчання web-програмування W3Schools [4].

Було проведено контент аналіз, числовий і відсотковий аналіз кількісних і якісних показників наданих робіт учнями. За результатами сформовано підсумкові таблиці, що вказують на достатню активність з боку учнів, їх зацікавленість у вивченні змістової компоненти з використанням хостингу як засобу навчання (таблиця 1).

Таблиця 1 – Числовий і відсотковий аналіз кількісних і якісних показників

Клас	Кількість учнів	Кількість/відсоток w3schools	Кількість/% працювали з сервісом	Кількість/% розв'язували задачі	Кількість/% використовували URL адреси
6-А	36	28/77,8%	12/42,9%	6/21,2%	4/66,7%
6-Б	32	27/84,4%	10/37%	7/25,9%	5/71,4%
6-В	40	30/75%	13/43,3%	5/16,7%	5/100%
6-Г	34	25/73,5	17/68%	8/32%	4/50%
Разом	142	110/77,5%	52/47,3%	26/23,4%	18/70%

За умови дистанційного навчання, коли всі діти мають свої email-адреси і зареєстровані в Google-класі, стало можливим проведення реєстрації на сервісі w3schools.com. З загальної кількості учнів, які взяли участь в експерименті (142 учня) понад 77% зареєструвались з використанням мобільних телефонів, планшетів і власних комп'ютерів в умовах змішаного навчання. Понад 47% з зацікавленням працювали з використанням хостингу SPACES. Приблизно 23% учнів пробували розв'язувати задачі не тільки в зошиті, але й на комп'ютері. Результати роботи учнів збирались з використанням Google-форм і приблизно 70% учнів, які виконували завдання на комп'ютері, навчилися надавати URL-адресу гіпертекстової сторінки з результатами роботи.

**Висновки.** Було проведено контент аналіз, числовий і відсотковий аналіз кількісних і якісних показників учнівських робіт. Навчання технологій web-програмування при підготовці майбутнього учителя інформатики [1] і подальше опанування методики навчання web-програмування у курсі «Методика навчання інформатики» саме з точки зору об'єктно-орієнтованого програмування для навчання у школі є перспективним напрямком розвитку процесу підготовки сучасного вчителя інформатики.



### Список використаних джерел

1. Брескіна Л. В., Кобякова Л. Н., Шувалова О. І. WEB-програмування. Мова HTML. CSS Стили. Опрацювання подій об'єктів браузера: методичні рекомендації для самостійної підготовки і виконання лабораторних робіт навчального курсу ОК 15 «Інформатика» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти 1 року навчання спеціальності 014.09 Середня освіта (Математика). Одеса: ПНПУ імені К. Д. Ушинського, 2021. 104 с.
2. Лапінський В. В. Проблема вибору першої мови програмування – сьогоднішнє бачення. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2014. № 1. С. 14–17. (Lapins'kij V. V. The problem with choosing the first programming language is today's vision. *Kompiuter u shkoli ta simi*. 2014. No. 1. P. 14–17).
3. Морзе Н. В. Методика навчання інформатики: навч. посіб.: у 4 ч. / за ред. акад. М. І. Жалдака]. Київ: Навчальна книга, 2004. Ч. IV: Методика навчання основ алгоритмізації та програмування. (Morze N. V. Methods of teaching computer science: Educ. guide: In 4 parts. Kyiv: Navchalna knyha, 2004. Part IV: Methods of learning the basics of algorithmization and programming).
4. Сайт навчання Web-програмування W3Schools: веб сайт. URL: <https://www.w3schools.com/>.
5. Create a Free Web Site: веб сайт. URL: <https://www.w3schools.com/spaces/>.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ У ВИЩІЙ ОСВІТІ УКРАЇНИ

Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** У світі сучасних технологій освітня сфера потребує активного впровадження цифрових технологій в освітній процес. Так, у Національній економічній стратегії на період до 2030 року зазначено, що першочерговим завданням є формування ґрунтової національної політики цифровізації освіти як пріоритетної складової частини реформи освіти. Зазначено необхідність створення та реалізації сучасних моделей забезпечення здобувачів вищої освіти та закладів вищої освіти комп'ютерними засобами, підготовки, адаптації та організації доступу до мультимедійних технологій і створення відповідних цифрових освітянських платформ для використання в освітньому процесі та управління вищою освітою. У цих тезах окреслено шляхи реалізації цифрової трансформації на прикладі Черкаського державного технологічного університету, зокрема увагу приділено покращенню персоналізації освітнього середовища для різних учасників освітнього процесу, можливостям для систематизації інформації, проведення моніторингу та управління університетом. Об'єкт дослідження – процеси розвитку цифрової трансформації у вищій освіті України. Предмет дослідження – інформаційні технології цифровізації вищої освіти України. Мета дослідження – визначення перспектив і шляхів розвитку процесів цифрової трансформації вищої освіти в Україні.

**Ключові слова:** цифрова трансформація, інформаційне суспільство, ІКТ-компетентності, інформаційно-комунікаційні технології.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL TRANSFORMATION IN HIGHER EDUCATION OF UKRAINE

Danchenko O., Semko I., Mokiienko I.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** In the world of modern technologies, the educational sphere needs the active introduction of digital technologies in the educational process. Thus, the National Economic Strategy for the period up to 2030 states that the priority task is the formation of a thorough national policy of digitalization of education, as a priority component of education reform. The need to create and implement modern models of providing applicants for higher education and institutions of higher education with computers, preparation, adaptation and organization of access to multimedia technologies and the creation of appropriate digital educational platforms for use in the educational process and management of higher education. These theses outline the ways of digital transformation on the example of Cherkasy State Technological University, in particular, attention is paid to improving the personalization of the educational environment for various participants in the educational process, opportunities for information systematization, monitoring and management of the

university. The object of research is the processes of development of digital transformation in higher education in Ukraine. The subject of research is information technologies of digitalization of higher education in Ukraine. The purpose of the study is to determine the prospects and ways of development of digital transformation of higher education in Ukraine.

**Keywords:** digital transformation, information society, ICT competences, information and communication technologies.

**Вступ.** З появою в нашому житті такого нового поняття як пандемія, українське суспільство гостро відчувало проблеми недостатнього рівня цифрової трансформації в усіх сферах життєдіяльності, а з початком військових дій в Україні це стало життєво необхідно. Тому, суспільство та держава були змушені перейти від слів до конкретних кроків запровадження інформаційно-комунікаційних технологій. Події останніх років продемонстрували важливість цифрової трансформації як для всієї освіти в цілому, так і для кожного її рівня окремо.

**Постановка задачі.** В умовах цифрової трансформації освіти актуальною науково-практичною задачею є аналіз проблем, визначення перспектив і напрямів розвитку цифрової трансформації у вищій освіті в Україні та шляхів їх реалізації.

**Мета роботи** – визначення перспектив і напрямів розвитку процесів цифрової трансформації вищої освіти України, а також окреслення шляхів їх реалізації на прикладі Черкаського державного технологічного університету.

**Основна частина.** Питаннями цифрової трансформації наша держава почала опікуватись досить недавно. В результаті, за останні роки Кабінетом міністрів України та різними міністерствами, в тому числі і Міністерством освіти і науки України, видано ряд розпоряджень та документів, в яких окреслені основні проблеми, завдання та напрямки розвитку цифрової трансформації в освіті. До основних розроблених документів можна віднести «Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки», «Пріоритетні напрями та завдання (проекти) цифрової трансформації на період до 2023 року», «Національна економічна стратегія на період до 2030 року», «Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки». З травня 2021 року Міністерство освіти і науки України почало обговорення «Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року».

На сьогоднішній день, система вищої освіти і науки зазнає докорінних цифрових змін відповідно до світових тенденцій цифрового розвитку для успішної реалізації кожною людиною свого потенціалу. Сьогодні, коли освітяни є заручниками обставин війни, для організації освітнього процесу необхідно в короткі терміни опанувати нові знання та здобувати навички в цифровому світі. Дедалі більше професій потребують володіння новими технологіями та набуття високого рівня цифрових умінь.

Так, набуття цифрових компетентностей стає базовою потребою для кожного, тому українська система освіти має забезпечувати формування цифрових компетентностей здобувачів освіти, педагогічних та науково-педагогічних працівників, розвиток цифрової інфраструктури та електронних сервісів у закладах освіти, в цілому.

Створення єдиного цифрового середовища, яке об'єднує всіх суб'єктів освітньої та наукової діяльності, що забезпечує простір для комунікації та обміну даними, значно зменшить бюрократичне навантаження системи освіти і науки та спростить управлінські процеси, які відбуваються в них [1].

Цифровізація освіти постає імперативом реформування освітньої галузі, головним і першочерговим завданням ефективного розвитку інформаційного суспільства в Україні [2].

Цифрова трансформація закладу вищої освіти – це організаційна, технологічна, технічна трансформація ЗВО на основі використання цифрових технологій. Основні передумови для цієї трансформації: комп'ютеризація, автоматизація, діджиталізація, організація [3].

У Черкаському державному технологічному університеті активно створюється єдине цифрове середовище для забезпечення освітньої і наукової діяльності його підрозділів, науково-педагогічних працівників, здобувачів вищої освіти, управлінського і допоміжного персоналу [4]. Таке середовище є основою цифрової трансформації університету і має багато складових. Зокрема, в умовах дистанційного навчання для організації освітнього процесу в університеті використовується Система підтримки дистанційного навчання (СПДН) на базі платформи Moodle. Для проведення відеоконференцій використовуються платформи: Microsoft Teams, Google Meet, Zoom, Skype, Cisco Webex. Реєстрація (запрошення) здобувачів вищої освіти (ЗВО) на відеоконференцію контрольного заходу здійснюється через електронну пошту ЗВО (зокрема, корпоративну chdtu.edu.ua). Для інформування ЗВО про розклад заходів та посилення на заплановані події здійснюється через електронну пошту ЗВО, в новинах навчальних дисциплін в СПДН, в новинах на сторінках кафедр на сайті ЧДТУ або з використанням соціальних мереж та інших каналів зв'язку.

Завдяки цифровим технологіям відбулися зміни і в управлінні університетом. Більшість листів та звітна документація, з накладанням цифрового підпису, надсилається в електронному вигляді за допомогою електронної пошти або захищеної системи електронного документообігу PrimaDoc. У підрозділах, що забезпечують освітній процес, зокрема в деканатах, навчально-методичному відділі, науково-дослідному інституті та інших, використовують програмні засоби, що дають можливість швидко і якісно працювати з великою кількістю даних. Зазначимо деякі з них: єдина електронна база з питань освіти (ЄДЕБО), інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності (ІАСПОД), online бібліотека, репозиторій ЧДТУ, мобільний додаток «Студент ЧДТУ», пакет програм «Деканат» ПП «Політек-СОФТ», веб ресурс Державного підприємства "Український інститут інтелектуальної власності" УКРПАТЕНТ.

Але слід зазначити і проблеми, які потребують вирішення на шляху цифрової трансформації університету. До них можна віднести: недостатній рівень цифрових компетентностей учасників освітнього процесу; застарілий зміст навчальних предметів; відсутність сучасної техніки і технологій для забезпечення освітньої й, особливо, наукової діяльності; відсутність якісного цифрового освітнього контенту для здобуття освіти; застаріла система та процедура внутрішнього документообігу; відсутність єдиної університетської бази даних ЗВО, що призводить до виникнення помилок при перенесенні даних; відсутність єдиного сховища для нормативних документів всіх підрозділів університету; відсутність відділу програмних розробок, який би міг створювати нові програмні продукти та інші.

Тож, пріоритетними заходами щодо впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у вищу освіту є створення та розвиток цифрового освітнього середовища, що є доступним і сучасним для всіх учасників освітнього процесу. А це не можливо без забезпечення закладів освіти новітньою та потужною технікою з використанням широкосмугового доступу до мережі Інтернет. Сучасні викладачі повинні володіти відповідними цифровими компетентностями, які постійно удосконалюються та розвиваються під час підвищення кваліфікації. Безперечно не обійтись без доступного цифрового контенту для забезпечення здобуття освіти та якісних, без зручних і простих програм, за допомогою яких можна здобувати освіту онлайн з відповідною підтримкою її якості. Але не лише саме навчання в розрізі подання освітніх матеріалів потребує вдосконалення. Оптимізувати та автоматизувати необхідно і процеси управління та регулювання у сфері вищої освіти і науки. Заклади вищої освіти за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій доступно і змістовно подають інформацію про свої досягнення, що дає можливість стейкхолдерам, налагодити взаємодію з ними для подальшого розвитку свого бізнесу.

**Висновки.** Для створення сприятливих умов цифровізації вищої освіти, подолання «цифрової нерівності» в закладах та установах системи вищої освіти і науки у різних регіонах України та успішного становлення цифрового суспільства в цілому, сучасна

система вищої освіти України потребує змін. Важливими кроками для цього є цифровізація всіх ланок освіти, а, в подальшому, їх цифрова трансформація. Створення умов для підвищення рівня сформованості цифрових компетентностей освітян, розроблення інструментів для підтримки їх діяльності, що сприяє цифровій трансформації освіти в цілому.

#### Список використаних джерел

1. Проект «Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року». URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/konceptsiya-cifrovoyi-transformaciyi-osviti-i-nauki-mon-zaprosnuye-dogromadskogo-obgovorennya> (дата звернення: 19.05.2022).
2. Биков В., Спірін О., Пінчук О. Сучасні завдання цифрової трансформації освіти. *Вісник кафедри ЮНЕСКО «Неперервна професійна освіта XXI століття»*. Вип. 1. 2020. doi: [https://doi.org/10.35387/ucj.1\(1\).2020.27-36](https://doi.org/10.35387/ucj.1(1).2020.27-36).
3. Тесля Ю. М., Заспа Г. О. Розробка концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2020. № 44. С. 105–115, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115.
4. Заспа Г. О. Концентрична інформаційна технологія організації цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Черкаси, 2021.

### ПЛАНУВАННЯ ОНЛАЙН-КУРСУ «РОЗВИТОК ЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ СТАРШОКЛАСНИКІВ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ»

**Калугін Р.**

Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий Ріг, Україна

**Анотація.** Мета дослідження – презентація поетапного плану створення онлайн-курсу, адресованого магістрам спеціальності 014 Середня освіта (Математика). Завдання дослідження – окреслити дорожню карту створення онлайн-курсу, сформулювати показники та критерії для відповідного моніторингу. Об'єкт дослідження – змішане навчання в підготовці магістрів. Предмет дослідження – план розроблення онлайн-курсу, спрямованого на вироблення в студентів навичок формувати і розвивати логічне мислення школярів. У дослідженні використано загальнонаукові методи. Результатом дослідження є визначення теоретичних основ створення онлайн-курсу для фахової підготовки студентів та узагальнення передового педагогічного досвіду у розробленні онлайн-курсів та впровадженні змішаного навчання в університеті.

**Ключові слова:** онлайн-курс, навчальний контент, показники якості онлайн-курсу, математична освіта, розвиток логічного мислення.

### PLANNING OF ONLINE COURSE "DEVELOPMENT OF LOGICAL THINKING OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN TEACHING MATHEMATICS"

**Kaluhin R.**

Kyryvi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

**Abstract.** The purpose of the study is to present a step-by-step plan for creating an online course for masters in 014 Secondary Education (Mathematics). The objective of the research is to outline a roadmap for creating an online course, to formulate indicators and criteria for appropriate monitoring. The object of research is blended learning in the preparation of masters. The subject of research is a plan for developing an online course aimed at developing students 'skills to form and develop students' logical thinking. The study has used general scientific methods. The result of the research is to determine theoretical foundations of creating an online course for professional training of students and generalize advanced pedagogical experience in the development of online courses and the introduction of blended learning at the university.

**Keywords:** online course, learning content, online course quality indicators, mathematics education, development of logical thinking.

**Вступ.** Онлайн-курси – сучасна педагогічна технологія і засіб навчання, що дає широкі можливості для академічної мобільності здобувачів освіти всіх рівнів. Окрім того, онлайн-курси є ефективним інструментом післядипломної освіти. Так, щороку сотні тисяч учителів-практиків підвищують або підтверджують фахову кваліфікацію, успішно завершуючи дистанційні курси на провідних українських освітніх платформах. Тому онлайн-курси користуються попитом і серед школярів (зокрема, для підготовки до ЗНО і ДПА), і серед студентства, і серед дипломованих фахівців.

**Мета роботи.** Презентація поетапного плану розроблення онлайн-курсу з методики навчання математики у профільній школі.

**Постановка проблеми.** З огляду на власну фахову освіту виявляємо зацікавленість до проблем математичної освіти, яка перебуває у кризовому стані, що підтверджується, зокрема, результатами вступних кампаній останніх кількох років і браком відповідних кадрів у закладах загальної середньої освіти. Відтак, одне із завдань нашого дослідження – створення онлайн-курсу «Розвиток логічного мислення старшокласників у навчанні математики», що сприятиме популяризації математичної освіти, вдосконаленню фахової підготовки майбутніх вчителів математики, створенню своєрідного майданчика для професійного зростання педагогів-початківців.

**Основна частина.** Визначимо послідовність дій, яка відповідає процедурі створення якісного онлайн-курсу обраної тематики.

На *першому (підготовчому) етапі* необхідно узгодити загальну концепцію онлайн-курсу та з'ясувати можливість його включення у робочу програму дисципліни «Методика навчання математики у профільній школі». Реалізація цього етапу передбачає: 1) консультацію з науково-педагогічними працівниками кафедри, на базі якої буде апробовано курс; 2) аналіз освітньо-професійних програм підготовки вчителів математики; 3) опитування цільової групи щодо очікувань від курсу.

На *другому етапі (моделювання)* варто розробити модель курсу з переліком видів контенту, які він міститиме, відповідно до рекомендацій експертів і очікувань цільової групи проекту.

*Третій етап (планування)* спрямований на визначення тематичних напрямів майбутнього онлайн-курсу. У онлайн-курсі для фахової підготовки магістрів спеціальності 014 Середня освіта (Математика), плануємо висвітлити такі теми: 1) логічне мислення старшокласників: структура, особливості формування та можливості розвитку; 2) розвиток умінь здійснювати аналітико-синтетичні міркування засобом розв'язування планіметричних та стереометричних задач; 3) використання рівносильних перетворень у розв'язуванні рівнянь, нерівностей та їх систем; 4) доведення математичних тверджень різними способами; 5) нестандартність мислення як необхідна умова для успішного розв'язування олімпіадних задач з математики; 6) розвиток дослідницьких навичок старшокласників у процесі розв'язування задач з параметром.

Метою *четвертого етапу (розроблення)* є написання сценаріїв лекцій, розроблення наочностей, необхідних для запису лекцій (презентації, рисунки, моделі фігур тощо), а також підготовка контенту онлайн-курсу: тестових завдань за матеріалами лекцій; практичних (творчих) завдань; загальних принципів оцінювання під час навчання на курсі; вимог для отримання сертифікату; дискусійних тем для обговорення на форумі курсу.

Результатом *п'ятого етапу (технічного)* є запис і монтування відео-лекцій за розробленими сценаріями, оформлення чернетки курсу у вигляді архіву з папковою структурою, розміщення онлайн-курсу на платформі «Викладачу математики вищої школи» громадської організації “Smart Maths” (<http://formathematics.com/>).

Окреслені п'ять етапів стосуються власне розроблення курсу, проте не менш важливим є і *шостий етап (апробації)*, який включає процедуру набору першої групи на курс,

тьюторську підтримку слухачів курсу, вдосконалення курсу з урахуванням експертних відгуків і результатів опитування студентів, що успішно завершать курс.

Відзначимо, що процес створення онлайн-курсу неможливий без своєчасного *моніторингу* за такими показниками: 1) масовість онлайн-курсу; 2) ергономічність онлайн-курсу; 3) ефективність онлайн-курсу.

Масовість онлайн-курсу визначатимемо за такими критеріями: кількість студентів, записаних на курс; географія студентської аудиторії; кількість студентів, які успішно опанують курс і виконають всі вимоги для отримання електронного сертифіката.

Ергономічність онлайн-курсу оцінюватимемо на основі результатів відповідного опитування слухачів курсу та відгуків експертів. Критерії цього показника такі: якість навчального матеріалу; система навігації; дизайн; система оцінювання; система інтерактивної взаємодії; адаптивність онлайн-курсу [1].

Ефективність онлайн-курсу встановлюватимемо через оцінювання фахових компетентностей студентів, що опанують курс. Система компетентностей, яка становитиме ядро курсу, містить такі складові: математичну, інформаційно-освітню, методичну, психолого-педагогічну, професійно-технологічну. Перші три можуть бути оцінені за якістю виконаних практичних (творчих) завдань, решта компетентностей – за результатами самооцінювання студентів і проходження ними виробничої педагогічної практики.

**Висновки.** Підсумовуючи, зауважимо, що онлайн-курс може стати альтернативою для організації самостійної роботи магістрів. Для цільової групи це буде не лише корисно з огляду на змістове наповнення курсу, а й зручно, особливо для тих, хто поєднує навчання з роботою.

#### Список використаних джерел

1. Usability analysis of on-line educational courses on the platform “Higher school mathematics teacher” / K. Vlasenko, S. Volkov, I. Sitak et al. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 166, P. 10012.

## МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ДУАЛЬНОМУ НАВЧАННІ

**Кухаренко В. М.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

**Анотація.** Впровадження дуального навчання вимагає від університетів і підприємств оцінювати якість підготовки за рівнем сформованих у студента академічних і професійних компетентностей. Це потребує ретельного аналізу освітнього стандарту та створення карти компетентностей університетами і узгодження їх з картою професійних компетентностей замовника. Практична реалізація контролю результатів навчання можлива при використанні репозиторію компетентностей LMS Moodle. Аналіз можливостей цього інструменту показує, що для кожного студента можна створити декілька навчальних планів, в яких фіксуються сформовані компетентності в ході дистанційного навчального процесу. Представники замовника мають можливість контролювати здобуті студентом компетентності.

Мета дослідження: розробити метод структурування результатів навчання освітньої програми для оцінювання компетентностей фахівця з використанням репозиторію компетентностей LMS Moodle. Об'єкт дослідження: професійна підготовка фахівців для промисловості з визначеними компетентностями на базі освітньої програми. Предмет дослідження: умови формування якості професійної підготовки фахівців для промисловості з визначеними компетентностями.

Результати досліджень показали, що розвиток дуальної освіти суттєво залежить від кваліфікації викладацького складу, вміння визначати мету практичної діяльності у курсі.

**Ключові слова:** репозиторій компетентностей, дистанційне навчання, LMS Moodle, навчальний план.

# METHOD OF ASSESSING COMPETENCIES IN DUAL LEARNING

**Kukharenko V.**

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

**Abstract.** The introduction of dual education requires universities and enterprises to assess the quality of training at the level of academic and professional competencies formed in the student. This requires a careful analysis of the educational standard and the creation of a map of competencies by universities and their coordination with the map of professional competencies of the customer. Practical implementation of control of learning outcomes is possible using the repository of competencies LMS Moodle. The analysis of the possibilities of this tool shows that for each student it is possible to create several curricula, which fix the formed competencies during the distance learning process. Representatives of the customer have the opportunity to monitor the competencies acquired by the student.

The aim of research: to develop a method of structuring the learning outcomes of the educational program to assess the competencies of the specialist using the repository of competencies LMS Moodle.

Object of research: professional training of specialists for industry with certain competencies on the basis of the educational program. Subject of research: conditions for the formation of the quality of professional training for industry with certain competencies.

The results of the research show that the development of dual education significantly depends on the qualifications of the teaching staff, the ability to determine the purpose of practical activities in the course.

**Keywords:** competence repository, distance learning, LMS Moodle, curriculum.

**Вступ.** Дуальне навчання – це форма здобуття освіти, засноване на тісній взаємодії підприємств, що володіють ресурсами, необхідними для здійснення навчання, проведення навчальної, виробничої практики, здійснення інших видів освітньої діяльності та навчальних закладів на основі соціального партнерства між виробництвом та освітою, де обидві сторони виступають рівноправними партнерами, які спільно розробляють і координують освітній процес, здійснюють контроль за його результатами [1].

Активними учасниками дуального навчання є кафедра університету, студент та підприємство. Зменшення активності хоча б одного учасника робить процес навчання неефективним. Поєднує цих учасників процесу стандарт освітньої програми.

Принципи організації дуальної освіти: це нові процеси; гнучкість; акценти на професійні компетентності та навички; навчання на роботі.

Підготовка фахівців за дуальною формою навчання вимагає суттєво змінити методи розробки навчальних планів з використанням карт компетентностей, визначення потрібних навчальних дисциплін та використання сучасних методів проектування навчальних курсів (ADDIE, таксономія Блума) та організації навчального процесу (дистанційне, змішане, проблемно-орієнтоване навчання, микро-навчання, тощо). В свою чергу, це вимагає підвищення рівня педагогічної майстерності викладача. І це є головним викликом дуального навчання [2].

Компетентність – це здатність робити щось успішно або ефективно [3], це кінцевий стан процесу. Ви можете бути компетентним, тобто робити це кожен раз правильно, і більше нічому вчитися. Суть компетентності в тому, що вона специфічна і вимірна. Компетентності часто визначаються в контексті вимог на робочому місці, знань і навичок, необхідних для виконання конкретної роботи або завдання.

Навчання на основі компетентностей передбачає, що знання можуть бути систематизовані, повторені і перевірені. Іншими словами, воно більш об'єктивне і використовує біхевіористський підхід. Навички є більш динамічними і розвиваючими, підтримуються краще конструктивістським підходом. Тому не дивно, що підхід до розвитку інтелектуальних навичок має тенденцію бути більш відкритим, менш визначеним і більш випадковим.

**Постановка задачі.** З самого початку впровадження дуального навчання, воно розглядалось як педагогічно-організаційна форма. Багато питань та спротиву було пов'язано з розподілом навантаження викладачів. Фактично поза увагою були методи проведення навчального процесу, які б забезпечували якість навчання та формування компетентностей, які потрібні промисловості. Публікації з цього приводу практично відсутні. З 2019 року в Україні розпочався експеримент з впровадження дуального навчання у закладах освіти [4],

[5]. У положеннях про експеримент вказується, що головною метою є розвиток педагогічно-організаційних засад.

В умовах кризи вищої освіти необхідно переглянути методи та технології навчання, впроваджувати технології дистанційного навчання, які дозволяють гнучко планувати навантаження учасників навчального процесу. Необхідно враховувати, що промисловості потрібні спеціалісти з сформованими для конкретного виробництва компетентностями. Компетентності набагато легше вимірювати ніж навички [3], а компетентного фахівця не треба додатково навчати, він готовий виконувати конкретну діяльність. І для цього створені всі умови. Освітня програма спеціальності базується на освітньому стандарті, в якому чітко визначені компетентності та результати навчання. Справа за малим, викладачі та фахівці промисловості повинні навчитися використовувати ці стандарти при організації дуального навчання, в якому промисловість контролює та приймає участь у формуванні компетентного фахівця.

**Мета дослідження:** розробити метод структурування результатів навчання освітньої програми для оцінювання компетентностей фахівця з використанням репозиторію компетентностей LMS Moodle.

**Об'єкт дослідження:** професійна підготовка фахівців для промисловості з визначеними компетентностями на базі освітньої програми.

**Предмет дослідження:** умови формування якості професійної підготовки фахівців для промисловості з визначеними компетентностями.

**Основна частина.** Розвиток дуального навчання в університеті можна представити у вигляді концептуальної карти (рисунк 1), в якій відображається методологія процесу. Організаційні питання мають другорядне значення та залежать від методології. Схема показує, що необхідно провести велику підготовчу роботу, від якої буде залежати результативність впровадження.

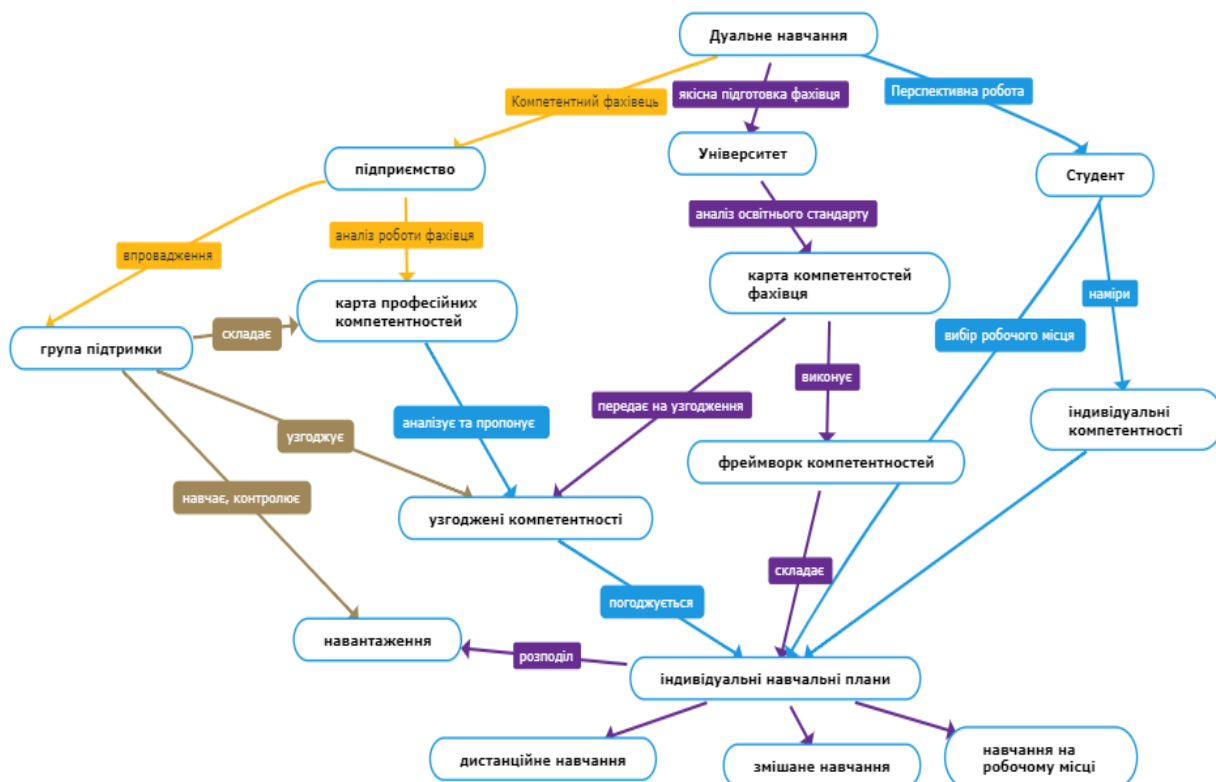


Рисунок 1 – Розвиток дуального навчання в університеті

Важливим є використання змішаного та дистанційного навчання і одним з найкращих середовищ управління навчальним процесом у цьому випадку є LMS Moodle.

LMS Moodle має вбудований репозиторій компетентностей, який можна використати для вимірювання компетентностей на базі освітнього стандарту. Для цього необхідно



структурувати результати навчання та компетентності за вимогами репозиторію компетентностей.

Освітній стандарт базується на результатах навчання та компетентностях. Для практичного використання вони повинні бути структуровані за рівнями ієрархії. На першому рівні стоять компетентності, на другому – результати навчання. У цьому випадку узгодження підготовки фахівця відбувається на рівні компетентностей [6]. Такий підхід зручний роботодавцям, коли вони визначають кваліфікацію фахівця на робочому місці через компетентності (чи спроможний фахівець виконувати діяльність на відповідному рівні).

На наступному рівні визначаються показники компетентностей (П) відповідно до результатів навчання. Це може бути самостійне виконання завдань, або у складі групи з фахівцями різних підрозділів.

На третьому рівні відбувається конкретизація цих завдань. Це може бути простий алгоритм дій (Ал), чи складний кластер (Кл), в якому працює команда і важливими є соціальні взаємодії учасників.

Четвертий рівень – це виконання конкретних дій (Д), результат яких просто вимірюється, в деяких випадках з використанням таксономії Блума.

У деяких випадках може виникнути потреба у додаткових рівнях.

Для опрацювання освітнього стандарту зручно використовувати Excel тому, що саме така структура передбачена у фреймворку компетентностей. Необхідно у першому стовпчику розмістити компетентності освітнього стандарту, у другому стовпчику – результати навчання (Рез). Проти кожної компетентності може розміщуватись декілька результатів навчання (Рез1, Рез2, ...). У третьому стовпчику розміщуються показники компетентності (П), які відповідають вказаним результатам навчання. На цьому етапі у формуванні репозиторію компетентностей приймає участь викладач-предметник, який надає пропозиції щодо показників до відповідних компетентностей. У графічному вигляді ця інформація представляє собою мапу компетентностей (академічних), яка повинна бути узгоджена з замовником (рисунок 2).

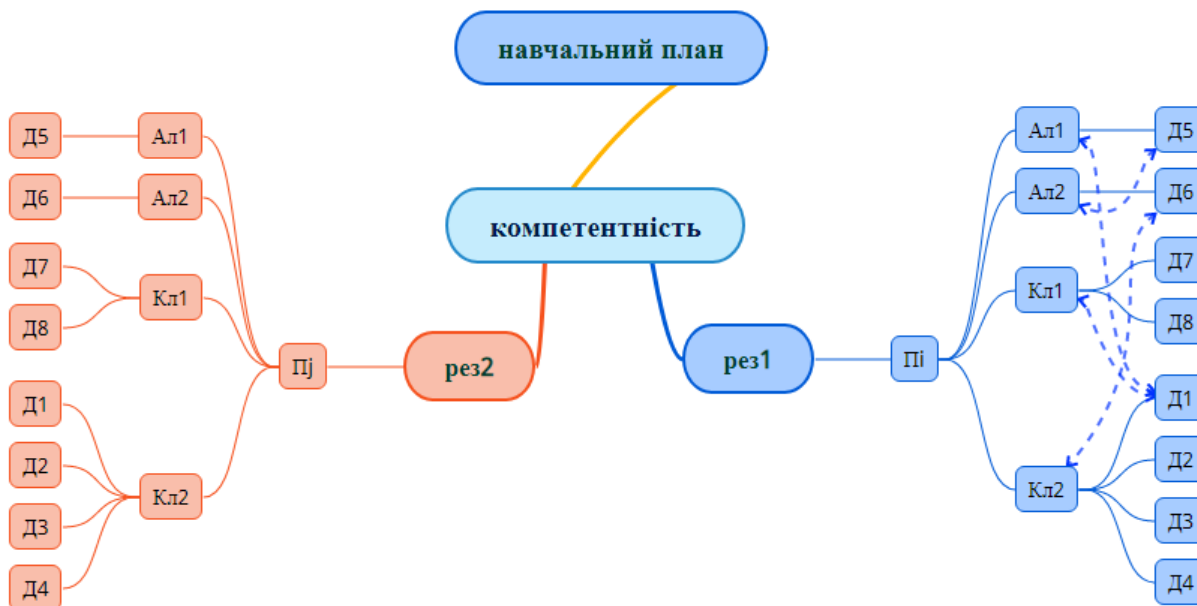


Рисунок 2 – Схема формування навчального плану у Moodle (Рез. – результат навчання, П – показник компетентності, Ал - алгоритм виконання діяльності, Кл. – кластер, Д – конкретна дія)

У свою чергу, у замовника має бути мапа професійних компетентностей. Їх узгодження дозволяє відкоригувати академічні компетентності та визначити додаткові компетентності, які враховують особливості вимог до компетентностей замовником.

Отримана таблиця у Excel з відповідними коментарями щодо пропозицій замовників завантажується адміністратором системи Moodle у репозиторій компетентностей. Викладач

курсу бачить всі репозиторії і може їх підключати до свого курсу. Для цього він до кожного завдання курсу, яке оцінюється, визначає оцінку та пороговий бал і додає показники компетентності і правила їх зарахування. Всі завдання за складністю класифікуються за таксономією Блума. Компетентність, рівень якої визначається таксономією Блума, в системі може фіксуватися автоматично, викладачем та студентом з підтвердженням викладачем (якщо студент її здобув поза курсом).

На базі створених репозиторіїв компетентностей у LMS Moodle та узгодження з замовниками в системі створюються навчальні плани, як загальні, так й індивідуальні, та підписуються на них студенти. Студент може бути підписаний на декілька навчальних планів. Саме на цьому етапі відбувається розподіл навантаження між університетом та підприємством залежно від кадрового забезпечення учасників навчального процесу. Крім того, визначається перелік мікро уроків та їх тематика для засвоєння окремих розділів на робочому місці студента.

У системі можуть бути користувачі, які мають право переглядати навчальні плани, редагувати їх в залежності від потреб.

При підготовці розробників дистанційних курсів у програмі автора «Технологія розробки дистанційного курсу» передбачено створення програми курсу на базі освітньої програми за відповідним освітнім стандартом. На жаль, не всі викладачі при розробці програми курсу цим користуються. Як правило, і результати навчання, і компетентності вибираються довільно. Це ускладнює визначення практичної діяльності у курсі. Ще більше проблем виникає при визначенні рівня мети практичної діяльності за таксономією Блума. Це означає, що у викладача треба формувати навички роботи з компетентностями та результатами освітнього стандарту і чіткого формулюванням мети практичної діяльності у курсі за таксономією Блума.

Тільки за таких умов може бути побудована гнучка система дуального навчання, в якій студенти університету можуть готуватись до роботи на різних підприємствах і різних робочих місцях через індивідуальні навчальні плани, а університети контролюють набуті студентами компетентності через загальний робочий план.

**Висновки.** Розвиток дуального навчання в університеті повинен базуватися на освітньому стандарті. Ця форма навчання вимагає серйозної підготовчої роботи. Необхідно у LMS Moodle створити репозиторій компетентностей, мапу компетентностей та узгодити її з професійними компетентностями. Наявність репозиторію компетентностей, в якому визначені показники компетентностей, створити необхідну кількість навчальних планів з визначеним рівнем володіння студентом компетентностей. Викладач у своєму курсі готує відповідні завдання та закріплює за відповідними компетентностями. В ході навчального процесу викладач забезпечує фіксацію досягнень студента, а студент та замовник можуть переглядати їх досягнення. Як результат, після завершення навчання студент без додаткового навчання може працювати на конкретному робочому місці.

У дослідженні запропонована модель розвитку дуального навчання в університеті, розроблено метод структурування результатів навчання освітньої програми для оцінювання компетентностей фахівця з використанням репозиторію компетентностей LMS Moodle.

Результати досліджень показали, що розвиток дуальної освіти суттєво залежить від кваліфікації викладацького складу, вміння визначати мету практичної діяльності у курсі.

### Список використаних джерел

1. Дуальна освіта. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/profesijno-tehnichna-osvita/reforma-profesijnoyi-osviti/derzhavno-privatne-partnerstvo-ta-dualna-osvita/dualna-osvita>.
2. Кухаренко В. М. Дистанційні курси у дуальному навчанні. *Математика. Інформаційні технології. Освіта: тези доп.* Луцьк, 2019. С. 95–97.
3. Bates T. What is the difference between competencies, skills and learning outcomes – and does it matter? URL: <https://www.tonybates.ca/2020/10/22/what-is-the-difference-between-competencies-skills-and-learning-outcomes-and-does-it-matter/>.
4. Про проведення експерименту всеукраїнського рівня за темою «організація професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників за дуальною формою здобуття освіти» у червні 2019 року - грудні 2022 року: Наказ Міністерства освіти і науки України № 738 від 27 трав. 2019 р. Київ. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/uploads/public/5ce/f87/c31/5cef87c3160e4686187056.pdf>.

5. Щодо запровадження пілотного проекту у закладах фахової передвищої та вищої освіти з підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти: Наказ Міністерства освіти і науки України № 1296 від 15 жовт. 2019 р. Київ. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/uploads/public/5dc/967/482/5dc96748213fc874879880.pdf>.

6. Лунячек В. Компетентнісний підхід як методологія професійного розвитку працівника. *Нова педагогічна думка*. 2020. № 2 (102). С. 37–45.

## **НЕЙРО-НЕЧІТКИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНИХ СХЕМ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ**

**Мазурок Т. Л., Черних В. В.**

Південноукраїнський національний педагогічний університет ім. К. Д. Ушинського,  
м. Одеса, Україна

**Анотація.** Метою дослідження є визначення методики розробки структурно-логічних схем навчального контенту на основі декомпозиції умов досягнення дидактичної мети. Об'єктом дослідження є процес розробки структурно-логічних схем навчального контенту. Предметом дослідження є дослідження доцільності застосування нейро-нечіткого підходу до структурування контенту, що є орієнтованим на підвищення адаптивних властивостей управління навчанням. Методи дослідження – системний аналіз, теорія нечітких множин, теорія інтелектуального управління. Запропоновано нейро-нечіткий підхід до розробки структурно-логічних схем навчального контенту, що є орієнтованим на досягнення певної дидактичної мети. Досліджено вплив отриманого за розробленою методикою структурованого контенту на підвищення рівня адаптивних властивостей контенту з урахуванням зазначеної дидактичної мети. Наведено результати досліджень.

**Ключові слова:** структурно-логічна схема, нейро-нечіткий підхід, адаптивне управління навчанням, структурування контенту.

## **NEURO-FUZZY APPROACH TO THE FORMATION OF STRUCTURAL AND LOGICAL SCHEMES OF EDUCATIONAL CONTENT**

**Mazurok T., Chernykh V.**

South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

**Abstract.** The aim of the study is to determine the methodology for developing structural and logical schemes of educational content based on the decomposition of the conditions for achieving the didactic aim. The object of research is the process of the developing structural and logical schemes of educational content. The subject of research is the study of the feasibility of a neuro-fuzzy approach to content structuring, which is focused on improving the adaptive properties of learning control. Research methods are systems analysis, fuzzy set theory and intellectual control theory. A neuro-fuzzy approach to the development of structural and logical schemes of educational content, which is focused on achieving a certain didactic goal, is proposed. The influence of the structured content obtained by the developed method on the increase of the level of adaptive properties of the content taking into account the specified didactic aim is investigated. The results of research are given.

**Keywords:** structural-logical scheme, neuro-fuzzy approach, adaptive learning control, content structuring.

**Вступ.** В умовах сучасного етапу реформування освіти, що пов'язаний із подальшим вдосконаленням різних форм електронного та дистанційного навчання, створенням умов для застосування відкритих змішаних ресурсів, надзвичайно важливим є питання вдосконалення засобів формування електронних навчальних матеріалів, що мають забезпечувати інформаційну підтримку навчання. З оглядом на те, що суспільство знань вимагає здійснення навчання кожної особи протягом життя, актуальною постає проблема вдосконалення комп'ютерних засобів для створення електронних навчальних матеріалів. Слід зазначити, що роль таких матеріалів в сучасних умовах не має бути обмеженою виключно інформаційними аспектами, а, водночас, має розглядатись комплексно з проблемами реалізації єдиної системи управління. Таке поєднання кібернетичної та інформаційної складової розглядаємо, як необхідну умову реалізації адаптивного управління навчанням, що є затребуваним в світі

основних спрямувань щодо індивідуалізації навчання, створення комфортних умов для кожного здобувача освіти. Варто підкреслити не тільки важливість достатнього обсягу навчальних матеріалів, а ще й важливість питання щодо структурування контенту в залежності від дидактично визначеної мети навчання, його спрямування на досягнення конкретних локальних та глобальних результатів навчання.

**Постановка задачі.** Існує багато загальновідомих методів структурування навчальної інформації, серед яких виділяють метод проектів, методи модульного, програмованого навчання, методи опорних конспектів і узагальнення, технологію випередженого навчання та ін. [1]. Втім, ці способи не повністю враховують складність навчального матеріалу, у тому числі його структурно-логічну багаторівневість. Крім того, всі ці методи є ручними за сутністю та не дозволяють автоматизувати зміну структури системи навчальних елементів в залежності від дидактичної мети. Отже, для вирішення такої неформалізованої проблеми необхідним є застосування інтелектуальних технологій.

**Мета роботи:** визначення методики розробки структурно-логічних схем навчального контенту на основі декомпозиції умов досягнення дидактичної мети.

**Основна частина.** Для автоматизованого формування структурно-логічної моделі навчального контенту, що забезпечує досягнення зазначеної дидактичної мети запропоновано нейро-нечіткий підхід до моделювання внутрішньопредметних взаємозв'язків з використанням лінгвістичних змінних, що дозволяють відобразити суб'єктивну міру експерта-викладача щодо взаємозв'язку між двома навчальними елементами. Сформовано модель навчального контенту у вигляді нечіткого графу, що складається з вершин чотирьох типів (базових, транзитивних, кінцевих та автономних) за формалізованими правилами їх комбінування в конкретних структурах. Управління ступенем взаємозв'язків відбувається шляхом нейро-нечіткої кластеризації, що дозволяє для кожного вектора взаємозв'язків визначити ступінь належності до відповідного кластеру – дидактичної мети. Модель дидактичної мети формується у вигляді ієрархічної структури, що отримано на основі попередньої змістової декомпозиції. Початкове нечітке розбиття дидактично значущих навчальних елементів відбувається на основі утворення матриці, значення якої є результатом фазифікації на основі визначення експертами функцій належності лінгвістичної змінної «ступінь впливу взаємозв'язків між навчальними елементами на досягнення відповідної мети».

До особливостей реалізації даного підходу можна віднести те, що за рахунок попередньої кластеризації вдалось значно ефективніше застосувати генерацію нечітких правил, кількість яких співпадає з кількістю кластерів. Отримана система дозволяє ідентифікувати характер взаємозв'язку між матрицею коефіцієнтів взаємозв'язків та ступенем досягнення дидактичної мети. Комп'ютерні експерименти, що підтверджують функціонування запропонованого підходу, здійснено на основі інструментарію Fuzzy Logic Toolbox програми Matlab. Для знаходження центрів кластерів в Matlab застосовано функцію `subclust`, що здійснює субтрактивну кластеризацію. Висновки щодо результативності запропонованою методики підтверджуються педагогічними експериментами з визначення позитивного впливу структурованого контенту на досягнення різних дидактичних цілей.

**Висновки.** У роботі сформовано структурно-логічну модель навчального контенту, її параметричного наповнення вектором інтеграції з метою дослідження взаємозв'язку між утвореною структурою та досягнення дидактичної мети. Подальше вдосконалення нечіткого розбиття множини дидактичних цілей та заснований на цьому механізм формування індивідуальних стратегій може бути реалізованим в межах синтезу гібридної системи адаптивного управління навчанням.

Запропонований метод дозволяє автоматизувати процес формування структури навчального контенту на основі визначених викладачем суттєвих логічних взаємозв'язків між навчальними елементами, що забезпечує досягнення заданої дидактичної мети на основі нейро-нечіткої кластеризації. Це дозволяє вдосконалити узагальнену синергетичну модель адаптивного управління навчанням, створити інформаційні умови для індивідуалізованого навчання.

### Список використаних джерел

1. Беяк О. М. Структурування навчальної інформації як складова підготовки студентів немовних спеціальностей. *Наука і освіта*. 2014. № 3. С. 12–15.
2. Terzieva V., Ichev S., Todorova K., Andreev R. Towards a design of an intelligent educational system. *IFAC-PapersOnLine*. 2021. No. 54 (13). P. 363–368.

## МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ В «ЦИФРОВИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**Манькута Я. М., Захарова І. В.**

Східноєвропейський університет імені Рауфа Аблязова, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Тенденція запровадження змішаного та дистанційного навчання в системі вищої освіти переорієнтувала університети щодо їхнього входження в цифрове освітнє середовище. Трансформація закладу вищої освіти в цифровий університет потребує розроблення моделей організації освітнього процесу. Об'єктом дослідження є бізнес-процеси університету. Предметом дослідження є засоби моделювання основних і допоміжних процесів закладу вищої освіти для його функціонування в цифровому освітньому середовищі. Пропонується модель трансформації ЗВО в «Цифровий університет» за методологією моделювання бізнес-процесів в нотації IDEF0. Специфіку моделі відображають функції модернізації ІТ-інфраструктури, цифровізації інформаційного забезпечення освітнього процесу, трансформації супровідних процесів та процесу навчання і перепідготовки персоналу.

**Ключові слова:** цифровий університет, цифрове освітнє середовище, модель університету, нотація IDEF0.

## MODEL OF TRANSFORMATION OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION IN “DIGITAL UNIVERSITY”

**Mankuta Y., Zakharova I.**

Rauf Ablyazov East European University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The trend of introducing blended and distance learning in the higher education system has reoriented universities in terms of their entry into the digital educational environment. The transformation of a higher education institution into a digital university requires the development of models for the organization of the educational process. The object of research is the business processes of the university. The subject of research is the means of modeling the main and auxiliary processes of a higher education institution for its functioning in the digital educational environment. The model of transformation of higher education institution in “Digital University” according to the methodology of business process modeling in IDEF0 notation is offered. The specifics of the model is reflected in the functions of modernization of IT infrastructure, digitalization of information support of the educational process, transformation of accompanying processes and the process of training and retraining of personnel.

**Keywords.** digital university, digital educational environment, university model, IDEF0 notation.

**Вступ.** Цифровізація визнається вагомим чинником розвитку політичних, економічних, соціальних і культурних відносин у суспільстві, проте поняття «цифровізація вищої освіти» набагато ширше за обсягом і змістом, ніж просте впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес. Сучасний цифровий університет – заклад вищої освіти (ЗВО), в якому докорінних змін зазнали структура, зміст освіти, підходи до адміністрування, розвитку людського капіталу, наукової діяльності та управління якістю освітніх послуг. Перехід від традиційного університету до цифрового передбачає не лише кількісне накопичення технічних засобів, а також зміну цілей, пріоритетів, корпоративної ідеології, організаційних принципів і підходів, структури закладу тощо.

**Постановка задачі.** Цифровізація освіти передбачає використання нових моделей організації навчання саме на основі цифрових технологій. Отже, цифрова спрямованість освітньої діяльності ЗВО передбачає здатність до інтеграції різних освітніх програм до «експорту» освітніх послуг. У процесі трансформації класичного ЗВО у цифровий університет необхідно об'єднати потенціали цифрових освітніх платформ з інтелектуальною системою побудови процесу навчання. Ця проблема потребує побудови реальних моделей організації навчання в ЗВО в умовах цифровізації освітнього процесу.

**Мета роботи** – побудова моделі трансформації класичного ЗВО у «Цифровий університет», орієнтованої на модернізацію основних бізнес-процесів відповідно до цифрової стратегії розвитку вищої освіти.

**Основна частина.** Під цифровізацією діяльності ЗВО будемо розуміти наскрізну автоматизацію всіх основних бізнес-процесів та служб ЗВО та переорієнтацію діяльності всіх ключових структурних підрозділів ЗВО на спільну роботу в єдиному автоматизованому (цифровому) просторі.

Цифрові технології надають нові можливості для виведення бізнес-процесів на якісно новий рівень з метою покращення ефективності навчання [1].

Для викладачів актуальними є вміння і навички методично, оптимально і технічно формувати зміст навчального матеріалу, візуалізації основних його моментів, формувати кейси для самостійної роботи студентів, організовувати інтерактивну діяльність під час вивчення нового матеріалу, застосовувати інноваційні методики, що поєднують елементи змішаного та дистанційного навчання. Саме це стало поштовхом до пошуку моделей цифрових університетів для функціонування в умовах карантинних обмежень і жорстких правил взаємодії між учасниками освітнього процесу [2].

Побудована за методологією моделювання бізнес-процесів в нотації IDEF0 модель трансформації ЗВО в «Цифровий університет» наведена на рисунках 1 і 2. Специфіку моделі відображають функції модернізації IT-інфраструктури, цифровізації інформаційного забезпечення навчального процесу, трансформації супровідних процесів та процесу навчання і перепідготовки персоналу.

Модель функції «Трансформації супровідних процесів» передбачає послідовність етапів, починаючи зі створення цифрової бібліотеки, AR-музею та віртуального кампусу до впровадження електронної служби підтримки, налагодження комунікації з регіональними роботодавцями і забезпечення можливості відображати інформацію з управління гуртожитком. Модель процесу навчання студентів та перепідготовки персоналу містить етапи формування електронних курсів та навчальних програм, вступу абітурієнтів з використанням представленого в мобільному додатку ЗВО власного кабінету, проведення освітнього процесу з використанням попередньо сконфігурованих цифрових засобів, а також етап підвищення IT-кваліфікації викладацького складу.

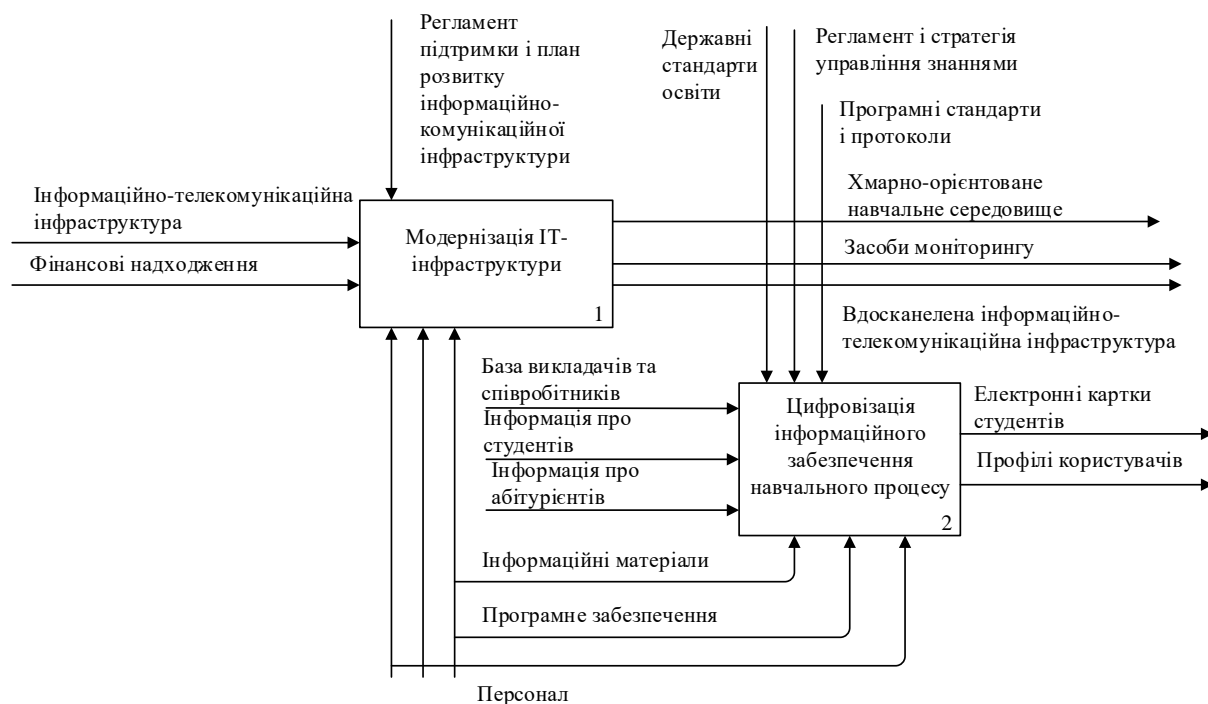


Рисунок 1 – Діаграма декомпозиції A0 «Трансформація ЗВО в «Цифровий університет» (функція модернізації IT-інфраструктури, цифровізації інформаційного забезпечення навчального процесу)

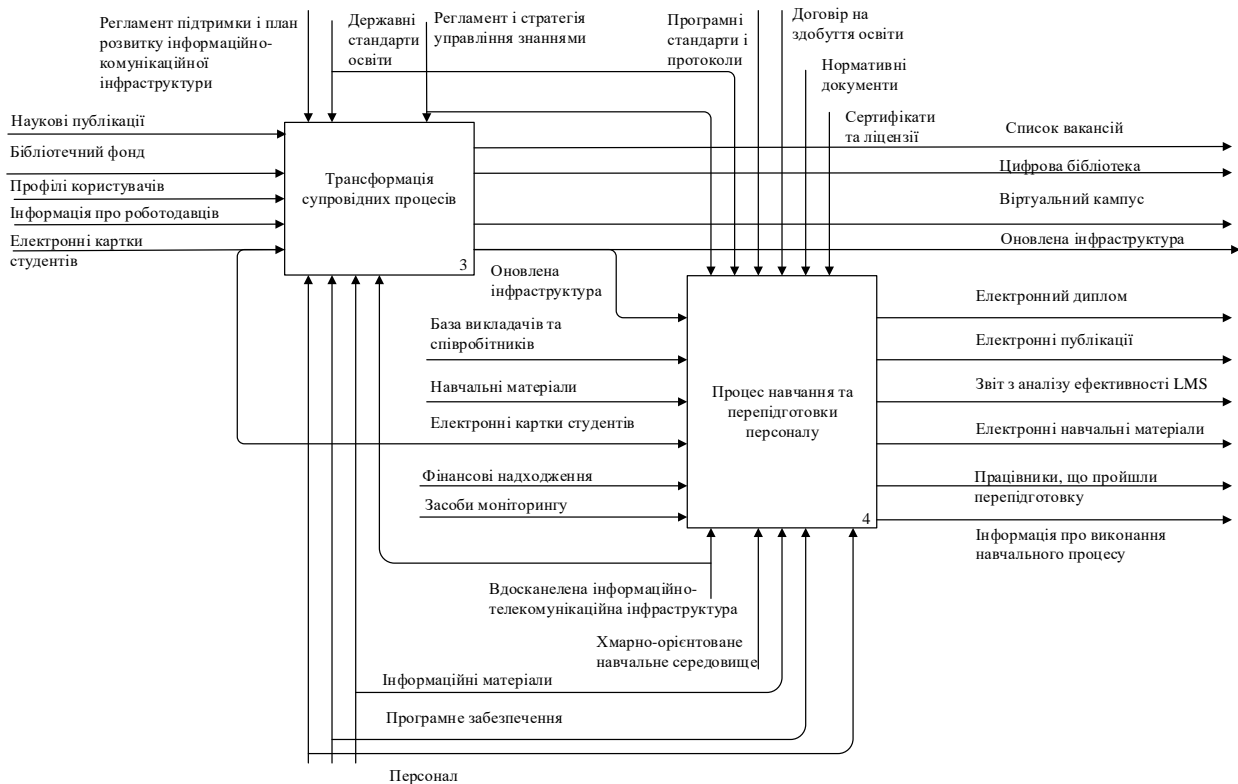


Рисунок 2 – Діаграма декомпозиції А0 «Трансформація ЗВО в «Цифровий університет» (функція трансформації супровідних процесів, процес навчання і підготовки персоналу)

**Висновки.** Трансформація вищої освіти відповідно до цифрової стратегії передбачає використання нових моделей організації навчання за методологією моделювання бізнес-процесів ЗВО в нотації IDEF0. Специфіку запропонованої моделі відображають функції модернізації ІТ-інфраструктури, цифровізації інформаційного забезпечення освітнього процесу, трансформації супровідних процесів та процесу навчання і підготовки персоналу. Запропонована модель «Цифровий університет» включає реінжиніринг бізнес-процесів освітніх послуг.

Практична реалізація запропонованої моделі сприятиме зростанню рейтингу ЗВО на ринку освітніх послуг. Конкурентоспроможність ЗВО, в якому освітній процес здійснюватиметься в цифровому середовищі буде забезпечуватися такими інструментами: індивідуальне освоєння освітніх програм – студенти можуть освоювати освітні онлайн-програми у зручному темпі, будь-коли незалежно від часового поясу та географічної віддаленості від ЗВО; зниження витрат на друковані матеріали – освітня програма цілком і повністю існує у цифровому просторі; для ЗВО обсяги матеріальних витрат на реалізацію освітньої програми не будуть залежати від кількості студентів.

### Список використаних джерел

1. Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 січ. 2018 р. № 67-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/67-2018-p/ed20180117#n20> (дата звернення: 05.04.2022).
2. Арешонков В. Ю. Цифровізація вищої освіти: виклики та відповіді. *Вісник НАПН України*. 2020. Т. 2 (2). doi: 10.37472/2707-305X-2020-2-2-13-2 (дата звернення: 15.04.2022).

## ДОЦІЛЬНІСТЬ ФОРМУВАННЯ НАСКРІЗНИХ ІК-КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ПІДГОТОВЦІ КАДРІВ З ЦИФРОВОЇ ОСВІТИ

Носенко Ю. Г.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна

**Анотація.** Успішність цифровізації освіти залежить від планомірності, системності, узгодженості, чіткої координації дій усіх учасників. Найважливішим ресурсом цифровізації є кадровий ресурс – фахівці, які безпосередньо включені в процеси цифрової трансформації освітньої сфери. Об'єкт дослідження – процес підготовки кадрів з цифрової освіти. Предметом дослідження є формування наскрізних ІК-компетентностей кадрів з цифрової освіти. У роботі обґрунтовано доцільність дослідження проблеми формування наскрізних ІК-компетентностей кадрів з цифрової освіти, що є одним із напрямів науково-дослідної роботи Інституту цифровізації освіти НАПН України.

**Ключові слова:** цифровізація освіти, кадри з цифрової освіти, магістр, доктор філософії, наскрізні ІК-компетентності, інформаційно-комунікаційні технології.

## FEASIBILITY OF THE FORMATION OF THROUGH-CUTTING IC-COMPETENCIES IN DIGITAL EDUCATION SPECIALISTS' TRAINING

Nosenko Yu.

Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The success of digitalization of education depends on planning, systematicity, consistency, and coordination of actions of all participants. The most important resource of digitalization is personnel – specialists who are directly involved in the processes of digital transformation of education. The object of research is the process of digital education specialists' training. The subject of research is the formation of through-cutting IC-competencies in digital education specialists' training. It is grounded on the feasibility of the formation of through-cutting IC-competencies in digital education specialists' training, which is among the research directions of the Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine.

**Keywords:** digitalization of education, digital education specialists, Master, Ph.D., through-cutting IC-competencies, ICT.

**Виклад основного матеріалу.** Однією з основних умов підтримки процесів цифровізації, заявленої серед пріоритетних цілей і завдань розвитку українського суспільства [1; 2; 3], є забезпечення потужного кадрового складника – високого компетентнісного рівня фахівців, які реалізують ці процеси, зокрема в питанні використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

Успішність цифровізації освіти залежить від планомірності, системності, узгодженості, чіткої координації дій усіх учасників. Найважливішим ресурсом цифровізації є кадровий ресурс – фахівці, які безпосередньо включені в процеси цифрової трансформації освітньої сфери (кадри з цифрової освіти). Це – кадри вищого кваліфікаційного рівня, компетентні розв'язувати комплексні проблеми в галузі ІКТ в освіті, магістри і доктори філософії.

**Мета роботи** – обґрунтувати доцільність дослідження проблеми формування наскрізних ІК-компетентностей кадрів з цифрової освіти.

Важливим показником якості підготовки кадрів з цифрової освіти є рівень їхньої ІК-компетентності. Дискусії навколо змісту поняття ІК-компетентності (CEDEFOP (2004); OECD (2007); UNESCO (2008); Веста (2009); ISTE (2016) та ін.) сходяться на розумінні того, що ІК-компетентність є наскрізною, багатофункціональною, може бути застосована в різноманітних життєвих сферах.

Аналіз закордонного і вітчизняного досвіду показує, що якість підготовки кадрів з цифрової освіти є значно вищою, якщо забезпечено умови наскрізності підготовки таких фахівців, зокрема в питанні формування їхньої здатності ефективно добирати і використовувати сучасні ІКТ для вирішення професійних завдань.



Наскрізність формування ІК-компетентностей передбачає системність і наступність їх формування на різних рівнях освіти, що забезпечується інтегрованістю змісту навчання ІКТ в освіті та відповідними методиками.

Підготовка кадрів з цифрової освіти здійснюється в багатьох країнах. Назви спеціальностей відрізняються, однак зміст підготовки спрямований на формування компетентностей щодо застосування сучасних ІКТ в підтримці освітніх процесів. Зокрема, запроваджуються програми: «Digital Humanities» (Бельгія), «Education Sciences with New Technologies» (Греція), «ICT for education», (Іспанія), «Educational Technology and Digital Competences» (Мексика), «Management of Technology Enhanced Learning» (Німеччина), «Educational Innovation, Technology, and Entrepreneurship», «Learning Sciences & Technologies» (США), «Smart-EdTech, Co-Creativity and Digital Tools for Educational Innovation» (Франція), «Information Technology and Learning» (Швеція) та ін.

В Україні підготовка кадрів з цифрової освіти здійснюється на рівні магістратури (спеціальність 011 «Освітні, педагогічні науки», освітньо-професійна програма «Інформаційно-комунікаційні технології в освіті»), аспірантури (спеціальність 011 «Освітні, педагогічні науки», освітньо-наукова програма «Інформаційно-комунікаційні технології в освіті»). Аналіз програм показав розбіжності у підходах, послідовності змісту, запланованих результатів навчання між рівнями магістра та доктора філософії. Існуючі програми не охоплюють аспекти наскрізності, наступності навчання використанню ІКТ в системі підготовки кадрів з цифрової освіти. Аналіз програм також показав, що вони не відображають деякі актуальні напрямки, які наразі розвиваються закордоном, зокрема, адаптивні системи навчання, імерсивні технології, технології відкритої науки тощо.

Оскільки існує об'єктивна необхідність забезпечення ресурсної (кадрової) підтримки процесів цифровізації освіти в Україні, що передбачає залучення кадрів вищого кваліфікаційного рівня, компетентних розв'язувати комплексні проблеми в галузі ІКТ в освіті, вважаємо важливим забезпечити формування наскрізних ІК-компетентностей на рівнях магістра та доктора філософії. Забезпечення системності і наступності підготовки таких фахівців сприятиме підвищенню якості системи підготовки кадрів з цифрової освіти, зростанню рівнів наскрізних ІК-компетентностей кадрів з цифрової освіти, ефективності впровадження в освітній процес закладів вищої освіти і наукових установ сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

**Висновки.** Таким чином, з огляду на задекларовані на державному рівні цілі і завдання розвитку українського суспільства, формування в Україні Суспільства 4.0, вимоги до системи освіти, що має забезпечити формування кадрового складника соціально-економічних перетворень, необхідних компетентностей фахівців щодо використання ІКТ в умовах цифрової трансформації, забезпечення на цій основі конкурентоспроможності України на світовому ринку, формування наскрізних ІК-компетентностей кадрів з цифрової освіти є задачею виключно актуальною, соціально значущою і важливою для системи вітчизняної освіти і науки, а її розв'язання – своєчасним і перспективним в контексті цифрової трансформації в Україні.

#### **Список використаних джерел**

1. Концепція цифрової трансформації освіти і науки. 2021. URL: <http://surl.li/byvla> (дата звернення: 18.05.2022).
2. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 роки. 2020. URL: <http://surl.li/mphq> (дата звернення: 18.05.2022).
3. Україна 2030Е – країна з розвинутою цифровою економікою. URL: <http://surl.li/pmww> (дата звернення: 18.05.2022).

## ВИКОРИСТАННЯ ІКТ В СИСТЕМІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО ЗАПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОСВІТИ

Сальник І. В., Сірик Е. П., Соменко Д. В.

Центральноукраїнський державний педагогічний університет  
імені Володимира Винниченка, м. Кропивницький, Україна

**Анотація.** Важливість теми обумовлена попитом суспільства на людей, які мають наукові знання та досвід у сфері технологій та техніки. Засоби ІКТ можуть посилити навички студентів, що розвиваються в STEM-освіті: розв'язування проблемних і практичних завдань, логічне та критичне мислення, технологічна грамотність. Об'єктом дослідження є процес підготовки вчителів фізики до запровадження STEM-технологій. Предметом дослідження – засоби ІКТ як основа STEM-освіти. У цій роботі запропоновано метод розвитку критичного мислення майбутніх вчителів фізики через впровадження технології STEM, який відрізняється від традиційних методів навчання широким використанням ІКТ. Проведений аналіз дав можливість визначити сучасні підходи і запропонувати методи використання комп'ютерно орієнтованого обладнання Arduino у процесі підготовки вчителів фізики для роботи в STEM-орієнтованому освітньому середовищі. Основним підходом до навчання студентів було обрано проектну технологію. Експериментальне навчання виявило більш високий рівень зацікавленості студентів до оволодіння новою технологією, бажання використовувати свої навички на практиці. При цьому дійшли висновку, що впровадження STEM вимагає коригування навчального плану підготовки майбутніх вчителів фізики, освітніх фондів, технологій та управління для успішного навчання студентів.

**Ключові слова:** технології, STEM-освіта, комп'ютерно орієнтоване обладнання, підготовка вчителя фізики.

## EMPLOYMENT OF ICT IN THE SYSTEM OF TRAINING PHYSICS TEACHERS FOR THE INTRODUCTION OF STEM EDUCATION

Salnyk I., Siryk E., Somenko D.

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University,  
Kropyvnytskyi, Ukraine

**Abstract.** The importance of the topic arises from the society demands for people who have scientific knowledge and experience in the sphere of technology and engineering. ICT means can strengthen students' skills developing in STEM education: problem and practical tasks solving, logical and critical thinking, technology literacy. The object of research is the process of preparing physics teachers for the introduction of STEM technologies. The subject of research – ICT tools as a basis for STEM education. This paper proposes a method of developing critical thinking of future physics teachers through the introduction of STEM technology, which differs from traditional methods of teaching by the widespread use of ICT. The conducted analysis gives an opportunity to identify modern approaches and offer methods of using computer oriented Arduino equipment in the process of physics teachers training for work in STEM oriented educational environment. Project technology is chosen as the main approach to teaching students. Experimental teaching has revealed higher level of students interest in mastering new technology, wish to use their skills in practice. It is concluded that implementation of STEM requires curriculum adjusting, educational assets, technology and management for successful training of all students.

**Keywords:** technology, STEM education, computer oriented equipment, physics teacher training.

**Вступ.** Ефективне використання технологій змінило обличчя освіти, створило більше можливостей для реалізації сучасних підходів, особливо в умовах дистанційного навчання. Особливого впливу від розвитку технологій зазнають природничі науки, як основа науково-технічного прогресу. Зосереджуючи увагу на інноваційних технологіях, ми звертаємо увагу на потребу їх використання з метою розвитку критичного та креативного мислення, розумових здібностей студентів, а не лише як засобів, використання яких розвивають набір певних навичок.

**Постановка проблеми.** Численні дослідження показують, що рівень розвитку критичного мислення студентів визначається великою кількістю чинників: ступенем важливості обраної професії для майбутнього студента, ступенем підготовленості до

навчання, структурою навчальних планів, досвідом роботи в аудиторії та поза її межами (самостійної роботи), умовами та видами діяльності студентів, залученням студентів до наукової, дослідної та соціально значущої роботи та ін. Дослідники визначили кілька методів навчання, які можуть бути використані, щоб стимулювати розвиток навичок критичного мислення [3, 4]. Такий рівень може забезпечити підхід, який нами пропонується.

**Метою роботи** є аналіз інноваційних підходів до підготовки майбутніх вчителів фізики в аспекті запровадження STEM орієнтованої освіти через впровадження комп'ютерно орієнтованого обладнання на основі навчального середовища Arduino.

**Основна частина.** Широке впровадження у навчальний процес комп'ютерної техніки відкриває перспективи для швидкої реалізації STEM технології в освітньому процесі. Проблемою залишається підготовка вчителів, здатних використовувати відповідні педагогічні методи і прийоми навчання інтегровано з новими технологіями.

Реалізувати на практиці ідеї STEM-освіти ми пропонуємо на основі використання імерсивного навчального середовища Arduino [2]. Вивчення роботи Arduino та його освітніх можливостей студентами запропоновано на основі виконання проєкту. Метою виконання проєкту була розробка нової системи керування годинниками на факультеті. Як експеримент було розроблено більш сучасну систему керування мережевими годинниками, яка базується на контролері Arduino UNO та пристрої для керування LCD Keypad Shield. Програму для мікроконтролера та управління дзвінками було написано самостійно з урахуванням специфіки роботи нашого університету (рисунок 1).

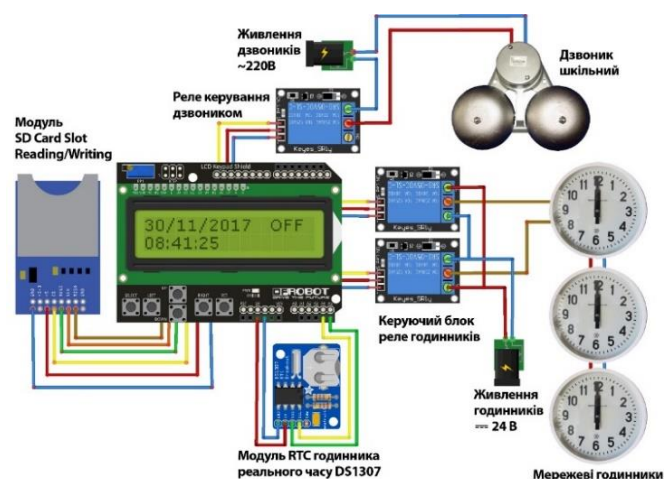


Рисунок 1 – Система керування мережевими годинниками

Виконання проєкту студентами було розбито на етапи. На кожному етапі задавалися відповідні питання. У дослідженні було використано якісний аналіз даних, зібраних з інтерв'ю, спостережень, рефлексійних журналів, аркуша повсякденної діяльності студентів та тестових питань критичного мислення, який розроблявся на основі контрольного списку Осборна [1].

Учасниками цього дослідження були 28 студентів – майбутніх вчителів фізики. Пізнавальні здібності студентів у підготовці фізики коливались від високого до низького рівнів. Результати експерименту показали, що студенти стали більш відкритими до використання технологій, ніж на початку виконання проєкту. Найголовніше, за відповідями студентів, те, що вони отримали впевненість, що здатні використовувати такі речі в своїй діяльності, які раніше вважали для себе недосяжними.

**Висновки.** Тема підтримки ІКТ у навчанні студентів STEM є вельми актуальною та створює виклики для досліджень та аудиторних дій. Загалом необхідні постійні дослідження, щоб забезпечити використання ІКТ найкращим чином з урахуванням специфіки педагогічної діяльності. Вплив інших факторів на ефективність запровадження технологій STEM може стати предметом подальших досліджень.

### Список використаних джерел

1. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / за ред. О. В. Горика. Харків: Вид-во «НТМТ», 2017. 448 с.
2. Соменко Д. В. Використання апаратно-обчислювальної платформи Arduino в навчальному процесі з фізики. Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. 88 с.
3. Толоконнікова Н., Васильків О. Застосування ІКТ у реалізації STEM-освіти на уроках природничого циклу. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2017. Вип. 11 (IV). С. 99–103.
4. Williams J. The Vocational Goals of STEM Education: Is that enough? Paper presented at PATT 2017. Philadelphia: Technology & Engineering Education – Fostering the Creativity of Youth Around The Globe 10-14 July 2017.

## ЦИФРОВА ДОШКА GOOGLE JAMBOARD ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПЕРСОНАЛЬНИХ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

**Храпаль Д. С., Чурсанова М. В.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

**Анотація.** Пошук нових педагогічних підходів із застосуванням цифрових інструментів, які підвищують ефективність навчання у дистанційному режимі, є однією з першочергових задач освіти в умовах сьогодення. У роботі розглянуто можливості одного з таких інструментів – віртуальної дошки Google Jamboard. Об'єктом дослідження є застосування такої дошки під час онлайн навчання іноземних студентів. Предметом дослідження є методи та засоби створення персоналізованих контрольних зошитів на основі розтиражованої заготовки Google Jamboard. У роботі запропоновано приклади завдань з фізики, що дозволяють вирішити типові складнощі навчання іноземних студентів іноземною мовою за допомогою візуального подання інформації та творчого підходу. Результати проведеного педагогічного експерименту свідчать, що персональні контрольні завдання на основі Google Jamboard сприяють глибшому запам'ятовуванню матеріалу та зростанню відсотка успішного виконання завдань з фізики.

**Ключові слова:** Google Jamboard, онлайн навчання, цифрові інструменти, іноземні студенти.

## GOOGLE JAMBOARD AS A DIGITAL TOOL FOR CREATING PERSONAL CONTROL TASKS

**Khrapal D., Chursanova M.**

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”,  
Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Finding new pedagogical approaches with the use of digital tools that increase the effectiveness of distance learning is one of the top priority tasks of education in today's conditions. This paper discusses the capabilities of one of such tools – a virtual board Google Jamboard. The object of research is the use of such a board during online learning with foreign students. The subject of research is the methods and means of creating personalized control taskbooks based on the replicated pre-prepared Google Jamboard. The paper offers examples of tasks in physics that allow to solve typical difficulties of teaching foreign students in a foreign language through visual presentation of information and creativity. The results of the pedagogical experiment show that personal control tasks based on Google Jamboard contribute to a deeper memorization of the material and increase the percentage of successful completion of physics tasks.

**Keywords:** Google Jamboard, online learning, digital tools, foreign students.

**Вступ.** Впровадження цифрових інструментів у навчальний процес сьогодні є актуальним як ніколи. Що не рік, ми зустрічаємо все більш складні виклики. Спочатку пандемія COVID-19 змусила нас повністю переглянути формат навчання і змінити його на дистанційний. А потім війна, умови якої не дають можливості навчатися синхронно хоча б онлайн. Необхідним стає пошук засобів навчання, що дозволяли б ефективно здійснювати

навчальний процес за умов не лише дистанційності, але й асинхронності. В цьому допомагає бурхливий розвиток цифрових технологій в освіті, що надає викладачеві свободу для створення новітніх педагогічних підходів.

**Постановка задачі.** Отже, аналізуючи сучасні цифрові інструменти, ми працювали над розробкою нових видів навчальних завдань на їх основі. Озвучені проблеми потребують вищого рівня створення завдань, щоб їх чіткість та цифрові методи виконання компенсували розширені строки їх здачі в асинхронному режимі, а навчання було мобільним, і, знаходячись навіть у не дуже зручних умовах, студенти мали змогу продовжувати ефективно вчитись. Особливістю нашого дослідження є також те, що експериментальна група складається з іноземних студентів, а отже розроблені нами підходи мають допомогти подолати їх специфічні проблеми у навчанні. Саме тому одним із інструментів, що відповідає поставленим задачам, ми обрали цифрову дошку Google Jamboard.

**Мета роботи** – підвищення ефективності навчання за умов дистанційної роботи в асинхронному режимі завдяки використанню цифрових інструментів, а саме Google Jamboard.

**Основна частина.** За наявності великого спектра онлайн ресурсів для дистанційного навчання необхідно обирати найзручніші та найефективніші з них, і саме Google Jamboard має як широкий перелік функцій, так і простий зрозумілий віртуальний інтерфейс [1]. Ця дошка може стати зручним цифровим інструментом для створення контрольних чи самостійних робіт, або ж розробки персональних контрольних зошитів з фізики. Суттєвою відмінністю Google Jamboard є те, що до однієї дошки можна додавати до десяти сторінок, розміщуючи на них завдання, і, створивши такий контрольний зошит на власному Google Диску, викладач може розтиражувати його персонально для кожного студента, прикріпивши до «Завдання» у Google Класі з опцією «Кожен студент отримає копію». Це дозволяє одержати не тільки неповторний творчий результат виконання завдань, а й різносторонньо оцінити знання кожного студента та перевірити всі зошити віртуально. Тоді як, для порівняння, інструмент Google Forms, який використовується для створення тестових завдань, не дає цього розмаху та має доволі обмежений простір для перевірки знань та демонстрації студентами креативного підходу та повного ґрунтовного вираження думки.

Ми використали Google Jamboard у нашому педагогічному експерименті під час організації онлайн-навчання фізики іноземних студентів англійською мовою. Нами було розроблено нові види завдань у Google Jamboard для того, щоб провести контрольні роботи більш ефективно та подолати основні проблеми у навчанні, що виникають саме у іноземних студентів – мовний та психологічний бар'єри, пасивність студентів на заняттях, невідповідності пререквізитного рівня знань з точних наук до вимог українських вишів. Для цього на Google Диску ми створили заготовку дошки з контрольними завданнями з теми «Механіка». Наведемо приклад так званих завдань-пазлів. На дошці створювався «Банк» – виділена область, у яку ми додавали у вигляді зображень-скріншотів різні компоненти формул, математичні символи, назви сил, елементи ілюстрації до фізичної моделі задачі тощо, а студенти мали скласти із них правильні формули або рисунки фізичної моделі. Завдання такого типу мають ігровий мотив та сприяють закріпленню базових знань з механіки, кращому запам'ятовуванню основних законів і формул, тренуванню навичок швидкого визначення проєкцій векторних величин та побудови фізичних моделей умови задачі. Під час виконання даних завдань залучається зорова та моторна пам'ять. Для осмисленого складання відповіді із складових частин студенти мають проявити підвищену увагу у кожній вправі та, як результат, отримати глибше запам'ятовування формул.

**Висновки.** Даний експеримент з впровадження індивідуальних контрольних завдань з фізики на основі цифрової дошки Google Jamboard нами було проведено для англійськомовних іноземних студентів, і враховуючи це, візуальність та графічність завдань, що ми створили у Google Jamboard, допомогли подолати мовний бар'єр під час контрольного оцінювання знань студентів, адже для більшості з них англійська мова, якою проводилося навчання, є також іноземною мовою. В результаті ми отримали вищий відсоток виконання завдання та зростання коефіцієнта правильних відповідей серед студентів – це засвідчує зростання активності студентів та підвищення рівня їх знань.

### Список використаних джерел

1. Медведєва М. О., Жмурко О. І., Криворучко І. І., Ковтанюк М. С. Організація продуктивної взаємодії між учасниками освітнього процесу в умовах дистанційного навчання: аналіз сучасних додатків. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*. 2021. Вип. 80. Т. 2. С. 39–45.

## ЕЛЕКТРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ

**Царенко М. О., Черних В. В.**

Південноукраїнський державний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського,  
м. Одеса, Україна

**Анотація.** В поточному дослідженні вивчаються особливості вибору адаптивних та допоміжних технологій з точки зору їх застосування в навчальному процесі та як самостійних технологій. Також досліджено навчальну взаємодію як таку, що можна розділити на послідовність кроків, кожен з яких можна віднести до одного з п'яти різних режимів: отримання інструкцій, розуміння, складання, трансфер відповіді та збереження даних. Тип технології, яку вимагає індивід, має пряме відношення до режиму, який потребує здобувач освіти. Як допоміжні технології розглядаються інструменти підтримки навчання, зокрема здобувачів освіти з особливими освітніми потребами, такі як інструменти розпізнавання та синтезу мови, перекладу жестової мови, відстеження руху очей. Такі технології тепер знайшли свою нішу у працездатному світі. Очевидним є збільшення соціального замовлення на подальше використання та розвиток в Україні адаптивних та допоміжних технологій. Під час поточного дослідження було також виявлено технології, які охоплюють усі аспекти інших способів навчання. В свою чергу, приклади допоміжних технологій менш очевидні, ніж адаптивні технології, будучи менш «очевидними», оскільки вони зазвичай є лише програмним забезпеченням.

**Ключові слова:** адаптивні технології, допоміжні технології, форми навчання, режими зв'язку.

## E-TECHNOLOGIES OF ADAPTIVE LEARNING

**Tsarenko M., Chernykh V.**

South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

**Abstract.** The current study examines the features of the choice of adaptive and assistive technologies in terms of their application to the educational process and as independent technologies. Learning interaction is also explored as one that can be divided into a sequence of steps, each of which can be assigned to one of five different modes: instruction, comprehension, compilation, response transfer, and data storage. The type of technology required by the individual is directly related to the regime required by the learner. Assistive technologies include learning support tools, including those with special educational needs, such as language recognition and synthesis tools, sign language translation, and eye tracking. Such technologies have now found their niche in the working world. The increase in the social order for further use and development of adaptive and assistive technologies in Ukraine is obvious. The current study also identifies the technologies that cover all aspects of other learning methods. In turn, examples of assistive technologies are less obvious than adaptive technologies, being less "obvious" because they are usually just software.

**Keywords:** adaptive technologies, assistive technologies, forms of education, communication modes.

**Вступ.** Технології швидко змінюються. Це змінює наш спосіб і темпи життя, які ми обираємо. Комп'ютери, підключені до Інтернету, стали звичним явищем у нашому світі, у закладах освіти та на робочих місцях. W3C визначають допоміжну технологію як «програмне або апаратне забезпечення, яке було спеціально створено, покликане допомагати людям з інвалідністю у здійсненні повсякденної діяльності» [1]. Це визначення досить широке, щоб відповідати широкому спектру доступних технологій. Адаптивні технології допомагають, адаптуючи вміст або відповіді користувачів з однієї форми до іншої (наприклад, екранні програми та екранні клавіатури). Щоб краще зрозуміти широту адаптивних та допоміжних технологій, варто зазначити, що в поточному дослідженні не

вивчається використання адаптивних та допоміжних технологій для осіб з особливими освітніми потребами, що мають певні вади, натомість, розглядається використання таких технологій у загальному контексті навчання [1].

**Постановка задачі.** В поточному дослідженні вивчаються особливості використання адаптивних та допоміжних технологій навчання та проводиться вивчення режимів роботи адаптивних та доповіжних технологій в контексті використання їх для підтримки навчання осіб з особливими освітніми потребами та інших категорій збовучів освіти

**Мета дослідження.** Вивчення особливостей та доцільностей використання адаптивних та допоміжних технологій в контексті навчання осіб з особливими освітніми потребами.

**Основний матеріал.** У навчальній взаємодії є багато моментів, які можуть викликати труднощі у здобувачів освіти із фізичними або когнітивними вадами. Зазвичай, допоміжна або адаптивна технологія зосереджується на одному з цих моментів, а для деяких здобувачів освіти потрібна технологія така, щоб вони могли успішно орієнтуватися у навчальній взаємодії. Насправді, деякі люди можуть використати 5 або більше окремих частин технології. Існує вагома причина, чому існує такий діапазон. Це пов'язано не тільки з різними можливостями осіб з особливими освітніми потребами, а й з різними аспектами процесу навчання, які необхідно враховувати. Технології, орієнтовані на людей з обмеженими фізичними можливостями, хоча і не найпоширеніші, часто є найбільш помітними. До них відноситься джойстики з ротом і програмне забезпечення для розпізнавання мови. Навчальну взаємодію зазвичай можна розділити на послідовність кроків, кожен з яких можна віднести до одного з п'яти різних режимів. Ці режими такі ж, як і в сучасному навчальному середовищі онлайн. Тип технології, яку вимагає індивід, має пряме відношення до режиму, який потребує учень. Режими прийому та передавання відповіді подібні тим, що, зазвичай, передбачають перетворення матеріалу з однієї форми в іншу. Синтез мовлення та перетворення з тексту в мовлення може бути корисним для не зрячого здобувача освіти, який отримує інструкції електронною поштою. Однак він має меншу ефективність застосування у режимі передавання відповіді. Програмне забезпечення розпізнавання застосовується в обох цих режимах. Це дозволяє людині, позбавленій слуху, отримати інструкцію у вигляді аудіопрезентації, яка була перетворена на текст. Ця ж технологія також дозволяє людям з фізичними вадами передавати відповідь за допомогою мови, замість клавіатури. Режими охоплення та складання відокремлені від будь-яких фізичних відносин з повідомленням. Незалежно від того, як повідомлення дійде до здобувача освіти, він все одно повинен це зрозуміти. Незалежно від того, як відповідь буде передаватись назад, її все одно потрібно викласти спочатку словами. Обидва ці режими передбачають застосування когнітивних навичок, а деякі особи, або з труднощами у навчанні, такими як дислексія, мовні бар'єри, або низька грамотність, потребують допомоги в цій сфері [2]. Проблеми з цими режимами посилюються через особливі лексичні одиниці української мови, такі як омофони, омоніми, синоніми, суперечливі правила граматики, надмірне використання скорочень та поглинання неукраїнських слів. Режим «отримання інструкції» як подання фактів, так і ставлення запитань, є прикладами отримання режиму інструкцій. Обмеживши наш первинний огляд цього режиму п'ятьма людськими почуттями, ми це побачимо. Майже 100% спілкування в цьому режимі стосується лише двох органів чуття «бачити» і «чути». Якщо учень має дефіцит або повністю не має жодного з цих почуттів, то він, безумовно, буде боротися в навчальному середовищі. Режим передавання відповіді передбачає, що учень отримує відповідь, яку має формулювати в режимі складання та перетворення на форму, яку викладач очікує. Користувач надсилає відповідь на есе або короткий нарис, який має бути позначений «вихователь–людина». Зрозуміло, що одні й ті ж технології можуть бути використані в обох випадках інструкцій та передавання відповідей, але вони використовуються з різних причин, і не будуть використовуватися в обох режимах однією особою. Синтезатори мовлення є, мабуть, найбільш визнаною формою адаптивних технологій. Вони є необхідністю для незрячих або слабозрячих здобувачів освіти, щоб успішно орієнтуватися в середовищі навчання. За останні роки ця технологія пройшла великий шлях. Комп'ютер синтезував голос, з часом він стає все більш природним. Тепер

програмам зчитування з екрана можна призначати акценти, які більше нагадують ті, що притаманні здобувачу освіти.

**Висновки.** Було розглянуто ряд допоміжних та адаптивних технологій, доступних в Україні. Вихідна передумова полягає в тому, що ці технології працюють у 5 різних режимах, що стосуються аспектів навчального процесу. Можна стверджувати, що всі технології, що підтримують усі п'ять режимів, допомагають користувачам. Однак, оскільки технології, які використовуються для розширення інструкції прийому, та режими передавання відповіді зазвичай залежать від змісту або відповідей, з одного представлення іншим, у дослідженні іменували як адаптивні технології. Безсумнівно, що технологія використання допоміжних засобів потребує подальшого поглибленого дослідження, за результатами якого може бути запропоновано низку корисних освітніх інновацій не тільки для здобувачів освіти з особливими освітніми потребами, але й для інших категорій здобувачів освіти.

#### Список використаних джерел

1. Apple Inc. Технології спеціальних можливостей у MacOSX. URL: <http://www.apple.com/accessibility> (дата звернення: 15.04.2022).
2. Фарид, Мутарг, Старк. Управління дисплеєм комп'ютера та взаємодія за допомогою Eye-Gaz. URL: <http://main.cs.qub.ac.uk/~fmurtagh/papers/fm6.pdf> (дата звернення: 10.04.2022).

### СТРУКТУРА ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОГО ОСВІТНЬО-НАУКОВОГО І НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Франчук В. М.<sup>1</sup>, Франчук Н. П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна

**Анотація.** Підготовка майбутнього вчителя інформатики та фахівця з інформаційних технологій має базуватися на педагогічно виваженому гармонійному поєднанні традиційних методичних систем навчання та новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, форм, методів і засобів навчання. Об'єктом дослідження є процес навчання дисциплін під час фахової підготовки майбутніх вчителів інформатики та фахівців з інформаційних технологій у закладах вищої освіти. Предметом дослідження є веб-орієнтоване освітньо-наукове та навчальне середовище закладу вищої освіти для навчання майбутніх учителів інформатики та фахівців з інформаційних технологій під час змішаного навчання. Використання веб-орієнтованого освітньо-наукового і навчального середовища дає змогу інтегрувати сучасні освітні ресурси, навчальні програми, засоби, інформаційно-комунікаційні технології в єдину систему та автоматизувати управління освітнім процесом.

**Ключові слова:** навчальне середовище, веб-орієнтована система, змішане навчання, вчитель інформатики, фахівець з інформаційних технологій.

### THE STRUCTURE OF THE WEB-ORIENTED EDUCATIONAL-SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Franchuk V.<sup>1</sup>, Franchuk N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Institute for Digitalisation of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The training of future teacher of computer science and specialist in information technology should be based on a pedagogically balanced harmonious combination of traditional teaching methods and the latest information and communication technologies, forms, methods, and teaching aids. The object of research is the process of teaching disciplines during the professional training of future computer science teachers and information technology specialists at higher education institutions. The subject of research is a web-oriented educational-scientific and educational environment of a higher education institution for the training of future computer science teachers and information technology specialists during blended learning. The use of web-oriented educational-scientific, and educational environment allows to integrate modern educational resources,



educational programs, tools, information, and communication technologies into a single system and automate the management of the educational process.

**Keywords:** learning environment, web-based system, blended learning, teacher of computer science, specialist in information technology.

**Вступ.** Система інформатичної підготовки майбутнього вчителя інформатики та фахівця з інформаційних технологій має базуватися на педагогічно виваженому гармонійному поєднанні традиційних методичних систем навчання та новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, форм, методів і засобів навчання. Педагогічно виважене застосування сучасних інформаційно-комунікаційних технологій навчання в навчально-виховному процесі в багатьох випадках забезпечує достатньо високі результати професійної підготовки фахівців [1].

**Постановка проблеми.** Проте варто враховувати і закономірності, властиві навчанню з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема, під час змішаного навчання, а саме в умовах пандемії та війни. В разі використання змісту змішаного навчання враховується зміст навчання в закладі вищої освіти (ЗВО): структура, зміст та обсяг навчального матеріалу, оволодіння яким забезпечує студентів можливість здобуття вищої освіти та певної кваліфікації [2].

**Мета роботи** – створення і дослідження моделі веб-орієнтованого освітньо-наукового і навчального середовища закладу вищої освіти для навчання майбутніх учителів інформатики та фахівців з інформаційних технологій.

**Основна частина.** Центральною ланкою інформатичної підготовки майбутнього вчителя інформатики та фахівця з інформаційних технологій є веб-орієнтоване освітньо-наукове і навчальне середовище, використання якого дає змогу інтегрувати сучасні освітні ресурси, навчальні програми, засоби, інформаційно-комунікаційні технології в єдину систему та автоматизувати управління освітнім процесом (рисунок 1). Веб-орієнтоване освітньо-наукове і навчальне середовище реалізовано на базі традиційних методичних систем навчання (навчально-методичне забезпечення дисциплін, підручники, посібники, додаткові ресурси) та веб-орієнтованих систем – хмаро-орієнтовані сервіси, системи управління вмістом сайтів загального призначення, системи управління навчальними матеріалами, видавничі системи, системи спеціального призначення, системи для спільної роботи тощо.

**Висновки.** Успішність реалізації запропонованої моделі веб-орієнтованого освітньо-наукового і навчального середовища закладу вищої освіти для навчання майбутніх учителів інформатики та фахівців з інформаційних технологій залежить від багатьох чинників, зокрема від наявної сучасної матеріально-технічної бази, формування ефективних методик використання веб-орієнтованих систем навчання дисциплін, організаційних чинників, підготовки кадрів, певних структурних змін. Тому необхідно у подальших дослідженнях розглянути та дослідити етапи впровадження веб-орієнтованого освітньо-наукового і навчального середовища закладу вищої освіти для навчання різних навчальних дисциплін майбутніх учителів інформатики та фахівців з інформаційних технологій у закладах вищої освіти. Наукова новизна дослідження полягає в тому, що запропоновано модель веб-орієнтованого освітньо-наукового і навчального середовища, використання якого дає змогу інтегрувати сучасні освітні ресурси, навчальні програми, засоби, інформаційно-комунікаційні технології в єдину систему та автоматизувати управління освітнім процесом. Практичне значення дослідження полягає в тому, що розроблена модель веб-орієнтованого освітньо-наукового та навчального середовища може бути використана в процесі фахової підготовки майбутніх учителів інформатики та фахівців з інформаційних технологій в закладах вищої освіти, зокрема таку модель впроваджено в НПУ імені М.П. Драгоманова.

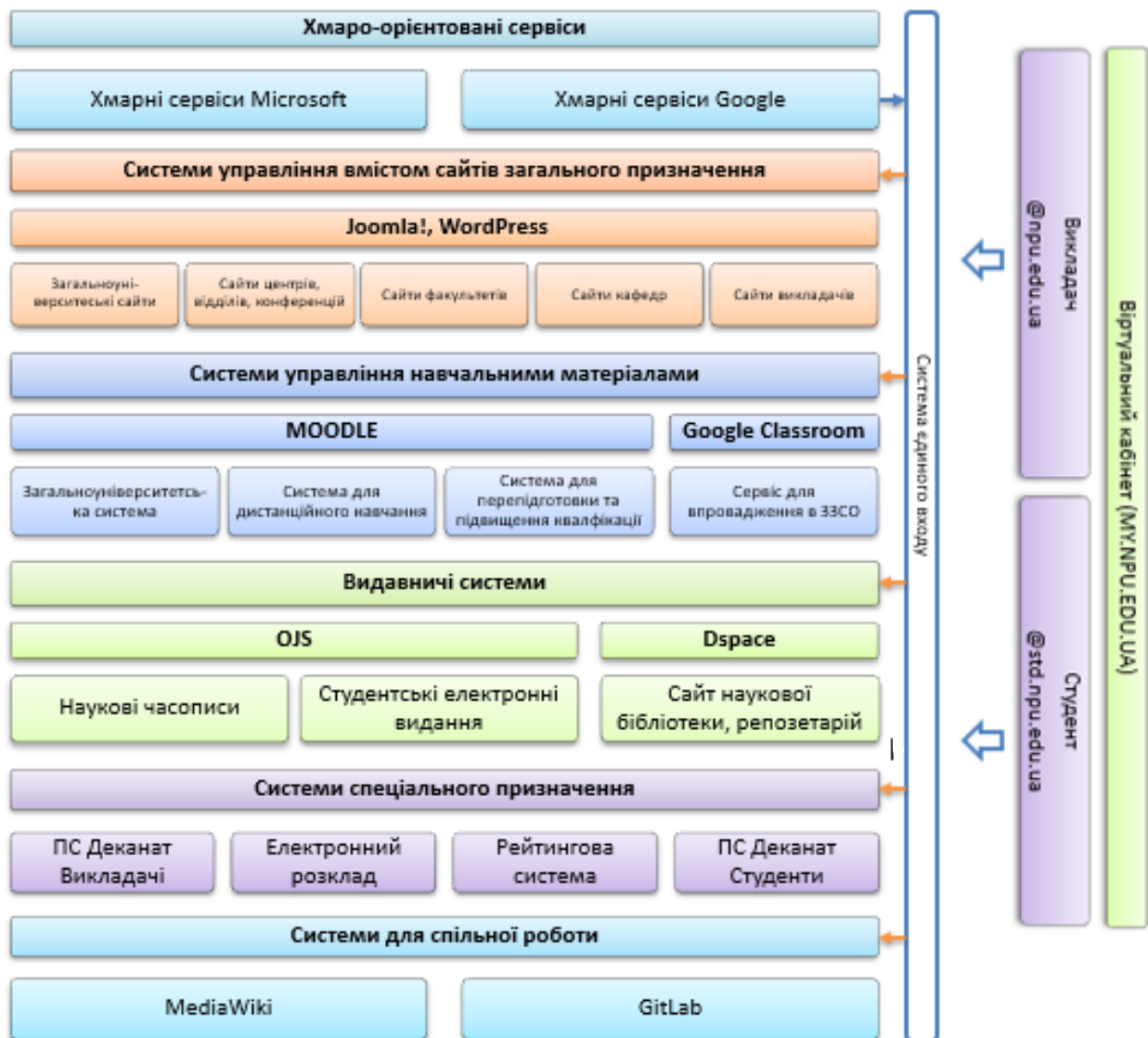


Рисунок 1 – Компоненти веборієнтованого освітньо-наукового і навчального середовища ЗВО

### Список використаних джерел

1. Яшанов С. М. Теоретико-методичні засади системи інформатичної підготовки майбутніх учителів трудового навчання: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / НПУ імені М. П. Драгоманова. Київ, 2010. 529 с.
2. Ткачук Г. В. Теоретичні і методичні засади практично-технічної підготовки майбутніх учителів інформатики в умовах змішаного навчання: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 – теорія та методика навчання (технічні дисципліни) / НПУ імені М. П. Драгоманова. Київ, 2019. 447 с.

## RECOMMENDATION TECHNIQUES FOR LIFELONG (E)LEARNING

**Savchenko M., Synytsya K., Savchenko-Synyakova Ye.**

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems,  
Kyiv, Ukraine

**Abstract.** In a rapidly changing world, learning through the life becomes an important part of personal and professional development taking place in formal, informal, or non-formal environment. Variety of e-learning content and activities is available to meet learning demands of the individuals. However, lifelong learners need advices or guidance in their search for learning experience corresponding to their needs and preferences. Recommendation techniques are applied to facilitate a choice of a product by a user in different

contexts, including education. They rely on the available information about users' preferences and similarity measures for users and products and thus operate mostly within an isolated recommendation system. The purpose of this research is to identify and specify lifelong learning situations when recommendations are needed and suggest a schema for incorporation of recommendation techniques applicable in each case.

**Keywords:** recommendation techniques, e-learning, lifelong learning, hybrid filtration, modeling.

**Introduction.** Majority of the educational recommendation systems make use of the information available from the learning management system, such as descriptions of learning resources, registered use of them by the learners, and learners' features (age, gender, group, learning style, assessments). Their recommendations often rely on the similarity of the learners within a group or studying the same discipline [1-4]. In case of lifelong learning, the range of learning resources is wider, similarities with other users may be unclear or unknown, and information about the use of the resources is distributed. Depending on the learning goal, the recommendation algorithm may take into account professional rating, didactical features, and individual preferences and demands of the learner for successful recommendation.

**The purpose of this work** is to explore the possibilities of intelligent e-learning support by providing recommendations of educational content, services, learning experience for an individual. To do this, first, specific situations in lifelong learning should be matched with various recommendation methods applicable for making decisions about suitable learning resources for a person. Then a recommendation framework for lifelong learning can be created.

**Problem statement.** Two main classes of recommendation techniques are known: content-based filtering, taking into account content structure, features, domain ontology, and collaborative filtering that rely on resource usage data and models [5]. To provide an appropriate lifelong learning recommendation, it is necessary to identify and describe learning situations when recommendations are needed, and to determine type and structure of information available in each case.

**Solving the problem.** Here, we consider lifelong learning as a long term process oriented at the extension or enhancement of competencies (knowledge, skills, attitudes) of the individual that may take part in various environments and situations. As a result of the analysis of lifelong learning situations, the following cases are suggested for consideration:

- a) *Professional development.* Recommendation of certified learning (e.g., a course) including content, activities and assessment leading to a proof of competency (diploma, badge, certificate).
- b) *Personal development.* Advice about sources for knowledge/skills acquisition, including micro-learning, focused on a competence (ability to solve a problem or perform a task).
- c) *Curiosity-led study.* Recommendation of learning content in the domain of interest intended for raising awareness of the topic or enhancing understanding of details, often in a form of passive presentation (overviews, videolectures).
- d) *Rehearsal and refreshing.* Recommendation of learning activities and content for "exercising" skills and refreshing knowledge which degrade in time.

Distinct features of the situations that should be taken into account for successful learning resource advice (recommendation) are summarized in the Table 1.

A recommendation task [5] could be formulated as follows: **given** a set of learning resources  $\mathbf{R}$  with their features  $\mathbf{Ch}(r)$ ,  $r$  from  $\mathbf{R}$ , a set of users  $\mathbf{U}$  with features  $\mathbf{h}(u)$ , and a matrix  $\mathbf{M}$  of evaluation (ratings) of the resources  $\mathbf{R}$  by  $\mathbf{u}$  from  $\mathbf{U}$ , **find**  $r_1, \dots, r_k$ , which were not rated before by a user  $\mathbf{v}$  **yet** so that  $M_{\mathbf{v}}(r_1, \dots, r_k) - \text{expected ratings by } \mathbf{v} \text{ for } r_1, \dots, r_k, \geq \text{expected ratings of other non-rated resources}$ , i.e. would correspond to the  $\mathbf{v}$ 's choice (are best fit for  $\mathbf{v}$ 's needs, objectives, or preferences). For this purpose, a dependence of the form  $\mathbf{M} = f(\mathbf{R}, \mathbf{Ch}(r), \mathbf{U}, \mathbf{h}(u), \mathcal{G})$  needs to be determined, where  $\mathcal{G}$  is a parameter of the model to be calculated.

It should be noted, that matrix  $\mathbf{M}$  is sparse, certain resource features may be unknown, as well as users' characteristics. The rules for calculation of the best fit depend on the availability of

information about user's explicit requirements, expectations derived from his/her previous experience, preferences determined in a dialog, pedagogical rationale and other factors.

**Table 1 – Distinct features of the situations at the lifelong learning**

Situations	a	b	c	d
<b>Learning goal</b>	Certificate	Competence to perform a task	Cognitive satisfaction	Refreshed skills or knowledge
<b>Resource type</b>	LMS-based course (content, activities and assessment) -	Short module to micro-lesson, with demo and activities	Micro to medium size multimedia content	A collection of micro-activities and learning content
<b>Learner info</b>	For pre-condition	Task context	Preferences, style	Learning history, learner model
<b>Resource info</b>	Resource facts, data to compare.	Duration, type, [style]	Source, style	Type of learning activity
<b>Advice from</b>	Authority	Prof. majority	Friend or Self	Instructor and Self
<b>Evaluation (test)</b>	+	+	-	+/-
<b>Dialog during the choice</b>	Course details, explanation of choice, feedback	Context-related	Demo (optional)	Link to didactic reasons if needed
<b>Recommendation</b>	Multiparameter choice algorithm	Collaborative filtering	History-based content filtering	Model-based content filtering

A number of cases are considered for specific types of resources to identify dependencies between the features of some resource, user information and his/her evaluation of the resource.

A combination of available information in a hybrid approach will be helpful to improve accuracy of recommendations.

**Conclusion.** Suggested types of lifelong learning situations provide a general context for recommender construction. Due to essential differences in the amount and type of information available for selecting and recommending resources in each lifelong learning situation, each case requires a separate algorithm for evaluation. A framework for intelligent lifelong recommendation should incorporate a set of the algorithms, a channel to obtain information from several sources, including the user him/herself, and a possibility to be integrated with a personal learning environment.

### References

1. Khosravi H., Kitto K., Williams J. J. RiPPLE: A crowdsourced adaptive platform for recommendation of learning activities. *Journal of learning analytics*. 2019. Vol. 6 (3). P. 1–10. URL: <https://arxiv.org/pdf/1910.05522.pdf>.
2. Wan S., Niu Z. An e-learning recommendation approach based on the self-organization of learning resource. *Knowledge-Based Systems*. 2018. Vol. 160. P. 71–87.
3. Drachsler H., Hummel H., Koper R. Identifying the goal, user model and conditions of recommender systems for formal and informal learning. *Journal of Digital Information*. 2009. Vol. 10 (2). P. 4–24.
4. Mei-Hua M.-H. A personalized English learning recommender system for ESL students. *Expert Systems with Applications*. 2008. Vol. 34. P. 683–688. doi: 10.1016/j.eswa.2006.10.004.
2. Recommender Systems. Handbook / F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, P.B. Kantor (ed.). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2011. 845 p. doi: 10.1007/978-0-387-85820-3.

# PERCEPTION OF DIGITAL COMPETENCES AND DEVELOPMENT OF INFORMATICAL THINKING OF FUTURE TEACHERS AT THE FACULTY OF SCIENCE OF PALACKÝ UNIVERSITY IN OLOMOUC DURING THEIR PEDAGOGICAL TRAININGS

**Slezáková J.**

Department of Experimental Physics, Section of Pedagogical Training, Faculty of Science, Palacký University, Olomouc, Czech Republic

**Abstract.** The paper deals with the importance of the development of digital competencies during the pedagogical training of future science teachers at the Faculty of Science of Palacký University in Olomouc. It emphasizes the issue of information thinking, which is increasingly required by professions. One of the questions for IT students related to algorithms and programming is included in the questionnaire survey. This is due to the fact that these are the two main pillars of IT concepts in the context of changes in education in the Czech Republic. The results of the survey lead to a clear conclusion regarding the use of educational robotics. This tool is a suitable tool for personality development, logical thinking, creativity and teamwork. The use of mathematical software in science subjects generally allows the students (future teachers) to better understand the context, cultivate their sense of imagination and teach them this way of thinking.

**Keywords:** digital competence, computer thinking, pedagogical training, robotics.

**Introduction.** Changes in society, influenced by the development of digital technologies and their use in various areas of human activity, require a continuous adjustment of the strategy for education. The reality of today's education is increasingly focused on a constructivist approach to teaching aimed at individualizing the teaching process in order to put forward transmissive methods that suppress the development of the student's personality and are focused on the verbal monological concept of teaching. The development of computer thinking among students is not important due to only the shortage of IT specialists in the labor market, but mostly due to the fact that computer thinking is required by more and more professions. Informatics thinking can also be used to solve everyday situations. At the same time, it helps with the acquisition of skills, problem solving, creativity or the ability to structure [1].

**The purpose of the work.** The work points out the importance of the development of digital competencies in the educational training of future science teachers. It emphasizes the need for pedagogical practices in undergraduate training and the perception of digital competences by students - future teachers. It also conditions the development of information thinking in higher education.

**Formulation of the problem.** How do future science teachers who have undergone only theoretical training in their undergraduate training perceive their readiness in the field of digital literacy and computer thinking? Do students whose field of study includes IT have sufficient know-how as to how to teach algorithmization and programming? [2]

**Solving the problem.** A total of 50 first-year follow-up students in science teaching took part in the questionnaire survey, of which 44 % were women and 56 % were men. Empirical methods focused on proportional stratified selection – Chráska (2003) – were chosen for our own research [3]. A questionnaire was presented to students (immediately after the end of the first continuous pedagogical training), which aimed to find out how future teachers perceive their readiness for the first continuous pedagogical training in the field of digital literacy and computer thinking. We understand digital competences as cross-cutting key competencies, without which it is not possible to develop other full-fledged key competencies in children and pupils. Their basic characteristic is the application in various activities and solving various problems. This results in their variability over time, depending on how the way and use of digital technologies in society and in human life

changes. One of the first questions concerned the ability to develop the use of new technologies in different processes and in different situations. Another question was about digital content creation, i.e., whether students are able to express themselves through digital media and technology. This question was also meant to determine the extent to which students were able to include various web applications in their teaching, such as Kahoot, wordwall.net, flippity.net and Google Slides. The students stated that, for example, within wordwall.com it was possible to verify in an entertaining way the basic knowledge that is needed for further work. In addition, 30 % of students said that Google Slides and flippity.net could be used to create popular escape games that are styled based on popular themes. Within the questionnaire survey, one question was focused on students whose field study includes IT. It was a topic of teaching algorithms and programming. It is worth mentioning here that all students clearly agreed on its importance. Informatics thinking “develops the ability to analyze and synthesize, generalize, find appropriate problem-solving strategies, and validate them in practice. It leads to the accurate expression of ideas and procedures and their recording in formal records, which serve as a general means of communication“ [1].

**Conclusion.** In the field of digital competences, it is necessary to focus on the transfer of knowledge in the field of information and communication technologies into the process of teaching science subjects. The use of various software for validation of results, possible procedure of solving examples and also visualization of a specific issue should be the standard of a modern teacher.

The use of mathematical software in science subjects allows the student (future teacher) to better understand the context. Mathematical software develops the imagination and teaches the computer way of thinking.

Future IT teachers often do not have enough experience with learning programming or lack the methodological background for teaching it. A possible solution is educational robotics, one of the most promising tools for the development of computer science and programming. Its advantage is that it attracts students and adds to the motivation in teaching. Robotics enables the visualization of the taught material [4].

### References

1. MŠMT ČR. Strategie digitálního vzdělávání do roku 2020 [online]. 2014 [cit. 2022- 4-5]. 50 s. Dostupný z: (<https://www.msmt.cz/uploads/DigiStrategie.pdf>).
2. Klement M., Dragon T., Preference učitelů informatiky při implementaci tematického celku algoritmizace a programování do výuky. *Trendy ve vzdělávání 2020*. 2020, roč. 13, č. 2, s. 68–77. ISSN 1805-8949.
3. Chrásková M. Úvod do výzkumu v pedagogice. Olomouc: Vydavatelství UP, 2003.
4. Klement M. Edukační robotika z pohledu žáků základních škol. In KLEMENT, Milan (ed.). *Trendy ve vzdělávání 2021: sborník abstraktů mezinárodní konference*. Olomouc: UP Olomouc, 2021. S. 19–20.

## EFFECTIVENESS OF TRAINING FOREIGN STUDENTS – INDIAN CITIZENS TO LICENSING INTEGRATED EXAMINATIONS USING MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION EDUCATIONAL SYSTEMS

**Savka I., Garas M., Savka S., Semianiv I.**

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Abstract.** Purpose of the paper was to study and to improve the effectiveness of training the graduates of medical faculty-Indian citizens to licensing integrated exams «Krok 2. Medicine» and Medical Council of India (MCI) exam used communication educational technologies.

We analyzed the monthly results of control tasks according to the variants for preparation for the licensing integrated exams and the results of the licensing integrated exams «Krok 2. Medicine» and MCI in 49 students-citizens of India, Bukovinian State Medical University (BSMU) graduates. Self-training and self-control for both exams could possible used training portal 123.bsmu.edu.ua.

The probable positive relationship between the results of all monthly diagnostic-training tests and the license integrated examination «Krok 2. Medicine» has been found ( $r = 0,45-0,51$ ,  $p < 0,05$ ). The average percentage of correct answers on the «Krok 2. Medicine» examination was  $88,0 \pm 0,7\%$  in the absence of unsatisfactory results. At the same time, the results of all monthly analytical control tests in preparation for the MCI examination did not reliably correlate with the results of this examination passed by the graduates. There is also no relationship between the results of the «Krok 2. Medicine» integrated exam and the MCI exam.

The final results of the «Krok 2. Medicine» and MCI examinations obtained by Indian students from the BSMU are indicative of a high efficiency of the remote online form of self-training used educational training portal, and the above mentioned relationships indicated a different format for the final tasks of the licensing integrated exams «Krok 2. Medicine» and MCI.

**Keywords:** medical education, international students, graduate exams, preparing communication technologies.

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДГОТОВКИ ІНОЗЕМНИХ СТУДЕНТІВ–ГРОМАДЯН ІНДІЇ ДО ЛІЦЕНЗІЙНИХ ІНТЕГРОВАНИХ ІСПИТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ**

**Савка І., Гарас М., Савка С., Семянів І.**

Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

**Анотація.** Метою роботи було вивчення та підвищення ефективності підготовки випускників медичного факультету–громадян Індії до ліцензійного інтегрованого іспиту «Krok 2. Medicine» та іспиту Медичної ради Індії з використанням комунікаційних навчальних технологій.

Проаналізовано щомісячні результати контрольних завдань за варіантами підготовки до іспитів та результати ліцензійного інтегрованого іспиту «Krok 2. Medicine» та іспиту Медичної ради Індії у 49 студентів-громадян Індії, випускників Буковинського державного медичного університету (БДМУ). Самопідготовку та самоконтроль до складання обох іспитів студенти здійснювали з допомогою навчального порталу 123.bsmu.edu.ua.

Встановлено вірогідний позитивний зв'язок між результатами всіх щомісячних діагностично-тренувальних тестувань та ліцензійним інтегрованим іспитом «Krok 2. Medicine» ( $r=0,45-0,51$ ,  $p < 0,05$ ). Середній відсоток правильних відповідей студентів при складанні «Krok 2. Medicine» становив  $88,0 \pm 0,7\%$  за відсутності незадовільних результатів. Водночас результати аналізу жодного щомісячного тестування в контролювальному режимі під час підготовки до іспиту Медичної ради Індії достовірно не корелювали з результатами цього іспиту, складеного випускниками на батьківщині. Також немає взаємозв'язку між результатами інтегрованого іспиту «Krok 2. Medicine» та іспиту Медичної ради Індії.

Фінальні результати іспиту «Krok 2. Medicine» та іспиту Медичної ради Індії, отримані індійськими студентами БДМУ, свідчать про високу ефективність дистанційної онлайн-форми самопідготовки з використанням навчального тренувального порталу, а наявність/відсутність вищезазначених зв'язків вказують на різний формат тестових завдань ліцензійного інтегрованого іспиту «Krok 2. Medicine» та іспиту Медичної ради Індії.

**Ключові слова:** медична освіта, іноземні студенти, випускні іспити, інформаційно-комунікаційні технології.

**Introduction.** Testing acts as part of modern pedagogical tools and one of the areas for improving the knowledge prepare and control system in the context of training and controlling technologies when it is possible to formalize the educational material of individual topics and disciplines [1]. Licensing integrated exams is one of the main ways of controlling the student's knowledge and willingness to work as a doctor. The system of licensing integrated examinations is a complex of means for standardized diagnostics of the level of students' professional competence [2]. Self-training and self-control for licensing integrated exams used communication educational technologies are important steps to get positive scores and transfer to the next area of medical postgraduate education.

**Purpose of the paper** was to study and to improve the effectiveness of training the graduates of medical faculty-Indian citizens to licensing integrated exams «Krok 2. Medicine» and MCI.

**Material and methods.** We analyzed the monthly results of control tasks according to the variants for preparation for the licensing integrated exams and the results of the licensing integrated exam «Krok 2. Medicine» (as diagnostic training tests) and MCI (as remote portal training) in 49 students-citizens of India, BSMU graduates. Communication educational technologies include the portal of distance learning, which presents test questions of an open base on the main profiles as self-training and self-control for exam «Krok 2. Medicine». Electronic training courses for foreign citizens operating in training and supervisory regimes and covering 22 units of fundamental and clinical medicine.

**Results and discussion.** The dynamics of preparation for the licensing integrated exams, the results of diagnostic training test in the format of «Krok 2. Medicine» and the results of the remote testing using the questions of the MCI examination have been showed a constant positive dynamics of students' training results. The most effective growth rate was recorded in the February-March period, probably due to the growing motivation of students in the spring semester due to the approaching terms of the examinations. This dynamics means about effectiveness of implementation of communication educational technologies as The probable positive relationship between the results of all monthly diagnostic-training tests and the license integrated examination «Krok 2. Medicine» has been found ( $r = 0,45-0,51$ ,  $p < 0,05$ ). The average percentage of correct responses on the «Krok 2. Medicine» examination among the above cohort of students was  $88,0 \pm 0,7\%$  in the absence of unsatisfactory results. At the same time, the results of any of the monthly analytical control tests in preparation for the MCI examination did not reliably correlate with the results of this examination passed by the graduates. There is also no clear relationship between the results of the «Krok 2. Medicine» integrated exam and the Medical Council of India exam. Based on the results of the correlation analysis, it can be assumed that the relationships identified reflect the principles of forming the final content of the tests, in particular, the booklets LII «Krok 2. Medicine» are proportionally structured according to the disciplines, contain a part of the tasks from a known base of previous years, at the same time their solution involves a structured and logical way to choose one, the most correct answer [3]. At the same time, the content of the tasks of the MCI examination is characterized by an annual full refreshment of test questions, it does not provide clear proportions between theoretical and clinical disciplines, the choice of the correct answer depends on the clear assimilation of the theoretical material of the disciplines.

The more pronounced positive dynamics of training for the «Krok 2. Medicine» is noteworthy as well, since a short-term motivation in this case is more meaningful (the exam in May of the current year compared with the exam in their homeland in December), as well as due to the integral component of the educational process (exam «Krok 2. Medicine» is part of the final certification of graduates, while the MCI exam is the first step in the postgraduate training phase). In addition, postponing the exam in India in time from the time of completion of training is due to the lack of external control over the training process and the imperfection of self-control elements of graduates in their homeland.

**Conclusion.** The final results of the «Krok 2. Medicine» and MCI examinations obtained by Indian students from the BSMU are indicative of a high efficiency of the remote form of self-training nad self-control used communication educational technologies , and the above mentioned relationships indicate a different format for the final tasks of the licensing integrated exams «Krok 2. Medicine» and MCI.

### References

1. Bulakh Ie., Volosovets OP., Mruha MR. Problemy otsiniuvannia znan studentiv u konteksti vymoh Bolonskoi deklaratsii. Medychna Osvita. 2011; 2: 20–22.
2. Serhiienko VP., Kukhar LO. Metodychni rekomendatsii zi skladannia testovykh zavdan. Kyiv: NPU; 2011.
3. Kutsyk RV. Dyskusiini pytannia shchodo formy i zmistu testuvannia yak zasobu kontroliu znan studentiv u vyshchykh navchalnykh zakladakh medychnoho profilu. Halytskyi likarskyi visnyk, 2012; 19(3): 72–76.



# THE USE OF AUGMENTED REALITY TOOLS BY THE TEACHER IN PROFESSIONAL ACTIVITIES TO IMPLEMENT AN INQUIRY-BASED APPROACH OF STEAM-EDUCATION

**Soroko N.**

Institute for Digitalization of Education of the National Academy of Educational Sciences  
of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The aim of the research is to implement the ways of using augmented reality tools by the teacher for inquiry-based approach of STEAM-education. The objective of the study is to use augmented reality tools by teachers for inquiry-based approach of STEAM-education in their professional activity. The object is an inquiry-based approach in general school. The subject is the use of augmented reality tools by teacher with the inquiry-based approach of STEAM-education in general school. The study is focused on teachers from secondary schools (Semipolkivska Secondary School of the 1st-3rd Grade (Ukraine), Specialized school №181 named after I. Kudri with in-depth study of foreign languages (Kyiv, Ukraine)) to determine their attitude to using augmented reality in STEAM-education with inquiry-based approach. The study involving 27 teachers of a comprehensive school was conducted from September to December 2021. According to the results of the study, it has been concluded that among the ways of using augmented reality tools by teachers for the inquiry-based approach of STEAM-education, are the following: submission of new material and brainstorming; representation of objects and processes that are difficult to show in real life, for testing. Prospects for further research are to create a special course for teachers which will teach them to use augmented reality tools in professional activities to support and develop STEAM-education.

**Keywords:** augmented reality, augmented reality tools, inquiry-based approach, STEM, STEAM-education.

## ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ВЧИТЕЛЕМ У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІДХОДУ НА ОСНОВІ ЗАПИТІВ У STEAM-ОСВІТІ

**Сороко Н.**

Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України,  
м. Київ, Україна

**Анотація.** Метою дослідження є реалізація способів використання інструментів доповненої реальності вчителями у професійній діяльності для підходу на основі запитів у STEAM-освіті. Предметом дослідження є підхід на основі запитів для реалізації STEAM-освіти вчителями у професійній діяльності. Дослідження орієнтоване на вчителів загальноосвітніх навчальних закладів (Семиполківська ЗОШ I-III ступенів (Україна), Спеціалізована школа №181 ім. І. Кудрі з поглибленим вивченням іноземних мов (Київ, Україна)) з метою визначення їхнього ставлення щодо використання доповненої реальності в STEAM-освіті з підходом на основі запитів. Дослідження за участю 27 вчителів загальноосвітньої школи проводилося з вересня по грудень 2021 року. За результатами дослідження зроблено висновок, що серед способів використання вчителями інструментів доповненої реальності для реалізації підходу на основі запитів у STEAM-освіті слід виділити такі: подача нового матеріалу та мозковий штурм; представлення об'єктів і процесів, які важко показати в реальному житті, для тестування. Перспективами подальших досліджень є створення спеціального курсу для вчителів, який дасть можливість навчити їх використовувати інструменти доповненої реальності у професійній діяльності для підтримки та розвитку STEAM-освіти.

**Ключові слова:** доповнена реальність, інструменти доповненої реальності, підхід на основі запитів, STEM, STEAM-освіта.

**Introduction.** Numerous studies have highlighted the current need for professionals in all fields with twentieth-century skills such as critical thinking, inquiry, creativity, problem-solving, collaboration, digital literacy [1; 2].

In order STEAM skills, that is such as encompasses science, technology, engineering, art and mathematics, are one of these key competencies needed in a future knowledge-based society for employment, personal fulfillment and development.

However, there is a gap between how STEAM-related disciplines are taught in secondary schools and the 21st century skills needed by students to real-life situations while studying and pursuing STEAM-related careers. This means that teachers still teach the way they were taught by students. Therefore, teaching approaches need to be renewed through dynamic educational processes, which will allow adapting this approaches and resources to develop these critical skills.

The important ways for STEAM-education integrated in general school are problem-based or discovery learning, where students learn by addressing and posing questions, analyzing evidence, connecting such evidence to pre-existing knowledge, drawing conclusions and reflecting upon their findings, using the information and communication technologies (ICT), in particular the augmented reality tools, that can provide an approximation of reality for students to better understand subjects in the fields of STEAM.

The success of the inquiry-based approach depends on the teacher's professional skills and understanding, so it is necessary to conduct seminars, trainings and other activities to educate teachers on the use of augmented reality tools to support and develop STEAM-education in schools.

**The purpose of the work.** The study is the implementation of the ways of using the augmented reality tools by teachers for inquiry-based approach of STEAM-education in general school.

**Formulation of the problem.** Inquiry-based approach (IBA) adopts John Dewey's principle that education begins with curiosity (Savery, 2006 [3]), and makes students go through all the steps of scientific research: ask a question, develop a hypothesis, plan how to test this hypothesis, collect data, analyses the results and share it with peers (Pedaste et al. 2015 [4]). IBA is ideal for science education, because it makes teaching more hands-on, and is perfect to learn how scientific research works. Students learn how to formulate questions answerable through experimentation. The teacher has both a facilitator role and an instructor role, making it an in-between method compared to full facilitation in problem-based, and instruction in project-based learning. However, the approach can be gradually made student-directed; students can start an IBA project with a question provided by the teacher, and then can come up with their own questions to transfer what they learned for deeper learning.

The learning project is especially interesting for the implementation of STEAM-education, even if teachers will use to support and organize innovative technologies and tools such as AR.

Augmented reality tools are especially important in the implementation of the inquiry-based approach by teachers to support and develop STEAM education. AR application in STEAM education brings lessons and textbooks to life by combining video, photos, and audio in an interactive platform (Nawarat Wittayakhom & Pallop Piriyasurawong, 2020) [5]. This provides students with an engaging way to learn that can make complex subjects and topics easier to grasp and understand makes teaching easier where teachers no longer need to explain complex concepts.

**Solving the problem.** To implement the IBA of STEAM-education in general school, we asked teachers within the seminars to plan and organize a learning project for their students on the use of AR.

The following tools were proposed:

- to study specific topics (for example, M&G AR Cards: Cellular Biology, The Brain AR App, AR Eye, Skyscrapers AR, GeoGebra 3D with AR);
- to create their personal examples (for example, metaverse, blippar).

One of the interesting projects created by teachers should be noted project «Mask and the environment». The main idea is to make students conscious of the damage caused to the environment by the large amount of masks discarded by people during Covid-19 pandemia and to make them research the principle behind biodegradable objects. Students are expected to demonstrate understanding of how the selected topic- apparently a very simple one- can open a wide scenario of learning opportunities. They need to understand why masks are needed in real life; how these tools are related to human health and ecology. They must be creative and logical in creating the design of masks, using knowledge of biology, maths, technology, history, art, English,

etc. Through a multidisciplinary approach they will learn to consider the same matter from different perspectives, which is an essential requisite in promoting the development of a scientific mindset. Emphasis made on the STEM topics and competences, the interdisciplinary instruction and the contextualization of STEM and non-STEM teaching, connecting the classroom to a real world experience such as the use and disposal of face masks.

In the process of conducting research by students, teachers asked them to perform the following tasks using AR: Make an example of augmented reality «face and mask» using any of the platforms, such as: ARCore Augmented Images ([https://codelabs.developers.google.com/codelabs/augimg-intro?utm\\_source=google-io&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=io21-learninglab#0](https://codelabs.developers.google.com/codelabs/augimg-intro?utm_source=google-io&utm_medium=organic&utm_campaign=io21-learninglab#0)); Blippar (<https://blipps.blippar.com>); Create a Mind map «types of face masks»; «materials for face masks»; «ecology and use of face masks» (<https://miro.com>); create a virtual museum using platforms to create AR.

To obtain the objectives, our research is focused on teachers from Secondary schools (Semipolkivsky Secondary School of the 1st-3rd Grade (Ukraine), Specialized school №181 named after I. Kudri with in-depth study of foreign languages (Kyiv, Ukraine)) to determine their attitude to using augmented reality in STEAM education with inquiry-based approach. The study involving 27 teachers at the general school was conducted from September to December 2021.

The questionnaire content is aimed to obtain answers to the following questions:

- Do teachers consider it required to use AR tools in teaching at school?
- Could an AR tools contribute positively on the inquiry-based approach of STEAM-education in general school?
- How to use AR tools for the inquiry-based approach of STEAM-education in general school?

Answers were suggested for open-ended 3 questions, and teachers were asked to write their opinion:

- How did you use augmented reality tools for inquiry-based approach of STEAM-education?
- Which problems had you when proposed for students augmented reality tools for solving the problem?
- How helped you using augmented reality tools for displays and supports inquiry-based science education?

For the question «How did you use augmented reality tools for inquiry-based approach of STEAM-education?» the following responses were received:

- «I use AR tools to submit new material» (75%);
- «I use AR tools to present objects and processes that are difficult to show in real life» (83%);
- «I use AR tools for carrying out the brainstorm» (56%);
- «I use AR tools for testing» (27%).

For the question «Which problems had you when proposed for students augmented reality tools for solving the problem?» the following responses were received:

- «lack of methodological recommendations» (82%);
- «students' lack of understanding how to use AR tools, we must to prescribe instructions for each tools» (63%);
- «the use of many of the tools depends on the availability and quality of the Internet connection» (23%).

For the question «How helped you using augmented reality tools for displays and supports inquiry-based science education?» the following responses were received:

- «these tools help students learn about complex experiments and subjects that are difficult and expensive to explain. In addition, it provides a realistic modeling environment for the presentation of subjects such as astronomy, geography and physical sciences» (78%);
- «AR tools improve students' critical thinking, creative thinking and problem-solving skills» (68%);

- «AR tools make learning interesting, thus facilitating the learning process of students' interest and motivation» (94%).

Therefore, it is important to choose AR tools that are easy to use for students, write instructions for them, clearly explain the tasks for their use, advising students in case they do not understand the use of tools.

**Conclusion.** Augmented reality tools are a powerful way to improve the inquiry-based approach of STEAM-education.

The ways of using by teachers the augmented reality tools for inquiry-based approach of STEAM-education in general school are: to submit new material and for brainstorm; to present objects and processes that are difficult to show in real life; for testing.

The problem of creating special courses for teachers to teach them to use augmented reality tools in professional activities for support and develop STEAM-education remains important.

### References

1. Contextual structure as an approach to the study of virtual reality learning environment / M. Mukasheva, Iu. Kornilov, G. Beisembayev et al. URL: <https://ssrn.com/abstract=4034173> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4034173>.
2. Lasica I.-E., Meletiou-Mavrotheris M., Katzis K.. Augmented reality in lower secondary education: A teacher professional development program in Cyprus and Greece. *Education Sciences*. 2020. Vol. 10. P. 121. URL: 10.3390/educsci10040121.
3. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle / M. Pedaste, M. Mäeots, L. A. Siiman et al. *Educational Research Review*. 2015. Vol. 14. P. 47–61.
4. Savery J. R. Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. 2006. Vol. 1 (1).
5. Wittayakhom N., Piriyaawong P. Learning management STEAM model on massive open online courses using augmented reality to enhance creativity and innovation. *Higher Education Studies*. 2020. Vol. 10. No. 4. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1274957.pdf>.

## АНАЛІЗ ДЕЯКИХ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІГОР

**Вербовецький Д.В.**

Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна

**Анотація.** У роботі представлено популярні платформи для створення комп'ютерних ігор та зроблено їх аналіз. Завдяки цьому є можливість впровадити сучасні методи та форми навчання в освітній процес, адже є можливість створювати ігри не тільки для вивчення нової інформації, а й для формування певних компетентностей. Проаналізовано основні поняття та терміни у сфері комп'ютерних ігор. Виявлено, під який жанр комп'ютерної гри який конкретно рушій краще підходить. Визначено основні критерії порівняння ігрових рушіїв, описано основні недоліки та переваги кожного проаналізованого рушія, ознайомлено з принципом роботи та історією їх створення. Також взято до уваги основні апаратні вимоги для роботи з кожним із розглянутих програмних засобів.

**Ключові слова:** гра, ігровий рушій, створення ігор, ігрова платформа.

## ANALYSIS OF SOME SOFTWARE PRODUCTS FOR CREATING GAMES

**Verbovetskyi D.**

Institute of Digitalization of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The paper presents popular platforms for creating computer games and analyzes some of their opportunities. Due to this, it is possible to introduce modern methods and forms of learning in the educational process, because there is an opportunity to create games not only for learning new information, but also for the formation of certain competencies. The basic concepts and terms in the field of computer games are analyzed. It has been identified for which genre of computer game which particular engine is best suited. The main criteria for comparing game engines are defined, the main disadvantages and advantages of each analyzed engine are described, the principle of work and history of creation are acquainted. The basic hardware requirements for working with each of the considered software are also taken into account.

**Keywords:** game, game engine, game creation, game platform.

**Вступ.** Останніми роками на ринку програмного забезпечення присутній широкий вибір програмних продуктів, на базі яких можна створювати комп'ютерні ігри. Серед них найбільш популярними є: Unreal Engine, Valve Source Engine, Unity, Godot, CryEngine, Dark Engine, Havok Physics, Frostbite, Infinity Engine, Amazon Lumberyard, Infinity Ward Engine, 4A Engine, Creation Engine, HeroEngine, RAGE (Rockstar Advanced Game Engine), Anvil, Decima та GameMaker Studio. Ринок комп'ютерних, мобільних ігор та ігор на консолях стає все ширшим і ширшим, тому пошук відповідного ігрового рушія для їх створення є актуальним завданням.

**Постановка задачі** полягає в аналізі останніх на сьогодні версій ігрових рушіїв для створення комп'ютерних ігор.

**Метою дослідження** є аналіз найбільш популярних ігрових рушіїв для створення комп'ютерних ігор.

**Основна частина.** Ігровий рушій (game engine) – це ядро гри, базове програмне забезпечення, на основі якого будуються всі інші її складники. Загалом рушієм називається платформа, на якій створюється комп'ютерна гра. Його можна уявити як каркас, на якому реалізується ігрова логіка та фізика, він відповідає за всю технічну сторону гри. Хороший рушій дозволяє розробникам втілювати свої ідеї та задуми в життя. Завдяки цьому, наприклад, можна «прогулюватися» тими світами, які вони представляють.

Кожна гра розробляється на конкретному ігровому рушії та уніфікується відповідно до конкретних завдань. Ігрові рушії уможливили стрибок у 3D, введення абсолютно нових жанрів, серед яких, наприклад, шутер від першої особи [1, 2].

Розглянемо більш детально деякі рушії для створення ігор.

Компанія Unity Technologies розробила одноіменний ігровий рушій. Для роботи з Unity треба потрібно мати навички програмування мовою C# та досвід роботи безпосередньо в середовищі Unity. C# необхідний для створення скриптів гри.

До переваг даного рушія належать:

- вигідне рішення з фінансової точки зору, оскільки присутня безкоштовна версія програми;
- легке освоєння рушія завдяки широкому вибору відео-уроків у мережі Інтернет;
- досить широке співтовариство між розробниками рушія та користувачами, завдяки якому розробники швидко виправляють помилки та недоліки у його роботі.

Одним із недоліків даного рушія є обсяг місця, який займає будь-яка гра, написана з його використанням. До прикладу, навіть проста піксельна комп'ютерна гра займає доволі велику кількість оперативної пам'яті комп'ютера [3]. З використанням Unity розроблено популярні ігри, такі як Cities Skylines, Hearthstone, Call of Duty: Mobile, та інші.

Щодо Unreal Engine, то можна сказати, що представники рушія намагаються найпродуктивніше використовувати комп'ютерну архітектуру для оптимізації роботи свого рушія. З 2015 року Unreal Engine 4 став для розробників ігор безкоштовним. Прикладами ігор, створених на цьому рушії, є Gears of War, Batman: Arkham Asylum, Mass Effect та інші.

До переваг рушія належать:

- велике співтовариство розробників і, як наслідок, чимала кількість відеоматеріалів, для ілюстрації процесу розробки;
- технічна підтримка на досить високому рівні;
- відлагоджений механізм оновлень;
- під час кожного оновлення додається щонайменше один новий інструмент для роботи;
- великий набір інструментів для створення анімацій.

Недоліками цього рушія вважаємо:

- сплата п'ятивідсоткового податку після того, як гра стане прибутковою;
- не придатність для створення простих ігор [4].

Cry Engine – це комерційний ігровий рушій компанії Crytek. Цей рушій пропонує великий набір інструментів для створення комп'ютерної гри в реальному часі. Рушій містить багато передових графічних, фізичних і анімаційних технологій, а також багато покращень ігрового процесу.

Розробники ігор на його основі виділяють такі його переваги [5]:

- функції, такі як Flowgraph, надають можливість, не докладаючи великих зусиль, наповнити гру чудовою графікою;
- функції інструменту Fmod допоможуть створити потужний звуковий супровід;
- найпростіший процес створення штучного інтелекту.

Серед недоліків виділимо:

- потрібно чекати довго відповідь від технічної підтримки безкоштовної версії;
- спільнота росте досить повільно;
- застаріла документація або відсутність її для багатьох модулів.

З використанням Rage були створені деякі «культові» ігрові проекти, такі як Grand Theft Auto V і Red Dead Redemption. Rage призначений для внутрішнього використання філіалами Rockstar Games. Ліцензія не дозволяє його використання сторонніми компаніями, тобто повний функціонал рушія недоступний будь-кому, хто придбав ліцензію, а лише компанії, що співпрацюють безпосередньо з Rockstar Games. Надалі рушій використовується для розробки ігор з відкритим світом для консолей та комп'ютерів на кшталт Grand Theft Auto IV. Rage підтримує персональні комп'ютери та ігрові консолі: Xbox 360, Xbox One, PlayStation 3, PlayStation 4.

До переваг даного рушія належать:

- великий вибір інструментів для створення та оформлення ігрових локацій;
- присутність інструментів для створення системи в грі, яка може обробляти, застосовувати, запам'ятовувати та вдосконалювати здобуті від користувача гри знання та вміння;
- великий вибір стилів для взаємодії гравця з ігровим світом.

Серед недоліків платформи можна виокремити:

- відносно незручний інтерфейс;
- погана оптимізація для керування клавіатурою та мишкою.

**Висновки.** Можна констатувати, що кожен ігровий рушій в тій чи іншій мірі хороший, кожен має свої переваги та недоліки. Нині на ринку програмного забезпечення, практично для кожного жанру комп'ютерної гри, розроблений один або кілька ігрових рушіїв. Отож, кожен з розглянутих платформ можна уніфікувати під конкретні потреби. Також слід зазначити, що використання вищезгаданих платформ дозволяє уникати дублювання програмного коду. У підсумку це дає можливість заощаджувати зусилля при розробці ігрових додатків.

Проаналізовані програмні засоби для створення комп'ютерних ігор можна рекомендувати для використання у освітньому процесі при підготовці ІТ-фахівців у закладах вищої освіти.

#### Список використаних джерел

1. Are Game Engines Software Frameworks? A Three-perspective Study / С. Politowski, F. Petrillo, J. Montandon et al. 2020.
2. Marín-Vega H. et al. A brief review of game engines for educational and serious games development. *Journal of Information Technology Research*. 2017. Vol. 10. Iss. 4. P. 1-22. doi: 10.4018/JITR.2017100101.
3. NewGenApps-DeppTech, FinTech, Blockchain. Cloud, Mobile. Огляд нереального двигуна: плюси, мінуси та придатність. URL: <https://www.newgenapps.com/uk/blogs/unreal-engine-review-pros-cons-and-suitability/> (дата звернення: 24.03.2022).
4. Unreal Engine vs Unity, Різниця між Unreal Engine та Unity. URL: <https://uk.education-wiki.com/1099355-unreal-engine-vs-unity> (дата звернення: 24.03.2022).
5. GamesIndustry.biz What is the best game engine: is CryEngine right for you? URL: <https://www.gamesindustry.biz/articles/2020-01-16-what-is-the-best-game-engine-is-cryengine-the-right-game-engine-for-you#section-1> (дата звернення: 30.03.2022).

## ПОТЕНЦІАЛ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ У ПІДГОТОВЦІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ ІТ-ФАХІВЦІВ ДЛЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ

**Захарова О. В., Проданова Л. В.**

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Швидке відновлення економіки України у повоєнний період можливе виключно на підґрунті наявності достатньої кількості конкурентоспроможних і мотивованих фахівців ІТ-сфери, знання яких дозволять не лише швидко компенсувати всі втрачені технології у різних сферах економічної діяльності країни через військові дії, бомбардування та окупацію, а й суттєво підвищити техніко-технологічний рівень країни. З цією метою в роботі здійснено глибокий аналіз потенціальних можливостей закладів вищої освіти України щодо підготовки конкурентоспроможних фахівців ІТ-сфери. Обґрунтовано основні проблеми українських університетів у підготовці ІТ-фахівців. Здійснено порівняння спрямованості та змістового наповнення освітніх програм університетів-лідерів у підготовці ІТ-фахівців в Україні та провідних країнах світу. Визначено фактори, що впливають на рівень мотивації українських ІТ-фахівців щодо спрямування набутих під час навчання знань на потреби відновлення економіки України.

**Ключові слова:** ІТ-фахівці, вища школа, потенціал, Україна, конкурентоспроможність.

# THE POTENTIAL OF HIGHER EDUCATION IN UKRAINE IN THE TRAINING OF COMPETITIVE IT EXPERTS FOR THE POST-WAR RECOVERY OF THE COUNTRY'S ECONOMY

Zakharova O., Prodanova L.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The rapid recovery of the Ukrainian economy in the post-war period is possible only on the basis of a sufficient number of competitive and motivated IT experts, whose knowledge will not only quickly compensate for all lost technologies in various areas of the country's economic activity through military operations, bombardments and occupation, but also significantly improve technical-technological level of the country. To this end, the work has carried out a deep analysis of the potential of higher education institutions in Ukraine to train competitive IT experts. The main problems of Ukrainian universities in the training of IT experts are substantiated. A comparison of the focus and content of the educational programs of leading universities in the training of IT experts in Ukraine and the leading countries of the world is made. The factors influencing the level of motivation of Ukrainian IT experts in the direction of the knowledge acquired during training for the needs of restoring the economy of Ukraine have been determined.

**Keywords:** IT experts, higher education, potential, Ukraine, competitiveness.

**Вступ.** Вимушене тестування економіки України на життєздатність, яке в наслідок пандемії COVID-19 відбулося протягом березня 2020-лютого 2022 рр., показало, що ринок IT-послуг серед всіх видів економічної діяльності в країні має найвищий запас міцності та потенціал розвитку незалежно від впливу тих чи інших форс мажорних обставин. Так, за результатами дослідження, проведеного фахівцями Асоціації «IT Ukraine» встановлено, що у 2021 р. IT-сектор України збільшився на 36% порівняно із попереднім роком, а за період 2019-2021 рр. галузь зросла більш ніж на 50% за кількістю задіяних у ній фахівців [1]. Враховуючи той факт, що більше ніж 80% фахівців, що працюють на українському ринку IT-послуг, мають відповідну вищу освіту та володіють на достатньому рівні англійською мовою і переважна більшість з них є молоддю у віці 21-30 років [2], за сучасного кризового стану економіки України достатньої актуальності набуває встановлення рівня прогресивності IT-освіти в Україні. Від того, наскільки IT-випускники українських вишів з професійної та мотиваційної точок зору будуть готовими до розробки і реалізації проєктів, спрямованих на відновлення всіх сфер життєдіяльності країни у повоєнний період, серед іншого буде залежати якість і рівень життя населення; тенденції повернення до країни як населення, що виїхало через війну, так і трудових мігрантів; швидкість перебігу процесів включення України до складу ЄС.

**Мета роботи** – оцінювання спроможності та потенціалу вищої освіти України у підготовці IT-фахівців, здатних відновити та підвищити техніко-технологічний рівень економіки України у повоєнний період та мотивованих до цього.

**Основна частина.** На підґрунті ретроспективного аналізу кількісних даних про пропозицію послуг вищої освіти України в IT-сфері, наведених в Інформаційній системі Конкурс та порталі «Статистика вступних компаній», визначено особливості, тенденції та кількісні параметри надання таких послуг в Україні в динаміці. На основі зміни попиту абітурієнтів на IT-спеціальності визначено університети-лідери у цій сфері, які сьогодні визначають контури професійного портфоліо українського IT-фахівця. Детальне вивчення освітніх програм українських університетів-лідерів у підготовці фахівців в IT-сфері дозволило встановити сучасні особливості, тенденції та напрями розвитку IT-освіти в Україні. Проаналізовано досвід провідних університетів світу у IT-сфері, що дозволило встановити ті тенденції, за якими сьогодні розвивається світова IT-освіта. Здійснено порівняльний аналіз освітніх програм українських та зарубіжних університетів у IT-сфері за критеріями спрямованості та змістовної наповненості навчального контенту. Здійснено порівняння потреби ринку праці України та пропозицій закладів вищої освіти України у IT-фахівцях. Встановлено основні проблеми української вищої освіти у IT-сфері, на розв'язання яких мають бути спрямованими зусилля держаних органів, самих закладів та стейкхолдерів.



Доведено, що за сучасних кризових умов розвитку української економіки в основі мотивації ІТ-фахівців лежить рівень оплати праці. Так як рівень оплати праці в ІТ-сфері у розвинених країнах світу стартує від 2 тис. дол. США, то за цим параметром українські ІТ-компанії суттєво програють. На даний момент досвідчені ІТ-фахівці України мають високі шанси виходу на світовий ринок ІТ-технологій на засадах аутсорсингу. Водночас недосконалість українського законодавства у ІТ-сфері та неврегульованість процедур використання аутсорсингу на нормативно-законодавчому рівні викликають суттєві труднощі при виборі моделі роботи та заганяють українських ІТ-фахівців у тіньовий сектор. Якщо на нормативно-законодавчому рівні протягом року вдасться хоча б наблизитися до розв'язання цієї проблеми, це стане поштовхом для офіційного оформлення ІТ-фахівців на ринку праці, розширення можливостей для їх задіяння у проєктах відновлення економіки країни у повоєнний період, підвищення темпів інноваційного зростання та розвитку проєктів смарт-економіки на регіональному та національному рівнях.

**Висновки.** Проведене дослідження на основі аналізу здатності закладів вищої освіти України до продукування достатнього числа високопрофесійних та конкурентоспроможних ІТ-фахівців дозволило обґрунтувати наявні на сьогодні можливості до швидкого відновлення та підвищення техніко-технологічного й інноваційного рівня економіки України у повоєнний період. Обґрунтовано чинники впливу на рівень мотивації українських ІТ-фахівців щодо використання ними власних нагромаджених знань і навичок у напрямі підвищення конкурентоспроможності економіки України. Порівняння спрямованості та змістовного наповнення освітніх програм університетів-лідерів у підготовці ІТ-фахівців в Україні та провідних країнах світу дозволило сформулювати основні вектори подальшого розвитку ІТ-освіти в Україні.

#### Список використаних джерел

1. Ukraine IT Report 2021. IT Ukraine Association. URL: <https://drive.google.com/file/d/1LujaT9pHEGhgpRRojfnlZgQikkyiIlbE/view> (дата звернення: 28.05.22).
2. Портрет ІТ-спеціаліста – 2019. Інфографіка. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/portrait-2019/> (дата звернення: 28.05.22).
3. Інформаційна система Конкурс. Вступна компанія 2010-2021 рр. URL: <http://www.vstup.info> (дата звернення: 28.05.22).
4. Статистика вступних компаній. Вступ 2012-2021 рр. URL: <http://abit-poisk.org.ua/stat> (дата звернення: 28.05.22).

## ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗМІШАНИХ ПІДХОДІВ ДО НАВЧАННЯ У ВИЩІЙ ІТ-ОСВІТІ

**Карапетян А. Р.**

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

**Анотація.** Стратегія змішаного навчання стає невід'ємною частиною освіти 21-го століття. З погляду ефективності і витрат, не тільки онлайн-система може створити кращу систему навчання, а й традиційна форма навчання неспроможна задовольнити високий рівень вимог галузі. Таким чином, поєднання розвитку інформаційних і педагогічних технологій та ефективного проєктування освітнього процесу на основі теорії навчання використовується у різних змішаних системах для підвищення рівня вищої освіти. Такий підхід надає можливість будувати нові моделі для ініціювання стилю навчання, який може доповнити вимоги сучасної епохи до вищої освіти, зокрема на основі умов FLIP-навчання. Освітня система, що побудована шляхом змішування онлайн-ових та очних стратегій з використанням інформаційно-комунікаційних технологій та мультимедійних компонентів на заняттях, онлайн-тестування та аудиторних занять, спрямована на задоволення освітніх потреб здобувачів вищої освіти. Мета дослідження передбачає впровадження змішаного підходу до організації освітнього процесу у вищій школі, зокрема при підготовці студентів ІТ-спеціальностей, що буде сприяти формуванню їх здатності вирішувати майбутні професійні проблеми, а також підвищенню рівня самоаналізу діяльності всіх учасників освітнього процесу.

**Ключові слова:** змішане навчання, очне навчання, FLIP-навчання, онлайн навчання, навички вирішення проблем, самоаналіз, стиль викладання.

# ISSUES OF IMPLEMENTATION OF BLENDED APPROACHES TO LEARNING IN A HIGHER IT-EDUCATION

**Karapetyan A.**

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

**Abstract.** The strategy of blended learning is becoming an integral part of education in the 21st century. In terms of effectiveness and costs, not only can an online system create a better learning system, but a traditional form of learning is unable to meet the high demands of the industry. Thus, the combination of the development of informational and pedagogical technologies with the effective design of the educational process based on the theory of learning is used in various mixed systems to improve the level of higher education. This approach provides an opportunity to build new models for initiating a learning style that can complement the requirements of the modern era for higher education, in particular, based on flipped classroom learning conditions. The educational system, built by mixing online and face-to-face strategies using information and communication technologies and multimedia components in class, online testing, and classroom training, aims to meet the educational needs of higher education students. The aim of the study is to introduce a mixed approach to the organization of the educational process in higher education, in particular in the training of IT students, which will help to develop their ability to solve future professional problems and increase the introspection level of all participants in the educational process.

**Keywords:** blended learning, full-time learning, FLIP learning, online learning, skills of solving problems, self-reflection, style of teaching.

**Вступ.** Із швидким розвитком інформаційних технологій у 21-му столітті система вищої освіти має бути здатною поєднуватися з цими інноваціями для підвищення рівня конкурентоспроможності випускників закладів вищої освіти на вітчизняному і міжнародному ринках праці. Зокрема, необхідно модернізувати методи навчання, так щоб вони відповідали потребам освітньої галузі та бізнесу. Змішане навчання має бути екологічною та органічною комбінацією і ґрунтуватися на засадах гнучкої культури навчання, зокрема FLIP-навчання.

Людський фактор є одним із ключових факторів успіху змішаного навчання. Змішана система у поєднанні з самоаналізом діяльності всіх учасників освітнього процесу більш оперативна, ніж традиційні підходи, а процеси самоаналізу всіх учасників освітнього процесу є одним із вирішальних чинників ефективності змішаного навчання.

**Постановка задачі.** Традиційна модель організації навчання не завжди може задовольнити потреби IT-галузі, яка стрімко розвивається і змінюється. Змішана форма навчання особливо актуальна при підготовці IT-фахівців у закладах вищої освіти.

Реалії останніх років змінили всю систему вищої освіти в Україні. Через пандемію COVID-19 змішане навчання набуло широких масштабів. Уведений воєнний стан в Україні унеможливило очне навчання здобувачів освіти, тому дистанційне навчання стало єдиною доступною формою в системі вищої освіти.

З початком війни дистанційне навчання стало основною опцією доступу до знань, а заклади вищої освіти намагаються адаптувати до нових умов свої напрацювання в часи пандемії.

**Мета дослідження.** На сьогоднішній день існує багато визначень змішаного навчання. У професійному середовищі досі немає єдиного підходу до визначення сутності цієї категорії й узагальненої класифікації практичних кроків її впровадження. Вирішенню зазначених питань й присвячено це дослідження.

**Основна частина.** Змішане навчання – це поєднання традиційної системи освіти з сучасними інформаційними та педагогічними технологіями [1].

Змішане навчання передбачає об'єднання різних елементів, що належать до освітнього процесу. Виділяють три основні критерії, які беруться за основу при визначенні поняття «змішане навчання»: за типом суміщення засобів навчання, за комбінацією методів навчання, за способом поєднання форм навчання [2].

У рамках FLIP-навчання («перевернутого навчання») навчальні матеріали надаються ще до занять. Студенти знайомляться з матеріалом в індивідуальному темпі, здійснюючи, таким чином, самокерування своїм навчанням. В аудиторній фазі «перевернутого навчання» звільняється більше часу для обговорення проблемних питань, для роботи над кейсами та проектами.

Дуальне навчання, як одна з форм змішаного навчання, передбачає залучення до системи професійної вищої освіти організацій роботодавця як провайдерів освітніх послуг.

Серед переваг змішаної системи навчання (ЗСН) можна виділити такі [1]:

- місце та час вільні;
- досягаються переваги як сучасного, так і традиційного навчання;
- виходить активне навчання із пасивного навчання.
- підвищення персоналізації, індивідуалізації та актуальності самоаналізу.

До недоліків змішаної системи навчання можна віднести:

- онлайн-навчання створює новий технологічний режим роботи як для викладачеві, так і для студентів;
- існують вимоги до навчального обладнання та, особливо, підключення до мережі Інтернет;
- проведення занадто багато часу за екраном може завдати шкоди здоров'ю людини.

У технічному закладі вищої освіти важливим є створення інформаційно-комунікаційного освітнього середовища, де здобувачі мають доступ до навчальних матеріалів в будь-який час, отримують досвід роботи над проектами. Складовими такого середовища на ФІТІС ЧДТУ є система підтримки дистанційного навчання та корпоративна платформа Microsoft Teams. Основні тенденції навчання спочатку через пандемії COVID-19, а потім через воєнний стан: переважання форм асинхронної взаємодії викладача та студентів, запис відеороз'яснень, створення презентацій викладачами, проведення онлайн-занять зі студентами, лояльність щодо дедлайнів подання звітів про виконання індивідуальних завдань. Змішана система навчання має сприяти підвищенню рівня сформованості загальних і професійних компетентностей студентів. Однак можуть бути різні методи побудови змішаної системи навчання, що базується на різній логіці. Така система призначена для побудови ефективної змішаної системи на основі логічної схеми (рисунок 1). Ефективна конструкція системи є основою отримання хорошої моделі. Найкращий проект може задовольнити всіх користувачів, які є зацікавленими сторонами застосування системи, включаючи, в першу чергу, студентів, а також підрозділи ЗВО як на рівні управління і рівні експлуатації, так і на тактичному рівні організації освітнього процесу. Використання змішаної системи навчання можна вважати ефективним, якщо користувачі цієї системи будуть задоволені наданими освітніми послугами закладом вищої освіти.

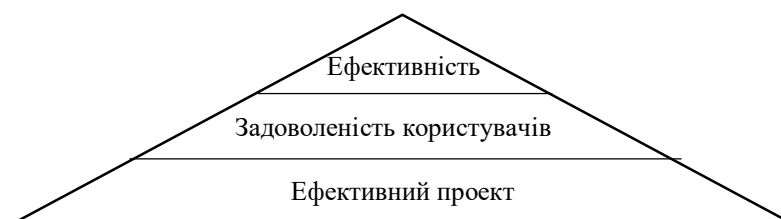


Рисунок 1 – Логічна схема змішаної системи

Змішана система навчання будується на основі вищезгаданої логіки. Етапи організації освітнього процесу за цією системою, складаються з наступних процедур [2]:

- аналіз вимог до системи навчання;
- підготовка (складання списку літератури, графіків, відео, завдань, питань);
- попередній клас (надання матеріалів студентам до початку онлайн-тестування);
- онлайн-тестування;
- в класі (це процес обговорення та виправлення);
- аналіз продуктивності (визначення ефективності ЗСН за статистикою результатів оцінок студентів, залучення та здатності вирішувати проблеми).

**Висновки.** Запропонована змішана методологія для системи вищої освіти шляхом поєднання очного механізму та механізму онлайн-навчання є ефективним підходом побудови освітнього процесу, одним з шляхів модернізації вищої освіти, поєднанням інновацій та вже наявного педагогічного досвіду. Впроваджуючи технологію змішаного навчання в освітній процес, маємо бути готові до формування нового образу мислення, якого вимагає потреба індивідуалізації навчання; переосмислення своєї ролі в процесі навчання; формування якостей, необхідних для успішного впровадження інновацій в освітній процес. У ЗСН акцентується увага на задоволенні користувачів наданими їм освітніми послугами і на самоаналізі всіх зацікавлених сторін для досягнення кращих результатів навчальної діяльності студентів. Педагогічно виважене використання змішаного навчання може підвищити рівень сформованості професійних компетентностей студентів ІТ-спеціальностей та, як наслідок, підвищення їх рівня конкурентоспроможності на вітчизняному і міжнародному ІТ-ринках праці.

#### Список використаних джерел

1. Kaur M. Blended learning - its challenges and future. *3rd World Conference on Learning, Teaching and Educational Leadership (WCLTA-2012), Procedia - Social and Behavioral Sciences*. ISSN: 1877-0428. 2013. Vol. 93. P. 612–617. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.09.248.
2. Graham C. R. Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Ed.), *Handbook of distance education* (3rd ed.). New York, NY: Routledge, 2013. P. 333–350.

### ЯК ЗАЦІКАВИТИ СТУДЕНТІВ В ОТРИМАННІ ІТ-ОСВІТИ В ЗВО?

Піщик Г. А., Федюк І. С., Болдирєва С. О., Щур Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

**Анотація.** У статті викладений аналіз актуальних проблем та незадоволених професійних потреб у навчанні майбутніх ІТ-фахівців в українських закладах вищої освіти (ЗВО). Предметом дослідження є стратегія підготовки студентів, її реалізація в сьогоденні та відповідність обізнаності учнів запитам міжнародного ринку. Матеріал націлений ефектизувати інституційне середовище галузі інформаційних технологій з метою виховання фахівців вищої кваліфікації. Інформація, отримана теоретичним і практичним шляхами, допомагає проаналізувати потреби ІТ-сфери, а також індивідуальні та загальні способи підвищення зацікавленості учнів у формуванні модерних знань та практичних умінь з можливістю їх подальшого використання. Застосування викладених у цій статті матеріалів надасть змогу закладам вищої освіти осучаснити устаткування та матеріали, підвищити якість підготовки ІТ-спеціалістів.

**Ключові слова.** ІТ-фахівці, освіта, інформаційні технології, заклади вищої освіти.

### HOW TO INTEREST STUDENTS IN OBTAINING IT EDUCATION AT THE HEI?

Pitsyk H., Fediuk I., Boldyrieva S., Shchur N.

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”,  
Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The article presents an analysis of current problems and professional needs in the education of future IT specialists in Ukrainian higher education institutions. The subject of research is the strategy of student training, its implementation and the compliance of students' awareness of the demands of the international market. The material is aimed at improving the institutional environment of the industry in order to educate highly qualified specialists. The information obtained helps to analyze the needs of the field, individual and general ways to increase students' interest in the formation of modern skills with the possibility of their further use. The use of the materials presented in the article will allow higher education institutions to modernize equipment and materials, improve the quality of the education.

**Keywords.** IT specialists, education, Information Technology, higher education institutions.

**Вступ.** В цій роботі проаналізовано проблеми, що виникають у здобувачів ІТ-освіти. Дослідження показало, що аспекти, які базуються на досягненнях українських фахівців, а не

на сучасних тенденціях світового співтовариства, негативно впливають на розвиток ІТ-сектора країни. Мета матеріалу – це висвітлення актуальних проблем та побудова моделі їх вирішення.

**Мета роботи** – дослідження особливостей ІТ-освіти в ЗВО та шляхів її осучаснення, зважаючи на потреби ІТ-ринку та індивідуально-психологічні аспекти.

**Постановка проблеми.** Застаріла система організації освітнього процесу у ЗВО не викликає довіри як у студентів, так і в роботодавців. 87% ІТ-компаній змушують молодого спеціаліста навчатися додатково, що вказує на недоліки в системі навчання ЗВО [1]. За даними проведеного опитування серед студентів були виділені ключові фактори, які знижують зацікавленість у інформаційних технологіях та заважають при подальшому працевлаштуванні [2]. Перша проблема, яка негативно впливає на формування компетентностей майбутніх фахівців з інформаційних технологій, постає вже перед абітурієнтами, які до кінця не розуміють, що очікувати від навчання. На сайтах ЗВО учень рідко знаходить точну інформацію про спеціальність, навчальний план, які задачі будуть вирішуватися під час навчання, перспективи працевлаштування, тощо (рисунок 1).

На скільки опис спеціальності на сайті ВНЗ відповідає реальності?

43 ответа

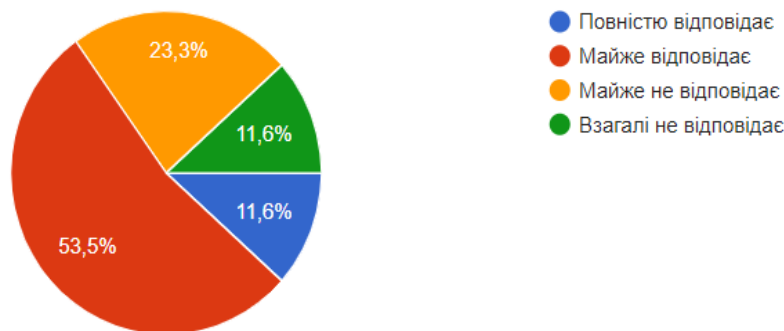


Рисунок 1 – Результати опитування щодо опису спеціальності

Також причиною зниження зацікавленості студентів є те, що інформаційні технології за останні десятиліття стрімко еволюціонували і продовжують розвиватися в різноманітних галузях. Тому система вищої освіти не встигає підвищувати кваліфікацію професорів та доцентів, оновлювати навчальні матеріали та устаткування.

Ще одним важливим аспектом, що демотивує молодь, є низька якість практичних занять, що не мають нічого спільного з реальними завданнями ІТ-фахівців. Студенти вирішують практичні задачі, що не підвищують їх компетентності для реальної роботи.

З підвищенням вимог до професіоналізму ІТ-фахівців виникають труднощі з працевлаштуванням. Рівень отриманих знань є недостатнім для того, щоб одразу почати працювати над складними задачами, вирішення яких потребує динамічний ринок. ІТ-сфера має багато напрямів і програма навчання намагається охопити їх усі, не заглиблюючись в окремі теми. До того ж, план навчання передбачає багато загальноосвітніх предметів, не пов'язаних з ІТ-індустрією, факт чого викликає погане розуміння обов'язків і завдань ІТ-спеціалістів (рисунок 2).

**Рішення проблеми.** Організація профорієнтаційних тестів, що допоможуть виявити здібності вступника та обрати спеціальність. Створення чіткого та зрозумілого майбутньому студенту опису спеціальності на сайті ЗВО. Контроль відповідності освітньої програми до потреб ІТ-ринку. Забезпечення студентів достатньою кількістю якісної практики, наданої представниками ІТ-сфери, зменшення обсягу загальноосвітніх та теоретичних предметів. Збільшення кількості вибіркового дисциплін, що допоможуть студенту поглиблено

опанувати окремі напрями та в майбутньому ефективно правцевлаштуватись. Впровадити дуальну форму навчання, з офіційним стажуванням в українських та світових ІТ-компаніях.

Який відсоток предметів ви вважаєте корисними та актуальними для вашої спеціальності?

44 ответа

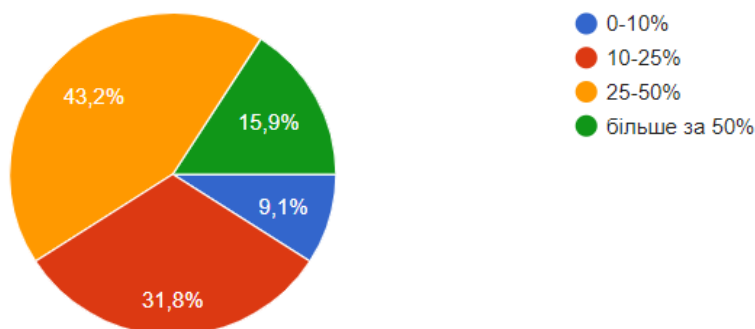


Рисунок 2 – Результати опитування щодо актуальності навчальних предметів

**Висновки.** В результаті проаналізованих даних, які висвітлюють недоліки освітнього процесу у ЗВО України, були виявлені найбільш актуальні підходи до покращення системи ІТ-освіти у ЗВО та заохочення молоді до навчання за ІТ-спеціальностями.

#### Список використаних джерел

1. Бровінська М. Що не так з ІТ-освітою в Україні. Дослідження. 2021. URL: <https://dev.ua/news/shcho-ne-tak-z-it-osvitoiu>.
2. Опитування студентів ІТ спеціальностей. 2022. URL: <https://forms.gle/TpGo2Gz8ziaHLM9C9>.

## ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ФОРМ, МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ІТ-СПЕЦІАЛЬНОСТІ

**Пономарьова Н. О.**

Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди,  
м. Харків, Україна

**Анотація.** В умовах впровадження Нової української школи вага профорієнтаційної роботи у складі професійної діяльності учителя суттєво зростає, що вимагає завчасної підготовки майбутніх учителів. Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки майбутніх учителів інформатики в закладах вищої педагогічної освіти. Предмет дослідження – підготовка майбутніх учителів інформатики до професійної орієнтації школярів на ІТ-спеціальності. Мета роботи – висвітлення особливостей методики підготовки майбутніх учителів інформатики до впровадження сучасних форм, методів та засобів здійснення професійної орієнтації школярів на ІТ-спеціальності. Методи дослідження – теоретичні (аналіз психолого-педагогічних наукових розвідок та методичних праць) та експериментальні (педагогічний експеримент). У роботі представлено особливості методики навчання навчальної дисципліни «Уведення в ІТ-спеціальності» для майбутніх учителів інформатики. Розкрито її змістові складові. Наведено методику формування практичних умінь студентів щодо здійснення профорієнтаційної роботи зі школярами на усіх її етапах. Особливу увагу приділено навичкам використання та створення сучасних засобів профорієнтаційної роботи.

**Ключові слова:** підготовка майбутніх учителів, професійна орієнтація, ІТ-спеціальності, форми профорієнтаційної роботи, засоби профорієнтаційної роботи.

# TRAINING OF FUTURE TEACHERS OF INFORMATICS FOR THE IMPLEMENTATION OF MODERN FORMS, METHODS AND TOOLS OF CAREER GUIDANCE ON IT-SPECIALTIES

**Ponomarova N.**

H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Kharkiv, Ukraine

**Abstract.** In the conditions of introduction of the New Ukrainian school the value of career guidance work as a part of professional activity of the teacher essentially increases that demands early training of future teachers. The object of research is the process of professional training of future teachers of informatics in institutions of higher pedagogical education. The subject of research is the training of future teachers of informatics for the career guidance of students on the IT-specialty. The purpose of the work is to highlight the peculiarities of the methodology of training future teachers of informatics to implement modern forms, methods and tools of career guidance of students on IT-specialties. Research methods – theoretical (analysis of psychological and pedagogical research and methodological work) and experimental (pedagogical experiment). The paper presents the peculiarities of teaching methods of the discipline "Introduction to IT specialties" for future teachers of informatics. Its semantic components are revealed. The method of formation of practical skills on the implementation of career guidance work with students at all its stages is presented. Particular attention is paid to the skills of using and creating modern tools of career guidance.

**Keywords:** training of future teachers of informatics, career guidance, IT-specialties, forms of career guidance, tools of career guidance.

**Вступ.** Концепцією Нової української школи визнано, що сучасна школа має допомогти випускникам бути конкурентоспроможними у 21-му столітті, стати цілісними особистостями, здатними зробити свідомий вибір, у тому числі щодо подальшого освітнього та професійного шляху [1]. Поставлені завдання змінюють роль учителя, у складі професійної діяльності якого вага профорієнтаційної роботи суттєво зростає. Так, наприклад, щодо профорієнтації на IT-спеціальності окрім інформаційно-орієнтуючої, діагностуючої, консультуючої функції учитель інформатики здійснює організаційну функцію, функцію орієнтації школярів у медіа-просторі, спрямовуючу та координуючу, які є взаємозалежними та тісно пов'язаними між собою [2]. Ефективне виконання зазначених функцій має забезпечити завчасна належна всебічна підготовка майбутніх учителів інформатики в закладах вищої педагогічної освіти.

Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки майбутніх учителів інформатики в закладах вищої педагогічної освіти. Предмет дослідження – підготовка майбутніх учителів інформатики до професійної орієнтації школярів на IT-спеціальності

**Мета роботи** – висвітлення особливостей методики підготовки майбутніх учителів інформатики до впровадження сучасних форм, методів та засобів здійснення професійної орієнтації школярів на IT-спеціальності.

**Основна частина.** У ХНПУ імені Г. С. Сковороди розроблена та впроваджується авторська структурно-функціональна модель підготовки майбутніх учителів інформатики до професійної орієнтації школярів на IT-спеціальності, яка враховує специфіку профорієнтаційної роботи учителя інформатики [2]. З огляду на особливу значущість проблематики профорієнтаційної роботи зі школярами в умовах реформування освіти на засадах концепції Нової української школи, у межах реалізації зазначеної моделі з 2020 року в університеті розроблено нову навчальну дисципліну – «Уведення в IT-спеціальності». Мета навчальної дисципліни – формування у здобувачів вищої освіти спеціальних знань та умінь, необхідних для здійснення професійної орієнтації школярів на IT-спеціальності. Зміст навчальної дисципліни зосереджений навколо теоретичних засади профорієнтаційної роботи вчителя інформатики, основ професіографії IT-спеціальностей, методики професійного інформування школярів про IT-спеціальності, профорієнтаційної діагностики школярів на IT-спеціальності, форми профорієнтаційної роботи вчителя інформатики на IT-спеціальності.

Особливе значення під час навчання має формування у здобувачів вищої освіти практичних умінь впроваджувати сучасні ефективні форми, методи та засоби профорієнтаційної роботи на усіх етапах профорієнтаційної роботи в школі. Так, наприклад, студенти опановують методику проведення екскурсій, бесід, свят, усних журналів, зустрічей з представниками професій, тематичних ігор на початковому та пошуковому етапах. Студенти вивчають особливості організації групової роботи із школярами на базовому етапі – з використанням профорієнтаційних діагностичних форм роботи, під час уроків, спеціальних годин спілкування з вибору професії. Забезпечується оволодіння студентами методики проведення консультацій, бесід, діагностичної роботи з профорієнтації, заохочення учнів до спеціальних заходів з профорієнтації на коригувальному етапі профорієнтаційної роботи зі школярами.

Зауважимо, що в умовах поширення дистанційного та змішаного навчання, окрему увагу приділяється методиці проведення названих заходів в форматі онлайн – студентам надається можливість здобути власний досвід проведення онлайн-зустрічей, бесід, екскурсій тощо.

Успішність здійснення профорієнтаційної роботи залежить і від наявності широкого спектра її сучасних засобів. Тому програмою навчальної дисципліни передбачено як знайомство студентів з наявними засобами профорієнтаційної роботи зі школярами, так і розробку власних – каталогів, інтерактивних плакатів, інтерактивних вправ, таймлайнів, профорієнтаційної інфографіки, тренажерів, засобів профорієнтаційної діагностики тощо.

**Висновки.** Методика підготовка майбутніх учителів інформатики до профорієнтаційної роботи зі школярами має передбачати як засвоєння ними знань про специфіку складових професійної орієнтації школярів на ІТ-спеціальності, так і, що виключно важливо, набуття ними практичних умінь її здійснення на усіх етапах, а також формування переконань та мотивів професійної орієнтації.

#### **Список використаних джерел**

1. Професійна орієнтація в новій українській школі. URL: [https://uied.org.ua/wp-content/uploads/2020/12/konczepczya-profori%D1%94ntaczii%CC%88-dlya-gromadskogo-obgovorennya-16\\_12\\_20-.pdf](https://uied.org.ua/wp-content/uploads/2020/12/konczepczya-profori%D1%94ntaczii%CC%88-dlya-gromadskogo-obgovorennya-16_12_20-.pdf) (дата звернення: 27.05.2022).
2. Пономарьова Н. О. Підготовка майбутніх учителів інформатики до профорієнтаційної роботи у загальноосвітніх навчальних закладах: монографія. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2018. 325 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРИКЛАДНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ РОЗРОБОК У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ХІМІКІВ-ТЕХНОЛОГІВ**

**Сергєєва О. В., Фролова Л. А.**

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна

**Анотація.** Розглянуто вплив самостійних робіт (у вигляді прикладних розробок) на формування у студентів різних спеціальностей навичок професійного спрямування та комунікації при співпраці та навичок взаємовідносин замовник-виконавець при активній пізнавальній творчій діяльності студентів. Об'єкт дослідження – це процес створення комп'ютерних розробок, що стосуються хімічної технології. Предмет дослідження – це взаємодія студентів різних спеціальностей. Виявлено при такому підході використання усіх функцій самостійної праці, тобто: пізнавальної, прогностичної, виховної, коригуючої та самостійної. Можна відзначити, що при такому підході значно поширюється світогляд студентів-виконавців. Крім того, спостерігається зростання самооцінки студентів та впевненості у собі. Встановлено, що найбільш доцільним для студентів спеціальності 123 – комп'ютерна інженерія є розробка комп'ютерних симуляторів лабораторних установок або технологічних ліній виробництва, спеціалізованих комп'ютерних систем для експериментальних дослідів або лабораторій, розробка комп'ютерних систем моніторингу технологічного процесу.

**Ключові слова:** студент, технологічний процес, самостійна праця, прикладна розробка.



# USE OF APPLIED COMPUTER DEVELOPMENTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE TRAINING OF CHEMISTS-TECHNOLOGISTS

Sergeyeva O., Frolova L.

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

**Abstract.** The influence of independent works (in the form of applied developments) on the formation of students of different areas of learning skills of professional orientation and communication in cooperation and skills of customer-performer relationships in active cognitive creative activity of students is considered. The object of research is the process of creating computer developments related to chemical technology. The subject of research is the interaction of students of different specialties. This approach reveals the use of all functions of independent work, i.e.: cognitive, prognostic, educational, corrective and independent. It should be noted that this approach significantly expands the worldview of students of performers. In addition, there is an increase in students' self-esteem and self-confidence. It is established that the most expedient for students majoring in 123 - Computer Engineering is the development of computer simulators of laboratory installations or production lines, specialized computer systems for experimental experiments or laboratories, development of computer systems for process monitoring.

**Keywords:** student, technological process, independent work, applied development.

**Вступ.** Стрімкий розвиток хімічних технологій потребує від студентів та викладачів своєчасного реагування на зміни в навколишньому середовищі та суспільстві. Від якості навчання студентів залежить їх подальший успіх на обраному професійному шляху. Згідно з законами України про наукову і науково-технічну діяльність [1] та про вищу освіту [2] необхідно залучати студентів до наукової та практичної діяльності, створювати необхідні умови для реалізації учасниками освітнього процесу їхніх здібностей і талантів, а також сприяти міждисциплінарному навчанню. Крім того, майбутня професійна діяльність більшості студентів буде пов'язана не лише з використанням та розробкою комп'ютерної техніки, але й із спілкуванням з замовниками тощо.

**Постановка задачі.** Використання комп'ютерної техніки в навчальному процесі відкриває широкі можливості для розвитку пізнавальних здібностей студентів – від сенсорно-перцептивних до мовленнєво-розумових форм. Однак ці можливості значно обмежені в сфері формування системи цінностей, мотивації, цілепокладання та інших сторін психіки людини [3]. Тому необхідно обов'язково підтримувати професійну співпрацю між студентами, аспірантами та іншими учасниками освітнього процесу.

**Метою роботи** є дослідження актуального питання співпраці викладачів та студентів різних спеціальностей, розширення їх світогляду та отримання практичних навичок у сфері майбутньої професійної діяльності на основі створення прикладних комп'ютерних розробок.

**Основна частина.** Одним з шляхів досягнення поставленої мети є розробка комп'ютерних симуляторів лабораторних установок або технологічних ліній виробництва, розробка спеціалізованих комп'ютерних систем для експериментальних дослідів або лабораторій, розробка комп'ютерних систем моніторингу технологічного процесу [4]. При цьому студенти, аспіранти спеціальності 161 – хімічні технології та інженерія навчаються розробляти технічне завдання на розробку з детально викладеними вимогами.

Розглянемо розробки студентів ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», що з'явилися завдяки співпраці між студентами спеціальності 123 – комп'ютерна інженерія та 161 – хімічні технології та інженерія при проектуванні та розробці програмних продуктів і спеціалізованих комп'ютерних систем.

1. *Комп'ютерна симуляція* хіміко-технологічних процесів [5], яка використовується при навчанні, допомагає істотно поліпшити швидкість та якість навчання. Розглянута модель – це симулятор системи, розробленої для технологічного процесу отримання нанорозмірних сполук кобальту.

2. *Система моніторингу* [6]. У загальному випадку в ході лабораторного експерименту повинна діяти схема безперервного моніторингу, що дозволяє отримати максимальну кількість інформації за час проведення експерименту.

3. *Комп'ютерний симулятор лабораторної плазмохімічної установки*, призначеної для обробки рідких середовищ.

Програмна модель відображає основні елементи реальної установки, враховує показники датчиків, дає можливість встановлювати кількісні параметри, які впливають на процес роботи установки.

**Висновки.** Розглянуто вплив робіт (у вигляді прикладних комп'ютерних розробок) на формування у студентів різних спеціальностей навичок професійного спрямування та комунікації при співпраці та навичок взаємовідносин замовник-виконавець при активній пізнавальній творчій діяльності студентів. Виявлено, що при такому підході використовуються усі функції самостійної праці: пізнавальної, прогностичної, виховної, коригуючої та самостійної. Можна відзначити, що при такому підході значно поширюється кругозір студентів-виконавців. Крім того, спостерігається зростання самооцінки студентів та впевненості у своїх можливостях.

Найбільш доцільним для студентів спеціальностей 123 – комп'ютерна інженерія та 161 – хімічні технології та інженерія була розробка комп'ютерних симуляторів лабораторних установок та технологічних ліній виробництва, розробка спеціалізованих комп'ютерних систем для експериментальних дослідів та лабораторій, розробка комп'ютерних систем моніторингу технологічного процесу.

### Список використаних джерел

1. Про наукову і науково-технічну діяльність: Закон України від 26.11.2015 № 848-VIII Документ 848-VIII, чинний, поточна ред. від 16.07.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text> (дата звернення: 7.06.2022).

2. Про вищу освіту: Закон України від 01.07.2014 № 1556-VII - doc\_info Документ 1556-VII, чинний, поточна ред. від 09.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення: 7.06.2022).

3. Денисенко В. В. Комп'ютеризація навчання як інструмент забезпечення основних функцій викладача ВНЗ. *Інформаційні технології в освіті*. 2014. № 18. С. 65–70. doi:10.14308/ite000468.

4. Стандарт вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 12 – Інформаційні технології, спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія. Затверджено і введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 19.11.2018 № 1262. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/123-kompyuterna-inzheneriya.pdf> (дата звернення: 07.06.2022).

5. Лебединець С. В., Сергеева О. В. Разработка компьютерной обучающего симулятора системы управления процессом получения наноразмерных соединений кобальта. *Хімія та сучасні технології: зб. тез доп. IX Міжнар. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених*. Дніпро, 2019. Т. IV. С. 32–33.

6. Сергеева О. В., Робак Е. А. Прикладное использование компьютерной системы на базе МПС ARDUINO в лабораторном комплексе. *Perspectives of world science and education: abstracts of the 4th International scientific and practical conference*. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2019. P. 852–859. URL: <ci-conf.com.ua/iv-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-perspectives-of-world-science-and-education-25-27-dekabrya-2019-goda-osaka-yaponiya-arhiv/> (дата звернення: 7.06.2022).

## ПРОФЕСІЙНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Яцько О. М.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна

**Анотація.** Розглянуто основну мету підготовки бакалаврів галузі інформаційних технологій, визначено основні професійні компетентності, якими має володіти фахівець з комп'ютерних наук, що формуються в результаті навчання фундаментальних дисциплін. Проаналізовано професійну компетентність, що містить інтегральну, загальну і фахову компетентності освітнього стандарту вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Комп'ютерні науки». Визначено основні характеристики, якими має володіти бакалавр з комп'ютерних наук в результаті вивчення фундаментальних дисциплін, що допомагають фахівцю вирішувати виробничі завдання, успішно діяти в мінливих умовах ринку, легко адаптуватися у різних соціальних обставинах та розвивати власні професійні здібності, особливо в умовах швидкої зміни ринку.

**Ключові слова.** Компетентність, ІТ-фахівець, компетентнісний підхід, фундаментальна дисципліна, бакалавр комп'ютерних наук.

## PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE SPECIALISTS IN THE FIELD OF INFORMATION TECHNOLOGIES

Yatsko O.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

**Abstract.** The main purpose of training bachelors in the field of information technologies is considered, the main professional competences that should be possessed by a specialist in computer science, which are formed as a result of teaching basic disciplines, are determined. The professional competence containing the integral, general and professional competences of the educational standard of higher education of Ukraine of the first (bachelor's) level of the specialty "Computer Science" is analyzed. The main characteristics that a bachelor of computer science should possess as a result of studying fundamental disciplines that help a specialist to solve production problems, operate successfully in changing market conditions, easily adapt to different social circumstances and develop their own professional skills, especially in rapid change market.

**Keywords:** competence, IT specialist, competence approach, fundamental discipline, Bachelor of Computer Science.

**Вступ.** Швидкозмінність сучасних умов, в яких працюють фахівці ІТ-галузі, висуває свої вимоги щодо особливостей здійснення професійної діяльності, та, як результат, – до знань, умінь, здатностей та психологічних якостей ІТ-фахівця.

**Постановка проблеми.** Основною метою підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій є підготовка фахівців зі спеціалізованими практичними навичками розробки, впровадження й супроводу інтелектуальних інформаційних систем для аналізу структурованих й неструктурованих даних, а також технологій моделювання та прогнозування для одержання нових знань і технологій обробки даних, для підвищення їх інформативності, при розв'язанні прикладних задач в організаційних, технічних, природничих, соціально-економічних системах та науках про життя.

**Мета роботи.** Визначити основні компетентності майбутніх фахівців з комп'ютерних наук, які формуються на основі навчання фундаментальних дисциплін.

**Основна частина.** Відповідно до Стандарту вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня ступеня «бакалавр» за галуззю знань 12 «Інформаційні технології», спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» майбутній фахівець з комп'ютерних наук повинен володіти наступними компетентностями, які будуть сформовані за рахунок фундаментальних дисциплін [1]:

– здатність до математичного та логічного мислення, формулювання та дослідження математичних моделей, зокрема дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач в галузі комп'ютерних наук, інтерпретування отриманих результатів;

– здатність опановування сучасних технологій математичного моделювання об'єктів, процесів та явищ, розробляти обчислювальні моделі та алгоритми чисельного розв'язання задач математичного моделювання;

– здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання, реалізовувати алгоритми моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити експерименти за програмою моделювання з обробкою і аналізом результатів;

– здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні рішення, будувати моделі оптимального вибору управління з урахуванням змін параметрів, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії;

– здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язання системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики;

– здатність до аналізу та функціонального моделювання бізнес-процесів, побудови і практичного застосування функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем, методів оцінювання ризиків, синтезу складних систем на засадах використання її комп'ютерної моделі.

Необхідно виділити сукупність якісних характеристик (ознак), за якими можна судити про наявність, становлення та розвиток професійних компетентностей фахівця з комп'ютерних наук: стійка мотивація до виконання професійної діяльності, особистісна значимість професійної діяльності (професійна автономність), інформаційно-технологічні знання, якими володіє ІТ-фахівець, евристична діяльність, реалізована для отримання необхідного результату вирішення професійного завдання (професійно-навчальна евристичність), індивідуальний стиль вирішення професійних завдань (особистісна іманентність вирішення професійних завдань, рівень соціальної значущості, на якому здатний вирішити професійну задачу фахівець з комп'ютерних наук, ступінь складності професійної задачі, яку він здатний вирішити).

Іншими словами, «компетентному фахівцю» повинні бути властиві, принаймні, три основні характеристики, а саме:

– *ефективність на робочому місці* (продуктивність, якість, адаптація до змін, внесок у досягнення загальних цілей компанії, безпека праці, захист навколишнього середовища тощо);

– *мобільність у межах підприємства і сектора* (гнучкість, багатoproфільність, самовдосконалення, навчання на робочому місці);

– *розвиток персональних якостей і загальних ключових знань і навичок*, які необхідні для успішної роботи на робочому місці).

**Висновок.** Аналізуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що оволодіння професійними компетентностями фахівцем з комп'ютерних наук – одна із головних та найважливіших умов досягнення професіоналізму фахівців у ІТ-сфері, їх конкурентоздатності на світовому ринку праці.

#### Список використаних джерел

1. Стандарт вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня ступеня «бакалавр» за галуззю знань 12 «Інформаційні технології», спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyut.nauk.bakalavr-1.pdf/> (дата звернення: 23.05.2022).

## DYNAMICS OF INTELLIGENCE DEVELOPMENT OF IT STUDENTS AT SCHOOL AND UNIVERSITY

**Burov O.**

Institute for digitalization of Education of the NAPS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The paper discusses challenges related to measurement and use of indices of IT students' intelligence structure over high school and university years. Experimental research has confirmed data that intelligence indices increase significantly after 8<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> grade and change at university years not so significant. But, in contrast with general (averaged) data for all types of school profiles, it is revealed that intelligence of math class students quickly increases in 9 grade and slowdowns later but is higher than in general. Experimental results are compared with previous ones (averaged data is captured by more than 3,500 schoolchildren and more than 150 students).

**Keywords:** intellect structure, IT students, math, development, assessment.

**Introduction.** Needs of the rapidly changing world and education system should consider that the digital world [1] provokes new requirements to human important skills. New technologies raised new challenges giving children more opportunities to realize their abilities and to maintain lifelong learning in safe digital environment [2]. Students' selection for research activity should be provided

at the earlier stages at school using all possible resources, including social networks, and accounting students intelligence, as well as requirements to key competences.

**Formulation of the problem.** Specialists in psychology and pedagogics articulate the necessity of forming a person in both formal and informal education with such professional skills as: informational literacy, inventive analytical thinking, quick search and processing of information, innovative thinking style, effective communication, project and team work, problem solving, ability to take responsibility, high productivity, and life competencies. This corresponds the general requirements to IT skills, but it is needed to pay more attention to general cognitive abilities of a human in adaptive learning environment [3] for most professions with regards to importance of the human intellect and possibility to measure it in accurate manner. But despite the successful results of study of the structural and functional characteristics of the intellect and the dynamics of its formation, including in teenagers [4], some problems of reliability and comparability of these results remain because of difficulties of the phenomenon of intelligence and its measurement.

**The purpose** is to develop the technique and tool to monitor student’s intelligence structure and to compare results of test performance of schoolchildren of IT-profile and in general in dynamics from high school to university.

**Methods.** Experiments included psychological tests performance by subjects at the computer according to technique developed and validated for the professional selection. They were used tests as follows: modified R. Amthauer test of intelligence structure, assessment skills in the areas of mental activity; color-associated M.Lusher test (paired choice); modified Hilchenko-Makarenko technique; Myers-Briggs Type Indicator (MBTI). They were observed 3500 schoolchildren of 8...11 academic years (K8 ... K11) as well as 150+ university students of IT-profile.

**Results.** According to priorities of education in XXI century, one of the key competences is mathematical competence and basic competences in science and technology, first of all in digital field. It is associated with high productivity of decision making, ingenious analytical thinking (based, first of all, on abstract and logical abilities), quick search and information processing, effective communication, teamwork. According to some data published, the general intelligence in the school with math classes decreases in high school. But other researchers have found opposite tendency in general schools that coincided with our previous study.

To investigate common and specific features of the adolescent intelligence development, they were compared micro-interval dynamics of the general intellect according to all students data observation (without geographical, gender and profile specific) and data obtained in schools of math profile (Lyceum 157, Kyiv), as well as its verbal and nonverbal components, and comparative study has been made for students of math- (group g1), IT-profiles (group g2) and as the most close in contrast to other vocations (group g3). Data were collected by using the screening method, as in previous research. To ensure correct data set of observation, the starting state of surveyed was checked by indices of the Lusher test performance, as well as controlled by results of the subtest memory.

Important characteristic of the intellect development is an intellect structure. According to the data known intellect framework impacts the creativity, very important feature of IT-competence. From the data obtained, such a structure of three groups analyzed in the research is relatively expected: higher for pupils of the g1 group and less values for g3 (Figure 1).

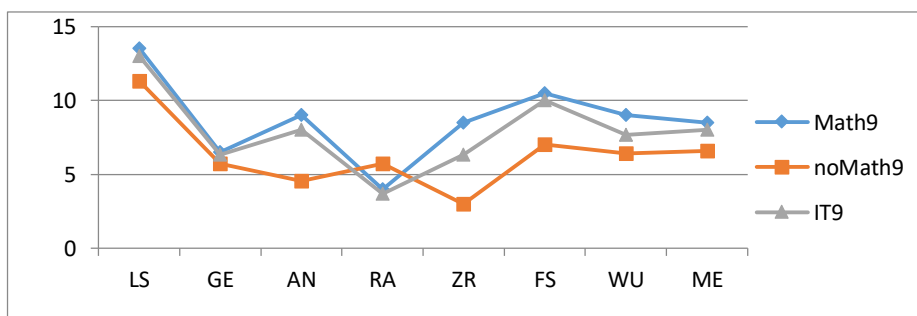


Figure 1 – Intellect structure of the 9<sup>th</sup> grade pupils

At the same time, in 10th grade results of the test performance were as expected.

These results demonstrated that the general intelligence of math students is higher than average intelligence in all schools, but the tendency of its growth has been revealed in all observed classes K8-K11. The comparison of verbal (VI) and non-verbal (NI) intelligence revealed that VI has linear trend from K8 to K11 both in average and in math classes, but NI grows less in math classes from K10 to K11.

The higher level of intellect in Lyceum could be explained by fact that schoolchildren in math lyceum were selected according to their preliminary abilities. It is necessary to highlight that their indices were higher in both nonverbal (it is often called “mathematical and technical”) and verbal components of intellect.

But dynamics of the intellect structure of math and IT-students had another character. Reasons of that fact is considered.

**Conclusions.** 1. They were revealed features of the transformation of the intellectual qualities’ structure depending on micro-age, profile of training. 2. The results indicated that refinement of the mechanisms of intelligence development require longitudinal studies. 3. Some fruitful results in understanding of the intellect structure changes in micro-age intervals at high school could be expected in relationship of intellect personality features, namely as regards the style of thinking and features of properties of the central nervous system.

### References

1. Digital Competences Framework for EU citizens. 2018. URL: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf>.
2. Bykov V. Y., Burov O. Y., Dementievskaya N. P. Cybersecurity in digital educational environment. *Inf. Technol. Learn. Tools*. 2019. Vol. 70 (2). P. 313–331.
3. Burov O. Y., Pinchuk O. P., Pertsev M. A., Vasylychenko Y. Using the students' state indices for design of adaptive learning systems. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 68. № 6. С. 20–32.
4. Burov O. Y. Profile mathematical training: particular qualities of intellect structure of high school students. *Фізико-математическое образование*. 2018. Т. 1 (15).

## ЗМІСТ

Секція А. Теоретичні і практичні аспекти створення та оптимізації сучасних інформаційно-комунікаційних систем.....	6
Ахмедов Р. Р., Безкорвайний В. С., Дербенцев В. Д. Аналіз тональності текстів з використанням моделей глибокого навчання .....	6
Голубничий О. Г., Габрусенко Є. І., Тараненко А. Г., Слободян О. П., Жарова О. В. Алгоритм машинного навчання на основі гаусівської змішаної моделі для екологічно сприятливих технологій телекомунікацій.....	8
Лавданський А. О., Фауре Е. В., Скуцький А. Б., Базіло К. В. Прискорення операцій над перестановками за допомогою графічних прискорювачів .....	10
Сіньковський А. П. Використання мікросервісної архітектури як основи для забезпечення роботи з даними в інформаційно-аналітичній системі для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства.....	12
Супруненко О. О., Гребенович Ю. Є. Метод згортки графових моделей програмних компонентів для аналізу динамічних властивостей програмних систем .....	15
Супруненко О. О., Онищенко Б. О., Недоноско П. М. Особливості застосування комбінованого підходу до імітаційного моделювання програмного забезпечення з паралелізмом при дослідженні моделі мікросервісу.....	18
Секція В. Інформаційні технології моделювання складних систем.....	21
Грищенко Ю., Романенко В., Заліський М., Фурсенко Т. Метод оцінювання якості підготовки пілотів за зміною кута тангажу під час польоту.....	21
Іващук О., Остроумов І. Вплив закриття повітряного простору України на глобальну авіатранспортну систему .....	23
Кравченко О. В., Твардовський В. Г., Сивоглаз Д. В. Модель системи IoT-рішення для моніторингу та аналізу сміттєзберігання твердих відходів .....	25
Sytnuk O., Protasov S., Klyuchka K., Kyselova A. Methods for solving equations of electric circuit when calculating a static mode.....	7
Секція С. Інформаційні технології в техніці та робототехніці.....	30
Гончаров А. В., Могілей С. О. Реалізація мультимодальних транспортних задач за допомогою систем лінійних матричних рівнянь .....	30
Макаренко І. О., Федоров Є. Є., Бондаренко Ю. Ю. Інтелектуальний контроль механічних характеристик оптичних виробів.....	32
Андрієнко В. О., Бойко В. В. Використання робототехнічних пристроїв та Інтернету речей у навчанні та науково-дослідній роботі студентів .....	35
Секція Д. Інформаційно-комунікаційні технології в управлінні.....	37
Єфімов В. В., Оксамитна Л. П., Максимов А. Є., Триус Ю. В. Веб-орієнтований ресурс для проведення групової експертизи методами прийняття рішень.....	37
Максимов А. Є. Web-орієнтований ресурс для класифікації задач до матриці Ейзенхауера за методом аналізу ієрархій .....	41
Секція Е. Інформаційні технології у сфері інтелектуальних обчислень.....	45
Гейко А. В., Триус Ю. В. Методи і засоби нечіткої адаптації в метаевристичних алгоритмах глобальної оптимізації .....	45

<b>Тазетдінов В. А., Сисоєнко С. В., Хрульов М. В.</b> Самоорганізація інформаційного банку системи підбору інвентарю для настільного тенісу на базі нейромереж.....	49
<b>Тесля Ю., Єгорченков О., Хлевна Ю., Єгорченкова Н., Катаєва Є., Хлевний А., Клеванна Г.</b> Концепція інтелектуальної надбудови над інструментальними засобами планування проєктів.....	51
<b>Чаплінський Ю. П.</b> Знаннеорієнтована системна оптимізація в контексті управлінських задач.....	53
<b>Секція Ф. Інформаційно-комунікаційні системи та мережі.....</b>	<b>56</b>
<b>Бабенко В. Г., МIRONЮК Т. В., Висоцький С. В., Висоцька І. П.</b> Реалізація швидкодіючої системи моніторингу та статистики віддалених веб-ресурсів.....	56
<b>Биков Р. Г.</b> Метод зменшення рівня позасмугового випромінювання у технології OFDM.....	58
<b>Голубничий О. Г., Заліський М. Ю., Тараненко А. Г., Габрусенко Є. І., Щербина О. А.</b> Інтелектуальна методика вимірювання параметрів сигналів для широкосмугових SDR систем когнітивного радіо .....	61
<b>Моркун В. С., Грищенко С. М., Грищенко Я. О.</b> Забезпечення якості обслуговування трафіку мультисервісними мережами .....	63
<b>Одарченко Р. С., Смірнова Т. В., Смірнов О. А.</b> Проєктування приватних мереж 5G для потреб виробничих підприємств.....	65
<b>Первунінський С. М.</b> Аналіз завадостійкості цифрового когерентного модему з білим шумовим сигналом.....	67
<b>Фауре Е. В., Щерба А. І., Ступка Б. А., Байкенов А.</b> Метод достовірного передавання перестановок у системах зв'язку з короткими пакетами.....	70
<b>Секція Г. Безпека інформаційних технологій.....</b>	<b>72</b>
<b>Аль-Амморі Алі, Дяченко П. В.</b> Забезпечення інформаційного резервування систем сигналізації для підвищення інформаційної безпеки.....	72
<b>Луцький М. Г., Гнатюк С. О., Положенцев А. А., Верховець О. С.</b> Формалізація інформаційних потоків для захисту операційних систем сімейства BSD від несанкціонованого дослідження.....	76
<b>Шаповаленко О. Д., Кліменкова Н. А.</b> Застосування інтелектуального аналізу даних для виявлення мережевого вторгнення .....	79
<b>Boyko V., Vasilenko M., Slatvinska V.</b> Linked list systems for system logs protection from cyberattacks.....	81
<b>Секція Н. Інформаційно-комунікаційні технології в наукових дослідженнях...</b>	<b>83</b>
<b>Атаманчук В. П., Атаманчук П. С.</b> Використання трансдисциплінарної онтології при вивченні творчості Івана Франка.....	83
<b>Базіло К. В., Петренко Ю. О., Фролова Л. С., Коваленко С. О., Любченко К. М., Рубан А. М.</b> Програмний сервіс аналізу реакцій на рухомий об'єкт.....	85
<b>Драч І. І., Петроє О. М., Базелюк Н. В., Бородієнко О. В., Слободянюк О. М.</b> Моделювання е-інфраструктури університетів для розвитку відкритої науки в Україні.....	89
<b>Іванова С. М., Кільченко А. В.</b> Досвід застосування сервісу Google Analytics за 2012–2021 роки для оцінювання ефективності використання вебресурсів науково-педагогічних установ .....	92



<b>Литовченко В., Підгорний М.</b> Оптимізація комунікативних процесів у системі «Людина-транспортний засіб-середовище».....	94
<b>Мінтій І., Вакалюк Т., Іванова С.</b> Огляд можливостей онлайн-сервісу Lens.....	96
<b>Олексюк В. П.</b> Сервіс Mendeley Data як засіб оприлюднення експериментальних даних у науково-педагогічних дослідженнях.....	98
<b>Селіхова Я. В.</b> Рекомендації використання інформаційних технологій у воєнний період для написання дисертаційної роботи за темою «Містобудівні аспекти організації енергоефективних екологічних поселень».....	101
<b>Франчук Н. П.</b> Відкрита українська пошукова система й база даних наукових цитувань.....	104
<b>Секція І. Комп'ютерне моделювання та інформаційні системи в економіці.....</b>	107
<b>Дубовський А. А.</b> Аналіз принципів, методів і програмних засобів прогнозування вакансій на ринку праці.....	107
<b>Затонацька Т., Длугопольський О., Воловець Т., Подскребко О., Максимчук О.</b> Використання інструментів Data Science в електронній комерції.....	110
<b>Соловійов В., Соловійова В., Матвійчук А., Семеріков С., Белінський А.</b> Аналіз крос-кореляційного зв'язку між біткоїном та фондовим ринком.....	114
<b>Секція Ж. Комп'ютерне моделювання фізичних і хімічних процесів.....</b>	118
<b>Батраченко О. В.</b> Моделювання впливу конструктивних параметрів ножів м'ясного кутера на їх витривалість при знакозмінних коливаннях.....	118
<b>Батраченко О. В.</b> Моделювання гідродинаміки м'ясної сировини при її подрібненні в м'ясорізальних машинах.....	120
<b>Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Базіло К. В., Тичкова Н. Б.</b> Комп'ютерне моделювання процесу вимірювання профілів електрофізичних параметрів об'єктів накладними вихрострумівими перетворювачами .....	123
<b>Ків А., Брюханов А., Соловійов В., Кавецький Т., Дячок Д., Дончев І., Лукашин В., Белінський А.</b> Незворотні міри складності процесів пластичної деформації в металах.....	125
<b>Лебедєв В. В., Мірошніченко Д. В., Савченко Д. О., Білець Д. Ю., Мисяк В. Р., Тихомирова Т. С.</b> Комп'ютерне моделювання оптимального хімічного складу гібридних біодеградабельних композитів.....	129
<b>Рудь М. П.</b> Комп'ютерне моделювання магнітної передачі, виготовленої із застосуванням адитивних технологій.....	131
<b>Саленко О., Костенко А., Цуркан Д., Зінчук А., Загірняк М., Орел В., Аргат Р., Дерев'янка І., Самусенко О.</b> Нова концепція FDM принтера для друку циліндричних деталей.....	133
<b>Тичков В. В., Тичкова Н. Б.</b> Програмний продукт для моделювання вихрострумівих досліджень приповерхневих профілів електрофізичних характеристик пласких об'єктів.....	136
<b>Чепинога В. В., Чепинога А. В.</b> Метод поліноміального оцінювання параметрів для даних з U-квадратичним розподілом.....	139
<b>Porkuian O., Morkun V., Morkun N., Tron V., Serdiuk O., Haponenko A., Haponenko I., Bobrov Y.</b> Ultrasonic method for determining parameters of ore slurry flows in thickener.....	141
<b>Shmygaleva T., Srazhdinova A.</b> Computer modeling of processes of radiative defect formation in materials irradiated with electrons.....	143

Секція К. Інформаційні системи в медицині.....	145
<b>Бройде Ю. І.</b> Ієрархічна машина станів для класифікації фізичних вправ за послідовністю поз людини.....	145
<b>Кривенко І. П., Гринзовський А. М., Чалий К. О.</b> Інтернет медичних речей в екосистемі пацієнтоорієнтованої цифрової клініки.....	147
<b>Сокол О. Л., Гончаренко О. Ю., Атамась О. О., Дашенко О. М., Мірошніченко В. В., Шемет І. А.</b> Система підтримки дистанційного навчання для працівників закладів охорони здоров'я.....	150
<b>Чумаченко Д. І., Чумаченко Т. О., Меньяйлов Є. С., Мурадян О. С., Жолткевич Г. М.</b> Моделювання динаміки розповсюдження COVID-19 за допомогою методу градієнтного підсилювання.....	153
Секція Л. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті.....	157
<b>Аширова А. В., Капітан О. В., Кожем'якін О. С., Заспа Г. О.</b> Інформаційна технологія управління освітнім процесом університету .....	157
<b>Брескіна Л. В., Лобанов О. О., Шувалова О. І.</b> Елементи web-програмування в розділі «Методика навчання інформатики».....	159
<b>Данченко О. Б., Семко І. Б., Мокієнко Ю. М.</b> Перспективи розвитку цифрової трансформації у вищій освіті України....	161
<b>Калугін Р.</b> Планування онлайн-курсу «Розвиток логічного мислення старшокласників у навчанні математики».....	164
<b>Кухаренко В. М.</b> Метод оцінювання компетентностей у дуальному навчанні.....	166
<b>Мазурок Т. Л., Черних В. В.</b> Нейро-нечіткий підхід до формування структурно-логічних схем навчального контенту.....	171
<b>Манькута Я. М., Захарова І. В.</b> Модель трансформації закладу вищої освіти в «цифровий університет».....	173
<b>Носенко Ю. Г.</b> Доцільність формування наскрізних ІК-компетентностей у підготовці кадрів з цифрової освіти.....	176
<b>Сальник І. В., Сірик Е. П., Соменко Д. В.</b> Використання ІКТ в системі підготовки вчителів фізики до запровадження STEM-освіти.....	178
<b>Храпаль Д. С., Чурсанова М. В.</b> Цифрова дошка Google Jamboard як інструмент для створення персональних контрольних завдань .....	180
<b>Царенко М. О., Черних В. В.</b> Електронні технології адаптивного навчання.....	182
<b>Франчук В. М., Франчук Н. П.</b> Структура веб-орієнтованого освітньо-наукового і навчального середовища закладу вищої освіти.....	184
<b>Savchenko M., Synytsya K., Savchenko-Synyakova Ye.</b> Recommendation techniques for lifelong (e)learning.....	187
<b>Slezáková J.</b> Perception of digital competences and development of informatical thinking of future teachers at the faculty of science of Palacký University in Olomouc during their pedagogical trainings.....	189
<b>Savka I., Garas M., Savka S., Semianiv I.</b> Effectiveness of training foreign students – indian citizens to licensing integrated examinations using modern information and communication educational systems.....	191
<b>Soroko N.</b> The use of augmented reality tools by the teacher in professional activities to implement an inquiry-based approach of STEAM-education.....	193

Секція М. Проблеми підготовки ІТ-фахівців у ЗВО.....	197
<b>Вербовецький Д. В.</b> Аналіз деяких програмних продуктів для створення ігор.....	197
<b>Захарова О. В., Проданова Л. В.</b> Потенціал вищої освіти України у підготовці конкурентоспроможних ІТ-фахівців для повоєнного відновлення економіки країни.....	199
<b>Карапетян А. Р.</b> Питання впровадження змішаних підходів до навчання у вищій ІТ-освіті.....	201
<b>Піцик Г. А., Федюк І. С., Болдирєва С. О., Щур Н. І.</b> Як зацікавити студентів в отриманні ІТ-освіти в ЗВО?.....	204
<b>Пономарьова Н. О.</b> Підготовка майбутніх учителів інформатики до впровадження сучасних форм, методів та засобів профорієнтаційної роботи на ІТ-спеціальності.....	206
<b>Сергєєва О. В., Фролова Л. А.</b> Використання прикладних комп'ютерних розробок у навчальному процесі при підготовці хіміків-технологів.....	208
<b>Яцько О. М.</b> Професійні компетентності майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій.....	210
<b>Burov O.</b> Dynamics of intelligence development of IT students at school and university.....	212

Наукове видання

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ  
VI Міжнародної науково-практичної конференції  
«Інформаційні технології в освіті, науці і техніці»  
(ІТОНТ-2022)  
23-25 червня 2022 року

Українською та англійською мовами

Матеріали подано в авторській редакції

Макет: Ю. В. Триус  
Коректура: Т. В. Костенко  
Технічний редактор К. В. Давиденко

Гарнітура Arial, Times New Roman. Обл.-вид. арк. 23,2. Зам. №22-38.

Видавець: Черкаський державний технологічний університет,  
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції Серія ДК № 896 від 16.04.2002 р.