

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ



Відповідальний редактор – професор д.ф-м.н., Пастернак Я.М.

№44 2021

*м. Луцьк
Видавництво Луцького національного технічного університету*

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ
ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

№44 2021р.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:	
професор д.ф.-м.н., Пастернак Я.М.	(м. Луцьк)
Заступники головного редактора:	
проф., д.т.н. Андрущак І.Є.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Пех П.А.	(м. Луцьк)
Відповідальний секретар:	
мол.наук.співробітник Свиридюк К.А.	(м. Луцьк)
Члени редакційної колегії:	
проф, PhD. Milosz Marek	(Польща, м. Люблін)
проф, PhD. Alison McMillan	(Великобританія)
проф, PhD. Дехтяр Ю.Д.	(Литва, м. Рига)
проф., д.т.н. Сайко В.Г.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Мороз Б.І.	(м. Дніпро)
проф., д.т.н. Степанов М.М.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Тарасенко В.П.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Віноградов М.А.	(м. Київ)
проф., д.т.н. Мельник А.О.	(м. Львів)
проф., д.п.н., Черняшук Н.Л.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н Мельник К.В.	(м. Луцьк)
доц., к.ф.-м.н Мельник В.М.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Багнюк Н.В.	(м. Луцьк)
доц.,к.т.н. Здолбіцька Н.В.	(м. Луцьк)
доц.,к.т.н. Костючко С.М.	(м. Луцьк)
доц., к.т.н. Драган О.В.	(м. Брест, Білорусія)
доц., к.т.н. Лотиш В.В.	(м.Луцьк)
доц., к.т.н. Гуменюк Л.О.	(м.Луцьк)
доц., к.т.н. Заблоцький В.Ю.	(м.Луцьк)
доц., к.т.н. Решетило О.М.	(м.Луцьк)

Адреса редколегії:

Луцький національний технічний університет,
кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки
вул. Львівська 75, ауд.141
м.Луцьк, 43018
тел. (0332) 74-61-15
E-mail: cit@lntu.edu.ua,
сайт журналу: cit-journal.com.ua

Журнал засновано у грудні 2010 р.
Свідоцтво про реєстрацію КВ № 16705–5277 Р.
Засновник: Луцький національний технічний університет

**Рекомендовано до друку Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол №3 засідання від 02.11.2021)**

Журнал рішенням МОН України
наказом №515 від 16.05.2016р,
включено в перелік наукових фахових видань.

Видання індексується у
наукометричних та реферативних базах:
[Open Academic Journals Index](#)
[Academic Resource Index ResearchBib](#)
[Rootindexing](#)
[Information Matrix for the Analysis of Journals](#)
[Ulrichsweb.](#)

ISSN 2524-0560 (Online)
ISSN 2524-0552 (Print)

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ	
Ісмаїлова Н. П., Могилянecь Т.М. Моделювання спряжених криволінійних поверхонь ріжучого інструменту.	5
Каганюк О. К., Бортник К. Я., Свиридюк К. А., Міскевич О. І. Комп'ютерна підсистема управління супутниковою антеною на базі мікроконтролера ATMEGA.	11
Казарова І. О. Побудова комплексної методики оцінки ефективності автоматизації систем опалення, вентиляція та кондиціонування повітря.	19
Лабжинський В. А. Ідентифікація типу аварії на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою прихованих моделей Маркова.	25
Лишук В.В., Євсюк М.М., Мороз С.А., Хвищун М.В., Бабула І.В. Мікроконтролерне керування гібридними кроковими двигунами.	30
Мальцев А. Ю. Щодо застосування глибокого навчання з підкріпленням у сучасних системах.	37
Павленко В. П. Особливості монтажу та складання друкованих плат.	44
Поплавська Г. В., Курдельчук Г. П. Формування у студентів самостійної пізнавальної діяльності при вивченні інформатики.	49
Радзіховська Л.М., Гусак Л.П., Панчук Ю.С. Побудова багатофакторної регресійної моделі засобами програмного забезпечення Eviews.	54
Сердюк К. Ю., П'ятикоп О. Є. Вибір моделі прогнозування індивідуальних навантажень ходьби людини.	60
Філь Н. Ю., Кудирко О.М. Нечітка модель розподілу робіт між працівниками на складі підприємства.	66
Чернящук Н.Л., Бортник К.Я., Каганюк О.К., Ішук О.М., Гамонін Н.М. Аналіз web-ресурсів для організації та проведення тестів і опитувань у навчальному процесі.	76
ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА	
Абгарян Ю. С. Алгоритм агрегації програмних метрик і її застосування при тестуванні програмного забезпечення.	81
Анищенко О. С. Щодо питання передачі та збереження масивів графічних даних у глобальних і локальних мережах.	87
Козак Є. Б. Програмні методи організації транспортних потоків у рамках концепції Internet of Vehicles.	94
Козубцова Л.М. Удосконалення онтології кібербезпеки інформаційної системи.	101
Костючко С.М., Ольшевський О.В. Огляд апаратних вразливостей вбудованих систем на прикладі Rowhammer.	106
Павленко В. Я. Щодо питання застосування нейронної мережі для автоматизації процесів розпізнавання обличчя людини.	111
Піткевич П. І. Принципи захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень.	120
Проніна О. І., Дегтяр В. В. Використання нейронних мереж для коригування дефектів мовлення у дітей.	127
Проніна О. І., Яремко О. М. Аналіз згорткових нейронних мереж для розпізнавання порушення правил охорони праці на робочому місці.	134
Рябокoнь Т. О., Петрашенко А. В. Програмні засоби формування та обробки бази даних словосполучень української мови.	141
Снігур О. М. Інструменти програмної інженерії призначені для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення.	149

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-01>

УДК: 515.2

Ісмаїлова Неллі Петрівна, д. т. н., професор

<https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>

Могілянець Тетяна Михайлівна, здобувач

<https://orcid.org/0000-0003-0362-9907>

Військова академія, м. Одеса

МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ КРИВОЛІНІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

Ісмаїлова Н. П., Могілянець Т.М. Моделювання спряжених криволінійних поверхонь різучого інструменту. Пропонуємо моделювання різучого інструменту з передачею даних з комп'ютера на верстат з числовим програмним управлінням.

Ключові слова: моделювання спряжених поверхонь, параметричний кінематичний гвинт, зубчасті колеса, різучий інструмент, конволютний гелікоїд.

Ісмаїлова Н.П., Могілянець Т.М. Моделирование сопряженных криволинейных поверхностей режущего инструмента. Предлагаем моделирование режущего инструмента с передачей данных с компьютера на станок с числовым программным управлением.

Ключевые слова: моделирование сопряженных поверхностей, параметрический кинематический винт, зубчатые колеса, режущий инструмент, конволютный геликоид.

N. Ismailova, T. Mohylianets. Modeling of mating curved surfaces of the cutting tool. We offer modeling of a cutting tool with data transfer from a computer to a machine with numerical control.

Key words: modeling of mating surfaces, parametric kinematic screw, gear wheels, cutting tool, convolute helicoid.

Постановка наукової проблеми. У роботі пропонується параметричне моделювання спряжених конволютних гелікоїдів на базі параметричного кінематичного гвинта, для практичного використання в проектуванні різучого інструменту. Моделювання різучого інструменту для обробки криволінійних поверхонь знаходить широке застосування при підвищенні продуктивності і точності інженерної праці. Це досягається автоматизацією розрахунково-графічних робіт при вирішенні широкого класу задач в області машинобудування, профілювання різального інструменту і зубчастого зачеплення.

Аналіз досліджень. Оскільки поверхні обробної деталі і різучого інструменту є спряженими, то кожну з даних поверхонь можна уявити: як обвідної по відношенню до другої рухомий поверхні [1]. Комп'ютерне моделювання спряжених криволінійних поверхонь деталей в машинобудуванні складної форми вирішує проблему підвищення точності профілювання різального інструменту.

Вперше задачу формоутворення кінематичного гвинта розробили вчені Г.І. Апухтін, О.Ф. Ніколаєв. Характеристики даного гвинта у наукових та практичних роботах описувалися лише як плоскі зображення. Передумовами для створення способу моделювання конволютних гелікоїдів на базі параметричного кінематичного гвинта є теорема професора Подкоритова А.М.[1]. Параметричний кінематичний гвинт - це просторове зображення трьох гвинтових рухів, з яких два є гвинтовими, а третій - результуючим.

Основна частина. У роботі пропонується моделювання спряжених конволютних гелікоїдів на базі параметричного кінематичного гвинта, для практичного використання в проектуванні різучого інструменту із застосуванням комп'ютерних програм. Останнім часом параметричне моделювання стає все більш багатofункціональним інструментальним способом вирішення завдань практичної діяльності людини в різних областях народного господарства, науки і техніки. При цьому потреби практики вимагають створення нових, ефективних методів і їх інструментарій.

Вчені геометри вже давно намагаються оптимізувати процес створення універсальних графічних способів проектування різучих інструментів, де є, по суті, графічне зображення параметрів кінематичних пар.

Зміна, одного з яких призводить до зміни інших і відкриває можливість отримання форм деталей по наперед заданих параметрах. Одним з поширених методів формування поверхонь різучого інструменту є параметричне моделювання спряжених конволютних гелікоїдів, що дозволяє

визначити кінематичні поверхні систем складних рухів, та дати аналіз впливу кожного параметра на профіль і конструктивні розміри, де легко можна виявити помилки профілювання складних профілів.

Моделювання ріжучих інструментів для обробки криволінійних поверхонь знаходить широке застосування при вирішенні підвищення продуктивності і точності інженерної праці. Це досягається автоматизацією розрахунково-графічних робіт при вирішенні широкого класу задач в області машинобудування, профілювання різального інструменту і зубчастого зачеплення. У цій області обґрунтовується необхідність створення проектування такого виду, яке задовольняє проектування параметричного моделювання ріжучого інструменту з передачею даних, з комп'ютера на верстат з числовим програмним управлінням.

Для визначення робочої поверхні ріжучого інструменту необхідно визначити умови спряження поверхонь гелікоїдів деталі і інструменту. Одним з основних параметрів, що визначає вид спряжених поверхонь, є характер відносного руху пари деталь-інструмент. Можливі два варіанти відносного руху: кочення без ковзання і кочення з ковзанням. При коченні без ковзання відносний рух твірної представляє обертальний рух доданий визначником [2]. При значенні з ковзанням відносний рух твірної представляє миттєвий гвинтовий рух [3]. Поставлену задачу вирішимо геометричним моделюванням конволютних гелікоїдів для практичного використання при проектуванні ріжучого інструменту і зубчастого зачеплення довільного профілю кінематичних пар. За допомогою комп'ютерних технологій розробимо геометричне моделювання криволінійної поверхні ріжучого інструменту на базі параметричного кінематичної гвинта [4,5].

Викладення основного матеріалу. Розглянемо побудову конволютного гелікоїда, заданого параметрами з діаграми параметричного кінематичного гвинта рис.1. Гвинтова лінія гелікоїда задана системою рівнянь (1):

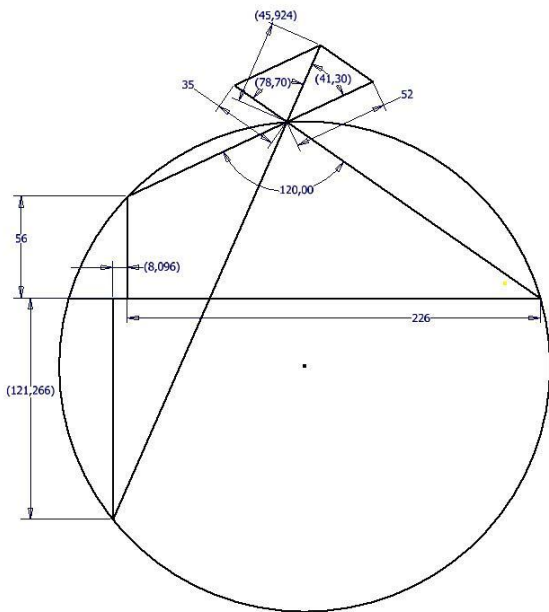


Рис.1 Діаграма параметричного кінематичного гвинта

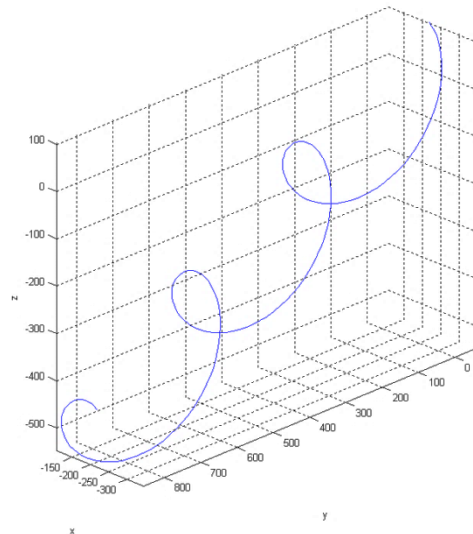


Рис.2 Тривимірне представлення криволінійної лінії гелікоїда

$$\begin{cases} X = \sqrt{b^2 + \frac{\omega_A^2 \cdot \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha}} \cdot \cos \varphi - e; \\ Y = \sqrt{b^2 + \frac{\omega_A^2 \cdot \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha}} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \theta + \left[p \cdot \varphi + \frac{\omega_A \cdot \cos \beta}{\cos \alpha} \right] \cdot \sin \theta; \\ Z = \sqrt{b^2 + \frac{\omega_A^2 \cdot \sin^2 \beta}{\cos^2 \alpha}} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \theta + \left[p \cdot \varphi + \frac{\omega_A \cdot \cos \beta}{\cos \alpha} \right] \cdot \cos \theta. \end{cases} \quad (1)$$

З діаграми гвинта (рис.1) і рівнянь (1) отримаємо наступні значення параметрів:

$$\alpha = 78.7^\circ; \beta = 41.3^\circ; \theta = 120^\circ;$$

$$b = 8.096 \text{ мм}; \omega_A = 35;$$

$$e = 226 \text{ мм}; p = 56 \text{ мм}.$$

прийmemo значення

$$\varphi = [0; \frac{\pi}{30}; 10\pi].$$

Визначена по заданим параметрам гвинтова лінія гелікоїда (рис. 2).

Застосування сучасних комп'ютерних технологій в науково-дослідній діяльності економить багато часу і збільшує точність проектування, дозволяє отримати візуалізацію необхідних процесів та побудов [6,7]. Для того, щоб досягти точності побудови криволінійних конволютних поверхонь, визначаємо сім'ю спряжених аксоїдів на базі просторового параметричного кінематичного гвинта. При побудові визначення точок контакту характеристик застосовуємо параметричний кінематичний гвинт графоаналітичним методом. Апроксимуючи точки контакту ліній сім'ї гелікоїдів, визначаємо криволінійну поверхню гелікоїда.

Розглянемо ще одну систему рівнянь (2) для побудови сім'ї криволінійної поверхні гелікоїда:

$$\begin{cases} X = b \cdot \sec \xi \cdot \cos(\xi + \nu) - e; \\ Y = b \cdot \sec \xi \cdot \sin(\xi + \nu) \cdot \cos \theta + (b \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \xi + p \cdot \nu) \cdot \sin \theta; \\ Z = b \cdot \sec \xi \cdot \sin(\xi + \nu) \cdot \sin \theta + (b \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \xi + p \cdot \nu) \cdot \cos \theta; \end{cases} \quad (2)$$

Прийmemo значення $\nu = [0; \frac{\pi}{30}; 6\pi]$.

Будуємо криволінійну поверхню з сімейства криволінійних ліній конволютного гелікоїда за допомогою діаграм параметричного кінематичного гвинта.

З сімейства діаграм 1, 2 (рис. 3) визначимо значення кута α , a і обчислимо значення b , β , ω_A , ω_B за формулами:

$$\omega_A = \frac{\omega_m \cdot \sin \beta}{\sin(90 - \theta)}; \quad \omega_B = \frac{\omega_m \cdot \sin \alpha}{\sin(90 - \theta)};$$

$$\beta = \theta - \alpha;$$

$$b = e - a;$$

$$a = \left\{ \begin{array}{cccccc} 13.089 & 24.966 & 33.987 & 45.452 & 65.917 & 77.725 \\ 102.107 & 109.848 & 132.581 & 147.417 & 173.118 & 198.033 \end{array} \right\}$$

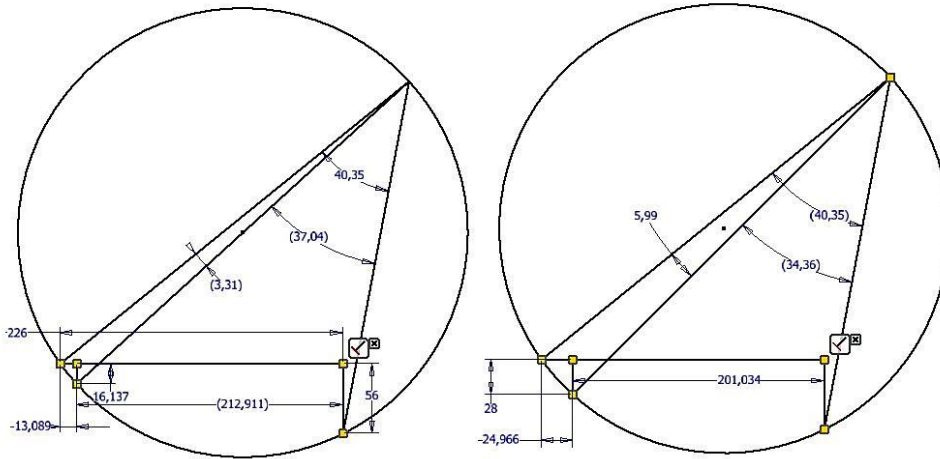


Рис. 3 Сімейство параметричного кінематичного гвинта

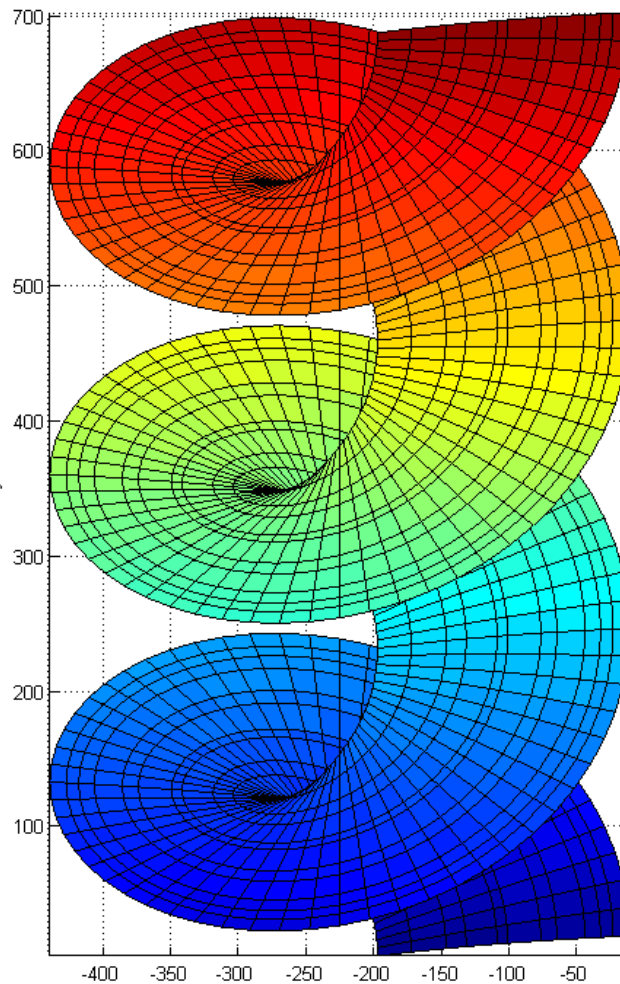


Рис. 4 Криволінійна поверхня конволютного гелікоїда

Результат запроєктованої криволінійної поверхні конволютного гелікоїда на базі параметричного кінематичного гвинта представлено на рис. 4.

Графічний наочний метод дає можливість простими графічними прийомами визначити форму і розміри твірної криволінійної поверхні гелікоїда та збільшує точність проектування і дозволяє отримати візуалізацію необхідних процесів, або побудов (рис. 4).

На рис. 4, отримано криволінійну поверхню конволютного гелікоїда яку в подальшому ми можемо використовувати для профілювання гвинтового ріжучого інструменту і криволінійного зубчастого зачеплення.

Використання в раніше отриманих залежностях, знову виведений параметр:

$$\xi = \arctg \frac{\omega_A \cdot \sin \beta}{b \cdot \cos \alpha}.$$

Який дає можливість вирішити проблему по профілізації конусних поверхонь ріжучого інструменту і зубчастого зачеплення.

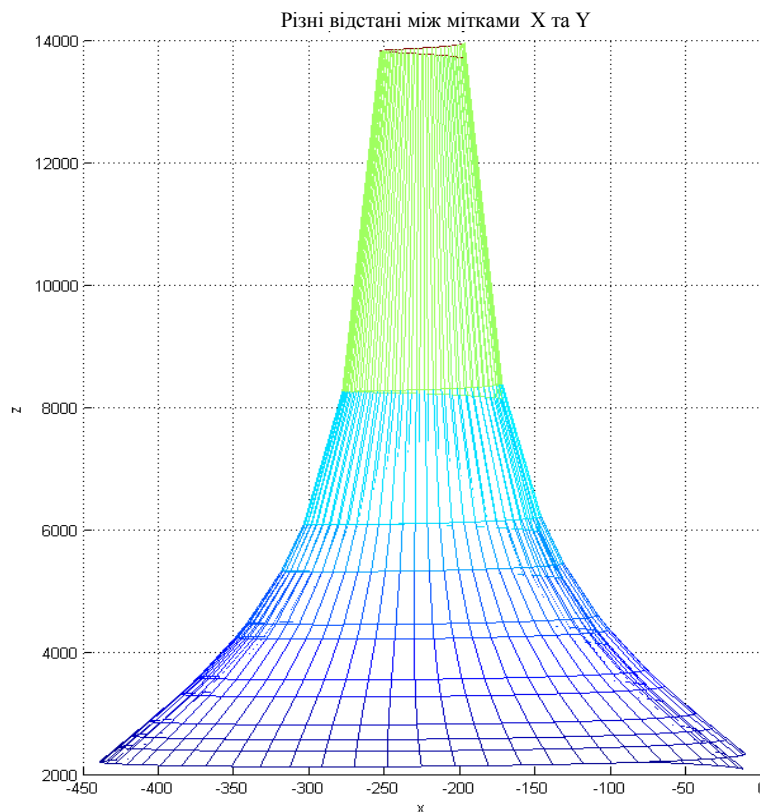


Рис. 5 Конусна криволінійна поверхня

Просторове визначення точок контакту може бути реалізовано на виробництві із застосуванням поширених сучасних персональних обчислювальних машин за умови достатнього рівня підготовки фахівця, який виконує моделювання.

Запропонований спосіб моделювання конволютного гелікоїда, на базі параметричного кінематичного гвинта, підвищує точність в проектуванні профілю ріжучого інструменту та зубчастого зачеплення. У цей час, практично всі проектні рішення виконуються за допомогою САПР. Це дозволяє істотно скоротити час на проектування. Але не завжди за допомогою стандартних засобів комп'ютерного моделювання можна вирішити поставлене завдання.

Розроблене моделювання спряжених конволютних гелікоїдів на базі параметричного кінематичної гвинта за допомогою комп'ютерного моделювання дозволяє вирішити складні завдання конструювання спряжених поверхонь, підвищити точність і продуктивність інженерної праці та створювати конкуренто-здатні вироби в машинобудуванні, літакобудуванні, кораблебудуванні.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Виконано конкретні розрахунки параметричного моделювання спряжених криволінійних поверхонь конволютного гелікоїда з подальшим застосуванням для профілювання різального інструменту і кінематичних пар. Запропоновано моделювання спряжених криволінійних гелікоїдів з передачею даних з комп'ютера на верстат з числовим програмним управлінням.

Список бібліографічного опису.

1. Подкорітов А. М., Ісмаїлова Н. П. Теоретичні основи спряжених квазігравітаційних поверхонь, що виключають інтерференцію: монографія. Херсон: ФОП Грін Д. С., 2016. - 330 с.
2. Ісмаїлова Н.П. Квазігвинтові поверхні з точковим контактом. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Матеріали. Таврійська державна агротехнічна академія. Вип. 4 т.35. - Мелітополь, 2007. - С.156-159.
3. Ісмаїлова Н. П. Твердотільне моделювання спряжених поверхонь на базі параметричного кінематичного гвинта [Текст] /Ісмаїлова Н. П. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – Луцьк, 2015. – С. 69–74.
4. *N.Ismailova, V. Bogach, B. Lebedev* «Development of a technique for the geometrical modeling of conjugated surfaces when determining the geometrical parameters of an engagement surface contact in kinematic pairs» eastern-european journal of enterprise technologies – Харків: Технологічний центр. – 2020, № 1/4(106). – С. 17-22.
5. Подкорітов А.Н., Ісмаїлова Н.П., Дюкре Л.Г. Метод формирования сопряженных винтовых нелинейчатых поверхностей семейством огибающих геликоидов. Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Вип..17. – ХДУХТ. – Харків, 2007. – С.12-15.
6. Ісмаїлова Н.П., Трушков Г.В. Геометричне моделювання просторового параметричного кінематичного гвинта/ Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцький національний технічний університет. Науковий журнал. №30-31 2018. Луцьк – 2018. С. 187-195
7. Ісмаїлова Н.П., Єлісєєв І.П. Моделювання спряжених кінематичних поверхонь за допомогою метода гвинтового перетворення в системі MATLAB /Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцький національний технічний університет. Науковий журнал. №37 2019. Луцьк – 2019. С. 66-71.

References

1. Podkoritov A. M., Ismailova N. P. Theoretical foundations of conjugate quasigravitatory surfaces that exclude interference: a monograph. Kherson: FOP Grin D. S., 2016. - 330 s. {in Ukrainian}.
2. Ismailova NP Solid state modeling of conjugate surfaces based on parametric kinematic screw [Text] / Ismailova NP Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk, 2015, pp. 69–74.
3. Ismailova N.P. Conjugated surfaces with point contact. Applied Geometry and Engineering Graphics. Proceedings. Tavria State Agrotechnical Academy. Vип. 4 т.35. - Melitopol, 2007. - S.156-159. {in Ukrainian}.
4. *N.Ismailova, V. Bogach, B. Lebedev* «Development of a technique for the geometrical modeling of conjugated surfaces when determining the geometrical parameters of an engagement surface contact in kinematic pairs» eastern-european journal of enterprise technologies – Харків: Технологічний центр. – 2020, № 1/4(106). – С. 17-22.
5. Podkoritov AN, Ismailova NP, Ducret LG Method of forming conjugate helical nonlinear surfaces by a family of envelope helicoids. Geometric and computer modeling. - Issue 17. - CDHD. - Kharkiv, 2007. - P.12-15.
6. Ismailova NP, Trushkov GV Geometric modeling of spatial parametric kinematic screw /Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk National Technical University. Scientific journal. №30-31 2018. Lutsk - 2018. P. 187-195
7. Ismailova NP, I. Yelisveyev. Model of conjugated kinematic surfaces on top of the helical rebuild method in the MATLAB system/ Computer-integrated technologies: education, science, production. Lutsk National Technical University. Scientific journal. №37 2019. Lutsk - 2019. P. 66-71.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-02>

УДК 621.3

Каганюк Олексій Казимирович к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4616-8768>

Бортник Катерина Яківна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5282-099X>

Свиридюк Катерина Анатоліївна, інженер

<https://orcid.org/0000-0003-0138-3931>

Міскевич Оксана Іванівна, асистент

<https://orcid.org/0000-0002-5009-2391>

Луцький національний технічний університет

КОМП'ЮТЕРНА ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ СУПУТНИКОВОЮ АНТЕНОЮ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА АТМЕГА.

Каганюк О. К., Бортник К. Я., Свиридюк К. А., Міскевич О. І. Комп'ютерна підсистема управління супутниковою антеною на базі мікроконтролера АТМЕГА. В даній статті розглядаються питання щодо розробки комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною. Дається короткий огляд передачі сигналу без перешкод за допомогою супутникових антен. Приводиться обґрунтування по вибору технічних засобів в будові комп'ютерної підсистеми. Розглядаються питання щодо формування основних положень на створення автоматизованої комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною із використанням мікроконтролера.

Ключові слова: автоматизований процес, комп'ютерна підсистема, супутникова антена, мікроконтролер.

Каганюк А. К., Бортник Е. Я., Свиридюк Е. А., Міскевич О. И. Комп'ютерна підсистема управління супутниковою антеною на базі мікроконтролера АТМЕГА. В данной статье рассматриваются вопросы по разработке компьютерной подсистемы управления спутниковой антенной. Дается краткий обзор передачи сигнала без помех с помощью спутниковых антенн. Приводится обоснование по выбору технических средств в построении компьютерной подсистемы. Рассматриваются вопросы формирования основных положений по созданию автоматизированной компьютерной подсистемы управления спутниковой антенной с использованием микроконтроллера.

Ключевые слова: автоматизированный процесс, компьютерная подсистема, спутниковая антенна

Kaganyuk A., Bortnyk K., Svyrydiuk K., Miskevych O. Computer subsystem for controlling a satellite antenna based on microcontrollers ATMEGA. This article discusses the issues of developing a computer subsystem for controlling a satellite antenna. A brief overview of the transmission of signals without interference using satellite dishes is given. The rationale for the choice of technical means in the construction of a computer subsystem is given. The issues of the formation of the main provisions for the creation of an automated computer subsystem for controlling a satellite antenna using a microcontroller are considered.

Key words: automated process, computer subsystem, satellite dish.

Постановка проблеми. Якщо розглядати супутникове телемовлення в загальних аспектах життєдіяльності суспільства, то дана проблема передачі сигналу на відстані великої протяжності між об'єктами є величезною проблемою. І для стійкої передачі достовірно чіткого сигналу без втрати інформації якості, необхідно використовувати додаткові пристрої, або пристосування, які дозволили б виконати поставлене завдання.

У сучасну епоху супутникове телебачення стає більш доступним інструментом у створенні комфортних умов з передачі інформаційного матеріалу між об'єктами знаходяться на віддаленій відстані один від одного.

Аналіз дослідження поставленої проблеми.

В нашому випадку ми будемо розглядати технологічний процес, які буде підвищувати ефективність по використанню окремої замкнутої підсистеми управління супутникової антени. Для розробки підсистеми автоматичного управління супутниковою антеною, необхідно звернути увагу на технічні складові, які будуть входити в дану систему.

Одним із основних факторів, якій будемо використовувати в розробці підсистеми автоматичного управління супутниковою антеною, це регулятор. В нашому випадку необхідно зробити ставку на диференційний регулятор (ПД-регулятор). Існує достатньо багато методик по настройці ПД – регуляторів, однак традиційний метод не може забезпечити прийнятну ефективність регулювання. Тому виникає необхідність в розробці і вдосконаленні нових алгоритмів для адаптивних ППР – регуляторів.

Як показує аналіз літературних джерел [1,2,3], що при управлінні складними об'єктами, які функціонують в умовах не стаціонарності, широке використання найшли адаптивні регулятори, які реалізують типові ПІ, або ПІД закони регулювання. Адаптивні контролери, на базі яких будуються різного типу системи, здатні змінювати параметри, при зміні зовнішніх умов так, щоб мета

функціонування системи буде досягнута, навіть якщо зміни зовнішніх умов перешкоджають цьому. У закордонних і вітчизняних виробників Ремиконт, Овен, Сіменс, Мікрол та інші, як правило, реалізують метод Циглера-Ніколса [4]. Слід зазначити, що даний метод передбачає виведення об'єкта в область автоколивань, за рахунок переходу на П – закон і грубого варіювання коефіцієнта посилення Кр. Однак, значний ряд технологічних процесів за умовами експлуатації не допускають автоколивального режиму.

Якщо не тільки вихідна величина об'єкта змінюється внаслідок зовнішніх причин, а й динамічні властивості об'єкта також змінюються в часі, то потрібна додаткова адаптивна властивість системи, яка забезпечує узгодження динамічних властивостей основного контуру до мінливих динамічних властивостей об'єкта. Системи, що реалізують цей принцип, називаються адаптивними.

При проведенні багатьох фізичних експериментів[5,6] необхідно забезпечити переміщення досліджуваних об'єктів з мінімальними кутовими відхиленнями їх робочих площин. Рішення задач управління складними технічними системами або об'єктами засноване на розробці їх математичних моделей визначаються в подальшому алгоритму регулювання.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що при проведенні багатьох фізичних експериментів необхідно забезпечити переміщення досліджуваних об'єктів з мінімальними кутовими відхиленнями в їх робочих площинах.

Цілью даної роботи полягає в тому, щоб використовуючи сучасну бібліотеку та напрацювання в розвитку мікропроцесорних контролерів, розробити підсистему управління супутниковою антеною

Виклад основного матеріалу. Супутникова антена (антена супутникового зв'язку) це антена, яка використовується для прийому і (або) передачі радіосигналів між наземними станціями і штучними супутниками Землі, в більш вузькому значенні - антена, яка використовується при організації зв'язку з ретрансляції через супутники. В супутниковому зв'язку використовують різні типи антен, найвідоміші - дзеркальні параболічні антени (супутникові тарілки), які масово застосовуються для прийому супутникового ТБ - мовлення і в супутниковому зв'язку. Залежно від призначення системи супутникового зв'язку можуть застосовуватися і інші типи антен.

Для роботи об'єктів прийому та передачі сигналів та команд через супутник, переш за все необхідно, щоб між антеною та супутником забезпечувалася пряма трансляція без зовнішніх перешкод для передачі інформаційного сигналу. На рисунку 1показана схема інформаційного каналу за допомогою якого можна позбавитись перешкод на земній поверхні

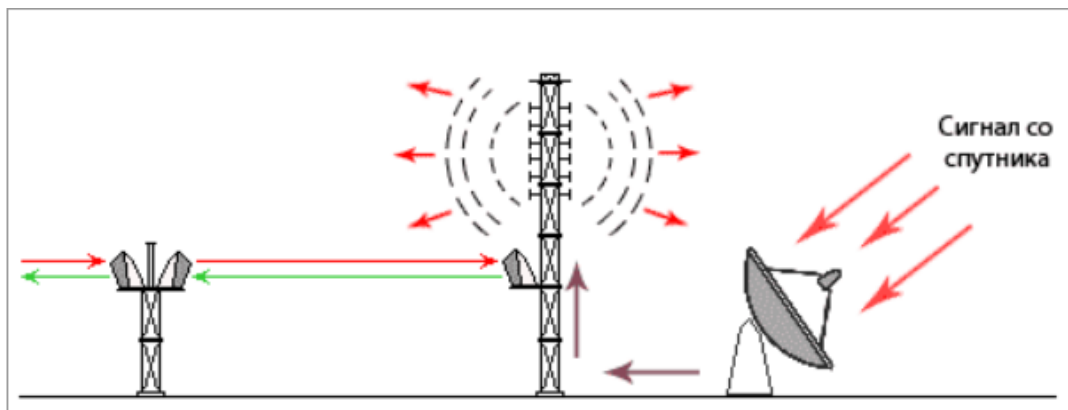


Рис. 1. Передача даних через супутникову антену

На рисунку 2 зображена технологічна схема передачі інформації через супутник.



Рис. 2. Технологія передачі сигналу з використання супутникового каналу.

Спрямована антена повинна бути орієнтована таким чином, щоб напрямком на супутник збігався з максимальним напрямком її діаграми спрямованості. Малі антени які працюють в низькочастотних діапазонах (L, C), мають широкую діаграму спрямованості. Наприклад, для портативного терміналу Inmarsat BGAN ширина діапазону ДН складає від 30 до 60 градусів. Таку антену досить грубо зорієнтувати в потрібному напрямку таким чином, щоб супутник міг потрапляти в обмежений сектор діаграмного спрямовування. Антени з вузькою – направленою діаграмою спрямованості і високим посиленням інформаційного сигналу, вимагають максимально точного наведення передатчика та приймача. Наша задача полягає в тому, щоб розробити комп'ютерну підсистему управління супутниковою антеною, афективного прийому — передачі інформаційного сигналу в вузькому діапазоні направленої лучевої діаграми.

Як що розглядати практичну сторону реалізації даної системи, нам необхідно сформувані основні положення та вимоги, на яких буде формуватися розробка підсистеми. Загальні вимоги по формуванню комп'ютерної підсистеми, були відображені автором в матеріалах [5,6]

Для цього ми розглянемо найбільш реальний процес для телестудії, в якій здійснюється запис телепередачі. Для роздачі даної інформації або для безперешкодного мовлення на досить великий простір, нам необхідно сформований інформаційний сигнал, який пройшов первинну обробку і послати на супутникову антену. Далі цього, інформаційний сигнал необхідно направити на супутник, який знаходиться в космосі і має свої певні координати, які постійно змінюються в космічному просторі. Після цього, сигнал повинен надійти на приймальню супутникову антену, а потім вже безпосередньо до споживача. Це складний технологічний ланцюжок, не має статичних параметрів.

Але супутники, з яких ми будемо приймати інформаційний сигнал, знаходяться від землі на відстані близько 36 000 км. Для забезпечення досить надійного каналу мовлення, необхідно, щоб супутник перебував стаціонарно в одній і тій же точці з постійними координатами щодо положення нашої планети. Оскільки координати місця розташування визначаються в градусах, то і положення супутника в космічному просторі, також мають визначатися в цих же одиницях. На базі цих основоположних моментів, нам необхідно сформулювати основні положення по технічному оснащеності і подальшій розробці комп'ютерної підсистеми автоматичного управління супутникової антеною.

Їх можна сформувані наступним чином, враховуючи деякі припущення:

- розташування супутників повинно бути на геостаціонарній орбіті;
- положення супутників повинно бути стаціонарним і його координати повинні бути прив'язані до земних;
- положення координат супутника в космічному просторі під час передачі інформаційного сигналу в момент трансляції має визначатися в градусному вимірі з прив'язкою до земних координат.

А оскільки, ми знаходимося в північній півкулі, то для нас супутники, яких ми бачимо, будуть знаходитися в південно – східному і південно - західному напрямку. Для будь-якого з нас користувача з Землі, видно тільки частину геостаціонарної орбіти у вигляді дуги над горизонтом (див. рис. 3.)

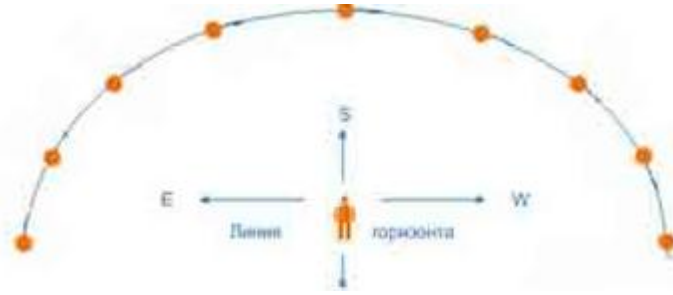


Рис. 3. Супутники на геостаціонарній орбіті. Процес налаштування.

У зв'язку з цим і визначається кількісний склад супутників, які беруть участь в ретрансляції даної інформації. Тому й існує певний порядок розташування загальновідомих супутників, які можна знайти у відповідних [1,2].

Покладаючись на теоретичне обґрунтування щодо розташування супутників в космічному просторі, дає нам можливість здійснювати відповідні налаштування на будь-який, доступний для нас супутник для прийому – передачі відповідного інформаційного каналу

Для того, щоб більш точно здійснювати налаштування між об'єктами, нам необхідно знати координати місця знаходження об'єкту прийому інформації. Для цього нам необхідно скористатися вимірювальними приладами, які будуть враховувати похибку при розробці програмного забезпечення

Обґрунтування щодо вибору технічних засобів. Для формування комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною ми зупинимося на стандартній супутниковій тарілці, яка найбільш поширена серед користувачів, мешканців населених пунктів, та селищ.

Закріплення супутникової тарілки виконується на стандартному поворотному пристрої. Для обертання антени використовується актюатор. Актюатор, це двигун із редуктором і датчиком обертання антени [2].

Для обертання супутникових антен, як зазвичай використовується планетарна підвіска, яка дозволяє переміщувати антену тільки в одній площині. Оскільки всі супутники які транслюють інформаційний канал, знаходяться на геостаціонарних орбітах, тобто обертаються навколо землі над екватором, то швидкість обертання антени буде дорівнювати швидкості обертання землі. В результаті, вони як би «зависають» кожен над своєю точкою на земній поверхні. Тому для наведення супутникової антени необхідно розташувати таким чином, щоб вона мала можливість обертання навколо осі, яка розташована паралельно осі обертання землі. Обертаючись тільки в цій одній площині, супутникова антена буде послідовно наводитися на кожен з супутників, які «висять» на геостаціонарній орбіті. Саме таку можливість і реалізує планетарна підвіска.

Стандартний актюатор забезпечує обертання антени зі швидкістю приблизно 90 градусів в хвилину, тобто, досить повільно. І владшований електродвигун, для повертання антени, розрахований на постійну напругу 36 В і пусковий струм 1,5 А, працює на простий редуктор, що знижує частоту обертання до 2-3 оборотів в хвилину. Зміна напрямку обертання виробляється шляхом зміни полярності напруги живлення. На виході первинного редуктора, встановлений датчик обертання.

Датчик обертання це геркон, який закріплений в корпусі актюатора а постійний магніт – на вихідному валу редуктора. В даному випадку застосований з геркон має два нормально розімкнута контакти. Контакти геркона замикаються один раз при кожному оберті вихідного валу первинного редуктора.[4].

З виходу редуктора, крутний момент передається на черв'ячний механізм, що змушує рухатися спеціальну штангу, яка має великий хід. Під дією мотора, вона може виходити з корпусу актюатора приблизно на метр, або забиратися в нього повністю. Ця штанга і повертає супутникову антену. Нам необхідно розробити електронний пристрій, за допомогою якого позиціонер буде слідувати за станом антени використовуючи датчики оберту і зберігати поточне значення кута оберту в внутрішній пам'яті.

Позиціонер повинен мати можливість в будь-який момент запам'ятати поточний стан антени в одній зі спеціальних осередків внутрішньої пам'яті. Кількість таких осередків повинно бути не менше десяти. Тобто по-іншому, позиціонер повинен мати можливість запам'ятати не менше 10 позицій антени.

Вся записана у внутрішню пам'ять пристрою інформація повинна зберігатися в ньому після вимкнення живлення. Причому схема повинна гарантувати повне збереження всієї інформації навіть у разі непередбаченого зникнення живлення.

Позиціонер повинен забезпечувати автоматичний поворот антени в будь-яку сторону з раніше запам'ятованої позиції. Поворот повинен починатися відразу після вибору номера потрібної позиції.

Якщо поворот антени на обрану позицію ще не закінчено, а користувач вибере іншу, то відпрацювання попередньої позиції повинно бути негайно припинено, і позиціонер повинен перейти до відпрацювання нової позиції. Якщо нова позиція знаходиться в тому ж напрямку, що і скасована, то рух припинятися не повинна. Якщо нова позиція знаходиться в іншому напрямку, то електромотор повинен змінити напрямок обертання.

Позиціонер повинен мати цифровий індикатор. На ньому має відображатися номер поточного обраного каналу. Мається на увазі, що кожен канал зберігає одну із позицій. Крім того, на індикаторі повинна відображатися інформація про зміну режиму роботи і повідомлення про помилки. Також, позиціонеру необхідно мати мінімум кнопок управління, та мати систему дистанційного керування. Бажано при цьому використовувати один із стандартних пультів управління, наявних у вільному продажі. Позиціонер повинен мати черговий режим роботи. У черговому режимі позиціонер повинен переходити на знижене споживання енергії. Повинна бути передбачена можливість виходу з режиму очікування, як за допомогою кнопок управління, так і за допомогою пульта дистанційного управління. Для підвищення надійності роботи принципової схеми, необхідно передбачити розв'язку силового ланцюжка із керуючим ланцюжком. Це необхідно для захисту мікропроцесорної частини від атмосферних розрядів.

Для остаточного вирішення поставленої задачі по розробці принципової схеми управління, необхідно звернути увагу на додаткові вимоги що до розробці.

Для зберігання поточної інформації, необхідно використовувати постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) [7,8,9,10].

У нашому випадку обсяг інформації, призначеної для зберігання, повинен бути досить невеликим. Для цього вистаче, наприклад, мікросхема K558PP1.

Мікросхема K558PP1 є електрична перепрограмуємо ПЗП, що має 256 осередків, у якій для читання і запису інформації використовується послідовна двох провідна шина, яка використовує протокол обміну під назвою I2C. Ця шина і протокол розроблені фірмою PHILIPS. Вони призначені для систем цифрового управління в сучасних моделях телевізорів. Не вдаючись в подробиці, скажу лише, що таке рішення дозволяє процесору обмінюватися інформацією з мікросхемою пам'яті за допомогою всього лише двох проводів.

Детальніше про роботу I2C-шини ви можете прочитати на сайті [13] в розділі «Довідкові матеріали». Алгоритм роботи шини досить складний. Однак це не викликає ніяких труднощів, так як на сайті фірми ATMEL [14] виробника мікроконтролерів AT89C2051, є приклад готової програми для роботи з флеш-пам'яттю по I2C-шині і схема підключення такої пам'яті до процесора. Взагалі інформаційна підтримка продукції цієї фірми налагоджена добре.

Наступний момент, який потрібно було продумати перед тим, як почати розробку принципової електричної схеми - це розрядність лічильника положення антени. Показання лічильника будуть зберігатися в пам'яті мікроконтролера. Тому під лічильник необхідно буде виділити одну або кілька осередків. Спробуємо визначити, скільки елементів пам'яті нам буде потрібно для зберігання даної інформації. Максимальне число, яке буде зберігатися в даному лічильнику дорівнює кількості спрацьовувань датчика при повороті антени з одного крайнього положення в інше. У той же час, кількість розрядів лічильника визначає точність, з якою ми зможемо встановлювати антену в необхідну позицію.

Якщо для зберігання показань лічильника ми використовуємо всього один осередок пам'яті, то лічильник переповниться вже після 256 спрацьовувань датчика. Така кількість спрацьовувань настане при повороті антени всього на пару градусів. Тому одного осередку явно мало. Якщо ж для лічильника виділити два осередки, то такий лічильник переповниться тільки після 65536 спрацьовувань датчика. Підрахунок кількості спрацьовувань датчика реального актюатора на кожен градус повороту антени показав, що цього цілком достатньо.

Далі, потрібно було визначитися з кількістю розрядів цифрового індикатора. Основне призначення індикатора – відобразити номер поточного обраного каналу. Здавалося б досить і одного розряду. Однак я вирішив, що оптимальним рішенням буде дворозрядний семи сегментний індикатор. По-перше, на двох індикаторах легко висвітлити різні службові написи. Наприклад «РУ» (ручне управління) або «Ег» (помилка).

Крім того, в процесі дослідження було вирішено зробити не 10, а 100 осередків для запису позицій антени і, відповідно, 100 каналів. Обсягу пам'яті обраної мікросхеми (256 осередків) цілком вистачає. Зрозуміло, навряд чи ви на свою антену зможете зловити сигнали від ста різних супутників. Але з'являється можливість одну і ту ж позицію записати в кілька різних каналів і узгодити номери цих каналів з номерами каналів вашого ресивера. Загалом, зайвий запас за кількістю каналів ніколи не завадить. Тим більше, що це не зажадає ніяких додаткових витрат.

Другим етапом в нашому проекті, необхідно визначитись із вибором процесора. Це дуже важливий етап. Вся інша елементна база буде будуватися виходячи із вибраного процесора.

В нашому випадку, ми зупинились на мікропроцесорі, якій володіє достатніми можливостями для вирішення поставленого завдання

Відразу було вирішено використовувати або P1C-контролер, або щось аналогічне йому. В результаті ми вибрали мікроконтролер AT89C2051 фірми ATMEL.

По-перше, за розмірами, кількістю портів введення/виводу, обчислювальним можливостям, він нічим не поступається P1C-контролерам. По-друге, він також, як і більшість P1C-контролерів, має вбудовану флеш-пам'ять програм. Однак, у порівнянні з P1C-ами, обраний контролер мав дуже суттєву перевагу. Його внутрішня структура і система команд буде максимально сумісна зі структурою і системою команд мікроконтролера iMCS-51 фірми Intel. Крім того, вже є в наявності всі основні інструментальні програми, необхідні для складання і налагодження програм. А саме транслятор з мови Асемблера і Отладчик.

Але, перш-ніж остаточно зупинитися на обраному процесорі, необхідно було переконатися в тому, що можливостей процесора вистачить для вирішення всіх поставлених завдань. Перший критичний момент, за яким процесор може не підійти для даної конкретної системи - це його швидкодія. Швидкодія будь-якого мікропроцесора визначається, перш за все, частотою його тактового генератора. За технічними умовами, максимально допустима частота тактового генератора процесора AT89C2051 - 24 МГц.

Однак, для правильної роботи згаданих вище алгоритмів підтримки флеш-пам'яті необхідно, щоб тактова частота дорівнювала рівно 12 МГц. Оцінимо тепер, чи вистачить такої частоти для виконання всіх передбачених технічним завданням функцій [12]. Спочатку згадаємо, що частота тактового генератора, перш ніж поступить на всі схеми мікроконтролера, за допомогою вбудованого дільника частоти ділиться на шість. В результаті частота синхросигналу основний схеми в нашому випадку фактично дорівнює 1 МГц.

Тепер подивимося, чи вистачить нам такої частоти. Найшвидший процес, який доведеться обробляти мікроконтролеру - це розпізнавання команд пульта дистанційного керування. Стандартний пульт дистанційного керування дозволяє проходження імпульсів в пачці до 1 кГц. Програма позиціонера повинна розпізнавати команди від пульта в режимі реального часу. Очевидно, що на кожен вхідний імпульс від пульта дистанційного керування доведеться 1000 тактів роботи процесора. З огляду на те, що більшість команд процесора виконуються за один, або за два такту, то за час, що дорівнює періоду проходження імпульсів в сигналі пульта дистанційного керування, даний процесор може виконати програму довжиною понад 500 команд. Виходячи з досвіду побудови подібних алгоритмів, можна стверджувати, що такої кількості команд більш ніж достатньо. В нашому випадку, як показали дослідження, складається всього з 60 операторів. Друге питання, яке потрібно продумати при виборі процесора - кількість ліній вводу / виводу. Наш процесор повинен керувати такими пристроями: дворозрядним світлодіодним дисплеєм, що складається з двох семисегментних індикаторів, двома ключами включення і виключення мотора поворотного пристрою (прямий і інверсний хід). Крім того, процесор повинен отримувати і обробляти сигнали від наступних зовнішніх пристроїв: кнопки управління (7 кнопок), датчик повороту антени, фотоприймач сигналів ДУ.

Для того, щоб оцінити, чи вистачить існуючих висновків процесора для вирішення всіх перелічених вище завдань, потрібно мати досвід розробки мікропроцесорних пристроїв. При цьому слід зауважити, що зовсім не обов'язково, щоб число висновків точно відповідало числу обслуговуваних пристроїв. Існує безліч прийомів, що дозволяють використовувати одні і ті ж висновки для управління кількома різними пристроями.

Останнім аргументом, який схилив чашу терезів на бік остаточного вибору - це невисока ціна мікросхеми AT89C2051.

Розробка схеми. Наступний етап - розробка принципової електричної схеми. Вдало розроблена схема - запорука якості і надійності всієї конструкції. Зазвичай, необхідно всебічно обмірковує різні варіанти схемного рішення. Порівнюючи їх між собою, намагаючись оцінити

недоліки і переваги кожного з варіантів. Зрозуміло, що для цього потрібно мати певний досвід в розробці мікропроцесорних пристроїв. Тому пропонується просто подивитися на рис. 4. Докладніше принцип роботи та опис периферійних пристроїв даної схеми буде описано в наступних матеріалах

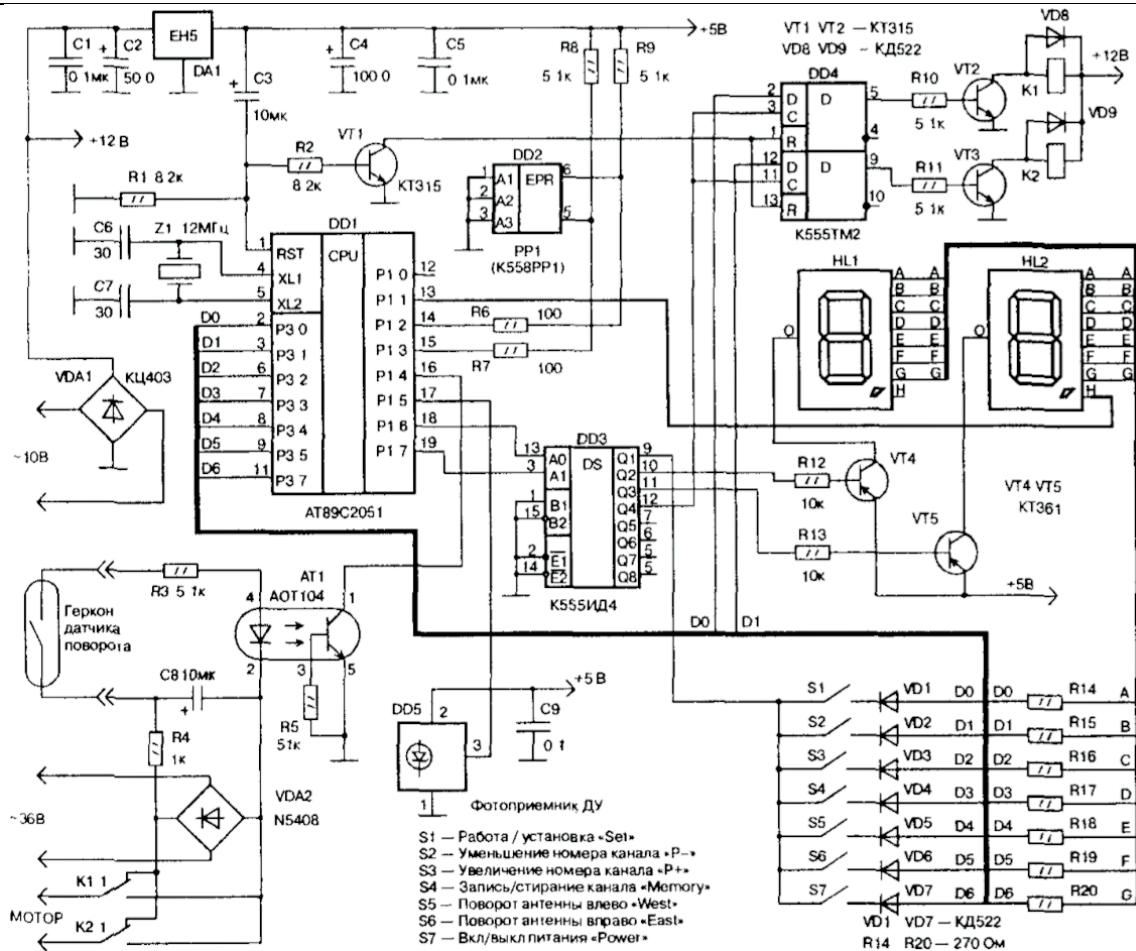


Рис. 4. Принципова схема управління супутниковою антеною.

Висновок. Для забезпечення надійного каналу мовлення і опираючись на проведені дослідження в області створення надійного інформаційного каналу передачі сигналу, були розроблені вимоги щодо розробки і практичної реалізації комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною А на базі цих основоположних моментів, були сформульовані основні положення по технічному оснащеності в подальшій розробці комп'ютерної підсистеми автоматичного управління супутниковою антеною.

Їх можна сформулювати наступним чином, враховуючи деякі припущення:

1. розташування супутників повинно бути на геостационарній орбіті;
2. положення супутників повинно бути стаціонарним і його координати повинні бути прив'язані до земних;
3. положення координат супутника в космічному просторі під час передачі інформаційного сигналу в момент трансляції має визначатися в градусному вимірі з прив'язкою до земних координат.
4. Проведено обґрунтування щодо вибору технічних засобів
5. Розроблена принципова схема комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною

Список бібліографічного опису.

1. Методы измерения и новые технологии спутникового контроля. Отчет МСЭ –R SM.2424-0 (06/2018). Серия SM Управление использование спектра. ИТУ Международный союз электросвязи – 32 с.
2. Телеспутник // <https://telesputnik.ru/>
3. Электронный ресурс LyngSay // <https://www.lyngsat.com/>
4. Довідкові матеріали, <http://digitchip.by.ru> в розділі

5. Каганюк О.К. Формирование требований к созданию автоматизированной компьютерной подсистемы управления спутниковой антенной Комп'ютерно – інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» Луцьк, 2020. Випуск №43 с 23 – 297DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-43-04>
6. Каганюк О.К., Шипулін А.А., Луць М.С. Компьютерная підсистема управління спутниковой антенной Programmble logic integrated circuits and microprocessor technique in educationand manufacturing Abstracts of the International Scientific And Practice Workshop Of Young Scientists And Students 12-13. 05. 2020. p.
7. Самостоятельная подборка комплектующих // Спутниковое TV. Режим
8. Каганюк о.К. Парфенюк Б.О. Розробка лабораторного блока керування автономним інтерактивними об'єктами на базі мікроконтролера Міжнародна науково – практична конференція аспірантів і студентів «Інженерія програмного забезпечення 2014р.
9. Каганюк о.К. Парфенюк Б.О. Розробка компютерного маніпулятора з використанням емнісних сенсорів Міжнародна науково – практична конференція аспірантів і студентів «Інженерія програмного забезпечення 2014» 10 – 13 червня Київ. Національний авіаційний університет
10. Каганюк О.К. Парфенюк Б.О. Розробка компютерного маніпулятора з використанням емнісних сенсорів Студентський науковий вісник. – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 15. – 2014. – С. 186–196
11. Каганюк О.К., Поліщук М.М., Сопіжук Р.В. Дослідження перетворювача з мікроконтролерним керуванням частоти інвертора. // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» (RINS, Copernicus). – Луцьк. – 2017, №26. – с. 213-219
12. Каганюк А. К, Мельник В. М, Математическая модель расчета параметров регулятора для подвижного объекта // Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-39-04Луцьк, 2020. Випуск №39 с 22 – 29.
13. Електронний ресурс <http://digitchip.by.ru>
14. Електронний ресурс <http://www.atmel.com>

References.

1. Methods of measurement and new technologies of satellite control. ITU Report –R SM.2424-0 (06/2018). SM Series Spectrum management. ITU International Telecommunication Union - 32 p.
2. Telesputnik // <https://telesputnik.ru/>
3. Electronic resource LyngSay // <https://www.lyngsat.com/>
4. Dovidkovi materiali, <http://digitchip.by.ru> in the section
5. Kaganyuk O.K. Formation of requirements for the creation of an automated computer subsystem for satellite antenna control. - 2021-43-04
6. Kaganyuk O.K., Shipulin A.A., Luts M.S. Computer control system for satellite antenna Programmble logic integrated circuits and microprocessor technique in educationand manufacturing Abstracts of the International Scientific And Practice Workshop Of Young Scientists And Students 12-13. 05.2020.
7. Self-selection of components // Satellite TV. Mode
8. Kaganyuk O.K. Parfenyuk B.O. Development of the laboratory block of keruvannya by autonomous interactive objects on the basis of a microcontroller International Science - Practical conference of graduate students and students "Software Engineering 2014r.
9. Kaganyuk O.K. Parfenyuk B.O. Development of a computer manipulator with a set of small sensors International Science - Practical Conference of Postgraduates and Students "Software Engineering 2014" 10 - 13 worm Kiev. National Aviation University
10. Kaganyuk O.K. Parfenyuk B.O. Development of a computer manipulator with vicistories of emnisnyh sensors Student science visitor. - Lutsk: Vidavnytstvo LNTU. - Vip. 15. - 2014. - P. 186-196
11. Kaganyuk O.K., Polishchuk M.M., Sopizhuk R.V. Doslidzhennya re-transforming with microcontrolling keruvans of inverter frequency. // Science journal "Computer-integrated technologies: education, science, technology" (RINS, Copernicus). - Lutsk. - 2017, no. 26. - with. 213-219
12. Kaganyuk A. K, Melnik V. M, Mathematical model for calculating the parameters of a regulator for a moving object // Science journal "Computer - integrated technologies: education, science, technology" DOI: 10.36910 / 6775-2524-0560-2020- 39-04 Lutsk, 2020. Issue number 39 from 22 - 29.
13. Electronic resource <http://digitchip.by.ru>
14. Electronic resource <http://www.atmel.com>

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-03>

УДК 621.317

Казарова Інна Олександрівна, к.т.н., доцент кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

<https://orcid.org/0000-0002-3178-0826>

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ПОБУДОВА КОМПЛЕКСНОЇ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Казарова І. О. Побудова комплексної методики оцінки ефективності автоматизації систем опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Розглянуто сучасні методи збільшення ефективності енергопостачання житлових комплексів за рахунок оптимізації систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Проведено комплексний аналіз вимог до систем автоматизованого клімат-контролю житлових та робочих приміщень. Запропонована схема контролю параметрів системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, що включає у себе аналіз температури повітря, а також рівня вологості і забруднення повітря. Розроблено математичну модель регулювання температури повітря у приміщенні, яка базується на визначенні ключових параметрів термодинамічної системи відповідно ідеального циклу Карно. Вказано підходи адаптації моделі для вирішення актуальних завдань та оптимізації систем енергопостачання через визначення екстремумів цільових функцій системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Ключові слова: система енергопостачання, системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, енергоефективність, термодинамічна система, математична модель, цикл Карно, цільові функції.

Казарова И. А. Построение комплексной методики оценки эффективности автоматизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Рассмотрены современные методы увеличения эффективности энергоснабжения жилых комплексов за счет оптимизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Проведен комплексный анализ требований к системам автоматизированного климат-контроля жилых и рабочих помещений. Предложенная схема контроля параметров системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, которая включает в себя анализ температуры, а также уровня влажности и загрязнения воздуха. Разработана математическая модель регулирования температуры воздуха в помещении, основанная на определении ключевых параметров термодинамической системы в соответствии с идеальным циклом Карно. Указаны подходы по адаптации данной модели для решения актуальных задач и оптимизации систем энергоснабжения через определение экстремумов целевых функций системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Ключевые слова: система энергоснабжения, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, энергоэффективность, термодинамическая система, математическая модель, цикл Карно, целевые функции.

Kazarova Inna. Development of comprehensive methodology for estimation of the heating, ventilation and air conditioning systems automation effectiveness. Modern methods of increasing the efficiency of energy supply of residential complexes by optimizing heating, ventilation and air conditioning systems are considered. A comprehensive analysis of the requirements for automated climate control systems for apartments and workplace has been carried out. There were proposed scheme for controlling the parameters of the heating, ventilation and air conditioning system, which includes the analysis of temperature, as well as the level of humidity and air pollution. A mathematical model has been developed for regulating the air temperature in the room, based on the determination of the key parameters of the thermodynamic system in accordance with the ideal Carnot cycle. Approaches for adapting this model for solving urgent problems and optimizing power supply systems through determining the extrema of the target functions of the heating, ventilation and air conditioning system are indicated.

Key words: power supply system, heating, ventilation and air conditioning systems, energy efficiency, thermodynamic system, mathematical model, Carnot cycle, objective functions.

Вступ. Масове впровадження комунальних послуг по енергопостачанню у рамках житлових та виробничих сервісів на сьогоднішній день становить основну частку навантаження на системи енергозабезпечення [1]. Відповідно до цього у рамках вирішення задачі оптимізації енергокомплексу окрім досліджень по моделюванню та модифікації системи енергозабезпечення [2-4] необхідно також визначити фактори, що впливають на ефективність систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC) з метою їх подальшої модифікації. На сьогоднішній день HVAC розглядається як сукупність інженерних систем, що застосовуються для налаштування параметрів мікроклімату в залежності від вимог по перебуванню людей, проведенню технологічних процесів та надійному зберіганню товарів і речовин. Побудова математичної моделі та оптимізація відповідно ключових параметрів моделі схеми налаштування HVAC надасть можливість прогнозувати і контролювати рівень енергоспоживання, що разом з заходами по оптимізації систем енергозабезпечення, дозволить збільшити якість та зменшити собівартість комунальних послуг (рис. 1).



Рис. 1. Комплексна методика оптимізації системи енергозабезпечення.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій присвячених проблемам оптимізації систем HVAC показав, що на рівні постановки задачі доцільно класифікувати споживачів комунальних послуг по енергопостачанню відповідно до типів приміщень. Таким чином було виділено наступні базові групи:

- житлові комплекси: приватні будинки, багатоквартирна забудова, гуртожитки, тощо [5, 6];
- медичні і наукові заклади: госпіталі, клініки, лабораторії, тощо [7, 8];
- виробничі приміщення: цехи, фабрики, склади, тощо [9, 10];
- об'єкти громадського доступу: навчальні заклади, транспортні вузли, торгівельно-розважальні комплекси, тощо [11, 12].

Зазначена класифікація надає можливість визначити обмеження згідно котрих розраховуються екстремуми цільових функцій (мінімум показника навантаження на систему енергоспоживання та мінімуми показників відхилень від стабільного рівня заданих параметрів мікроклімату). При цьому слід зазначити стійке зростання вимог до систем HVAC, що пов'язано з посиленням норм з техніки безпеки, організації праці, утримання тварин, умов зберігання продукції, підтримки режиму «чистого приміщення», тощо. Це вирішується як через розширення інструментарію функціональних компонент систем HVAC так і завдяки вдосконаленню модулів автоматизованого контролю зазначених систем [13-15]. Наступна система класифікації, що має бути розглянута при оптимізації клімат-контролю базується на геометричному розмірі приміщень, етажності будинків та налагодження загальної для будинку системи пасивної вентиляції через витяжні шахти [16-18]. Наявність зазначених факторів вказує на необхідність проведення моделювання їх взаємного впливу, у той час як сучасні математичні моделі базуються на аналізі окремих систем HVAC [18-21], що розглядається як **невирішена частина загального дослідження**.

Таким чином, **метою дослідження** є розробка комплексної методики оптимізації систем HVAC відповідно задачі зменшення та стабілізації рівня навантаження на систему енергопостачання шляхом побудови математичної моделі та розрахунку на її основі цільових функцій ефективності HVAC.

1. Постановка задачі налаштування та оптимізація систем HVAC

Для побудови математичної моделі систем HVAC необхідно провести формалізацію ключових параметрів через введення відповідних функцій та їх аргументів. Сучасні системи контролю мікроклімату визначають і регулюють температуру повітря у приміщенні (In-Doors Temperature, ID) відповідно температури поза приміщенням (Out-Doors Temperature, OD), рівень вологості повітря як функцію від температури, швидкість потоку повітря і рівень забруднення повітря. Представимо наступний набір показників сенсорної мережі і модулю керування системи HVAC:

- $T_{ID}(t)$ і $T_{OD}(t)$ як поточний рівень температури повітря у приміщенні і поза приміщенням, відповідно, де аргумент t відповідає часу;
- T_{ID}^0 і ΔT_{ID}^+ як задане значення температури повітря у приміщенні та максимально допустиме відхилення від нього, відповідно; $\{T_{ID}^0; \Delta T_{ID}^+\}$
- $H_{ID}(T_{ID}(t))$ і $H_{OD}(T_{OD}(t))$ як поточний рівень вологості повітря у приміщенні і поза приміщенням, відповідно, в залежності від температури;

- H_{ID}^0 і ΔH_{ID}^+ як задане користувачем сервісу значення рівня вологості повітря у приміщенні та максимально допустиме відхилення від нього, відповідно;
- $v_{ID}(t)$ і $v_{OD}(t)$ як поточна швидкість потоку повітря у приміщенні і поза приміщенням, відповідно, де аргумент t відповідає часу;
- v_{ID}^0 і Δv_{ID}^+ як задане користувачем сервісу значення швидкості потоку повітря у приміщенні та максимально допустиме відхилення від нього, відповідно;
- Φ_{O_2} і Φ_{CO_2} як рівень кисню та вуглекислого газу у повітрі приміщення, відповідно;
- $\Phi_{O_2}^0$ і $\Delta \Phi_{O_2}^+$ як задане користувачем сервісу значення рівня кисню у повітрі приміщення та максимально допустиме відхилення від нього, відповідно;
- $\Phi_{CO_2}^0$ і $\Delta \Phi_{CO_2}^+$ як задане з користувачем сервісу значення рівня вуглекислого газу у повітрі приміщення та максимально допустиме відхилення від нього, відповідно;
- Φ_n як рівень шкідливих домішок у повітрі приміщення, де $n \in [1; N]$ є кількістю домішок, що визначаються системою HVAC;
- Φ_n^0 і $\Delta \Phi_n^+$ як задане користувачем сервісу значення рівня шкідливих домішок у повітрі приміщення та максимально допустиме відхилення від нього, відповідно.

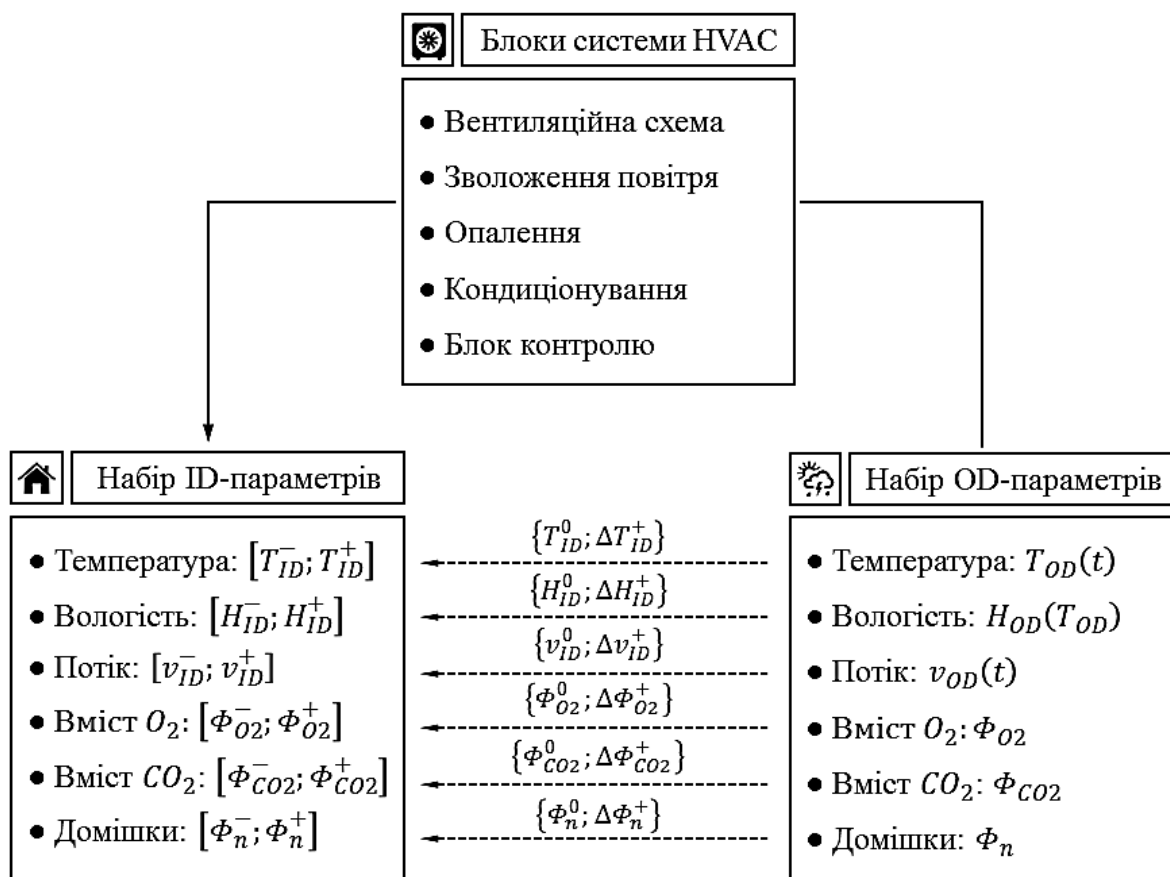


Рис. 2. Базова схему контролю параметрів мікроклімату системою HVAC.

Таким чином, для кожного з показників сенсорної системи відповідно до значень заданих на рівні контрольного блоку можна визначити допустимі межі відхилення показників температури $[T_{ID}^-; T_{ID}^+]$, вологості $[H_{ID}^-; H_{ID}^+]$, швидкості потоку $[v_{ID}^-; v_{ID}^+]$, рівня кисню $[\Phi_{O_2}^-; \Phi_{O_2}^+]$, рівня вуглекислого газу $[\Phi_{CO_2}^-; \Phi_{CO_2}^+]$ та рівня шкідливих домішок $\{[\Phi_1^-; \Phi_1^+], [\Phi_2^-; \Phi_2^+], \dots, [\Phi_n^-; \Phi_n^+], \dots, [\Phi_N^-; \Phi_N^+]\}$ і налаштувати системи контролю відповідно до цього (рис. 2):

$$\begin{cases} T_{ID}^- = T_{ID}^0 - \Delta T_{ID}^+ \\ T_{ID}^+ = T_{ID}^0 + \Delta T_{ID}^+ \end{cases}, \quad \begin{cases} H_{ID}^- = H_{ID}^0 - \Delta H_{ID}^+ \\ H_{ID}^+ = H_{ID}^0 + \Delta H_{ID}^+ \end{cases}, \quad \begin{cases} v_{ID}^- = v_{ID}^0 - \Delta v_{ID}^+ \\ v_{ID}^+ = v_{ID}^0 + \Delta v_{ID}^+ \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \Phi_{O_2}^- = \Phi_{O_2}^0 - \Delta\Phi_{O_2}^+ \\ \Phi_{O_2}^+ = \Phi_{O_2}^0 + \Delta\Phi_{O_2}^+ \end{cases}, \quad \begin{cases} \Phi_{CO_2}^- = \Phi_{CO_2}^0 - \Delta\Phi_{CO_2}^+ \\ \Phi_{CO_2}^+ = \Phi_{CO_2}^0 + \Delta\Phi_{CO_2}^+ \end{cases}, \quad (2)$$

$$\begin{cases} \Phi_n^- = \Phi_n^0 - \Delta\Phi_n^+ \\ \Phi_n^+ = \Phi_n^0 + \Delta\Phi_n^+ \end{cases} \text{ для } \forall n \in [1; N] \quad (3)$$

Для побудови математичного апарату необхідно визначити енергоефективність на основі теплового навантаження відповідно ідеальної математичної моделі процесів опалення і кондиціонування, що мають бути доповнені розрахунками рівня вологості та хімічного складу повітря.

2. Побудова математичної моделі функціонування систем HVAC

Базова математична модель підтримки температурного режиму повітря у приміщенні у заданих межах шляхом нагріву зовнішнього повітря протягом фіксованого проміжку часу $t \in [t^-; t^+]$ базується на ідеальному циклі Карно через аналіз джерел нагріву (побутові електроприлади, офісна техніка, тощо) та їх розташування (рис. 3). Характерно, що у даному випадку не враховується енергоспоживання при транспортуванні і розподілі теплоносія. Також, слід зазначити, що у рамках вказаної моделі площа теплообміну розглядається як необмежена. Для включення у математичну модель джерел тепла (Heat Source, HS) введемо набір функцій температур $\{T_k^{HS}(t)\}$, дек $\in [1; K]$ — кількість відповідних джерел. Для оптимізації роботи систем HVAC необхідно визначити набір пар різниці температури HS з температурою повітря у приміщенні та поза приміщенням: $\{\Delta T_k^{ID}(t), \Delta T_k^{OD}(t)\}$, що розраховуються як:

$$\begin{cases} \Delta T_k^{ID}(t) = T_k^{HS}(t) - T_{ID}(t) \\ \Delta T_k^{OD}(t) = T_k^{HS}(t) - T_{OD}(t) \end{cases}, \quad (4)$$

на основі яких визначається необхідний рівень нагріву чи кондиціонування приміщення. Математична модель, що базується на ідеальному циклі Карно базується на показниках поглинання теплового навантаження q_k для заданої температури відповідно значення потужності електроенергії W_k , що споживається.

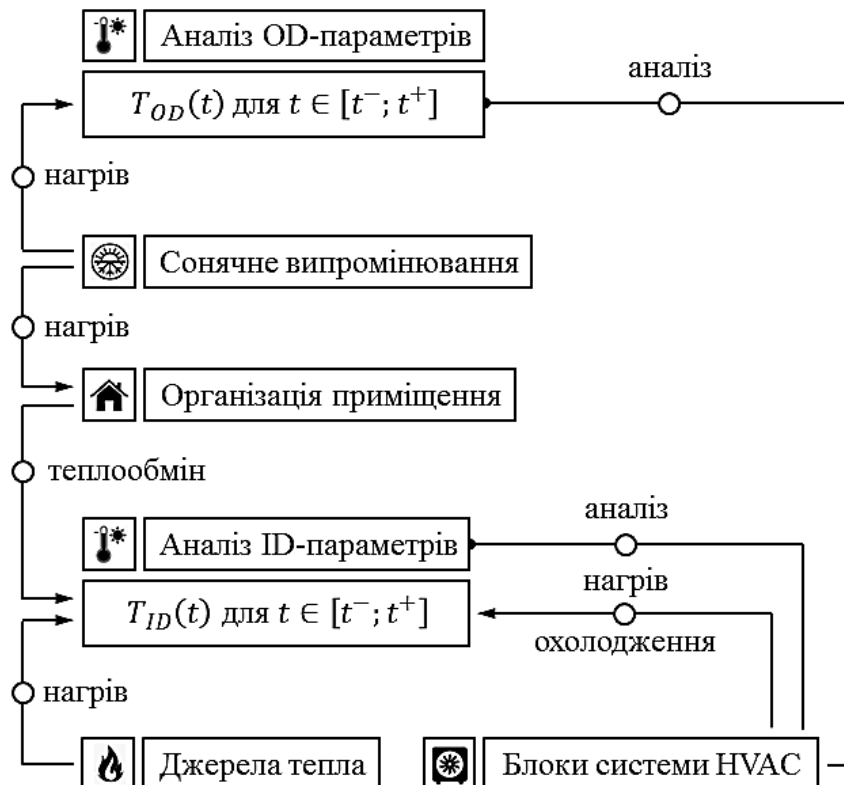


Рис. 3. Модель охолодження на нагріву повітря у приміщенні.

Повний об'єм теплового навантаження, що споживається проміжку часу $t \in [t^-; t^+]$, розраховується через функцію $\text{sign}()$:

$$q_{\Sigma} = \int_{t=t^-}^{t^+} \left(\sum_{k=1}^K \left(q_k \cdot \text{sign} \left(T_k^{\text{HS}}(t), T_{\text{ID}}(t) \right) \right) \right) dt, \quad (5)$$

$$\text{де } \text{sign} \left(T_k^{\text{HS}}(t), T_{\text{ID}}(t) \right) = \begin{cases} 1 & \text{при } \Delta T_k^{\text{ID}}(t) < 0 \\ 0 & \text{при } \Delta T_k^{\text{ID}}(t) \geq 0 \end{cases}. \quad (6)$$

При цьому повна потужність, що споживається системами HVAC також може бути розрахована через функцію $\text{sign}()$ при розрахунку показників корисної дії (ККД), як набору $\{\eta_k\}$:

$$W_{\Sigma} = \int_{t=t^-}^{t^+} \left(\sum_{k=1}^K \left(\frac{q_k \cdot \text{sign} \left(T_k^{\text{HS}}(t), T_{\text{ID}}(t) \right)}{\eta_k} \right) \right) dt, \text{ де } \eta_k = \int_{t=t^-}^{t^+} \frac{T_{\text{ID}}(t)}{\Delta T_k^{\text{ID}}(t)} dt. \quad (7)$$

Вирішення задачі оптимізації функціонування загального комплексу систем HVAC полягає у обчисленні екстремуму цільової функції ефективності, тобто максимуму ККД, що розраховується як співвідношення повного об'єму теплового навантаження до повної потужності. Якщо у зазначене рівняння підставити значення W_{Σ} (7), можна отримати:

$$\eta_+ = \frac{\int_{t=t^-}^{t^+} \left(\sum_{k=1}^K q_k \right) dt}{\int_{t=t^-}^{t^+} \left(\sum_{k=1}^K \left(\frac{q_k \cdot \text{sign} \left(T_k^{\text{HS}}(t), T_{\text{ID}}(t) \right)}{\eta_k} \right) \right) dt}. \quad (8)$$

Відповідно постановки задачі оптимізації, зазначений підхід може бути використано для аналізу реальних систем HVAC шляхом (i) врахування взаємного впливу процесів зміни температури та вологості повітря, (ii) адаптації моделі ідеального циклу Карно до системи охолодження, (iii) визначення особливостей розподілу енергії та (iv) врахування обмежень по передачі тепла.

Висновки. В результаті проведеного дослідження було розглянуто збільшення ефективності систем енергопостачання шляхом оптимізації загального комплексу систем опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Аналіз вимог до систем автоматизованого клімат-контролю житлових та робочих приміщень вказав на необхідність комплексного підходу при оптимізації системи енергозабезпечення. В результаті була запропонована схема контролю параметрів системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, що включає у себе аналіз температури повітря, а також рівня вологості і забруднення повітря. Розроблено математичну модель регулювання температури повітря у приміщенні, яка базується на визначенні ключових параметрів термодинамічної системи (теплове навантаження, потужність, що споживається і коефіцієнт корисної дії) відповідно ідеального циклу Карно. На основі розробленої моделі задачу оптимізації систем опалення, вентиляція та кондиціонування повітря було зведено до математичної задачі пошуку максимуму цільової функції сумарного значення коефіцієнту корисної дії. Вказано на базові підходи по модифікації і адаптації запропонованого підходу при вирішенні актуальних задач.

Список бібліографічного опису.

1. Маляренко В.А., Андреев С.Ю., Казарова І.О. (2018) Можливості підвищення комунальної енергетики втіленням когенерації. *Міжнародний журнал «Світлотехніка та електроенергетика»*. Харків: ХНУМГ. №2(52). С. 59-62.
2. Казарова І.О. *Підвищення ефективності систем енергопостачання за рахунок впровадження когенерації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук, спец. 05.14.06 "Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика" / І.О. Казарова.* – Харків, 2018. – 24 с.
3. Андреев С.Ю., Маляренко В.А., Шубенко О.Л., Бабак М.Ю., Сенецький О.В., Темнохуд І.О., Казарова І.О. (2016) Когенерація водогрійних котельнях з котлами ПТВМ-100 при використанні органічного циклу Ренкіна. *Інтегровані технології та енергозбереження*. Харків: НТУ «ХПИ», 2016. № 2. С. 48-60. ISSN 2078-5364.
4. Маляренко В.А., Казарова І.О., Сенецький О.В., Темнохуд О.О. (2019) Дослідження впровадження газопоршневих та газотурбінних двигунів при переведенні котельні в режим когенерації. *Інтегровані технології та енергозбереження*. НТУ «ХПИ»: сб. наук. пр. Харків: НТУ «ХПИ», № 2, с. 3-10.

References.

1. Yoon, S., Yu, Y., Wang, J., & Wang, P. (2018). Impacts of HVACR temperature sensor offsets on building energy performance and occupant thermal comfort. *Building Simulation*, 12(2), 259–271. doi: 10.1007/s12273-018-0475-3.
2. Abramski, M., Friedrich, T., Kurz, W., & Schnell, J. (2011). Innovative Shear Connectors for a New Prestressed Composite Slab System for Buildings with Multiple HVACR Installations. *Composite Construction in Steel and Concrete VI*.doi: 10.1061/41142(396)9.
3. Sezdi, M., &Uzcan, Y. (2016). Clean room classification in the operating room. *2016 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)*.doi: 10.1109/tiptekno.2016.7863107.
4. Varghese, A. C., & Palmer, G. (2016). Chapter 23 Clean room technology for low resource IVF units. *Clean Room Technology in ART Clinics*, 345–352. doi: 10.1201/9781315372464-24.
5. Silberstein, E. (2012). *Residential construction academy: HVAC*. Clifton Park, NY: Cengage Learning.
6. Muthuraman, S. (2016). *Careers in HVACR: heating, ventilation, air conditioning, refrigeration*. Chicago: Institute for Career Research.
7. Schijndel, A. W. M. V., & Schellen, H. L. (2006). Application of a Combined Indoor Climate and HVAC Model for the Indoor Climate Performance of a Museum / Anwendung eines Modells für die Kombination des Innen klimas mit dem Heizungs-, Belüftungs- und Temperatur kontrollsystem (HBT; HVAC) zur Simulation des Raumklimas in einem IV Iuseum. *Restoration of Buildings and Monuments*, 12(3). doi: 10.1515/rbm-2006-6052.
8. Wright, J., & Zhang, Y. (2008). Evolutionary Synthesis of HVAC System Configurations: Experimental Results. *HVAC&R Research*, 14(1), 57–72. doi: 10.1080/10789669.2008.10390993.
9. Balasubramanian, K., & Cellatoglu, A. (2010). Selected Home Automation and Home Security Realizations: An Improved Architecture. *Smart Home Systems*. doi: 10.5772/8408.
10. Domb, M. (2019). Smart Home Systems Based on Internet of Things. *IoT and Smart Home Automation [Working Title]*. doi: 10.5772/intechopen.84894.
11. Saito, N. (2015). The concept of an ecological smart home network. *Ecological Design of Smart Home Networks*, 3–16. doi: 10.1016/b978-1-78242-119-1.00001-1.
12. Li, Y. L., Zhao, C. L., Liu, Y. Y., Peng, Q., & Li, C. J. (2014). The Research of the Power Capsule Fan Energy Consumption in Thermal Balance Test Method. *Applied Mechanics and Materials*, 490-491, 902–909. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.490-491.902.
13. Abad, J. M. N., & Soleimani, A. (2016). A neuro-fuzzy fan speed controller for dynamic management of processor fan power consumption. *2016 1st Conference on Swarm Intelligence and Evolutionary Computation (CSIEC)*.doi: 10.1109/csiec.2016.7482121.
14. Simic, D., Kral, C., & Pirker, F. (2005). Simulation of the cooling circuit with an electrically operated water pump. *2005 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*.doi: 10.1109/vppc.2005.1554567.
15. Liu, X., Jiang, Y., & Zhang, T. (2016). *Temperature and Humidity Independent Control (Thic) of Air-conditioning System*. Berlin: Springer Berlin.
16. Quan, H. T. (2014). Maximum efficiency of ideal heat engines based on a small system: Correction to the Carnot efficiency at the nanoscale. *Physical Review E*, 89(6). doi: 10.1103/physreve.89.062134.
17. Feidt, M. (2017). From Carnot Cycle to Carnot Heat Engine: A Case Study. *Finite Physical Dimensions Optimal Thermodynamics I*, 75–97. doi: 10.1016/b978-1-78548-232-8.50003-0.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-04>

УДК 681.5.

Лабжинський Володимир Анатолійович, к.т.н, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0970-770X>

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТИПУ АВАРІЇ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИХОВАНИХ МОДЕЛЕЙ МАРКОВА

Лабжинський В. А. Ідентифікація типу аварії на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою прихованих моделей Маркова. Розглянуто сучасні методи розпізнавання аномальних патернів у зразках кодових послідовностей для ідентифікації типу аварії на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою прихованих марковських моделей. Представлена комплексна методика, що базується на аналізі функції густини ймовірності аномальних патернів, що застосовується у прихованій марковській та напівмарковській моделі. Вказано, що зазначений підхід дозволяє визначити функцію часової залежності рядів даних, відповідно класифікація проводиться на основі наборів аномальних даних, що не відповідають класам навчальної вибірки. На основі математичної моделі показано, що представлена методика надає можливість оптимізувати ефективність розпізнавання аномальних патернів при ідентифікації аварійного стану на об'єкті інфраструктури.

Ключові слова: об'єкти критичної інфраструктури, аварійний стан, аномальні патерни, функція густини ймовірності, прихована марковська модель, прихована полумарковська модель, змішана модель Гауса.

Лабжинский В. А. Идентификация типа аварии на объектах критической инфраструктуры с помощью скрытых моделей Маркова. Рассмотрены современные методы распознавания аномальных паттернов в образцах кодовых последовательностей для идентификации типа аварии на объектах критической инфраструктуры с помощью скрытых марковских моделей. Представлена комплексная методика, основанная на анализе функции плотности вероятности аномальных паттернов, которая базируется на скрытой марковской и полумарковской модели. Указано, что указанный подход позволяет определить функцию временной зависимости рядов данных, соответственно классификация проводится на основе наборов аномальных данных не соответствующих классам обучающей выборки. На основе математической модели показано, что представленная методика позволяет оптимизировать эффективность распознавания аномальных паттернов при идентификации аварийного состояния на объекте инфраструктуры.

Ключевые слова: объекты критической инфраструктуры, аварийное состояние, аномальные паттерны, функция плотности вероятности, скрытая марковская модель, скрытая полумарковская модель, смешанная модель Гаусса.

Labzhynskiy V. A. Identification of the accident type at critical infrastructure facilities using hidden Markov models. Modern methods of recognizing anomalous patterns in samples of code sequences for identifying the type of accident at critical infrastructure facilities using hidden Markov models are considered. A complex technique based on the analysis of the probability density function of anomalous patterns, which is based on a hidden Markov and semi-Markov model, is presented. It is indicated that this approach makes it possible to determine the function of the time dependence of the data series; accordingly, the classification is carried out on the basis of sets of anomalous data that do not correspond to the classes of the training sample. On the basis of a mathematical model, it is shown that the presented methodology makes it possible to optimize the efficiency of recognizing anomalous patterns when identifying an emergency state at an infrastructure facility.

Key words: critical infrastructure objects, emergency state, anomalous patterns, probability density function, hidden Markov model, hidden semi-Markov model, mixed Gauss model.

Вступ.

На сьогоднішній день концепція переходу від протоколів взаємодії «людина-машина» (Person-to-Machine, P2M) до протоколів взаємодії «машина-машина» (Machine-to-Machine, P2M), а також вдосконалення інтерфейсів у рамках оптимізації P2M-взаємодії значним чином реалізується шляхом впровадження систем машинного аналізу на базі статистичних моделей, зокрема прихованих марковських моделей (Hidden Markov Model, НММ) і прихованих напівмарковських моделей (Hidden Semi-Markov Model, HSMM). Вирішення поставленої задачі є надзвичайно важливим в області науки, медицини та економічного і державного регулювання, але при цьому також слід зазначити, що зазначені дослідження найбільш *актуальні* при ідентифікації типу аварії на об'єктах критичної інфраструктури, де необхідно максимально знизити вірогідність похибки внаслідок «людського фактору». Очевидні обмеження, що мають бути вказані при формулюванні завдання прогнозування і класифікації аварійних станів, полягають у необхідності аналізу великих масивів даних, що надходять від вузлів сенсорної мережі, у режимі реального часу. Це зумовлює необхідність побудови адекватного математичного апарату на основі статистичних моделей, що дозволяє сформулювати задачу оптимізації системи машинного аналізу аномальних патернів до задачі пошуку цільових

функцій ефективності класифікації відповідно обмежень на час обробки вхідних даних та обчислювальний ресурс апаратної платформи.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій присвячених проблемам адаптації HMM і HSMM при розробці систем машинного аналізу часових рядів даних у режимі реального часу вказав на актуальність робіт у галузі моделювання медичних інтерфейсів [1-3] та систем відеореєстрації [4-6]. Результати дослідження показують кардинальне збільшення точності машинного аналізу при визначенні структури часових рядів. Перевага застосування у системі машинного аналізу однієї або декількох HMM (HSMM) полягає у генерації стохастичного сигналу і надає можливість побудувати універсальні та, водночас, масштабовані алгоритми класифікації на основі змішаної моделі Гауса (Gaussian Mixture Model, GMM), що характеризуються високою точністю класифікації аномальних паттернів [1, 4, 7]. Основною задачею при цьому є оптимізація роботи алгоритму на етапі виділення викидів у часовому ряді кодової послідовності. Для вирішення цієї задачі було запропоновано ряд методик [8-10], як то додатково використовувати у системі машинного аналізу динамічну байєсівську мережу (Dynamic Bayesian Network, DBN), проводити класифікацію аномальних фазових переходів, впровадити у загальну систему машину опорних векторів (support vector machine, SVM) та нелінійний регресійний аналіз (Kernel Nonlinear Regression Analysis, KNRA). Тим не менш, було вказано, що зазначені методики не дають достатньої точності при багатокласовому виділенні аномалій у зв'язку зі складністю налаштування порогових значень класифікації. Новітні підходи базуються на застосуванні двох HMM, що генерують звичайні та аномальні кодові послідовності [11]. Для моделювання аномальних паттернів застосовується функція густини ймовірності (Probability Density Function, PDF), що надає змогу організувати алгоритми багатокласового виділення аномалій. Слід зазначити, що, тим не менш, зазначена модель малоефективна на рівні виділення мінімальних за значенням часового проміжку викидів, що розглядається як *невирішена частина загального дослідження*.

Метою дослідження стала побудова системи машинного аналізу на основі HSMM, що працює з випадковим розподілом аномальних зразків. Зазначений підхід включає використання HSMM при аналізі часової залежності блоків масиву даних для виявлення миттєвих аномалій шляхом оцінки прихованих переходів між станами досліджуваного об'єкту інфраструктури.

1. Постановка задачі виділення переходу між станами об'єкту на основі прихованої напівмарковської моделі

На рівні базової моделі алгоритм класифікації виділяє кодові послідовності відповідно до навчального набору, що неефективно при роботі з аномальними кодовими послідовностями. При впровадженні P2M- та M2M-протоколів за наявності викидів у вхідних даних це призводить до помилок, що може бути критичним для роботи систем моніторингу стану об'єктів інфраструктури. З іншого боку, застосування статистичної моделі HMM як кінцевого автомата для якогостани, що характеризуються показником густини ймовірності, з'єднані первинним ланцюгом Маркова є непридатним для стохастичного опису переходів стану на основі потоку вхідних даних, що надходить у режимі реального часу, тому у даному дослідженні розглядається вдосконалена статистична модель на основі HSMM.

Для побудови математичної моделі машинного аналізу вхідних даних з метою виділення аномальних послідовностей на базі HSMM необхідно ввести наступні позначення:

- часовий ряд вхідних даних, представлений матрицею $D: \{d_t\}$ набору базових елементів d_t , що ранжуються відповідно часу надходження до системи аналізу, де $t \in [1; T]$;
- P_i^j — густина тривалості стану (State Duration Density, SDD), як ймовірність того, що об'єкт залишиться у стані j протягом часу $i \cdot \Delta T$, де $i \in [1; I]$, а $j \in [1; J]$;
- P_j — функція розподілу ймовірності початкового стану j (Initial State Distribution, ISD) для $\forall j \in [1; J]$;
- набір ймовірностей переходу від стану j у стан j' , представлений матрицею $C: \{c_{j,j'}^j\}$, причому у рамках математичного апарату задається $c_{j,j}^j = 0$ для $\forall j \in [1; J]$;
- показники $b_j(d_t)$ що визначає ймовірність послідовності d_t у момент часу t ;
- **Як повний набір параметрів HSMM**, що включає у себе функцію P_i^j , матрицю переходів C і показники $b_j(d_t)$, а також параметри функції густини ймовірності (Probability Density Function, PDF).

Таким чином ймовірність отримання ряду вхідних даних $D: \{d_t\}$ за умови ϑ розраховується як:

$$P(D|\vartheta) = \sum_{j=1}^J (\alpha_j(T)), \quad (1)$$

де набір коефіцієнтів $\{\alpha_j(t)\}$ розраховується як

$$\alpha_j(t) = \begin{cases} \sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^i (\alpha_j(t-i \cdot \Delta T) \cdot c_{j'}^i \cdot P_i^{j'} \cdot \beta_i^{j'}(t)) \right) & \text{для } t > 1 \\ P_{j'} \cdot P_1^{j'} \cdot b_{j'}(d_t) & \text{для } t = 1 \end{cases}. \quad (2)$$

У свою чергу набір коефіцієнтів $\{\beta_i^{j'}(t)\}$ розраховується як:

$$b_{j'}(d_t) = \prod_{\tau=t_0}^t (b_{j'}(d_\tau)), \text{ де } t_0 = t - i \cdot \Delta T + 1. \quad (3)$$

Наведений математичний апарат відповідає підкласу HSMM, що у сучасних дослідженнях [12-17] відносять до прихованої марковської моделі фіксованої тривалості (Explicit Duration Hidden Markov Model, ED-HMM).

Наступним кроком для моделювання змішаної моделі Гауса необхідно ввести наступні позначення:

- φ_k як повний набір параметрів GMM, що включає у себе набір $\{\kappa_k^m, \mu_k^m, \mathbf{M}_k^m\}$, де $k \in [1; K]$;
- модельний коефіцієнт κ_k^m , де $m \in [1; M_k]$ — кількість компонент GMM, причому $\kappa_k^m \in (0; \infty]$;
- μ_k^m — середній вектор GMM;
- \mathbf{M}_k^m — коваріаційна матриця GMM, де $\mathbf{M}_k^m(\mu_k^m) = 1$.

Відповідно, у рамках моделі GMM розподіл вірогідності вихідних даних (Output Probability Distribution, OPD):

$$P_k^{OPD}(d_t, \varphi_k) = \sum_{m=1}^{M_k} (\kappa_k^m \cdot f_{GMM}(o_t, \mu_k^m, \mathbf{M}_k^m)), \quad (4)$$

причому функція $f_{GMM}(o_t, \mu_k^m, \mathbf{M}_k^m)$ визначається як

$$f_{GMM} \sim \frac{e^{q_k^m}}{\sqrt{\mathbf{M}_k^m}}, \text{ де } q_k^m = -\frac{(o_t - \mu_k^m)^T \cdot (\mathbf{M}_k^m)^{-1} \cdot (o_t - \mu_k^m)}{2}. \quad (5)$$

Таким чином, ϑ як повний набір параметрів HSMM може бути представлено як $\{P_j, \mathbf{C}, P_i^k, \mathbf{M}_k^m\}$ на основі якого оцінюється перехід до нового стану, що не може бути отримано внаслідок аналізу часових рядів даних. На основі $a_{i,j}$, що визначено через розрахунок правдоподібності, може бути виділено прихований стан як кодову послідовність $\mathbf{H}: \{h_t\}$, елементи якої розраховуються через наступне рівняння:

$$h_t = \arg \left(\max_{j \in [1; J]} \alpha_j(t) \right), \quad (6)$$

на основі якого проводиться ідентифікація типу аварії на об'єктах критичної інфраструктури.

2. Побудова алгоритму класифікації з функцією густини ймовірності аномальної послідовності

Аномальні послідовності часових рядів, що не входять у навчальні набори у рамках запропонованої моделі визначаються через PDF, що розрізняє набір класів виділених на етапі навчання станів об'єкту інфраструктури (Learned Classes, LC) та нові класи (Unlearned Classes, UC), які, відповідно, вказують на потенційно аномальну послідовність, що може сигналізувати про аварійний стан об'єкту.

У даному дослідженні для визначення кодової послідовності до множини $\{k; m\}$ застосовується модель класифікації «OvR» (One-versus-the-Rest), що на рівні математичної формалізації [13] виражається наступним чином:

$$P(d_t | \varphi_k^m) \sim \frac{e^{\frac{1}{\epsilon_m^k \cdot \epsilon_m^k}} \cdot (e^{q_k^m} - e^{\epsilon_m^k \cdot q_k^m})}{\sqrt{|\epsilon_m^k \cdot \mathbf{M}_k^m|} \cdot \left(\sqrt{(\epsilon_m^k)^{I \cdot \Delta T}} - 1 \right)}, \quad (7)$$

де набір $\{\epsilon_m^k; \epsilon_m^k\}$ є параметрами, що характеризують форму PDF.

При цьому для набору компонент функції $\{\epsilon_m^k; \epsilon_m^k\}$ відповідно $P(d_t | \varphi_k^m)$ можна вказати наступні обмеження:

$$\begin{cases} \epsilon_m^k \in [1, \infty) \\ \epsilon_m^k \in [0, \infty) \end{cases}, \text{ причому } P(d_t | \varphi_k^m) = 0 \text{ при } \epsilon_m^k = 1. \quad (8)$$

Якщо PDF представляє собою розподіл набору вхідних даних, наявність UC визначається через графік функції та набір компонент $\{\epsilon_m^k; \epsilon_m^k\}$. Ймовірність послідовності UC відповідає ймовірності переходу до нового стану $(J + 1)$, що знаходиться поза визначеного набору $j \in [1; J]$:

$$b_j^{J+1}(d_t) = \frac{\sum_{k=1}^J (\sum_{m=1}^{M_k} (f_{OvR}(d_t; \varphi_k^m)))}{\sum_{l=1}^J (M_l)}, \quad (9)$$

$$\text{де } f_{OvR}(d_t; \varphi_k^m) = \frac{e^{\frac{1}{\epsilon_m^k \cdot \epsilon_m^k}} \cdot (e^{q_k^m} - e^{\epsilon_m^k \cdot q_k^m})}{\sqrt{2\pi^{I \cdot \Delta T} \cdot |\epsilon_m^k \cdot \mathbf{M}_k^m|} \cdot \left(\sqrt{(\epsilon_m^k)^{I \cdot \Delta T}} - 1 \right)}. \quad (10)$$

На основі оптимізації набору параметрів HSMM з урахуванням стану, що відповідає UC можна провести оцінку аномального стану та виявити аномальну послідовність за допомогою рівняння (6). Таким чином, розроблена математична модель надає можливість оптимізувати ефективність розпізнавання аномальних паттернів при ідентифікації аварійного стану на об'єктах інфраструктури.

Висновки

В результаті проведеного дослідження було розглянуто методи розпізнавання аномальних зразків кодових послідовностей із метою класифікації потенційної загрози на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою прихованих напівмарковських моделей. Була представлена методика аналізу функції густини ймовірності аномальних зразків, що застосовується для прихованої марковської моделі фіксованої тривалості. Зазначений підхід дозволяє визначити часову залежність рядів даних відповідно завданню пошуку аномальних даних, що не відповідають класам навчальної вибірки. Представлена методика надає можливість суттєво підвищити рівень ефективності розпізнавання аномальних кодових послідовностей при ідентифікації та подальшій класифікації аварійного стану на об'єкті інфраструктури.

References.

1. Ji, Y., & Zheng, S. (2021). Distributed Mode-Dependent Event-Triggered Passive Filtering for Flexible Manipulator with Semi-Markov Parameters. *Sensors*, 21(6), 2058. <https://doi.org/10.3390/s21062058>.
2. Cubero, S. N. (2015). A Mobile Manipulator Arm for Assisting the Frail Elderly and Infirm. *Machine Vision and Mechatronics in Practice*, 135–147. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45514-2_12.
3. Siddique, M.N., Hossain, M.A., Alam, M.S., & Tokhi, M.O. (2007). Hidden Markov Model based Fuzzy Controller for Flexible-link Manipulator. *Advances in Climbing and Walking Robots*. https://doi.org/10.1142/9789812770189_0074.

4. Putra, P. U., Shima, K., &Shimatani, K. (2018). Markerless Human Activity Recognition Method Based on Deep Neural Network Model Using Multiple Cameras. *2018 5th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*. <https://doi.org/10.1109/codit.2018.8394780>.
5. Luísa Gomes, A., Paixão, V., &Gamboa, H. (2015). Human Activity Recognition Based on Novel Accelerometry Features and Hidden Markov Models Application. *Proceedings of the International Conference on Bio-Inspired Systems and Signal Processing*. <https://doi.org/10.5220/0005215800760085>.
6. Uddin, Z., & Kim, T.S. (2011). Continuous Hidden Markov Models for Depth Map-Based Human Activity Recognition. *Hidden Markov Models, Theory and Applications*. <https://doi.org/10.5772/14993>.
7. Tao Xiang,&Shaogang Gong. (2008). Video Behavior Profiling for Anomaly Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30(5), 893–908. <https://doi.org/10.1109/tpami.2007.70731>.
8. Shima, K., & Aoki, T. (2014). A novel classification method with unlearned-class detection based on a gaussian mixture model. *2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. <https://doi.org/10.1109/smc.2014.6974510>
9. Lee, S., Shin, D., & Shin, D. (2019). Sensor-based Abnormal Behavior Detection Using Autoencoder. *Proceedings of the Tenth International Symposium on Information and Communication Technology -SoICT 2019*. <https://doi.org/10.1145/3368926.3369661>
10. Bae, J., &Tomizuka, M. (2010). Gait Phase Analysis based on a Hidden Markov Model. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(18), 746–751. <https://doi.org/10.3182/20100913-3-us-2015.00014>.
11. Mukaeda, T., &Shima, K. (2017). A novel hidden Markov model-based pattern discrimination method with the anomaly detection for EMG signals. *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. <https://doi.org/10.1109/embc.2017.8036975>.
12. Shun-Zheng Yu, & Kobayashi, H. (2006). Practical implementation of an efficient forward-backward algorithm for an explicit-duration hidden Markov model. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 54(5), 1947–1951. <https://doi.org/10.1109/tsp.2006.872540>
13. Mukaeda, T., Shima, K., Miyajima, S., Hashimoto, Y., Tanaka, T., Tani, N., & Izumi, H. (2020). Development of an anomaly detection method with a novel hidden semi-Markov model incorporating unlearned states. *2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*. <https://doi.org/10.1109/sii46433.2020.9026303>.
14. Luati, A., &Novelli, M. (2021). Explicit-duration Hidden Markov Models for quantum state estimation. *Computational Statistics & Data Analysis*, 158, 107183. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2021.107183>.
15. Yu, S.-Z. (2016). Conventional HSMMs**To distinguish the conventional HSMMs from HMMs, we will call explicit duration HMM as “explicit duration HSMM,” variable transition HMM as “variable transition HSMM,” and residual time HMM as “residual time HSMM” in the rest of this book. *Hidden Semi-Markov Models*, 103–120. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802767-7.00005-x>.
16. Gao, J., Teng, D., &Ertin, E. (2018). A Probabilistic Approach for Heart Rate Variability Analysis Using Explicit Duration Hidden Markov Models. *2018 IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)*. <https://doi.org/10.1109/ssp.2018.8450781>.
17. Dewar, M., Wiggins, C., & Wood, F. (2012). Inference in Hidden Markov Models with Explicit State Duration Distributions. *IEEE Signal Processing Letters*, 19(4), 235–238. <https://doi.org/10.1109/lsp.2012.2184795>.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-05>

УДК 621.31.33

Лишук Віктор Васильович, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4049-8467>

Євсюк Микола Миколайович, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-3768-8959>

Мороз Сергій Анатолійович, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4677-5170>

Хвищун Микола Вячеславович, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-3918-4527>

Бабула Ігор Віталійович, студент

Луцький національний технічний університет

МІКРОКОНТРОЛЕРНЕ КЕРУВАННЯ ГІБРИДНИМИ КРОКОВИМИ ДВИГУНАМИ

В.В. Лишук, М.М. Євсюк, С.А. Мороз, М.В. Хвищун, І.В. Бабула. Мікроконтролерне керування гібридними кроковими двигунами. У статті запропоновано спосіб керування гібридними кроковими двигунами з допомогою мікроконтролера. Проаналізовано функціонування крокових двигунів та мостових інверторів, побудованих на МОН-транзисторах, які подають команди від контролера до двигуна та узгоджують їх входи-виходи. Запропонований мікроконтролер дає змогу керувати кроковим двигуном в різних режимах роботи, забезпечуючи високі роздільну здатність, точність позиціонування та крутний момент.

Ключові слова: мікроконтролер, драйвер, мостовий інвертор, кроковий двигун.

В.В. Лышук, Н.Н. Евсюк, С.А. Мороз, Н.В. Хвищун, И.В. Бабула. Микроконтроллерное управление гибридными шаговыми двигателями. В статье предложен способ управления гибридными двигателями с помощью микроконтроллера. Проанализировано функционирование шаговых двигателей и мостовых инверторов, построенных на МОП-транзисторах, которые подают команды от контроллера к двигателю и согласовывают их входы-выходы. Предложенный микроконтроллер позволяет управлять шаговым двигателем в различных режимах работы, обеспечивая высокие разрешающую способность, точность позиционирования и вращательный момент.

Ключевые слова: микроконтроллер, драйвер, мостовой инвертор, шаговый двигатель.

V.V. Lyshuk, M.M. Yevsiuk, S.A. Moroz, M. V. Khvyshchun, I.V. Babula. Microcontroller control of hybrid stepper motors. The article proposes a method of controlling hybrid stepper motors using a microcontroller. The operation of stepper motors and bridge inverters built on MOSFETs, which give commands from the controller to the motor and coordinate their inputs and outputs, is analyzed. The proposed microcontroller allows you to control a stepper motor in various operating modes, providing high resolution, positioning accuracy and torque.

Keywords: microcontroller, driver, bridge inverter, stepper motor.

Постановка наукової проблеми. На сьогодні розробка систем електроприводу з точним позиціонуванням є цікавим напрямком розвитку в області силової електроніки. Перехід від використання мікропроцесорів до мікроконтролерів з уже вбудованими різноманітними периферійними пристроями дає змогу перейти на системи цифрового керування. У статті розглянемо спосіб керування гібридними кроковими двигунами (ГКД) з допомогою мікроконтролера ATMEGA16. Проміжною ланкою між мікроконтролером та двигуном буде драйвер.

Крокові двигуни (КД) отримали широке застосування в промисловості завдяки високій точності виконання операцій і простоті управління. Ними оснащуються найрізноманітніші побутові і промислові пристрої, що працюють в старт-стопному режимі, наприклад роботизовані конвеєрні лінії, верстати з ЧПУ, 3D-принтери та інше обладнання. Оскільки ці двигуни неможливо безпосередньо підключити до постійної напруги, то виникає потреба керування ними. Існуючі рішення або дорогі, або реалізовані за допомогою простих, переважно аналогових компонентів, які обмежують можливості та продуктивність крокових двигунів. Завдяки інтелектуальному управлінню досягається більша швидкодія, більший крутний момент та точніше позиціонування [2, 3].

У цій статті проаналізуємо можливість реалізації мікроконтролерного управління кроковими двигунами. Крокові двигуни – це так звані синхронні двигуни, які можна покровоково повертати за допомогою обертового магнітного поля котушок статора. Також вони здійснюють точне позиціонування і регулювання швидкості без датчика зв'язку.

Окрім можливості точного позиціонування ротора, крокові двигуни відповідно до [3] володіють іншими особливими властивостями, зокрема: безколекторні, що дає змогу підвищити надійність; синхронні крокові двигуни, що обертаються з заданою швидкістю незалежно від навантаження; автономні некеровані (без систем керування); утримуючі крутний момент, тобто крокові двигуни, що можуть утримувати певне навантаження, не змінюючи свого положення.

Крокові двигуни поділяються на двигуни без системи збудження, двигуни з постійними магнітами та гібридні крокові двигуни. Ротор крокового двигуна без збудження складається з зубчастого сердечника з м'якого заліза, що означає, що магнітне поле буде відсутнім, якщо через котушки статора не протікатиме струм. Перші дві конструкції не набули широкого застосування із-за деякої неточності виконання команд та дещо зниженого крутного та утримуючого моментів [3].

Аналіз досліджень. Як зазначалось вище, основним призначенням крокового двигуна є поворот валу на визначений кут і утримання цього положення до отримання нових команд. Швидкість повороту і крутний момент таких двигунів відносяться до основних характеристик. Забезпечення точності повороту на заданий кут і надійність утримання положення – це основні завдання, що виникають при проектуванні крокових двигунів. Поворот валу двигуна виконується стрибкоподібно або дискретно, а величина кроку зумовлюється конструкцією та іншими конструктивними особливостями двигуна і становить 30° , 15° , $7,5^\circ$, 5° , $2,5^\circ$, $1,8^\circ$.

Конструкція електродвигуна вимагає точного контролю над виконуваними операціями. Особливість крокових двигунів полягає в тому, що контролеру немає необхідності зчитувати поточний стан валу, щоб повернути його в наступну позицію. Наприклад, якщо мінімальний крок двигуна становить $2,5^\circ$, то кожний наступний керуючий сигнал, що надходить від контролера, буде подавати команду повернути вал точно на цей кут незалежно від його вихідного положення.

На сьогодні перевагу отримують двигуни з як найменшим кроком. Головною технічною характеристикою двигуна є мінімальний кут повороту валу (кутова роздільна здатність). Друга важлива характеристика – це утримуючий момент. Він визначає критичний крутний момент, при якому вал утримується в зайнятому положенні незважаючи на зовнішні навантаження, що діють на нього [3].

Кроковий двигун з постійними магнітами має ротор з постійними магнітами, який на відміну від крокового двигуна без збудження, має крутний момент зубчастого колеса. Обертання створюється шляхом синхронізації ротора за допомогою магнітних полів статора (рис.1). Недоліком цієї конструкції є технічно обмежена кількість полюсів і пов'язана з цим низька кутова роздільна властивість.

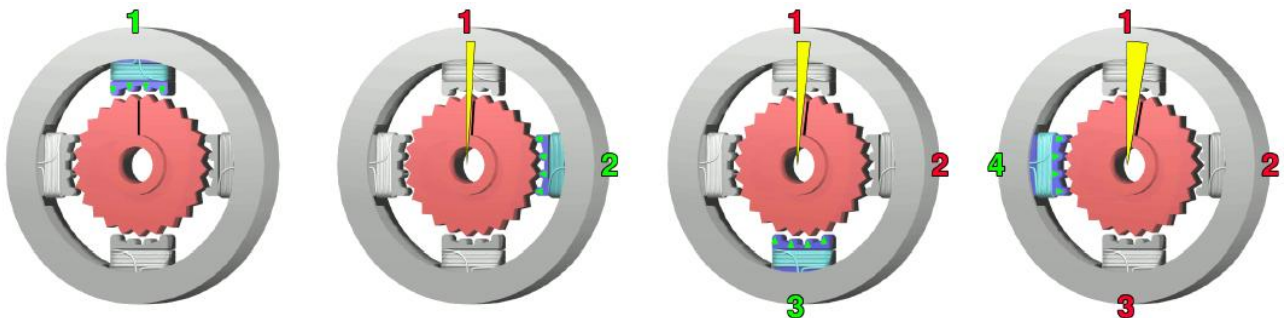


Рис.1. Поперечний переріз крокового двигуна з почерговим ввімкненням обмоток.

Поєднання двигуна без системи збудження та крокового двигуна з постійним магнітом дало змогу отримати гібридний кроковий двигун. Ротор тут складається з сердечника з постійним магнітом і двох зубчастих ободів з м'якого заліза, які зміщені на півкроку. Один відображає магнітний північний полюс, а інший південний. Таке поєднання дає змогу досягти високої роздільної здатності, високого коефіцієнту утримання та крутного та утримуючого моменту [3]. Більшість доступних на сьогодні крокових двигунів проектується з таким виконанням.

Обмотки гібридного крокового двигуна з'єднані попарно, а тому можуть отримувати багатозафазове живлення. На практиці ж більшість гібридних крокових двигунів, як і крокових двигунів з постійним магнітами, отримує живлення за двофазною схемою.

Електроживлення подається на кожен фазу в прямому напрямку або зворотньому напрямку або взагалі не подається. При збудженні обмоток однієї з фаз вони притягують зубці одного з полюсів ротора. Подача електричного струму на обмотки другої фази викликає притягання зубців протилежного полюса ротора. Зазвичай ротори гібридних крокових двигунів містять від 50 до 60 зубів, що дозволяє досягти високої кутової роздільної здатності (до $1,8^\circ$).

Гібридні крокові двигуни можуть бути побудовані в уніполярній або біполярній конструкції та відрізнятися за електричним керуванням котушок статора. Біполярні та уніполярні двигуни різняться способом подачі напруги на обмотки збудження та створення на статорі північних та південних магнітних

полюсів. Перш ніж приступати до розробки системи керування кроковим двигуном, потрібно не тільки знати його тип, але й способи його живлення.

Біполярні крокові двигуни мають лише дві фази. Зміна полярності магнітних полів досягається шляхом зміни напрямку струму. Оскільки полярність двох електромагнітів потрібно змінити, то потрібні дві мостові схеми з компонентами живлення [3, 4].

На відміну від уніполярної конструкції, струм в обмотках біполярних крокових двигунів протікає по всій котушці. Це також зменшує кількість з'єднань до чотирьох провідників. Оскільки полярність котушок тепер потрібно змінювати, то на один вивід котушки (фази) потрібно два транзистори. Це тягне за собою ускладнення схеми та системи керування. Але перевагою цієї конструкції є збільшений крутний та утримуючий моменти. Біполярний двигун досягає приблизно на 30% більшого крутного моменту, ніж уніполярний [3].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. В даний час для управління КД в якості електронних перемикачів застосовують транзистори, а сигнали на перемикачів генеруються цифровими інтегральними схемами або мікроконтролером. На рис.2 показано структурну схему керування кроковим двигуном.

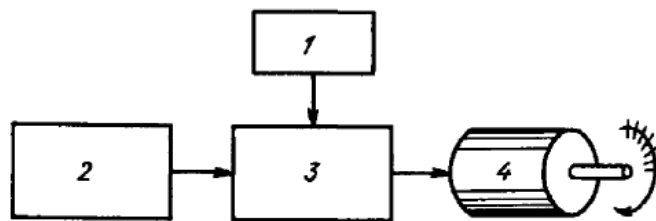


Рис.2. Структурна схема керування кроковим двигуном:

1 – джерело постійної напруги; 2 – мікроконтролер; 3 – інвертор (драйвер); 4 – кроковий двигун.

Пристрій керування живленням біполярного гібридного крокового двигуна повинен забезпечувати проходження електричного струму через обмотки збудження як в прямому, так і в зворотному напрямках. Найпростіший спосіб реалізації цієї задачі полягає у використанні мостової схеми керування, яка будується на базі чотирьох перемикачів, виконаних на МОН-транзисторах, стан яких в строго заданих комбінаціях забезпечує подачу на двигун напруги живлення з різними полярностями. Живлення двофазного біполярного крокового двигуна забезпечується чотирма виводами А-В та С-Д.

Керування подачею напруг (сигналів) на обмотки характеризується наявністю чотирьох МОН-транзисторів, побудованих на Н-містках (рис.3). Комутація електричного струму, що проходить через обмотки фази (А-В), здійснюється подачею напруги на затвори МОН-транзисторів. Висока напруга на затворах VT1 і VT4 при низькій напрузі на затворах VT2 і VT3 забезпечує протікання струму в напрямку від А до В. Тим самим вивід А стає північним полюсом, а В – південним полюсом статора. При подачі високої напруги на затвори VT2 і VT3, а низької напруги – на затвори VT1 і VT4, струм протікає від В до А, що робить В північним полюсом, а А – південним. Якщо ж низьку напругу подати на затвори VT2 і VT3, то струм взагалі не буде протікати через обмотки (ротор нерухомий). У біполярних гібридних крокових двигунах напрямок змінюється шляхом зміни полюсів виводів обмоток. Керування ключами в тому та іншому випадку має здійснюватися логічною схемою, що реалізуватиме потрібний алгоритм роботи. Надалі вважатимемо, що джерело живлення схем має номінальну для обмоток двигуна напругу.

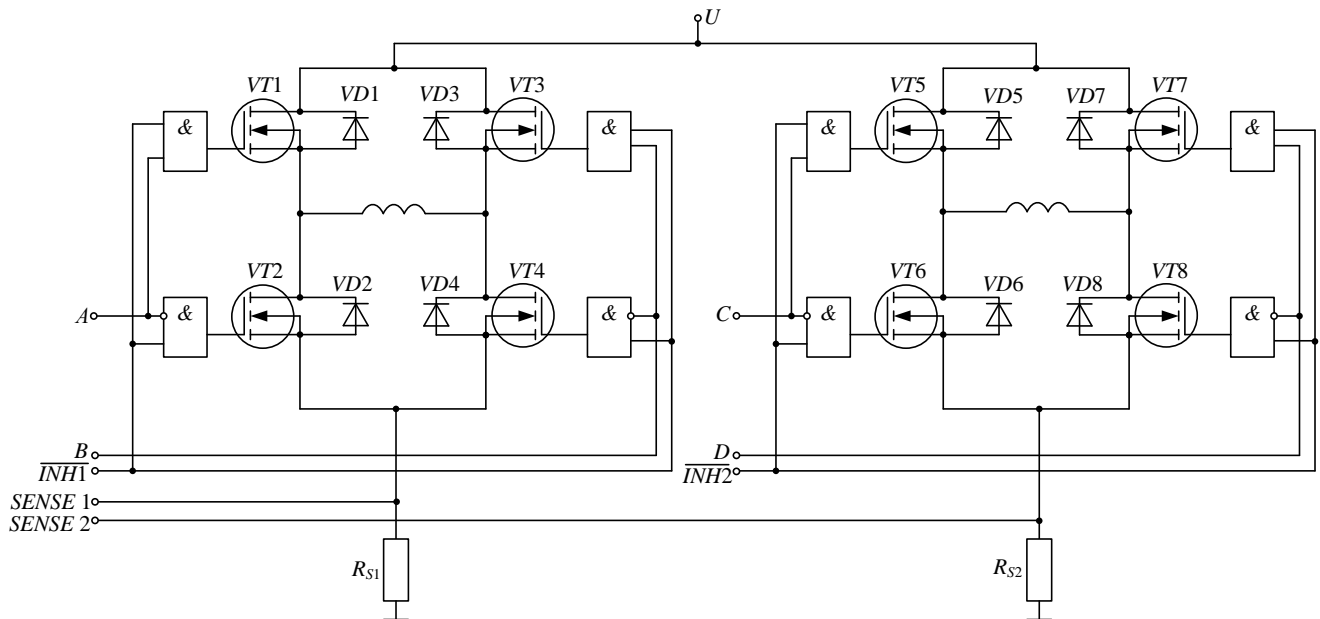


Рис.3. Керування струмом однієї фази біполярного двигуна за допомогою Н-містка (схема драйвера на мікросхемі L297).

На рис.3 вихідні сигнали мікроконтролера подаються на входи силового інвертора (комутатора), який керує ввімкненням обмоток крокового двигуна. Обмотку крокового двигуна представляють на схемі заміщення послідовним з'єднанням індуктивності і резистора. Як відомо, при обертанні ротора в обмотках двигуна виникає ЕРС.

При аналізі роботи двигуна та інвертора слід розглянути несприятливі умови експлуатації двигуна і силових транзисторів для різних значень напруги живлення. Так як гібридні крокові двигуни проектують з отриманням максимальної вихідної потужності з мінімальним використанням активних і конструктивних матеріалів, то в деяких режимах роботи значення температури може досягати близько 100 °С, що викликає за собою підвищення опору обмотки на 15-20%. При закритті (вимкненні) транзистора із-за наявності індуктивності L , похідна струму (di/dt) зростає і виникає ЕРС самоіндукції, яка може привести до виходу з ладу транзистора.

На практиці найпоширенішим способом захисту транзисторів є застосування діодів. Якщо паралельно з обмоткою чи транзистором ввімкнений діод, як це показано на рис.3, то після вимкнення транзистора струм обмотки замикається через нього. У цій схемі при вимкненні транзистора струми обмоток гаснуть і потенціал колектора дорівнює напрузі живлення U . Цей спосіб захисту простий, однак струм в обмотці протікає протягом деякого часу після замикання транзистора, що призводить до появи гальмівного моменту. Якщо VT1 ввімкнений, то VT2 вимкнений, і навпаки. Але існує можливість того, що транзистор буде ввімкнений в той час, коли інший все ще проводить струм. Тому для запобігання ввімкнення в один і той же час двох транзисторів необхідно додати коло затримки. Тут можуть бути використані резистори зі змінним опором [3].

Крокові двигуни підтримують кілька режимів роботи. Від режиму роботи залежать крутний момент, кутова роздільна здатність і його потужність. Основних режимів є три.

- повний крок, в якому керуючий сигнал збуджує обмотки відразу двох фаз;
- півкроку, в якому керуючий сигнал перемінно збуджує обмотки однієї або обох фаз;
- мікрокрок. Контролер подає на обмотки збудження синусоїдний або ШІМ-сигнал.

Найрозповсюдженішим є перший режим. Головна перевага даного режиму роботи в порівнянні з іншими полягає в збільшеному обертальному моменті, чому сприяє постійне збудження більшої кількості обмоток. В середньому крутний момент двигуна в двофазному повнокроковому режимі роботи є більшим на 30-40%, ніж в інших режимах.

У повнокроковому режимі роботи, в якому одночасно живляться обмотки двох фаз, ротор також повертається на кут роздільної здатності, але при цьому його зубці фіксуються між обмотками статора. Послідовність керуючих імпульсів, що подаються на обмотки збудження і забезпечують роботу двигуна в двофазному повнокроковому режимі роботи, показана на рис.4.

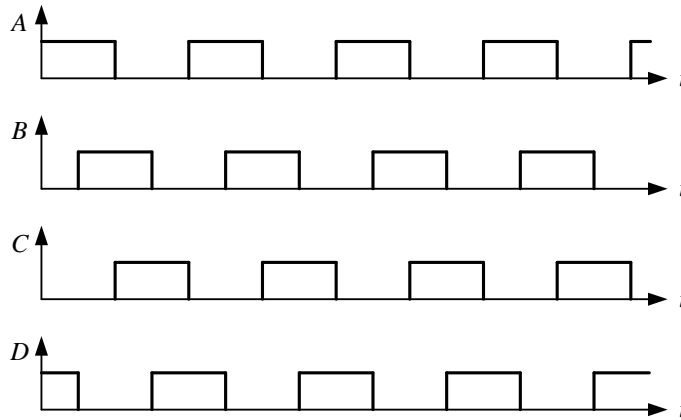


Рис.4. Послідовність подачі сигналів на обмотки при повнокроковому режимі.

Якщо для живлення звичайного двигуна постійного струму потрібно лише джерело регульованої постійної напруги, а необхідні комутації струмів у обмотках реалізуються колектором, то в крокових двигунах всі комутації повинен виконувати зовнішній мікроконтролер. У найпростішому випадку для управління кроковим двигуном в повнокроковому режимі потрібні всього два сигнали, зсунуті за фазою на 90 градусів. Напрямок обертання залежатиме від того, яка фаза випереджає, а швидкість визначатиметься частотою проходження імпульсів.

Всі сигнали керування кроковим двигуном можна сформувати програмно, однак це як правило викликає велике завантаження мікроконтролера. Тому частіше застосовують спеціальні мікросхеми драйверів крокового двигуна, які зменшують кількість необхідних від процесора динамічних сигналів. Поширеним є випадок, коли необхідні послідовності сигналів керування фазами формуються за допомогою однієї мікросхеми, а необхідні струми фаз забезпечує інша мікросхема. Хоча останнім часом з'являється все більше драйверів, що реалізують всі функції в одній мікросхемі.

Схема драйвера повинна виконувати три основних задачі, а саме здатність вмикати і вимикати струми в обмотках, а також змінювати їх напрям, підтримувати задане значення струму та забезпечувати більш швидке зростання і спадання струму для швидкісних характеристик.

Структурна схема системи «мікроконтролер-драйвер-кроковий двигун» показана на рис.5. Для реалізації задачі використаємо економічний 8-розрядний мікроконтролер ATmega16, заснований на посиленій AVR RISC архітектурі, драйвер L297, кроковий двигун M15LS-1N та програматор з USB-входом. Щоб отримати тактову частоту 16 МГц, використовується так званий кварцовий генератор [1, 5].

До складу МК ATmega16 входять наступні основні периферійні пристрої: порти вводу-виводу для обміну даними з різними пристроями, наприклад, індикаторами, реле, транзисторами та ін.; аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), що призначений для перетворення вхідного аналогового сигналу в дискретний код або цифровий сигнал; таймери, лічильники, генератори частоти; послідовні інтерфейси передачі даних SPI (Serial Peripheral Interface), USART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), що дають змогу МК здійснювати обмін інформацією, шляхом послідовної її передачі на інші цифрові пристрої, наприклад, мікросхеми. Пристрій випускається за розробленою Atmel технологією незалежної пам'яті високої ємності. Вбудована ISP флеш-пам'ять може внутрішньосхемно перепрограмуватись через послідовний інтерфейс SPI звичайним програматором [5].

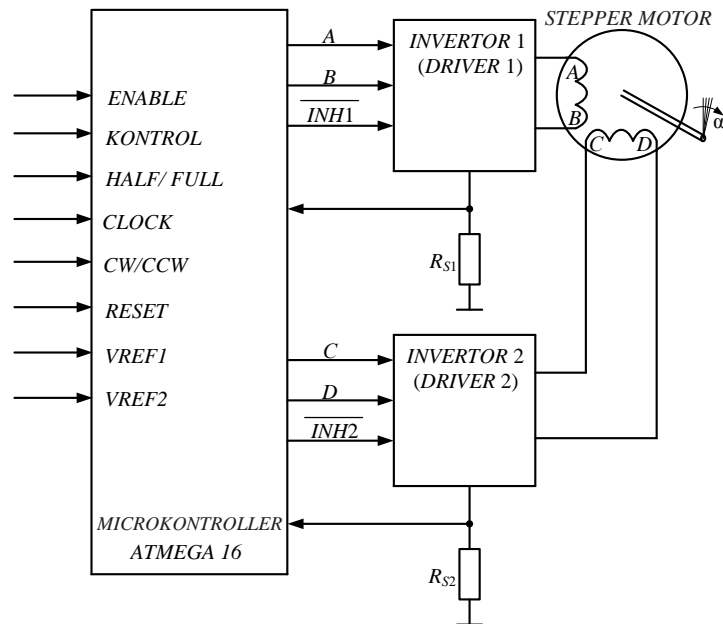


Рис.5. Структурна схема системи «мікроконтролер-драйвер-кроковий двигун».

Електрична принципова схема системи керування «мікроконтролер-драйвер-кроковий двигун» показана на рис.6.

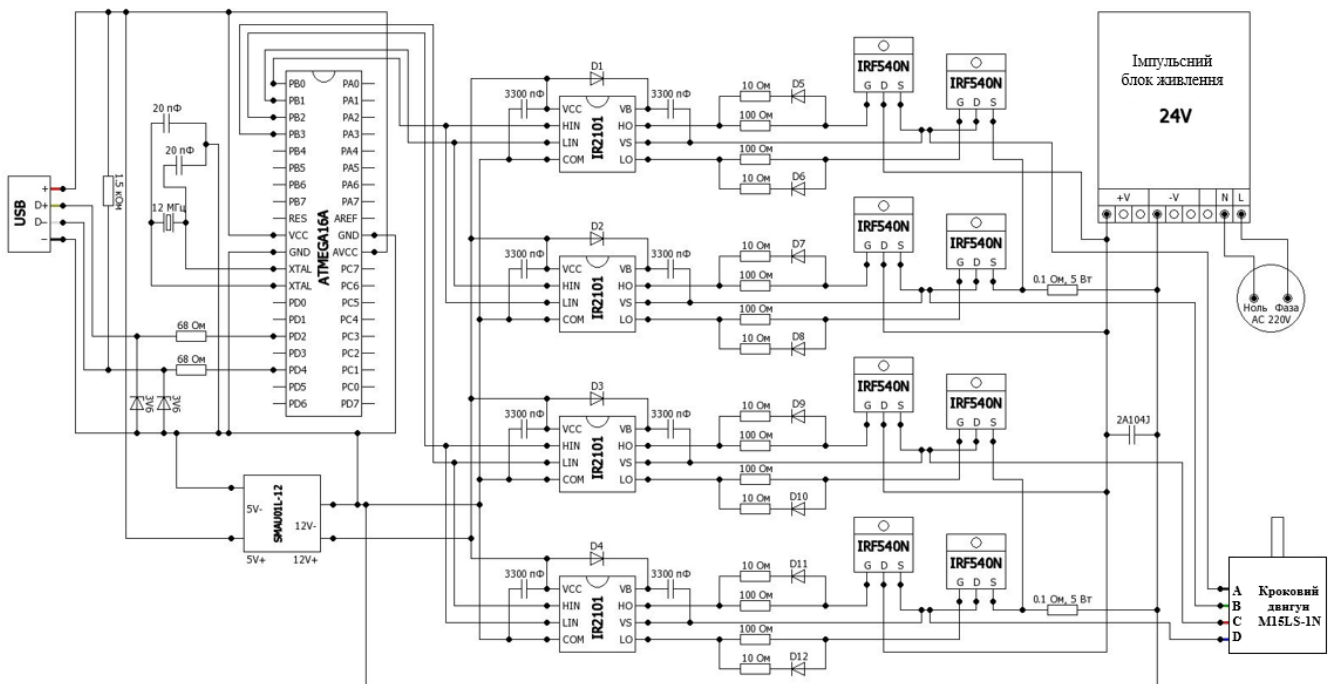


Рис.6. Електрична принципова схема системи «мікроконтролер-драйвер-кроковий двигун».

Мікросхеми IR2101 виконані для чотирьох каналів керування та подачі імпульсів струму на обмотки КД і разом з двома Н-мостами та захисними резисторно-діодними ланками утворюють інвертор (драйвер). Для цього використано мікросхему L297. Її призначення підсилювати та узгоджувати сигнали, що поступають від мікроконтролера і подавати ці сигнали за певним законом (алгоритмом) на обмотки КД.

Різні технологічні процеси вимагають програмування контролера, тобто формування певної послідовності його вихідних сигналів, що подаються на обмотки КД. Зрозуміло, що швидкість, кут повороту ротора КД, пауза та реверс для різних задач можуть суттєво відрізнитися і під кожну задачу мікроконтролер перепрограмується, наприклад мовою C++ [5].

На рис.7 показано перехідний процес при роботі гібридного крокового двигуна серії M15LS-1N в повнокроковому режимі з напругою живлення $U = 5$ В, номінальним струмом $I = 0,375$ А. Звідси видно,

що в момент подачі імпульсів напруги проходить поворот ротора КД, тобто наростання струму. Частота перемикань встановлюється мікроконтролером і становить в даному випадку 1 кГц.

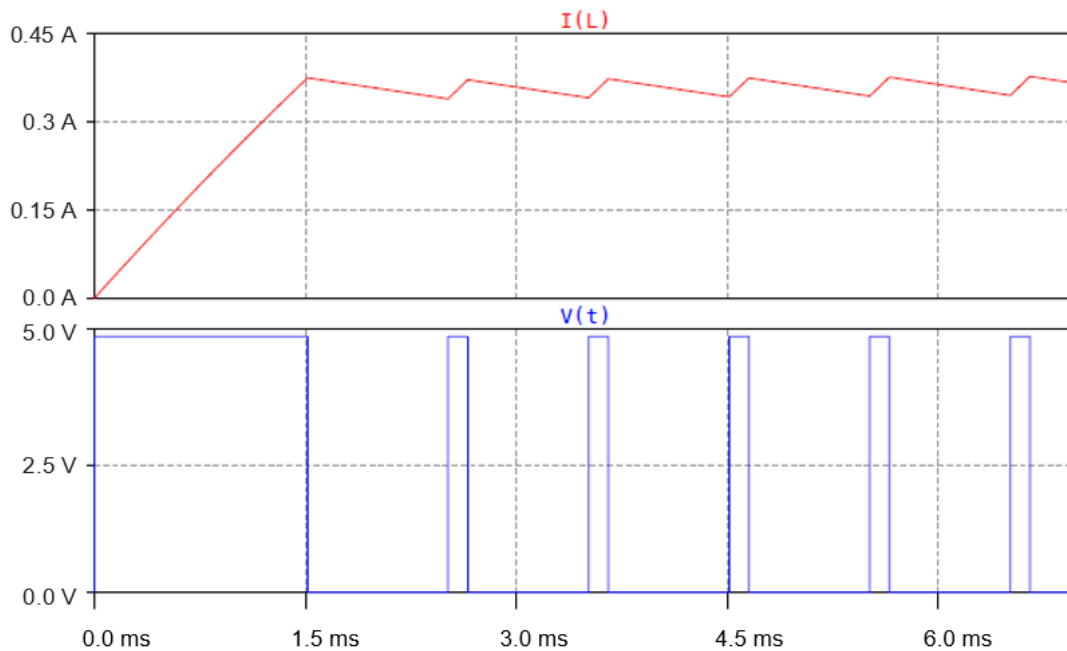


Рис.7. Форма струму і напруги крокового двигуна в повнокроковому режимі роботи.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. У роботі проведено аналіз способів і методів керування гібридними кроковими двигунами за допомогою мікроконтролера. Обґрунтовано фізичні основи керування обмотками крокових двигунів. Для реалізації задачі вибрано економічний 8-розрядний мікроконтролер сімейства AVR ATmega16, драйвер L297, кроковий двигун M15LS-1N та програматор з USB-входом. Запропонована система керування біполярним гібридним кроковим двигуном забезпечує широкий вибір режимів його роботи. У статті мікроконтролер реалізує повнокроковий режим. В подальших дослідженнях його можна адаптувати і на півкроковий та мікрокроковий режими функціонування крокового двигуна.

Список бібліографічного опису

1. Воробйова О. М., Іванченко В. Д. Основи схемотехніки: підручник / О. М. Воробйова, В. Д. Іванченко. – Одеса: Фенікс, 2009. – 388 с.
2. Кеніо Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: Пер. с англ. / Т. Кеніо. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 200 с.
3. Скарпіно М. Двигатели для моделювання: руководство по шаговым двигателям, сервоприводам и другим типам электродвигателей: Пер. с англ. / М. Скарпіно. – Москва – Санкт-Петербург – Киев, ООО "Альфа-книга", 2018. - 432 с.
4. Ридико Л. Управление шаговыми двигателями / Л. Ридико // "Основы схемотехники". №6-7/2001.
5. <https://microchipinf.com/ua/articles/55/723>.

References

1. Vorobyova O.M., Ivanchenko V.D. Fundamentals of circuitry: a textbook / O.M. Vorobyova, V.D. Ivanchenko. – Odessa: Phoenix, 2009. – 388 p.
2. Kenio T. Stepper motors and their microprocessor control systems: Transl. from English / T. Kenio. - M.: Energoatompubl., 1987. - 200 pp.
3. Scarpino M. Motors for modelers: a guide to stepper motors, servos and other types of electric motors: Transl. from English / M. Scarpino. - Moscow - St. Petersburg - Kiev, LLC "Alpha Book", 2018. - 432 pp.
4. Ridiko L. Control of stepper motors / L. Ridiko // "Fundamentals of circuitry". №6-7 / 2001.
5. <https://microchipinf.com/ua/articles/55/723>.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-06>

УДК 622.276

Мальцев Антон Юрійович, к. ф.-м. н., доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ

Мальцев А. Ю. *Щодо застосування глибокого навчання з підкріпленням у сучасних системах.* У статті розкрито принципи застосування глибокого навчання з підкріпленням у сучасних системах. Підкреслено, що у функції навчання з підкріпленням входить адаптація немарківської моделі прийняття рішень до ситуації, що склалася за рахунок аналізу передісторії процесу прийняття рішень, внаслідок чого підвищується якість прийнятих рішень. Описано принцип реалізації навчання з підкріпленням та схематично розкрито схему взаємодії агента з навколишнім середовищем. Для детального опису запропоновано використання 2D-задачі балансування полюсів, яку покладено в основу математичного аспекту. Наголошено, що у сучасних системах найбільш часто використовується дві схеми навчання з підкріпленням це метод часових різниць та метод Монте-Карло. Здійснено математичне обґрунтування кожного методу окремо та запропоновано архітектуру глибокої Q-мережі. Описано модельні та безмодельні методи, підкреслено, що модельні методи засновані на моделях навчання з підкріпленням, що змушують агента намагатися зрозуміти світ і створити модель для його подання. Безмодельні методи намагаються захопити дві функції, функцію переходу від станів і функцію винагороди, з цієї моделі агент має посилення і може планувати відповідно. Проте, зазначається, що немає необхідності вивчати модель, і агент може замість цього вивчати політику безпосередньо, використовуючи такі алгоритми, як Q-навчання або градієнт політики. Глибока Q-мережа, використовує згорткову нейронну мережу для прямої інтерпретації графічного представлення вхідного стану з навколишнім середовищем. Обґрунтовано, що глибоку Q-мережу можна розглядати як параметризовану мережу політики, яка постійно навчається для наближення оптимальної політики, а, математично, глибока Q-мережа використовує рівняння Беллмана для мінімізації функції втрат, що є ефективним для зниження часу. Однак використання нейронної мережі для наближення функції значення виявилось нестабільним і може призвести до розбіжностей через зміщення, що походить від корелятивних вибірок.

Ключові слова: штучний інтелект, машинне навчання, глибоке навчання з підкріпленням, система.

Maltsev Anton. *On the application of deep learning with reinforcement in modern systems* The article reveals the principles of application of deep learning with reinforcement in modern systems. It is emphasized that the function of reinforced learning includes the adaptation of the non-Markov model of decision-making to the situation that has developed due to the analysis of the prehistory of the decision-making process, which improves the quality of decisions. The principle of realization of training with reinforcement is described and the scheme of interaction of the agent with environment is schematically opened. For a detailed description, the use of a 2D pole balancing problem is proposed, which is the basis of the mathematical aspect. It is emphasized that in modern systems two schemes of reinforcement are most often used: the method of time differences and the method of Monte Carlo. The mathematical substantiation of each method is carried out separately and the architecture of a deep Q-network is offered. Model and non-model methods are described, it is emphasized that model methods are based on models of training with reinforcement, forcing the agent to try to understand the world and create a model for its presentation. Non-model methods try to capture two functions, the transition function and the reward function, from this model the agent has a link and can plan accordingly. However, it is noted that there is no need to study the model, and the agent can instead study the policy directly, using algorithms such as Q-learning or policy gradient. Deep Q-network, uses a convolutional neural network to directly interpret the graphical representation of the input state with the environment. It is substantiated that the deep Q-network can be considered as a parameterized policy network, which is constantly trained to approximate the optimal policy, and, mathematically, the deep Q-network uses the Bellman equation to minimize the loss function, which is effective in reducing time. However, the use of the neural network to approximate the value function proved to be unstable and could lead to discrepancies due to the bias resulting from correlative samples.

Key words: artificial intelligence, machine learning, deep learning with reinforcement, system.

Постановка проблеми. Протягом останніх кількох років глибоке навчання з підкріпленням стало основним підходом до вирішення багатьох завдань штучного інтелекту в різних сферах життя сучасної людини.

Навчання з підкріпленням зазвичай розглядається як загальна формалізація завдання прийняття рішень і глибоко пов'язане з динамічним програмуванням, оптимальним управлінням та теорією ігор. Проте його постановка проблеми майже не робить припущень щодо загальної моделі чи її структури і зазвичай передбачає, що середовище надається агенту у вигляді чорної скриньки. Це дозволяє застосовувати навчання з підкріпленням практично у всіх налаштуваннях та змушує розроблені алгоритми адаптуватися до багатьох видів викликів. Зазвичай повідомляється, що останні алгоритми навчання з підкріпленням можна переносити з одного завдання на інше без будь-яких змін для конкретних завдань і мало або зовсім без налаштування гіперпараметрів.

Оскільки об'єктом є стратегія, навчання з підкріпленням вважається підфайлом машинного навчання. Але замість того, щоб вчитися на основі даних, як це встановлено в класичних контрольованих та неконтрольованих моделях навчання, агент вчиться на досвіді взаємодії з

навколишнім середовищем. Будучи більш «природною» моделлю навчання, ця методика висуває нові вимоги, властиві лише навчанню з підкріпленням, такі як необхідність інтеграції та проблема затримки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Навчання з підкріпленням, в даний час, набирає все більших обертів і стає все більш актуальним. На поточний момент існує великий обсяг літератури з питань застосування глибокого навчання з підкріпленням у різних сферах життя. Дані питання розглядали як вітчизняні, так і зарубіжні дослідники.

С. В. Білашенко, Н. Н. Шаповалова та О. Г. Рибальченко [1] здійснили дослідження архітектури глибокої згорткової нейронної мережі для розпізнавання зображень. В ході числового експерименту обґрунтували підбір оптимальних гіперпараметрів експлуатації моделі: швидкості навчання, кількості шарів у мережі, кількості нейронів у прихованому шарі.

Відносно без модельного навчання варто відзначити роботу В. В. Півошенко, М. С. Кулика, Ю. Ю. Іванова та А. С. Васюри [2]. Авторами розглянуто сучасний метод машинного навчання, який має назву навчання з підкріпленням. У задачах, які розв'язуються на основі взаємодії, найчастіше непрактично намагатися отримувати приклади необхідної поведінки інтелектуального програмного агента, які були б одночасно коректними та доречними для всіх ситуацій, оскільки наявні умови невизначеності, що виникають через неповноту інформації про навколишнє середовище та можливі дії інших ботів або людей.

В. М. Синєглазов та А. Т. Кот [3] визначити принципи розробки гібридних нейронних мереж ансамблевої структури. О. І. Чумаченко [4] окреслила особливості структурно-параметричного синтезу гібридних нейронних мереж.

Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Eoh, Gyuho & Park, Tae-Hyoung [5], J. Dornheim, N. Link, and P. Gumbsch [6], Kayakökü, Hakan & Guzel, Mehmet & Bostanci, Gazi Erkan & Medeni, Ihsan & Mishra, Deepti [7], Bi, L., Kim, J., Ahn, E., Kumar, A., Fulham, M., Feng, D. [8], Vesal, S., Malakarjun Patil, S., Ravikumar, N., Maier, A. K. [9], Garau-Luis, Juan & Crawley, Edward & Cameron, Bruce. [10], Frikha, Mohamed & Gammar, Sonia & Lahmadi, Abdelkader & Andrey, Laurent [11], W. Haskell, and W. Huang [12], M. Rahman and H. Rashid [13] та інші.

Проте, враховуючи описані наукові набутки, за темою, питання розкриття принципів застосування глибокого навчання з підкріпленням у сучасних системах залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Розкрити принципи застосування глибокого навчання з підкріпленням у сучасних системах.

Викладення основного матеріалу дослідження. Навчання з підкріпленням – це навчання проб та помилок:

- 1) шляхом безпосередньої взаємодії з оточенням;
- 2) самонавчання на протязі всього часу;
- 3) досягнення мети визначення.

Зокрема, навчання з підкріпленням визначає будь-яку особу, яка приймає рішення, як агента, а все, що знаходиться поза агентом, як середовище. Взаємодія між агентом та середовищем описується за допомогою трьох суттєвих елементів: стану s , дії a та винагороди r , як показано на рис. 1.

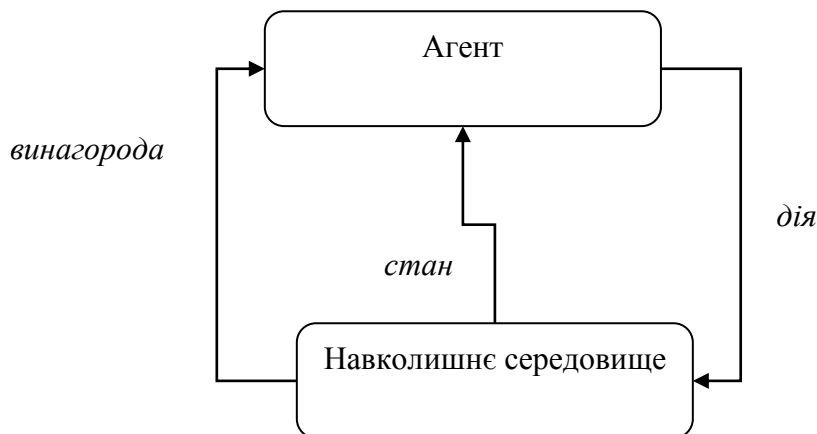


Рис. 1. Схема взаємодії агента з навколишнім середовищем

Стан навколишнього середовища на етапі t позначається як s_t . Тим самим агент перевіряє s_t і виконує відповідну дію за адресою. Потім середовище змінює свій стан s_t на s_{t+1} і надає агенту винагороду за зворотний зв'язок r_{t+1} . Наприклад, рисунок 2 ілюструє одну з найдавніших проблем навчання з підкріпленням, 2D-задачу балансування полюсів. У цій задачі стан середовища на часовому кроці t може бути представлений набором $s_t = [x_c, v_c, \alpha_p, \omega_p] t$, де x_c позначає x-координату візка в декартовій системі координат Oxy , v_c представляє швидкість візка вздовж колії, α_p -кут, що створюється полюсом та віссю Oy , а ω_p вказує кутову швидкість полюса навколо центру I .

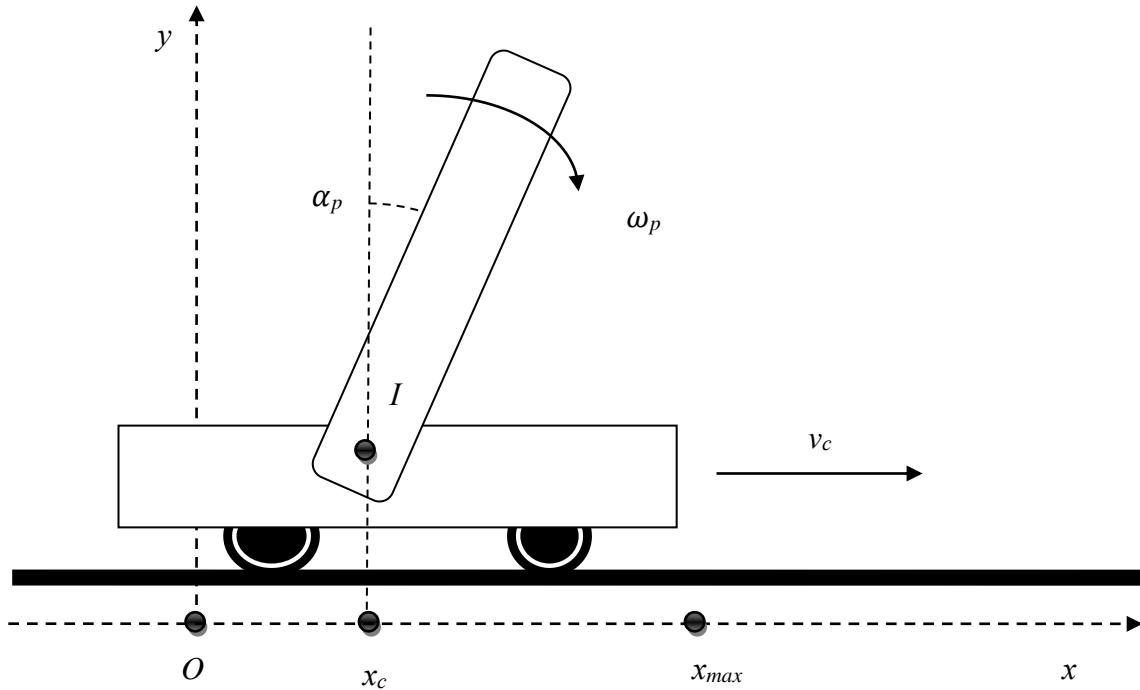


Рис. 2. 2D-задача балансування полюсів

Агент може виконати дві можливі дії на кожному часовому кроці t : прикласти одиницю сили ($|\vec{F}| = 1$) до візка вздовж осі Ox зліва направо при $a_t = \vec{F}$ або справа наліво при $a_t = -\vec{F}$. Агенту надається винагорода за зворотний зв'язок $r_{t+1} = +1$ за кожен дію, яка може утримувати полюс вертикально, і $r_{t+1} = 0$ в іншому випадку. Тому мета агента – якомога довше утримувати полюс вертикально і в кінцевому підсумку максимізувати накопичену винагороду за зворотний зв'язок.

Як правило, взаємодія між агентом та середовищем може бути представлена низкою станів, дій та винагород: $s_0, a_0, r_1, s_1, a_1, \dots, r_n, s_n$. Хоча n може наближатися до нескінченності, n на практиці часто обмежується, визначаючи кінцевий стан $s_n = s_T$. У цьому випадку ряд станів, дій та винагород від початкового стану до термінального стану називається епізодом. Наприклад, у завданні балансування полюсів є можливість визначити термінальний стан так, ніби $|\alpha_p| > 10^\pi$ або $|x_c| > X_{max}$.

Наступним кроком є оформлення рішення агента шляхом визначення концепції політики. Політика π – це функція відображення з будь-якого сприйнятого стану s на дію, прийняту з цього стану. Політика є детермінованою, якщо ймовірність вибору дії a з s : $p(a | s) = 1$ для всіх станів s . На відміну від цього, політика є стохастичною, якщо існує стан s , такий що $p(a | s) < 1$. У будь-якому випадку є можливість визначити політику π як розподіл ймовірностей дій-кандидатів, які будуть обрані з певного стану:

$$\pi = \psi(s) = \left\{ p(a_i | s) \mid \forall a_i \in \Delta_\pi \sum_i p(a_i | s) = 1 \right\}$$

де Δ_π представляє всі дії – (простір дій) політики π . Для наочності вважаємо, що простір дій дискретний, оскільки безперервний випадок можна прямо вивести за допомогою інтегральних позначень. Крім того, припускаємо, що наступний стан s_{t+1} та винагорода за зворотний зв'язок r_{t+1} повністю визначаються поточною парою стану-дії (s_t, a_t) незалежно від історії. Будь-яка проблема навчання з підкріпленням задовольняє цій умові. Отже, динаміка (модель) задачі навчання з

підкріпленням повністю уточнюється, задаючи всі ймовірності переходу $p(a_i | s)$. Детермінована політика π_d :

$$\pi_d = \psi_d(s) = \begin{cases} 1, a_i = a(s) \wedge a(s) \in \Delta_{\pi_d} \\ 0, \forall a_i \in \Delta_{\pi_d} \wedge a_i \neq a(s) \end{cases}$$

де $a(s)$ позначає дію, вжиту у стані s . Детермінована політика ефективна у практичному застосуванні, оскільки вона має передбачувану поведінку, що є вирішальним чинником для розробки ефективного алгоритму навчання з підкріпленням. На практиці є можливість вивести детерміновану політику π_d зі стохастичної політики π , використовуючи наступне правило:

$$R_1: \pi \rightarrow \pi_d = \psi_d(s) = \begin{cases} 1, a_i = a_j \wedge j = \arg \max \pi(s, a_k) \\ 0, \forall a_i \in \Delta_{\pi} \wedge a_i \neq a_j \end{cases}$$

де $\pi(s, a_k)$ позначає ймовірність здійснення дій $a_k \in \Delta_{\pi}$ у стані s за допомогою політики π та $\Delta_{\pi_d} = \Delta_{\pi}$.

Спочатку агенту призначається довільна політика π_0 . Він коригує політику π_0 , щоб покращити себе, взаємодіючи з навколишнім середовищем у формі навчання проб та помилок. У цьому відношенні політика π_{t+1} краща за політику π_t і позначається як $\pi_{t+1} > \pi_t$. Тому, з часом, покращується ряд політик:

$$\pi_0 < \pi_1 < \dots < \pi_t < \pi_{t+1} < \dots < \pi^*$$

Цей процес, названий поліпшенням політики, повторюється до тих пір, поки агент не зможе знайти політику, кращу за оптимальну політику π^* . Однак за цим визначенням невідомо, як порівняти дві політики та вирішити, яка з них краща.

У сучасних системах найбільш часто використовується дві схеми навчання з підкріпленням це метод часових різниць та метод Монте-Карло.

Останній метод оцінює функцію значення шляхом багаторазового генерування епізодів та запису середнього прибутку в кожному стані або кожній парі стан-дія. Тому функція стан-значення обчислюється як:

$$V_{\pi}^{MC}(s) = \lim_{i \rightarrow +\infty} \mathbb{E}[r^i(s_t) | s_t = s, \pi]$$

де $r^i(s_t)$ позначає спостереження повернення на стан s_t в епізоді i . Аналогічно, маємо функцію значення пари станів дії:

$$Q_{\pi}^{MC}(s, a) = \lim_{i \rightarrow +\infty} \mathbb{E}[r^i(s_t, a_t) | s_t = s, a_t = a, \pi]$$

Метод Монте-Карло не вимагає ніяких знань щодо ймовірності переходу, тобто метод Монте-Карло не є модельним. Однак цей підхід зробив два суттєвих припущення для забезпечення збіжності:

- 1) кількість епізодів велика;
- 2) кожен стан і кожну дію необхідно відвідувати значну кількість разів.

Щоб зробити це «дослідження» можливим, використовуємо стратегію жадібності для вдосконалення політики:

$$R_3: \pi \mapsto \pi' = \Psi'(s) = \begin{cases} 1 - \epsilon + \frac{\epsilon}{|\Delta_{\pi}(s)|}, a_i = a_j \wedge j = \arg \max Q_{\pi}(s, a_k) \\ \frac{\epsilon}{|\Delta_{\pi}(s)|}, \forall \Delta_{\pi} \in a_i \neq a_j \end{cases}$$

де $|\Delta_{\pi}(s)|$ позначає кількість дій-кандидатів, задіяних у стані s та $0 << 1$. Загалом, алгоритми Монте-Карло поділяються на дві групи: включені до політики та поза політикою. У методах на основі політики використовуємо політику π як для оцінки, так і для дослідження. Тому політика π має бути стохастичною або м'якою. На відміну від цього, офполітика використовує іншу політику $\pi' \neq \pi$ для створення епізодів, а отже, π може бути детермінованою. Метод політики є більш стабільним при роботі з безперервними станами і при використанні спільно з апроксиматором функцій (наприклад, нейронними мережами).

Подібно до методу Монте-Карло, метод часових різниць також є навчанням на основі досвіду (безмодельний метод). Однак, на відміну від Монте-Карло, метод часових різниць не чекає до кінця

епізоду, щоб оновитися. Він оновлює кожен крок епізоду, використовуючи одноетапне рівняння Беллмана¹, а отже, можливо, забезпечує більш швидку конвергенцію:

$$U_1: V^i(s_t) \leftarrow \alpha V^{i-1}(s_t) + (1 - \alpha) (r_{t+1} + \gamma V^{i-1}(s_{t+1}))$$

де α – розмір кроку і $0 < \alpha < 1$. Метод часових різниць використовує попередні оцінені значення V^{i-1} для оновлення поточних значень V^i , який відомий як метод завантаження. Метод часових різниць також поділяється на дві категорії: контроль часових різниць на основі політики (Sarsa²) та контроль часових різниць поза політикою (навчання Q³). В Sarsa алгоритм оцінює функцію значення пари стану-дії на основі:

$$U_2: Q^i(s_t, a_t) \leftarrow \alpha Q^{i-1}(s_t, a_t) + (1 - \alpha) (r_{t+1} + \gamma Q^{i-1}(s_{t+1}, a_{t+1}))$$

З іншого боку, Q-навчання використовує одноетапну оптимальність рівняння Беллмана для виконання оновлення, тобто Q-навчання безпосередньо апроксимує функцію значення оптимальної політики:

$$U_3: Q^i(s_t, a_t) \leftarrow \alpha Q^{i-1}(s_t, a_t) + (1 - \alpha) (r_{t+1} + \gamma \max_{a^j_{t+1}} Q^{i-1}(s_{t+1}, a^j_{t+1}))$$

Оператор *max* замінює детерміновану політику. Це чітко пояснює, чому Q-навчання не відповідає політиці.

На практиці методи Монте-Карло і часових різниць часто використовують структуру пам'яті таблиці (табличний метод) для збереження функції значення кожного стану або кожної пари стан-дія. Це робить їх неефективними через брак пам'яті при вирішенні складних задач, де кількість станів велика. Тому архітектура актора-критика (АК) розроблена таким чином, щоб подолати це обмеження. Зокрема, АК включає дві окремі структури пам'яті для агента: актора та критика. Структура актора використовується для вибору відповідної дії відповідно до спостережуваного стану та передачі до структури критика для оцінки. Критична структура використовує таку помилку часових різниць для вирішення майбутньої тенденції обраної дії:

$$\delta(a_t) = \beta(r_{t+1} + \gamma V(s_{t+1})) - (1 - \beta)V(s_t)$$

де $0 < \beta < 1$; а якщо $\delta(a_t) > 0$, тенденція до вибору дії в майбутньому висока і навпаки. Крім того, АК може бути включеним до політики або поза політикою залежно від деталей впровадження.

Глибоке навчання з підкріпленням – це широкий термін, який вказує на комбінацію між глибоким навчанням та навчанням з підкріпленням. Глибока Q-мережа, використовує згорткову нейронну мережу для прямої інтерпретації графічного представлення вхідного стану s з навколишнім середовищем. Вихідні дані глибокої Q-мережі надають Q-значення всіх можливих дій $a \in \Delta_\tau$, зроблених у стані s , де Δ_τ позначає простір дій. Тому глибоку Q-мережу можна розглядати як мережу політики τ , параметризовану β , яка постійно навчається для наближення оптимальної політики. Математично глибока Q-мережа використовує рівняння Беллмана для мінімізації функції втрат $L(\beta)$:

$$L(\beta) = \mathbb{E} \left[\left(r + \gamma \max_{a'} Q(s', a' | \beta) - Q(s, a | \beta) \right)^2 \right]$$

Однак використання нейронної мережі для наближення функції значення виявилось нестабільним і може призвести до розбіжностей через зміщення, що походить від корелятивних вибірок. Щоб зробити зразки некорельованими, є можливість використовувати цільову мережу τ' , параметризовану β' , яка оновлюється на кожних N кроках від мережі оцінки τ .

1

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0

² https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_SARSA

³ <https://uk.wikipedia.org/wiki/Q-%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F>

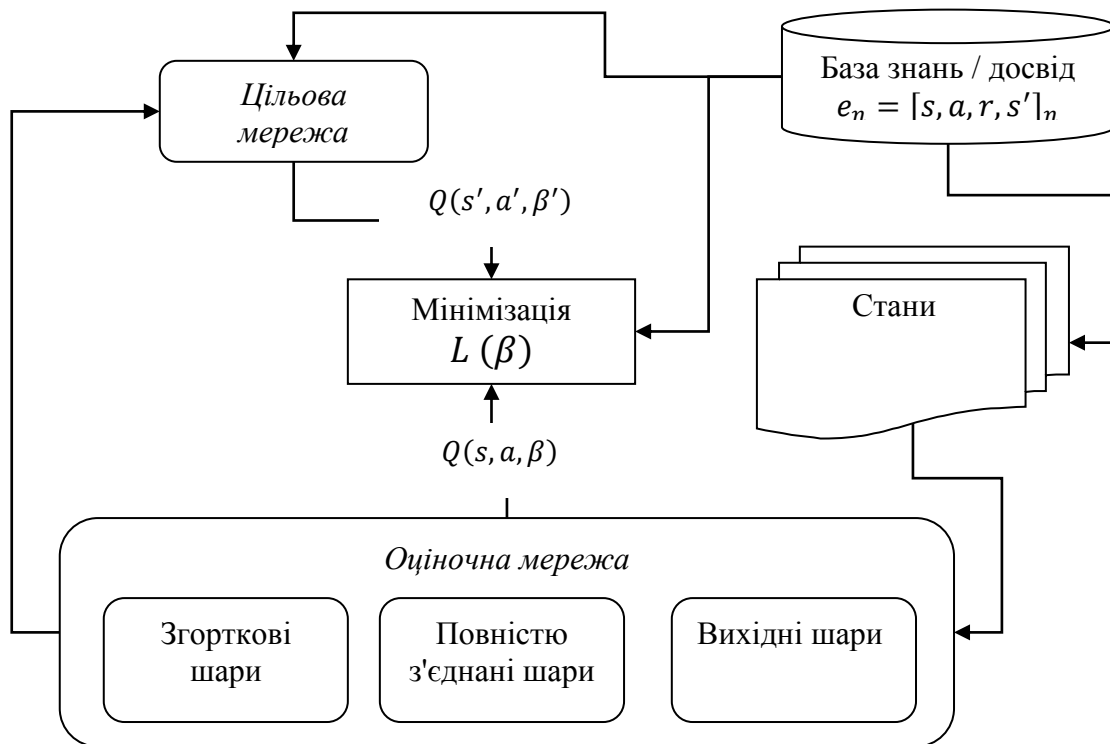


Рис. 3. Архітектура глибокої Q-мережі

Крім того, згенеровані зразки зберігаються в пам'яті повторного відтворення. Потім зразки вибираються випадковим чином та подаються у навчальний процес, як описано на рис. 3.

Безмодельний глибокий метод навчання з підкріпленням допомагає вирішити багато складних проблем як в одноагентних, так і в багатоагентних областях. Однак ця категорія методів вимагає величезної кількості зразків та тривалого часу навчання для досягнення хорошої продуктивності. Модельні методи демонструють ефективність з точки зору ефективності вибірки, переносимості та загальності у різних проблемах, використовуючи одномоментні та багатоагентні моделі.

Останні досягнення в галузі архітектури «людина в режимі циклу» можна об'єднати з глибоким навчанням з підкріпленням для інтеграції людей та автономних агентів щодо вирішення складних проблем. У звичайному режимі «людина в циклі» агенти протягом певного періоду автономно виконують покладені на них завдання, потім зупиняються і чекають людських команд, перш ніж продовжувати у такий спосіб, обмежений швидкістю. У режимі «людина в курсі» агенти виконують свої завдання автономно до завершення, а людина в ролі контролю або нагляду залишає за собою можливість втручатися в операції, які здійснюють агенти. Архітектура, заснована на системі «людина-на-циклі», може бути повністю автономною, якщо керівники дозволяють агентам виконувати завдання повністю самостійно.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі досліджено принципи застосування глибокого навчання з підкріпленням у сучасних системах. Глибоке навчання з підкріпленням значно полегшило автономність, що дозволяє розгортати багато додатків у робототехніці або автономних автомобілях. Однак найпоширенішим недоліком глибоких моделей навчання з підкріпленням є здатність взаємодіяти з людиною за допомогою технологій об'єднання людей і машин. У складних та суперечливих умовах існує гостра потреба в людському інтелекті, поєднаному з технологіями, тому що люди самі по собі не можуть утримати цей обсяг, а самі машини не можуть дати творчі відповіді при появі нових ситуацій.

Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на масштабних спостереженнях з використанням модельних підходів або поєднання елементів модельного планування та безмодельної політики.

Список бібліографічного опису.

1. Білашенко С. В. Розпізнавання зображень за допомогою згорткових нейронних мереж з використанням бібліотеки Keras / С. В. Білашенко, Н. Н. Шаповалова, О. Г. Рибальченко // Гірничий вісник : науково-технічний збірник. Кривий Ріг, 2018. Вип. 103. С. 148–154. – Бібліогр.: 12 назв. – DOI: 10.31721/2306-5435-2018-1-103-148-154.
2. Півошенко В. В. Аналіз та експериментальне дослідження методу безмодельного навчання з підкріпленням / В. В. Півошенко, М. С. Кулик, Ю. Ю. Іванов, А. С. Васюра // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2019. № 3. С. 40-49. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi_2019_3_7.
3. Синеглазов В. М., Кот А. Т. Розробка гібридних нейронних мереж ансамблевої структури / В. М. Синеглазов, А. Т. Кот // 2021. – Режим доступу. – <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:u3aSPdfsdIJ:journals.uran.ua/eejet/article/download/225301/26945/518366+&cd=9&hl=uk&ct=clnk&gl=ro>
4. Чумаченко О.І. Структурно-параметричний синтез гібридних нейронних мереж. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – «Системи та засоби штучного інтелекту» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2019. 663 с.

References.

1. Eoh, Gyuhoo & Park, Tae-Hyoung. (2021). Cooperative Object Transportation Using Curriculum-Based Deep Reinforcement Learning. *Sensors*. 21. 10.3390/s21144780. Accessed: August, 6, 2021.
2. J. Dornheim, N. Link, and P. Gumbsch, "Model-Free Adaptive Optimal Control of Sequential Manufacturing Processes Using Reinforcement Learning," arXiv.org, 2019. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/abs/1809.06646v1>. Accessed: August, 6, 2021.
3. Kayakökü, Hakan & Guzel, Mehmet & Bostanci, Gazi Erkan & Medeni, Ihsan & Mishra, Deepti. (2021). A Novel Behavioral Strategy for RoboCode Platform Based on Deep Q-Learning. *Complexity*. 2021. 1-14. 10.1155/2021/9963018. Accessed: August, 6, 2021.
4. Bi, L., Kim, J., Ahn, E., Kumar, A., Fulham, M., Feng, D. (2017). Dermoscopic Image Segmentation via Multistage Fully Convolutional Networks. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 64 (9), 2065–2074. doi: <https://doi.org/10.1109/tbme.2017.2712771> Accessed: August, 6, 2021.
5. Vesal, S., Malakarjun Patil, S., Ravikumar, N., Maier, A. K. (2018). A Multi-task Framework for Skin Lesion Detection and Segmentation. *OR 2.0 Context-Aware Operating Theaters, Computer Assisted Robotic Endoscopy, Clinical Image-Based Procedures, and Skin Image Analysis*, 285–293. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01201-4_31 Accessed: August, 6, 2021.
6. Garau-Luis, Juan & Crawley, Edward & Cameron, Bruce. (2021). Evaluating the progress of Deep Reinforcement Learning in the real world: aligning domain-agnostic and domain-specific research. Accessed: August, 6, 2021.
7. Frikha, Mohamed & Gammam, Sonia & Lahmadi, Abdelkader & Andrey, Laurent. (2021). Reinforcement and deep reinforcement learning for wireless Internet of Things: A survey. *Computer Communications*. 178. 98-113. 10.1016/j.comcom.2021.07.014. Accessed: August, 6, 2021.
8. W. Haskell, and W. Huang, "Stochastic Approximation for Risk-Aware Markov Decision Processes", Arxiv.org, 2018. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1805.04238.pdf>. Accessed: August, 6, 2021.
9. M. Rahman and H. Rashid, "Implementation of Q Learning and Deep Q Network for Controlling a Self-Balancing Robot Model," ArXiv.org, 2018. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1807.08272.pdf> . Accessed: August, 6, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-07>

УДК621.3.049

Павленко Вікторія Петрівна, науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-2303-0993>

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ТА СКЛАДАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Павленко В. П. Особливості монтажу та складання друкованих плат. У статті було досліджено друковану плату, створену за допомогою багат шарових еластичних акрилових стрічок, щоб збільшити ресурс зносостійкості паяних з'єднань електронних пакетів шляхом послаблення вібрації в середовищі випадкових вібрацій. Визначено, що основним недоліком цієї концепції є її неможливість встановити електронні деталі на площі поверхні зовнішнього шару друкованої плати. Для ефективного просторового розміщення електроніки в цій роботі пропонується нова версія високодіючої друкованої плати з багат шаровими стрічками, посилені на тонкому металевому ребрі жорсткості, окремо від друкованої плати. Ця концепція забезпечує ефективне використання зони друкованої плати для монтажу електронних деталей, а також можливість послаблення вібрації.

Ключові слова: друкована плата; в'язка пластинка; термін використання; випадкова вібрація; послаблення вібрації.

Павленко В. П. Особенности монтажа и сборки печатных плат. В статье были исследованы высокодействующую печатную плату (печатную плату), реализованную с помощью многослойных вязкоэластичных акриловых лент, чтобы увеличить ресурс износостойкости паяных соединений электронных пакетов путем ослабления вибрации в среде случайных вибраций. Определено, что основным недостатком этой концепции является ее невозможность установить электронные детали на площади поверхности внешнего слоя печатной платы. Для эффективного пространственного размещения электроники в этой работе предлагается новая версия печатной платы с многослойными вязкоупругими лентами, усиленная на тонком металлическом ребре жесткости, отдельно от печатной платы. Эта концепция обеспечивает эффективное использование зоны печатной платы для монтажа электронных деталей, а также возможность ослабления вибрации.

Ключевые слова: печатная плата; вязкая пластинка; срок использования; случайная вибрация; ослабление вибрации.

Pavlenko Viktoriia. Features of assembly of printed circuit boards. The article investigated a high-speed printed circuit board (printed circuit board), implemented using multilayer viscoelastic acrylic tapes, in order to increase the durability of the soldered joints of electronic packages by reducing vibration in an environment of random vibrations. It has been determined that the main disadvantage of this concept is its inability to mount electronic parts on the PCB surface area occupied by interlayers. For efficient spatial placement of electronics, this work proposes a new version of a high-end printed circuit board with multilayer viscoelastic tapes interlayered on a thin metal stiffener remote from the printed circuit board. This concept makes efficient use of the PCB area for mounting electronic parts, and also the ability to reduce vibration.

Keywords: Printed Circuit Board; viscous plate; term of use; random vibration; attenuation of vibration.

Постановка наукової проблеми. Випробування вільної вібрації проводиться при різних температурах, щоб отримати основні характеристики запропонованої друкованої плати. Ефективність друкованої плати може бути перевірена шляхом випробувань на випадкову вібраційну втому зразків друкованої плати із різною кількістю в'язкопружних шарів для порівняння терміну служби електронних пакетів.

В останні роки технологічні тенденції в різних галузях машинобудування, таких як автомобільна, оборонна, авіаційна та космічна техніка, швидко змінюються внаслідок промислової революції. Поява автономних перевезень, безпілотних літальних апаратів (безпілотних літальних апаратів) та великих супутників невеликих супутників - кілька прикладів цих тенденцій, які змінюють комерційні та військові послуги [1–3]. Відповідно, ці останні тенденції зумовили прогрес у функціональних можливостях та продуктивності бортової електроніки для різних застосувань, де електроніка повинна бути компактнішою за обсягом і легшою за вагою.

У секторі електронного машинобудування зусилля зі зменшення маси та обсягу електроніки зосереджені переважно на розробці та використанні високоінтегрованих електронних пакетів [4]. Застосування цих пакетів дозволяє друкованій платі (друкованій платі) бути компактним за обсягом, оскільки вони забезпечують велику кількість входів/виходів та можливості обробки. Тим часом машинобудівний сектор зосередився на мінімізації масовості житлових конструкцій для інтеграції друкованої плати, оскільки корпус зазвичай займає більше 50% масового бюджету електроніки [5,6]. Тим не менш, конструкція корпусу повинна забезпечувати достатню міцність та жорсткість для запобігання виходу з ладу електроніки під час випробувань та періодів обслуговування.

Одним з основних механізмів відмови електроніки є втомний зрив паяльного з'єднання електронної упаковки внаслідок напруги, викликаної повторюваним відхиленням друкованої плати при вібраційному збудженні.

Аналіз досліджень. У дослідженнях було запропоновано та вивчено кілька інших рішень, таких як недоповнення, укладання кутів та кутовий клей для збільшення терміну служби втомних паяних з'єднань [7–9]. Крім того, деякі дослідження зосереджувались на аналітичному підході для пошуку належного місця встановлення електронної упаковки на друкованій платі з точки зору мінімізації напруги припою [10].

Більш ефективний підхід до забезпечення терміну служби припою, порівняно з вищезгаданими методами [7–10], полягає у збільшенні здатності послаблення вібрації друкованої плати. До репрезентативних прикладів можна віднести застосування гумових кріплень, матеріалів для заливки, демпферів ударів частинок (PID) та активних регуляторів вібрації [11–14]. Серед них, PID привернули значну увагу до електроніки завдяки своїй простоті, невеликій вазі та ефективним характеристикам зменшення вібрації. PID є формою демпфера, який зазвичай складається з герметичної ємності, заповненої частинками, такими як металеві кульки. Амплітуду вібрації можна зменшити за рахунок кінетичної енергії, що генерується зіткненням частинок і тертям між частинками в контейнері. На сьогоднішній день було проведено кілька досліджень для дослідження різних типів PID [13,15,16].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Друкована плата – це спеціальна пластина, на яку нанесено провідний малюнок, тобто електропровідні ланцюги електронної схеми. Даний малюнок розміщується на діелектрику, матеріалі, що володіє відносно поганою здатністю проводити струм. Найбільш затребуваними на сьогоднішній день є двошарові друковані плати для електроніки. Їх головна особливість полягає в тому, що вони містять так званий провідний малюнок відразу з двох сторін. Малюнок на таких пристроях виконується з фольги. Друкована плата має спеціальні контактні майданчики і монтажні отвори, що дозволяє з легкістю виробляти монтаж необхідних компонентів. На двошарових або багатошарових платах існують також спеціальні отвори для забезпечення з'єднання електричного з'єднання між шарами. Розробка плат проводиться в спеціально призначених для цього програмах.

Існує уніфікована класифікація, яка є загальноприйнятою для всіх держав. Відповідно до неї, друковані плати ділять залежно від кількості шарів з малюнком:

- односторонні плати, що володіють лише одним шаром провідного елемента, нанесеного на одну сторону діелектрика;
- двосторонні моделі плат, що володіють відразу двома шарами;
- багатошарові моделі плат – це особливий вид, який виробляється шляхом нашарування декількох плат. У таких пристроях провідний елемент знаходиться не тільки на одній зі сторін, але також і всередині самої плати.

Для виготовлення пластин використовують високоякісні діелектрики. На сьогоднішній день, частіше за все, в виробництвах застосовують гетинакс або ж стеклотекстоліт. Варто зазначити, що плати також можуть бути як жорсткими, так і гнучкими.

Сучасний світ важко собі уявити без електроніки, яка в свою чергу ніяк не може існувати без якісних друкованих плат. Саме тому виготовлення друкованих плат має таку стратегічну важливість для всього світу.

Типові PID-індикатори (proportional integral derivative) вимагають щонайменше 20-30 мм простору для розміщення у напрямку поза площиною друкованої плати. Це може призвести до збільшення відстані між друкованими платами, що збільшує розміри структури корпусу електроніки. Інша потенційна проблема полягає в тому, що для послаблення реакцій друкованої плати в різних місцях монтажу електронних пакетів може знадобитися декілька кількох PID, якщо друкована плата неправильну або асиметричну конфігурацію.

Інший метод послаблення вібрацій, який називається демпфуванням обмеженого шару (CLD), також раніше досліджувались щодо електронних додатків [17,18]. Загалом, друкована плата, виготовлена за допомогою методу CLD, складається з декількох обмежених шарів, укріплених пластиною на поверхні друкованої плати. Ця форма є оптимальною для послаблення вібрацій за рахунок зниження тертя між шарами та пластинчастого матеріалу.

Однак навіть ця концепція має недолік з точки зору просторового розміщення електронних частин на друкованій платі, оскільки в'язка пластинка прикріплена до загальної поверхні друкованої плати, хоча деякі ділянки відкриті для забезпечення доступу до електронних частин. Для впровадження компактною та легкою електронікою необхідним завданням є більш ефективне використання простору друкованої плати. У цьому дослідженні авторами запропоновано нову версію високодемпфрованою друкованої плати, щоб подолати недоліки попередньої концепції [19]. Запропонована нова версія друкованої плати має багато пластин, укріплених на тонкому металевому ребрі жорсткості окремо від

друкованої плати. Це забезпечує ефективне використання зони друкованої плати для монтажу електронних частин, оскільки лише деякі частини механічної фіксації займають усю площу поверхні друкованої плати, на відміну від попередньої версії [19]. Для перевірки нової версії друкованої плати, представленої в аналізованому дослідженні, були проведені випробування на вільні вібрації при різних температурних умовах для отримання основних характеристик друкованої плати з в'язкою пластиною. Крім того, були виготовлені зразки друкованої плати з різною кількістю в'язких пластин, які піддавалися впливу середовища випадкових вібрацій для порівняння терміну служби електронних пакетів.

Динамічне відхилення друкованої плати під вібрацією обернено пропорційне квадрату власної частоти друкованої плати [7]. Тому типовий підхід до проектування для забезпечення терміну служби паяних з'єднань в електронних пристроях передбачає впровадження додаткових металевих ребер жорсткості на друкованій платі [20,21]. Жорсткість також діє як провідний тепловий шлях для розсіювання тепла з друкованої плати до конструкції корпусу.

Однак вищезгаданий традиційний підхід до проектування, який зосереджений на збільшенні жорсткості плати, викликає збільшення маси та об'єму електроніки, оскільки конструкція корпусу стає об'ємною. Просторове розміщення різних електронних деталей (роз'ємів, паяльних кабелів тощо) на поверхні друкованої плати також стає менш ефективним, оскільки площа, що контактує з ребрами жорсткості, не може бути використана для монтажу цих деталей. Інше обмеження полягає в тому, що в деяких випадках термін використання електронних пакетів може не бути підвищений, навіть якщо збільшиться жорсткість плати. З цих причин підвищення здатності гасіння вібрацій друкованої плати за рахунок збільшення її демпфуючої здатності могло б бути набагато кращим рішенням, ніж традиційний підхід використання ребра жорсткості, якщо в електроніці немає проблеми теплового розсіювання.

Щоб вирішити вищезгадану технічну проблему, окремими авторами [19] запропоновано використовувати високопоглинаючу друковану плату з багатошаровою в'язкою пластиною. Їх запропонована концепція складалася з друкованої плати FR-4, обмежених шарів, що складаються з того ж матеріалу друкованої плати, та в'язкоеластичних акрилових стрічок для прошарку обмежених шарів на нижній стороні площини. Результати експериментальних випробувань показали, що високодіюча друкована плата з п'ятьма шарами жорсткості досягла коефіцієнта демпфювання 0,048, що в 3,67 рази вище, ніж у друкованій платі без шарів. Це призвело до зростання терміну служби більш ніж у 8,21 разів. Однак вищезгадана проблема, пов'язана з просторовим розміщенням електронних деталей на друкованій платі, ще не вирішена за допомогою цієї концепції, оскільки обмежені шари були безпосередньо прикріплені до нижньої поверхні плати.

У цьому дослідженні розглядається нова версія друкованої плати для подолання обмежень традиційної друкованої плати [19]. Нова версія складається з друкованої плати, обмежених шарів та двосторонніх стрічок з в'язкою пластиною. Друкована плата виготовлена з FR-4, її розміри становлять 243 мм-60 мм-1,2 мм. Обмежені шари, зроблені з того ж матеріалу друкованої плати, були прикріплені до тонкого алюмінієвої ребра жорсткості за допомогою гнучкої пластинчастої стрічки. Можливість послаблення вібрацій запропонованої друкованої плати, в основному реалізувалася за рахунок розсіювання енергії, що виникає внаслідок деформації гнучких пластин.

Розмір ребра жорсткості з гнучкою пластинчастою стрічкою охоплює всю площу друкованої плати; це може ефективно послабити вібрацію, викликану не тільки першими глобальними режимами згинання, а й локальними режимами на більш високих частотах. Це забезпечує зменшення вібрації друкованих плат, що мають складну форму режиму, викликану неправильною та асиметричною конфігурацією плати. Ребро жорсткості має 15 механічних інтерфейсів для інтеграції ребра жорсткості на друкованій платі, що дозволяє віддалити його на 3 мм від друкованої плати. Ця конфігурація дозволяє використовувати площі поверхні з обох сторін друкованої плати для монтажу електронних частин. Це головна перевага, що відрізняє цю модель від попередньої версії [19]. Крім того, товщину друкованої плати, необхідну для задоволення вимог щодо жорсткості плати, можна було мінімізувати, оскільки вона була посилена тонким алюмінієвим ребрами жорсткості. При цьому процес демонтажу всього ребра жорсткості з обмеженими шарами можна легко виконати, якщо потрібна переробка деяких електронних деталей [19].

Виробничі системи зазвичай вимагають автоматизованих методів перевірки та випробування, щоб гарантувати якість. Доступні сьогодні методи, такі як MachineVision-MV, можна застосовувати у всіх виробничих процесах. Застосування комп'ютерного аналізу та інтерпретації зображень – це технологія, яка продемонструвала свій внесок у підвищення продуктивності та якості виробничих операцій практично у кожному промисловому сегменті [1]. В електронній промисловості MV використовується

для перевірки друкованих плат на відстань між провідниками; друковані плати – для перевірки комплектації компонентів, свинцевих або контактних отворів після перевірки припою на його цілісність. Перевірка виконується не тільки як засіб сортування браку, але і для забезпечення зворотного зв'язку щодо продуктивності процесу [3]. Багато компаній із виробництва електронних друкованих плат використовують системи MV для перевірки наявності та повноти пристроїв поверхневого монтажу та компонентів друкованої плати.

Застосування технології MV передбачає роботу з багатьма візуальними змінними. Навіть прості програми повинні обробляти змінні. Освітлення та оптику у багатьох додатках можна оптимізувати для посилення контрасту, пов'язаного зі змінною, для якої купується система, або, навпаки, може допомогти зменшити вплив змінної на дані, необхідні для прийняття надійного рішення. В установці MV рекомендується спеціальне освітлення. У системі MV процес отримання зображення має вирішальне значення з функціональної точки зору. Внутрішні змінні процесу збору даних, такі як зміна яскравості, співвідношення сигнал/шум, впливають на загальну надійність системи. Хороший результат візуалізації вимагає менше обчислювальних ресурсів обробки зображення. Таким чином, зображення, отримане камерою, змінюється для одного і того ж продукту, що робить обробку зображення важливим кроком для усунення цього фактора. Велика частина цих змін в основному пов'язана з розсіюванням світла на варіаціях поверхні об'єкта (бруд або пил, наприклад).

Конкретна техніка освітлення залежить від геометричних властивостей об'єкта, фону та даних, які потрібно витягти з об'єкта. Освітлення області, що представляє інтерес, здійснюється лінійними світлодіодними масивами (інтенсивність контролюється струмом), де промені коливаються для поліпшення співвідношення спостережуваних об'єктів та зображення нижньої поверхні друкованої плати. Оскільки кожен роз'єм DIMM, що складається з 240 контактів, довгий (приблизно 140 мм в довжину) і вузький 10 мм в ширину, для отримання зображень з відповідною роздільною здатністю необхідно було зробити два зображення (ліворуч і праворуч) з кожного роз'єму DIMM для перевірки всі його 240 штифтів.

Проведення перевірки полягає у підрахунку кількості яскравих плям, які відповідають існуванню області, де в друковану плату були вставлені два роз'єми DIMM. Загальна площа, виділена цим роз'ємам на друкованій платі, приблизно вдвічі перевищує площу. Щоб знайти цю область, необхідно визначити положення центричної точки або розподіл фарбування. З цієї позиції обведено прямокутник, що обмежує мінімальну площу зображення, що підлягає огляду. Ця процедура усуває велику кількість паразитних шумів, викликаних відбиттями від інших областей зображення.

Після того, як штифти розташовані на заздалегідь визначеній відстані, можна підрахувати правильну кількість штифтів, підрахувавши кількість плям, і жодна різниця не пов'язана з дефектом, чи то погане розташування роз'єму, чи то зігнуті штифти. Система MV керує за допомогою програмного забезпечення зображеннями у просторовій області. Іншими словами, процедури обробки зображень включають покращення зображення, вилучення функцій та аналіз/класифікацію зображення. Покращення зазвичай виконується для видалення небажаного шуму або вібрацій. Вилучення функцій передбачає сегментацію, структурування елемента, тощо.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. У цій статті розглядається практика та результати останніх досліджень, результатом яких є нова версія високодіапазонної друкованої плати з гнучкими пластинами, спрямована на подолання недоліків з точки зору просторової ефективності електроніки. Для випробування на тривалість використання, зразки друкованої плати з різною кількістю прошарків з гнучкої пластинчастої пластини були виготовлені та піддані дії вібраційного середовища до виходу з ладу електронних пристроїв. Результати випробувань показали, що запропонована концепція ефективно збільшила використання електронних пристроїв за рахунок зменшення динамічного відхилення друкованої плати під впливом випадкової вібрації. Напрямок подальших досліджень можуть стати напрями використання в електроніці високодіапазонних друкованих плат.

У статті також проведено аналіз останніх розробок та пілотних випробувань інноваційного автоматичного обладнання, призначеного для перевірки збірки компонентів зі штифтовими отворами, встановлених на друкованих платах. Проведений аналіз дозволив виявити критичні дефекти, що виникають під час складання компонентів на друкованих платах. Обладнання дозволяє отримувати зображення та здійснювати подальшу інтерпретацію для прийняття рішень.

References.

1. Raviteja, T., Vedaraj I. An introduction of autonomous vehicles and a brief survey. J. Crit. Rev. –2020. – №7 – P. 196–202.

2. Boubeta-Puig J., Moguel E., Sánchez-Figueroa F., Hernández J., Preciado J.C. An autonomous UAV architecture for remotesensing and intelligent decision-making. *IEEE Internet Comput.* –2018. –№22. – P. 6–15.
3. Curzi G., Modenini D., Tortora P. Large constellations of small satellites: A survey of near future challenges and missions. *Aerospace*. –2020. –№7. 133p..
4. Yoon S.W., Petrov B., Liu K. Advanced wafer level technology: Enabling innovations in mobile, IoT and wearable electronics. In *Proceedings of the 2015 IEEE 17th Electronics Packaging and Technology Conference (EPTC)*, Singapore, 2–4 December. – 2015. –P. 1–5.
5. Fenske M.T. The development of lightweight electronics enclosures for space applications. *SAMPE J.* –1999. –P. 25–34.
6. García-Pérez A., Ravanbakhsh A., Sorribes-Palmer F., Alonso G. Structural shock verification by numerical analysis of the EPD payload units on board Solar Orbiter spacecraft. *Acta Astronaut.* –2020. –P. 282–292.
7. Xie D., Wu Z., Hai J., Economou M. Reliability enhancement of automotive electronic modules using various glues. In *Proceedings of the IEEE 68th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*, San Diego, CA, USA, 29 May–1 June. –2018. –P. 1–7.
8. Suhir E., Ghaffarian R. Flip-Chip (FC) and Fine-Pitch-Ball-Grid-Array (FPBGA) underfills for application in aerospace electronics—Brief review. *Aerospace*. –2018. –P. 74.
9. Grieu M., Massiot G., Maire O., Chaillot A., Munier C., Bienvu Y., Renard J. Durability modelling of a BGA component under random vibration. In *Proceedings of the 9th International Conference on Thermal, Mechanical and Multiphysics Simulation and Experiments in Micro-Electronics and Micro-Systems (EuroSimE)*, Freiburg im Breisgau, Germany, 20–23 April. – 2008. –P. 1–8.
10. Lall P., Pandurangan A., Dornala K., Suhling J., Deep J. Effect of shock angle on solder-joint reliability of potted assemblies under high-G shock. In *Proceedings of the 19th IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITHERM)*, Orlando, FL, USA, 21–23 July. – 2020. –P. 1–12.
11. Xiao W., Yu S., Liu L., Zhang F. Vibration reduction design of extension housing for printed circuit board based on particle damping materials. *Appl. Acoust.* –2020. –P. 1–16.
12. Yeo H.C., Guo N., Du H., Chen M. Active vibration control of the print circuit boards using piezoelectric bimorphs. *Key Eng. Mater.* –2007. –P. 1081–1084.
13. Veeramuthuvel P., Shankar K., Sairajan K.K. Application of particle damper on electronic packages for spacecraft. *Acta Astronaut.* –2016. P. 260–270.
14. Vibration Attenuation PID Damper Part Numbers. Режим доступу: https://topline.tv/Vibration_Damping.html (дата звернення: 18.10.2021).
15. Zhou X.D., Xiong C.W. Study on vibration and damping of printed circuit boards treated with partial constrained damping layer. *Adv. Mater. Res.* –2014. –P. 590–594.
16. Fang Z., Zheng L. Topology optimization for minimizing the resonant response of plates with constrained layer damping treatment. *Shock. Vib.* –2015. –P. 376–385.
17. Park T.Y., Shin S.J., Park S.W., Kang S.J., Oh H.U. High-damping PCB implemented by multi-layered viscoelastic acrylic tapes for use of wedge lock applications. *Eng. Fract. Mech.* –2021. –241p.
18. STS-125 Mission Overview Briefing Materials. Режим доступу: https://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/shuttlemissions/ (дата звернення: 18.10.2021).
19. Steinberg, D.S. *Vibration Analysis for Electronic Equipment*, 3rd ed.; John Wiley & Sons Inc.: New York, NY, USA, 2000.
20. IPC-9701A. Performance Test Methods and Qualification Requirements for Surface Mount Solder Attachments; Association Connecting Electronics Industries (IPC): Bannockburn, IL, USA. – 2006.
21. ECSS-E-HB-32-21A. Space Engineering: Adhesive Bonding Handbook; European Cooperation for Space Standardization (ECSS): Noordwijk, The Netherlands. – 2011.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-08>

УДК 004.02

Поплавська Ганна Володимирівна, викладач інформатики

Курдельчук Григорій Пантелеймонович, викладач ТЗН.

Комунальний заклад вищої освіти «Луцький педагогічний коледж» Волинської обласної ради, м. Луцьк

ФОРМУВАННЯ У СТУДЕНТІВ САМОСТІЙНОЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ВИВЧЕННІ ІНФОРМАТИКИ

Поплавська Г. В., Курдельчук Г. П. Формування у студентів самостійної пізнавальної діяльності при вивченні інформатики. У статті розглядаються питання формування самостійної пізнавальної активності у студентів методами діяльнісного підходу на заняттях інформатики. Звертається увага на роль діяльнісного підходу для активізації самостійної пізнавальної діяльності.

Ключові слова: самостійна пізнавальна діяльність, самостійна робота, діяльнісний підхід, мотивація.

Поплавская А. В., Курдельчук Г. П. Формирование у студентов самостоятельной познавательной деятельности при изучении информатики. В статье рассматриваются вопросы формирования самостоятельной познавательной активности студентов методами деятельностного подхода на занятиях информатики. Обращается внимание на роль деятельностного подхода для активизации самостоятельной познавательной деятельности.

Ключевые слова: самостоятельная познавательная деятельность, самостоятельная работа, деятельностный подход, мотивация.

Poplavska G.V., Kurdelchuk G.P. Framing in students of late-stage activities in the study of informatics. In the article there are the question of the framing of independent cognitive activity among students by the methods of activity approach in computer science classes. Attention is paid to the role of the activity approach for the activation of independent cognitive activity.

Keywords: independent cognitive activity, independent work, activity approach, motivation.

Постановка наукової проблеми. Думаючи про людину ХХІ століття, яка сьогодні навчається в коледжі і яка вивчає основи інформатики, ми турбуємось не про те, що вона запише на «флешку» своєї пам'яті, не про те, чи створить вона штучний інтелект, а зовсім про інше. Про те, як сьогодні сформувані мислення студента вільним і нетрафаретним.

Хороше заняття те, де панує ділова, творча атмосфера, де є бажання студентів міркувати, де вони охоче вступають в діалог з викладачем, один з одним, авторами тих чи інших теоретичних концепцій і положень. Адже хороше заняття, як правило, завжди вирізняється тим, що воно насичене різноманітними навчальними ситуаціями і кожна з них викликає у студентів велику кількість запитань, сумнівів, здивування, а часом і настороженість. Так народжуються в діяльності студентів дорогі моменти, які підводять їх до пошуків, здогадок, до самостійної творчості.

Сучасним студентам доступні найрізноманітніші джерела інформації, але часто саме наявність готової інформації сприяє розвитку пасивності. Зникає прагнення до пошуку, пізнання, творчості, тобто діяльності. Для цього процес навчання має бути сконструйований з максимальним наближенням до запитів і можливостей студентів. Навчальний матеріал може здаватися студентам «сухим» і нецікавим, а тому завдання викладача спільно зі студентами - зробити його цікавим. Це можна зробити з використанням інформаційно-комунікаційних технологій, наукових фільмів, мережі Інтернет, окрім цього – використовуючи самостійну пізнавальну діяльність студентів (СПД). Слушно писав з цього приводу В. О. Сухомлинський, наголошуючи, що учень повинен не просто слухати і думати, а щось робити. Мислення має відобразитись у діяльності, лише тоді на заняттях не буде байдужих і неухважних.

Основною тенденцією в розвитку освіти сьогодні є перехід від традиційного (репродуктивного) навчання, як процесу запам'ятовування та відтворення, до продуктивного, творчого, як процесу розумового та особистого розвитку студента. У «Національній доктрині розвитку освіти» визначається одне із вагомих завдань - формування в молоді та дітей сучасного світогляду, розвитку творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти і самореалізації особистості. Зазначені соціальні завдання актуалізують проблему формування пізнавальної самостійності студентів, яка пов'язана з активізацією їх самостійної та самоосвітньої пізнавальної діяльності на заняттях інформатики.

Аналіз досліджень. Аналіз науково-педагогічної літератури дозволяє виділити кілька напрямів у дослідженні проблеми розвитку самостійної пізнавальної діяльності суб'єктів учіння.

Сутність самостійної пізнавальної діяльності, методика та технологію її організації вивчали М.Г. Гарунов, Ю.К. Бабанський, М.Г. Дайрі, В.К. Буряк, Б.П. Єсіпов, М.О. Данилов, І.А. Зимня, І.Я. Лернер, В.К. Майборода, В.М. Манько, О.Я. Савченко, М.М. Скаткін, Н.Ф. Тализіна, Г.І. Щукіна, О.В. Усова, Л.В. Жарова та інші науковці.

Психологічний нюанс самостійної пізнавальної діяльності розкрито в дослідженнях. Богоявленської Д.Б., Леонтєва О.М., Менчинської Н.А., Гальперіна П.Я., Платонова К.К., Костюка Г.С., Петровського А.В., Смирнова С.Д., Рубінштейна С.Л.

Формування вмінь самостійної пізнавальної діяльності у студентів досліджували В.І. Бондар, О.Г. Мороз, В.І. Орлов.

Проаналізувавши психолого-педагогічні джерела, робимо висновок, що структура самостійної пізнавальної діяльності студентів знаходиться у перетині понять: "самостійності", "діяльності", "пізнання", "пізнавальної діяльності", "пізнавальної самостійності", "самостійної роботи".

Метою статті є розкрити та проаналізувати діяльнісний підхід на формування самостійної пізнавальної діяльності студентів Луцького педагогічного коледжу при вивченні інформатики.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Узагальнюючи підходи науковців у дослідженні даної проблеми, можемо дати визначення: самостійна пізнавальна діяльність студентів – це комплекс дидактично передбачених зусиль, які збагачують інтелектуальну чутливість та сприяють поглибленому самостійному пошуку під керівництвом викладача тієї інформації (знань), котра "працює" на фаховий досвід (вміння та навички) та подальше професійне самовдосконалення.

Проаналізувавши праці вчених, можемо зробити висновок, що підґрунтям пізнавальної активності є інтелектуальні вміння та здібності, готовність особистості до СПД, до вміння використовувати методику самостійного пошуку, цілеспрямованості, організованості, самоконтролю, здатність коригувати пізнавальну діяльність відповідно до певних методичних настанов.

Психолог С. Л. Рубенштейн писав, що становлення особистості можливе лише під час процесу змістовної діяльності; людина в процесі діяльності створює саму себе. [5]

Реалізація діяльнісного підходу для організації самостійної пізнавальної діяльності при вивченні інформатики у Луцькому педагогічному коледжі відбувається:

- під час навчального процесу, що, в свою чергу, розділяє самостійну роботу:
 - 1) за програмою;
 - 2) як доповнення до програми в поза навчальний час;
- поза навчальним процесом.

По формі організації самостійної роботи, які організуємо, поділяємо на фронтальні, групові, парні, індивідуальні, які, в свою чергу, мають недиференційований (загальний) і диференційований (індивідуальний) вид.

Реалізація діяльнісного підходу на заняттях інформатики проходить покроково.

По-перше, продумуємо конкретні кроки реалізації схеми, яку пропонують психологи: потреби → мотиви → мета та завдання → дія → операція → результат → рефлексія.

По-друге, конкретизуємо такі компоненти: зміст матеріалу (чому вчити), мотиви діяльності, способи і форми організації праці (як вчити), засоби стимулювання роботи студентів, способи керівництва і форми контролю.

Зокрема, використовуємо два шляхи реалізації діяльнісного підходу на заняттях інформатики:

- 1) проведення цілих, закінчених занять, сконструйованих таким чином, що під час їх проведення, студенти самі здобувають знання і поглиблюють їх;
- 2) включення в традиційні заняття різних творчих завдань.

Як бачимо, цикл навчального пізнання може бути побудований аналогічно науковому пізнанню, і це в першу чергу стосується дослідницької діяльності. При цьому послуговуємось такими методичними порадами:

- Для залучення студентів до навчальної діяльності велике значення має мотивація. Пізнавальний мотив пов'язаний з інтересом, а тому його називають пізнавальний інтерес. Отже, необхідно забезпечити цей інтерес – важливу рушійну силу діяльності. Без інтересу будь-яка діяльність не є ефективною.
- Діяльність починається з розумових дій, тому спочатку пропонуємо скласти план. У ньому повинні бути відповіді на три важливі питання: «Для чого роблю?», «Що роблю?» і «Як роблю?». Чим коротші відповіді, тим коротший шлях до досягнення мети.
- Намагаємось якомога менше навчального матеріалу подавати в готовому вигляді: всі або майже всі знання і вміння студенти повинні здобувати самостійно в процесі особистої роботи – індивідуальної чи в колективі.
- Головна ознака самостійної діяльності полягає зовсім не в тому, щоб працювати без сторонньої допомоги, а в тому, що мета самостійної діяльності одночасно містить у собі функцію

управління цією діяльністю. Є відоме твердження, що нічому не можна навчити – можна тільки навчитися. Навчитися під керівництвом викладача, роль якого в ідеальному випадку зводиться до організації самостійної пізнавальної діяльності.

Щоб управляти процесом розвитку пізнавальної самостійної діяльності студентів, які щойно переступили поріг коледжу, обов'язково проводимо діагностику їх пізнавальної самостійності, тобто готовності самостійно оволодівати новими знаннями.

На нашу думку, пізнавальна самостійність як якість особистості визначається органічною єдністю трьох компонентів:

- **Спонукального** (наявність відповідних мотивів пізнавальної інтелектуальної діяльності);
- **Змістового** (володіння опорними знаннями і методами засвоєння нових знань);
- **Технічного** (володіння необхідними формами і методами пізнавальної діяльності).

З метою визначити найбільш значущі для студентів потреби, які вони прагнуть задовольнити під час навчальної діяльності, насамперед проводимо вивчення спонукальної сторони пізнавальної самостійності студентів. На першому ж занятті інформатики пропонуємо анкетування.

Анкета складається із трьох частин. Перша частина – це анкета - шкала, відповідаючи на запитання якої, треба не просто вибрати найбільш правильну із готових відповідей, але й оцінити в балах зі своєї точки зору кожну запропоновану відповідь (за 5-ти бальною шкалою оцінювання). Друга частина анкети дозволяє визначити мотиви пізнавальної самостійної діяльності і відношення студента до цього виду навчальної діяльності. Третя частина анкети складається із запитань, на які студент дає вільну відповідь, - це визначення для нього особисто місця інформатики в навчальному процесі і його інтересу до даного предмету. Аналіз анкети дозволяє організувати самостійну роботу кожного студента шляхом залучення його до певного виду навчальної діяльності.

Наступний крок діагностування – визначення рівня змістової сторони пізнавальної самостійності студентів (визначаємо наявність опорних знань, які є необхідним елементом процесу пізнання). Запропонований тест визначає кількість залишкових знань студента з визначених тем.

І на кінець, з метою визначення рівня володіння формами і методами пізнавальної діяльності, з'ясовуємо початковий рівень технічної сторони пізнавальної самостійності студентів. Спочатку до відома студентів доводять основні знання змістового характеру, які необхідні для практичного втілення даної теми. Потім детально розглядають практичний зразок і пропонують серію завдань (наприклад, чотири завдання) для самостійної роботи, кожне із яких все істотніше відрізняється від зразка, потребує застосування нових прийомів і способів навчальних дій, що входять в структуру узагальненого методу розв'язування пізнавальних завдань. За максимальним номером правильно зробленого завдання визначають рівень технічної сторони пізнавальної самостійності студентів.

В результаті анкетування виділяємо чотири основних види вмінь самостійної пізнавальної діяльності студентів:

Репродуктивно-пізнавальні вміння. Дії тільки за зразком, узагальнення відсутні або носять емпіричний характер, виклад матеріалу копіюється, зв'язок між системою знань та системою вмінь практично відсутній.

Інструментально-алгоритмічні вміння. Під час виконання завдань спостерігаються аналогічно міцніші стереотипні знання, узагальнення емпіричного характеру, зв'язок між системою знань та системою вмінь слабкий.

Продуктивно-перетворювальні вміння. Під час виконання завдань переважає індуктивно-пошуковий підхід, студент самостійно використовує аналогії; узагальнення на дедуктивно-доказовому рівні з елементами індукції.

Творчо-пошукові вміння. Студент здатний самостійно замінити проблему та вибрати шляхи її вирішення; узагальнення здійснюється на теоретичному рівні, знання та вміння утворюють єдину систему, зв'язок між предметами усвідомлюється на світоглядному та рефлексивному рівнях.

Вибір варіанта для організації індивідуальної самостійної роботи студента здійснюємо у відповідності до визначеного рівня його пізнавальної активності.

Спираючись на принципи розвивального навчання, при організації індивідуальної самостійної роботи студентів намагаємося дотримуватися таких вимог:

- кожен студент повинен отримати завдання, яке йому під силу в даний момент часу;
- кожен студент повинен мати можливість виконувати більш важке і творче завдання;
- кожному студенту слід дати можливість виконувати такі завдання, які він сам вважає відповідними його індивідуальності.

Саме з таких позицій ми намагаємося організувати самостійну роботу студентів, яка постає як засіб організації навчального чи наукового пізнання студента, і як форма виявлення ним певного способу діяльності стосовно виконання відповідного навчального завдання з метою одержання нових знань або поглиблення і впровадження уже існуючих знань у практичну діяльність.

Поняття «самостійність» невід'ємне від поняття «діяльність». Діяльність є основою всього навчально-виховного процесу. Діяльність, яка приносить успіх і задоволення студенту, стає для нього неабияким чинником розвитку. Саме викладач має постійно стимулювати у студента прагнення піднятися вище того, що ним вже досягнуто. І в той же час сприятливе спілкування студента з викладачем і студентів один з одним створює багатогранну гаму стосунків, перетворює процес навчання в духовну потребу. Активізацію пізнавальної діяльності здійснюємо через таку організацію сприйняття навчального матеріалу студентами, при якій засвоєння знань відбувається шляхом розкриття взаємозв'язків між явищами, порівняння нової інформації з відомою, конкретизації, узагальнення, оцінки навчального матеріалу з різних точок зору. Розуміння студентами навчального матеріалу, що вивчається, є лише першою сходинкою в активізації пізнавальної діяльності і тією базою, на основі якої застосовуються інші методи, що вимагають більшої самостійності студентів і розраховані на більш ґрунтовний розвиток їх логічного мислення.

Підвищення ефективності навчання здійснюємо, використовуючи наступні методи:

- метод евристичної бесіди;
- дискусійний;
- метод рольових ігор;
- метод проектів;
- використання мультимедійних (комп'ютерних) технологій.

В цьому контексті, також широко використовуємо методи та форми навчання, які розвивають комунікативні здібності студентів. Зокрема, це організація роботи в парах, груповий метод навчання, метод проектів, проведення нестандартних занять.

Однією із цікавих форм роботи в цьому напрямку є роздуми над проектом і створення відео з повним коментуванням результатів (звичайно цьому передуює індивідуальна робота із студентом). Студенти мають нагоду стати співавторами заняття, допомогти своїм одногрупникам краще опанувати тему, демонструючи власне відео. Це сприяє формуванню природничої компетентності майбутніх учителів початкових класів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

Підсумовуючи вище сказане, можемо зробити висновок, що самостійна пізнавальна діяльність формується у студентів через їх самореалізацію, самопізнання, бажання досягти нових висот за допомогою різних принципів та методів. А допомогти у цьому може:

- Підвищення професійної майстерності викладача і студента.
- Зацікавлення студентів новими інформаційними технологіями.
- Посилення інтересу до навчання.
- Залучення студентів до пошуку, дослідження.
- Відчутність реальних результатів своєї праці.
- Задоволення в інтелектуальному розвитку.
- Творча самореалізація.
- Задоволення потреби в саморозвитку та самовдосконаленні.
- Заміна авторитарного стилю спілкування демократичним.
- Поглиблення змісту навчального матеріалу.
- Розвиток навичок мислення високого рівня.
- Розвиток креативних здібностей.
- Творче застосування знань.
- Уміння працювати в команді і самостійно.
- Підготовка до конкурсів, науково-дослідницької діяльності.
- Формування навчально-пізнавальної компетентності.

Отже, головну мету навчання вбачаємо не в тому, щоб передати студентам знання в готовому вигляді, а в тому, щоб залучати їх до процесу «здобування» знань, що в свою чергу дозволяє вчити студентів самостійно мислити, ставити перед собою цілі, висувати гіпотези, вибирати відповідні методи для їх досягнення.

Список бібліографічного опису.

1. Головка Л.Л. Формування досвіду самостійної діяльності студентів вищої сільськогосподарської школи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.04 "Теорія та методика професійної освіти" / Л.Л. Головка. – К., 2000. – 16 с.
2. Жалдак М. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики / М. Жалдак, В. Лапінський, М. Шут // Інформатика. – 2006. – № 3 – 4. – 95 с.
3. Качурівський В.О. Організація самостійної роботи студентів агроколеджів із набуття умінь та навичок практичного застосування комп'ютерної техніки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.04 "Теорія та методика професійної освіти" / В.О. Качурівський. – Хмельницький, 2004. – 18 с.
4. Лобода Т.М. Педагогічні умови організації самостійної роботи студентів педагогічного коледжу у процесі викладання української мови: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.02 "Теорія та методика навчання" / Т.М. Лобода. – К., 2001. – 21 с.
5. Мороз В.Д. Самостійна навчальна робота студентів / В.Д. Мороз. – Х.: ХМК, 2003. – 64 с.
6. Муковіз О.П. Самостійна робота як організаційна форма студентів вищих навчальних закладів / О. Муковіз // Вища освіта України (додаток 1). Тематичний випуск "Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технології" – К.: "Гнозис", 2009. – № 3. – С. 217 – 219.
7. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии / С.Л. Рубинштейн – Спб.: Питер, 2005. – 713 с.

References.

1. Golovko L.L. Formation of experience of independent activity of students of the higher agricultural school: author's ref. dis. for science. degree of Cand. ped. Science: special. 13.00.04 "Theory and methods of professional education" .- K., 2000. - 16 p.
2. Zhaldak M. Computer-oriented teaching aids for mathematics, physics, computer science / M. Zhaldak, V. Lapinsky, M. Shut. Informatics. – 2006. – № 3 - 4. – 95 p.
3. Kachurivsky V.O. Organization of independent work of students of agricultural colleges on acquisition of abilities and skills of practical application of computer equipment: author's ref. dis. for science. degree of Cand. ped. Science: special. 13.00.04 "Theory and methods of professional education" / V.O. Kachurivsky. - Khmelnytsky, 2004. - 18 p.
4. Loboda T.M. Pedagogical conditions of the organization of independent work of students of pedagogical college in the course of teaching of the Ukrainian language: author's ref. dis. for science. degree of Cand. ped. Science: special. 13.00.02 "Theory and methods of teaching" / T.M. Loboda. - K., 2001. - 21 p.
5. Moroz V.D. Independent educational work of students / V.D. Moroz. - H.: HMK, 2003. - 64 p.
6. Mukoviz O.P. Independent work as an organizational form of students of higher educational institutions / O. Mukoviz / Higher education of Ukraine (Appendix 1). Thematic issue "Higher school pedagogy: methodology, theory, technology" - K.: "Gnosis", 2009. - № 3. - P. 217 - 219.
7. Rubinstein S.L. Fundamentals of general psychology / S.L. Rubinstein - St. Petersburg: Peter, 2005. - 713 p.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-09>

УДК 330.43:519.8(045)

Радзіховська Лариса Миколаївна, к.пед наук, доцент<https://orcid.org/0000-0003-0185-8036>**Гусак Людмила Петрівна**, к.пед наук, доцент<https://orcid.org/0000-0002-0022-9644>**Панчук Юлія Степанівна**, здобувач вищої освіти

Вінницький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету, м. Вінниця, Україна

ПОБУДОВА БАГАТОФАКТОРНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ EVIEWS

Радзіховська Л.М., Гусак Л.П., Панчук Ю.С. Побудова багатофакторної регресійної моделі засобами програмного забезпечення Eviews. В статті розкрито особливості практичного застосування сучасних інформаційних технологій до здійснення прогнозування макроекономічних процесів на основі економетричних моделей. Для проведення аналізу оцінки впливу макроекономічних показників на динаміку господарської діяльності застосовано економіко-математичні методи, а саме – кореляційно-регресійний аналіз. Здійснено макроекономічне прогнозування показників реального валового внутрішнього продукту за допомогою економетричної моделі з використанням статистичного пакету Eviews. Використано статистичні дані (таблицю макроекономічних показників), проведено трендовий аналіз. Зроблено висновок про те, що за допомогою економетричного прогнозування можна оцінити майбутні тенденції розвитку економічних процесів. А використання сучасних інформаційних технологій (зокрема, програмного забезпечення Eviews, табличного процесора MS Excel) дозволяє це зробити швидко, наочно та зручно.

Ключові слова: багатофакторна регресія, програмне забезпечення Eviews, економетрична модель, економічне прогнозування трендовий й аналіз.

Радзиховская Л.Н., Гусак Л.П., Панчук Ю.С. Построение многофакторной регрессионной модели средствами программного обеспечения Eviews. В статье раскрыты особенности практического применения современных информационных технологий к осуществлению прогнозирования макроекономических процессов на основе эконометрических моделей. Для проведения анализа влияния макроекономических показателей на динамику хозяйственной деятельности применены экономико-математические методы, а именно – корреляционно-регрессионный анализ. Осуществлено макроекономическое прогнозирование показателей реального валового внутреннего продукта с помощью эконометрической модели средствами статистического пакета Eviews. Использованы статистические данные (таблицу макроекономических показателей), проведено трендовый анализ. Сделано вывод о том, что с помощью эконометрического прогнозирования можно оценить будущие тенденции развития экономических процессов. А использование современных информационных технологий (в частности, программного обеспечения Eviews, табличного процессора MS Excel) позволяет это сделать быстро, наглядно и удобно.

Ключевые слова: многофакторная регрессия, программное обеспечение Eviews, эконометрическая модель, экономическое прогнозирование, трендовый и анализ.

Radzikhovska L.M., Husak L.P., Panchuk Y.S. Construction of a multifactor regression model using Eviews software. The article is devoted to the disclosure of the peculiarities of the practical application of modern information technologies to the forecasting of macroeconomic processes on the basis of econometric models. Economic-mathematical methods, namely correlation-regression analysis, were used to analyze the impact of macroeconomic indicators on the dynamics of economic activity. Macroeconomic forecasting of real gross domestic product indicators was carried out using an econometric model with the growth of the Eviews statistical package. Statistical data (table of macroeconomic indicators) were used, trend analysis was performed. It is concluded that with the help of econometric forecasting it is possible to assess future trends in economic processes. And the use of modern information technologies (in particular, Eviews software, MS Excel spreadsheet) allows you to do it quickly, clearly and conveniently.

Key words: multifactor regression, Eviews software, econometric model, economic forecasting, trend and analysis.

Постановка наукової проблеми. Нині розвиток економічних процесів неможливий без передбачення майбутнього та прогнозування перспектив. Економічні прогнози необхідні для визначення шляхів розвитку суспільства й економічних ресурсів, що забезпечують його досягнення, для виявлення найімовірніших і економічно ефективних варіантів довготермінових, середньо термінових і поточних планів, обґрунтування основних напрямків економічної й технічної політики, передбачення наслідків прийнятих рішень і здійснюваних у даний момент заходів. В умовах науково-технічного прогресу й удосконалення економічної системи держави, прогнозування стає одним з вирішальних наукових факторів формування стратегії й тактики суспільного розвитку. Таким чином, сучасні умови вимагають максимального розширення фронту прогнозування, подальшого удосконалення методології й методики розроблення прогнозів. Чим вищий рівень прогнозування процесів суспільного розвитку, тим ефективнішим є планування й керування цими процесами в суспільстві [4].

Для аналізу та прогнозування економічних процесів найчастіше застосовуються економетричні моделі. Це клас економіко-математичних моделей, що використовується для дослідження, аналізу і

прогнозів різного рівня економічних систем. Вони містять функціональні регресійні рівняння, що виражають залежність між досліджуваною величиною та факторами, від яких вона залежить [1].

Причому очевидно, що на більшість економічних процесів як на мікро- та макrorівні, впливає зазвичай досить багато факторів. Тому доцільно описувати такі процеси за допомогою саме багатофакторних регресійних моделей. Оскільки побудова економетричних моделей ґрунтується на використанні значного масиву вхідних даних, то природньо нині таку обробку здійснювати з використанням сучасних інформаційних технологій. Економетричні моделі зручно реалізуються на комп'ютерах, оскільки базуються на часових рядах, отриманих за допомогою статистики. На відміну від структурних моделей вони не потребують значних затрат на підрахунки певних показників.

Розглянемо застосування з цією метою програмного забезпечення Eviews.

Eviews – це статистичний пакет для Windows, що використовується в основному саме для економетричного аналізу, орієнтованого на часові ряди. Він розроблений компанією QuantitativeMicroSoftware, яка зараз є частиною IHS. Переваги цього програмного продукту такі: він містить великий набір сучасних засобів у економетрії, легкий у вивченні командного синтаксису та інтерфейсу, швидкий, легкий у відтворенні моделей та отриманні графіків, дає можливість створення особистих макросів, одночасної роботи з декількома файлами. Зауважимо також, що Eviews є комерційним програмним забезпеченням, розробленим для економістів, і використовується при здійсненні складних економетричних процедур. Eviews має великий функціонал і включає в себе різні засоби, які можуть виконувати, зокрема, наступні операції: прогнозування по ринку, регресійний і макроекономічний аналізи, пошук закономірностей і залежностей даних під час аналізу, графічне моделювання, створення візуальних і наочних моделей для різних інформативних блоків [7].

Аналіз досліджень. Вивченню економетричних моделей присвячені праці Л. Клейп, Т. Хаавелмо. Значний вклад у вдосконалення методик економетричних досліджень внесли Дж. Хекман, Д. Макфедеп. Здійснення прогнозування за допомогою економічних моделей розкрито у дослідженнях Р. Фріша, Р. Клейна. Принципи побудови та практичного застосування регресійного аналізу закладено у працях О. Лентюк-Мельник, Д. Захарчук, Я. Хрущ, Т. Чупілко та ін [4], [9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Однак, залишаються малодослідженими питання, пов'язані з практичним застосуванням економетричних моделей для здійснення макроекономічного прогнозування.

Мета статті. Метою статті є розкриття особливостей практичного застосування сучасних інформаційних технологій (програмного забезпечення Eviews) до здійснення прогнозування економічних процесів на основі економетричних моделей.

Виклад основного матеріалу. Зауважимо, що основним завданням кореляційного аналізу є визначення виду та тісноти зв'язку між змінними даної економетричної моделі. Практичне використання регресійного аналізу в економічних дослідженнях дає змогу визначити, якою є отримана залежність між факторними ознаками, виражена рівнянням регресії, – достовірною чи випадковою [2], [3].

Сучасні економічні теорії в дослідженнях використовують апарат математичних моделей, ймовірнісні та статистичні методи аналізу цих моделей. Інструментом аналізу економічного об'єкта є методи математичної статистики (регресійного та кореляційного аналізу) та економетрії [5].

Для проведення аналізу оцінки впливу макроекономічних показників на динаміку господарської діяльності України застосуємо економіко-математичні методи, а саме – кореляційно-регресійний аналіз. Здійснимо макроекономічне прогнозування показників реального валового внутрішнього продукту за допомогою економетричної моделі з виростанням статистичного пакету Eviews, щоб спрогнозувати зріст або спад розвитку економіки на наступних 5 років.

Зауважимо, що валовий внутрішній продукт (далі ВВП) нині є найпоширеніший та найуніверсальніший показник для виміру економіки тієї чи іншої держави.

Таким чином, проведемо статистичний аналіз обсягів реального ВВП в Україні впродовж останніх десяти років, дослідивши вплив окремих факторів на темпи його зростання і скорочення. Для цього застосуємо багатофакторну регресійну модель.

Перед тим, як побудувати таку економетричну модель, визначимо основні чинники, які впливають на економічне зростання:

- Експорт у % до ВВП.
- Імпорт у % до ВВП.
- Інфляція.
- Курс долара США (відношення до гривні) (табл. 1) [6].

Таблиця 1. Макроекономічні показники

Роки	ВВП млн. грн	Курс долара США, грн	Імпорт у % до ВВП	Експорт у % до ВВП	Інфляція, %
2010	1 082 569	7,98	53,7	50,7	109,1
2011	1 302 079	7,96	59,2	53,8	104,6
2012	1 411 238	7,98	59,3	50,9	99,8
2013	1 454 931	7,99	55,4	46,9	100,5
2014	1 566 728	7,99	53,2	49,2	124,9
2015	1 979 458	15,76	54,8	52,8	143,3
2016	2 383 182	24	55,5	49,3	112,4
2017	2 982 920	27,19	54,3	47,9	113,7
2018	3 558 706	28,06	53,8	45,2	109,8
2019	3 974 564	27,68	49	41,2	104,1
2020	4 194 102	23,68	40,1	39	105

Побудуємо модель залежності ВВП від експорту, імпорту, інфляції та курсу долара по відношенню до гривні за допомогою використання економетричного пакету аналізу Eviews. Тоді багатofакторна лінійна регресійна модель матиме такий вигляд:

$$Y=f(\text{EXPORT}, \text{IMPORT}, \text{INFLATION}, \text{KURS_\$}),$$

$$y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_px_p+E$$

де y – незалежна змінна,

x_1, x_2, \dots, x_p – незалежні фактори,

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_p$ – параметри моделі,

E – похибка.

Результати розрахунків параметрів моделі подано на рис. 1.

Dependent Variable: GDP				
Method: Least Squares				
Date: 10/03/21 Time: 20:02				
Sample: 2010 2020				
Included observations: 11				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
EXPORT	-89246.77	65516.06	-1.362212	0.2220
IMPORT	-31206.29	44688.78	-0.698303	0.5111
INFLATION	1966.479	10834.40	0.181503	0.8619
KURS_ \$	75585.97	14997.28	5.039980	0.0024
C	6798236.	1410580.	4.819462	0.0029
R-squared	0.961359	Mean dependent var	2353680.	
Adjusted R-squared	0.935598	S.D. dependent var	1141936.	
S.E. of regression	289795.7	Akaike info criterion	28.29470	
Sum squared resid	5.04E+11	Schwarz criterion	28.47556	
Log likelihood	-150.6208	Hannan-Quinn criter.	28.18069	
F-statistic	37.31861	Durbin-Watson stat	2.079859	
Prob(F-statistic)	0.000224			

Рис.1. Результати розрахунку параметрів регресійної моделі

Тепер перевіримо значущість побудованої регресійної моделі:

Так як $\text{Prob}(F\text{-statistic}) = 0,000224$, що менше ніж 0,05 та 0,01 (рівень значущості), то можна сказати, що при будь-якому рівні вагомості існує значущість регресії.

Перевірка коефіцієнтів регресійної моделі:

Prob(EXPORT) = 0,222, що більше ніж 0,05 (рівень значущості), і тоді робимо висновок про незначущість змінної EXPORT при рівні значущості 0,05.

Такий же висновок робимо про елементи моделі IMPORT та INFLATION, оскільки вони мають значення 0,5111 і 0,8619 відповідно, що більше ніж 0,05 (рівень значущості).

Prob(KURS_\$) = 0,0024, що менше ніж 0,01 та 0,05 (рівень значущості), тоді можна сказати про значущість змінної KURS_\$ при будь-якому рівні значущості.

Наступним кроком є побудова кореляційної матриці (рис.2).

Correlation					
	GDP	EXPORT	INFLATION	IMPORT	KURS_\$
GDP	1.000000	-0.856481	-0.109271	-0.745035	0.903456
EXPORT	-0.856481	1.000000	0.368531	0.856498	-0.628803
INFLA...	-0.109271	0.368531	1.000000	0.048352	0.013762
IMPORT	-0.745035	0.856498	0.048352	1.000000	-0.484849
KURS_\$	0.903456	-0.628803	0.013762	-0.484849	1.000000

Рис. 2. Кореляційна матриця

Зауважимо, що кореляційна матриця оцінює зв'язок залежної змінної GDP(ВВП) з незалежними змінними EXPORT, IMPORT, KURS_\$ та INFLATION. Там, де зв'язок менше 0,7, не враховуються в подальшому аналізі і прогнозі. Тому, після проведення дослідження такі макроекономічні показники як експорт, імпорт та інфляція – відкидаються. Після здійснення корегування побудуємо нову модель.

Знову здійснимо перевірку значущості рівняння регресії:

Prob(F-statistic) = 0,000137, що менше ніж 0,05 та 0,01 (рівень значущості), тоді значущість регресії існує при будь-якому рівні значущості.

R-squared = 0,81 – це означає, що на 81,62% випадків зміни x призводять до змін y . Отже, можна зробити висновок, що модель адекватна.

Вибіркова регресійна модель дорівнюватиме:

$$GDP = 112423.7 * KURS_ \$ + 449938.4 \quad (1).$$

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
KURS_\$	112423.7	17781.31	6.322574	0.0001
C	449938.4	338922.2	1.327556	0.2170
R-squared	0.816233	Mean dependent var		2353680.
Adjusted R-squared	0.795814	S.D. dependent var		1141936.
S.E. of regression	516006.3	Akaike info criterion		29.30859
Sum squared resid	2.40E+12	Schwarz criterion		29.38094
Log likelihood	-159.1973	Hannan-Quinn criter.		29.26299
F-statistic	39.97494	Durbin-Watson stat		0.628109
Prob(F-statistic)	0.000137			

Рис. 3. Скоригована регресійна модель

Переходячи, до наступного кроку послідовності процесу прогнозування, спочатку зазначимо, що таке трендовий аналіз. Трендовий аналіз – інструмент дослідження макроекономічних явищ, який визначає тенденції розвитку національної економіки.

При здійсненні трендового аналізу доцільно застосовувати табличний процесор MS Excel [10].

Таким чином, за допомогою табличного процесора MS Excel побудовано графік функції курсу долара США за 2010-2020 рр., де незалежною змінною є відповідні роки.

Окрім того, знайдемо рівняння та значення рівня апроксимації лінійного тренду R^2 , де використаємо опцію «добавить линию тренда».

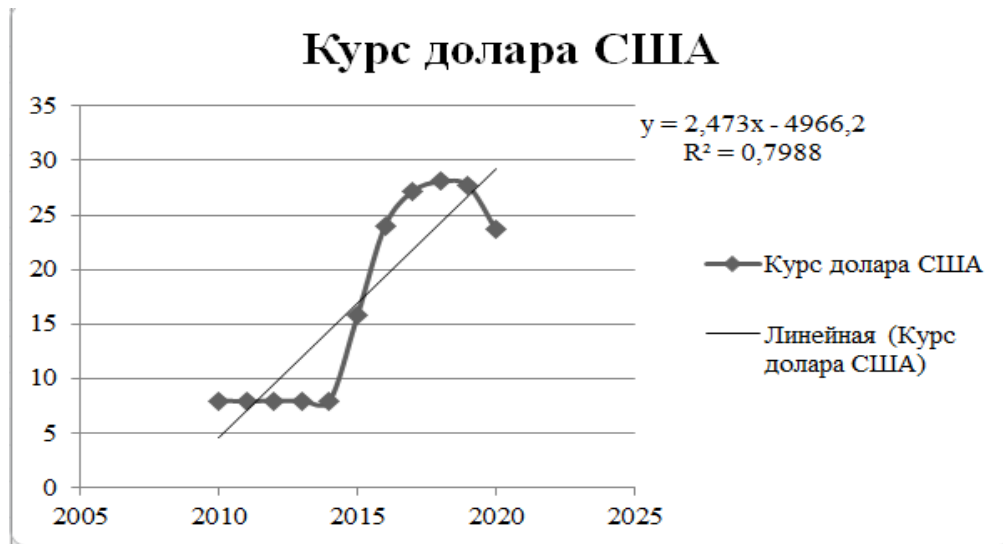


Рис. 4. Графік і рівняння тренду динамічного ряду курсу долара США

Отже, рівень апроксимації вказує на те, що лінія тренду на 79,8% наближається до достовірних даних. Рівняння тренду можна застосовувати для подальших прогнозів, якщо рівень апроксимації буде не менше 0,5.

Введемо таблицю, в якій зазначимо рівняння трендів та рівні апроксимації для досліджуваних чинників.

Таблиця 2. Рівняння трендів факторів ВВП

Найменування показника	Рівняння тренду	Рівень апроксимації
Курс долара США, грн.	$Y = 2,473x - 4966,2$	$R^2 = 0,7988$

На основі трендового аналізу був зроблений прогноз зазначеного вище чинника на майбутній період протягом 2021-2025 рр. Дані наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Прогнози показника на період 2021-2025 рр.

Роки	Курс долара США, грн
2021	26,153
2022	28,626
2023	31,099
2024	33,572
2025	36,045

Для того, щоб розробити сценарій прогнозу валового внутрішнього продукту підставляємо прогнозні значення макроекономічних факторів у відповідні формули. Найбільш імовірний сценарій прогнозу включає в собі прогнозні значення чинників, які були отриманні на основі досліджених рівнянь трендів та трендового аналізу.

Пропонуємо найбільш імовірний варіант розрахунку рівня ВВП за допомогою формули (1). Після розрахунків у таблицю 4 зведено результати аналізу факторів національної економіки, що найбільше впливають на її рівень розвитку і були введені у багатфакторну економетричну модель.

Таблиця 4. Сценарій прогнозу ВВП на 2021-2025 рр.

Прогноз показника за роками	Найбільш імовірний сценарій прогнозу ВВП
2021	4 756 464
2022	5 318 826
2023	5 881 188
2024	6 443 550
2025	7 005 912

З даних таблиці прослідковуємо, що показник реального ВВП держави буде щорічно збільшуватись.

Однак, зауважимо, що недоліком планування на основі екстраполяції тенденцій є те, що майбутнє передбачити з великою мірою точності неможливо за умов підвищеної нестабільності факторів, що має місце в економіці України [8].

Висновки та перспективи подальшого дослідження. З результатів дослідження можемо зробити висновки, що за допомогою економетричного прогнозування можна здійснити майбутні тенденції розвитку економічних процесів. А використання сучасних інформаційних технологій (зокрема, програмного забезпечення Eviews, табличного процесора MS Excel) дозволяє це зробити швидко, наочно та зручно. Однак, в економіці України має місце нестабільність факторів, що не дає можливість здійснювати довгострокові прогнози.

Список бібліографічного опису

1. Бондар М.В., Рудомін Г.А. Економетрія. Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи студентів з використанням ППК (2013), 107 с.
2. Корольов О., Рязанцева В. Практикум з економетрії: завдання з практичними рекомендаціями, алгоритмами та прикладом їх наскрізного виконання: навч. посібник (2002), 250 с.
3. Кузьмичов А.І., Медведєв М.Г. Економетрія: навч. посібник (2014), 212 с.
4. Лентюк-Мельник О., Захарчук Д. Економетричне моделювання для аналізу та прогнозування основної діяльності підприємства (2016). *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці*. С. 165-170.
5. Оскара Д.В., Чернишев В.Г., Шинкаренко В.М. Економетричне моделювання регіональних ринків праці України (2017). *Проблеми системного підходу в економіці*. №2(58). С.164-170.
6. Офіційний сайт Міністерства фінансів України. URL : <https://minfin.com.ua/ua/>
7. Роїк М.В., Присяжнюк О.І., Денисюк В.О. Огляд програмних засобів статистичного аналізу даних (2017). *Ефективна економіка*. URL : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5676>.
8. Салига С.Я., Завадська Н.О. Трендовий аналіз грошових потоків як засіб інформаційного забезпечення процесу бюджетування в управлінському обліку (2012). *Бізнесінформ*. С.178-187.
9. Хрущ Я.В. Економетричне моделювання факторів, що впливають на динаміку регіональної структури зайнятості (2010). *Вісник Економічної науки України*. № 1(17). С.90-93.
10. Шибанін В.С., Шибаніна О.І., Хилько І.І., Домаскін М.А., Тищенко С.І., Жорова А.М., Єгорова М.О. Економетрія. Лабораторний практикум в EXCEL: навч. посібник (2012). 480 с.

References

1. Bondar M.V., Rudomin H.A. Ekonometriya. MetodychnivkazivkydoVykonnanyapratychnykhrobittaSamostiynoyirobotystudentiv z Vykorystannya PPK (2013), 107 s.
2. Korol'ov O., Ryazantseva V. Praktykum z ekonometriyi: zavdannya z praktychnymy rekomendatsiyamy, alhorytmamy ta prykladom yikh naskriznoho vykonannya: navch. posibnyk (2002), 250 s.
3. Kuz'myichov A.I., Medvedev M.H. Ekonometriya: navch. posibnyk (2014), 212 s.
4. Lentyuk-Mel'nyk O., Zakharchuk D. Ekonometrychne modelyuvannya dlya analizu ta prohnozuvannya osnovnoyi diyal'nosti pidpryyemstva (2016). *Matematychni metody, modeli ta informatsiyni tekhnolohiyi v ekonomitsi*. S. 165-170.
5. Oskara D.V., Chernyshev V.H., Shynkarenko V.M. Ekonometrychne modelyuvannya rehional'nykh rynkiv pratsi Ukrayiny (2017). *Problemy systemnoho pidkhdou v ekonomitsi*. №2(58). S.164-170.
6. Ofitsiynyy sayt Ministerstva finansiv Ukrayiny. URL : <https://minfin.com.ua/ua/>
7. Royik M.V., Prisyazhnyuk O.I., Denysyuk V.O. Ohlyad prohramnykh zasobiv statystychnoho analizu danykh (2017). *Efektyvna ekonomika*. URL : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5676>.
8. Salyha S.YA., Zavads'ka N.O. Trendovyy analiz hroshovykh potokiv yak zasib informatsiynoho zabezpechennya protsesu byudzhetuвання v upravlins'komu obliku (2012). *Biznesinform*. S.178-187.
9. Khrushch YA.V. Ekonometrychne modelyuvannya faktoriv, shcho vplyvayut' na dynamiku rehional'noyi struktury zaynyatosti (2010). *Visnyk Ekonomichni nauky Ukrayiny*. № 1(17). S.90-93.
10. Shebanin V.S., Shebanina O.I., Khy'l'ko I.I., Domaskin M.A., Tyshchenko S.I., Zhorova A.M., Yehorova M.O. Ekonometriya. Laboratornyy praktykum v EXCEL: navch. posibnyk (2012). 480 s.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-10>

УДК 004.93

Сердюк Ксенія Юріївна, магістр

П'ятикоп Олена Євгенівна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7731-3051>

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

ВИБІР МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ХОДЬБИ ЛЮДИНИ

Сердюк К. Ю., П'ятикоп О. Є. Вибір моделі прогнозування індивідуальних навантажень ходьби людини. Сучасний світ стикається з проблемою недостатньої фізичної і рухової активності людини, або гіподинамією. Особливо зараз це питання актуальне у зв'язку з пандемією Covid-19 та вимушеним переходом на дистанційну роботу та навчання. Сучасна людина в умовах популярною на сьогоднішній день сидячої роботи рухається вкрай мало. Найпростішим методом підвищення рухової активності людини є ходьба. Робота присвячується вирішенню проблеми прогнозування кількості кроків для людини з урахуванням його особливостей та попередніх показників. В статті наведено аналіз публікацій щодо визначення необхідної кількості кроків. Описано процес попередньої обробки реальних даних. Для моделювання в роботі обрано три методи прогнозування: метод простого усереднення (SMA), експоненціально зважене ковзне середнє (EWMA), авторегресійна інтегрована модель змінної середньої (ARIMA). Використовувані в роботі методи дозволять знайти кращий метод для прогнозування кількості майбутніх кроків людини.

Ключові слова: ходьба, крокомір, вінсоризація, прогнозування кроків, SMA, ARIMA, EWMA.

Сердюк К. Ю., Пятикоп Е. Е. Выбор модели прогнозирования индивидуальных нагрузок ходьбы человека. Современный мир сталкивается с проблемой недостаточной физической и двигательной активности человека, или гиподинамией. Особенно сейчас этот вопрос актуален в связи с пандемией Covid-19 и вынужденным переходом на дистанционную работу и учебу. Современный человек в условиях популярной на сегодняшний день сидячей работы движется крайне мало. Самым простым методом повышения двигательной активности человека является ходьба. Работа посвящается решению проблемы прогнозирования количества шагов для человека с учетом его особенностей и предыдущих показателей. В статье приведен анализ публикаций по определению необходимого количества шагов. Описан процесс предварительной обработки реальных данных. Для моделирования в работе выбраны три метода прогнозирования: метод простого усреднения (SMA), экспоненциально взвешенное скользящее среднее (EWMA), авторегрессионная интегрированная модель скользящей средней (ARIMA). Используемые в работе методы позволят найти лучший метод для прогнозирования количества будущих шагов человека.

Ключевые слова: ходьба, шагомер, винсоризация, прогнозирования шагов, SMA, ARIMA, EWMA.

Serdiuk K., Piatyko O. The choice of a model predicting the individual person's walking loads. The modern world is faced with the problem of insufficient physical and motor activity of a person, or physical inactivity. This issue is especially relevant now in connection with the Covid-19 pandemic and the forced transition to remote work and study. Modern man in the conditions of the currently popular sedentary work moves very little. The simplest method of increasing human motor activity is walking. The work is devoted to solving the problem of predicting the number of steps for a person, taking into account his characteristics and previous indicators. The article provides an analysis of publications to determine the required number of steps. The process of preliminary processing of real data is described. Three forecasting methods have been selected for modeling in the work: seasonal moving average (SMA), the exponentially weighted moving average (EWMA), and the autoregressive integrated moving average (ARIMA). The methods used in the work will allow finding the best method for predicting the number of future steps of a person.

Keywords: walking, pedometer, step prediction, winsorizing, SMA, ARIMA, EWMA.

Постановка наукової проблеми. В даний час до багатьох захворювань цивілізації додалася ще одна – гіподинамія, викликана малорухливим способом життя та зменшенням фізичної активності [1]. Основними причинами поширення малорухливого способу життя є розвиток автоматичних і роботизованих технологій, доступність використання моторизованого транспорту, поширення пасивних розваг на основі сучасних ІТ технологій. Усе це підвищує рівень комфорту людини, спрощує її життя, але з тим же негативно впливає на стан фізичного здоров'я. Також однією з впливових причин є поширення сидячої роботи. В цьому випадку працівник більшу частину робочого часу працює за робочим столом, комп'ютером, пультом управління тощо і не має достатньої активності в перебігу робочого дня. В кінці дня при такій роботі, у людини втомлюється тільки одна група м'язів - спини. Так само, це пасивні розваги, які мають один сценарій дій - людина сидить і дивиться.

Ситуацію посилила пандемія викликана Covid-19, яка змусила суспільство перейти на дистанційні форми навчання та роботи. Таким чином, пропала майже зовсім необхідність виходити з дому та рухатись.

Дані Всесвітньої організації охорони здоров'я ВООЗ (WHO's) показують, що часто малорухома поведінка має наступні несприятливі наслідки для здоров'я: підвищене ожиріння (збільшення ваги), погіршення кардіометаболічного здоров'я, фізичної форми, зменшена тривалість сну. А також провокує серцево-судинні захворювання, діабет 2 типу тощо [1-2]. Малорухливий спосіб життя розвивається посилено і стрімко починаючи з малого віку і закінчуючи людьми похилого віку. За даними ВООЗ в світі понад 80% підлітків і більше 36% дорослих недостатньо фізично активні. Особливо це йде про населення великих міст. Якби населення Землі було більш активним, можна було б запобігти до 5 мільйонів смертей

на рік. Люди, які недостатньо активні, мають на 20-30% підвищений ризик смерті в порівнянні з людьми, які досить активні [2-3].

На сьогоднішній день до фізичних активностей відносять не тільки цілеспрямовані заняття різними видами спорту, але і прогулянки, ігри, домашні справи, все те що призводить до дії рух тіла. Найпростіший і ефективний метод тренувань та поліпшення здоров'я людини, це ходьба, вона доступна всім. Рухи при ходьбі сприяють зміцненню м'язів і кісток, збільшують постачання крові всіх органів і стимулює кровообіг. Так само ходьба сприяє розвитку витривалості, зміцнює фізичну форму людини і запобігає виникненню захворювань.

Одне з найпоширеніших переконань є що оптимальна кількість кроків в день має бути 10000 для будь-якої людини. Але чи є ця планка абсолютної для сучасного світу, з огляду на те що це число було названо ще в 70-х роках минулого століття. Також кожна людина має свої особливості: спосіб життя, стан здоров'я, вік, вид діяльності. Також після ряду тренувань зникає інтерес і мотивація в продовженні своїх тренувань і підтримки здорового способу життя. Тому знаходження індивідуальної кількості кроків в день для кожної людини є актуальною і перспективною ідеєю для реалізації.

Метою роботи є дослідження моделей прогнозування для формування індивідуальних навантажень ходьби на основі показників кроків людини за певний період часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Існує безліч критеріїв, за якими визначають спосіб життя людини. Одним з таких критеріїв є кількість пройдених кроків в день. Це питання досліджують багато авторів. За рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я з питання фізичної активності і малорухливого способу життя [3] дітям і підлітком (у віці 5-17 років) слід присвячувати як мінімум 60 хвилин в день заняття фізичної активності, дорослим (у віці 18-64 років) і літнім людям слід приділяти не менше 150-300 хвилин на тиждень час для середньої інтенсивності фізичного навантаження або 75-150 хвилин для високої інтенсивності фізичного навантаження.

У статті [4] автори поставили собі за мету, зрозуміти скільки кроків в день буде досить для дорослої людини. Методом їх дослідження є огляд всіх статей за ключовими словами (педометр, акселерометр, кроки і фізична активність). Отримана інформація являє собою моніторинг певної групи людей за віком і виду діяльності, за певний час і відсоток людей, які подолали певну кількість кроків. За цими результатами автори статті визначили, що люди з обмеженими можливостями і хронічними захворюваннями проходять приблизно 4000 кроків; літні люди, що старше 65 років, проходять 5000-6000 кроків; показник для дорослих людей (20-65 років) становить 7000-8000 кроків, він же дорівнює і для дітей дошкільнят. Для підлітків (12-19 років) – це 9000 кроків, а діти (6-11 років) проходять від 10000 і до 15000. В результаті автори статті зробили висновок, що приблизно 7000-8000 кроків в день є розумним порогом фізичної активності, які пов'язані з поточним станом здоров'я населення.

Автори статті [5], Catrin Tudor-Locke та David R. Bassett J, пропонують класифікувати у здорових дорослих людей фізичну активність, яка визначається крокоміром, на основі минулих досліджень. Так вони поділили на 4 групи та визначили індекси: перша група – ті хто проходять менше 5000 кроків в день, вони задають в якості індексу - «індекс малорухливого способу життя»; друга група: 5000-7499 кроків в день типові для повсякденної активності, виключаючи спорт/вправи, і можуть вважатися «малоактивними»; третя група – 7500-9999 кроків, включає в себе деяку вольову діяльність, та/або підвищені вимоги до професійної діяльності, і може вважатися «в деякій мірі активним»; четверта група – ті хто проходять 10000 кроків у день, є точкою, яку використовують для класифікації людей як «активних». Особи, які роблять більш 12500 кроків у день, швидше за все, будуть класифіковані як «дуже активні». Так само автори публікації не виключають факт, того що в майбутніх досліджень, будуть включати в класифікацію фізичної активності, стан здоров'я людини (наприклад, ожиріння, серцево-судинні захворювання і діабет).

Автори публікації [6] провели дослідження серед вибірки студентів коледжу в США і описали амбулаторну фізичну активність. Вибірка складалася з 204 чоловіків і 237 жінки, віком 19-21 років. Протягом усього дослідження вони носили акселерометр з включеним циклом роботи протягом усіх годин денної активності протягом 7 днів. В результаті в середньому студенти набирали 11473 ± 2978 кроків в день протягом тижня. Найбільша кількість кроків було нараховано в п'ятницю 12325 ± 4612 кроків, а найменшу кількість кроків набирали в неділю - 9108 ± 4600 . За статевими ознаками відмінностей не виявлено. Так само підвели підсумки, що студенти активніші в будні ніж на вихідні дні. За результатами понад 67% відсотків студентів подолали поріг у 10 тис. кроків на день.

Метою роботи авторів [7] було вивчити взаємозв'язок між статтю людини, щоденним підрахунком кроків і показниками ожиріння у дорослих з восьми країн Латинської Америки. Проаналізувавши вибірки людей віком 18-65 років, визначили, що середня кількість кроків в день складала - 10600. Автори статті

виміряли показник ступеня ожиріння за допомогою окружності шиї і талі, індексом маси тіла людини, і прийшли до висновку, що у чоловіків була значна негативна кореляція між щоденним кількістю кроків і масою тіла індекс і окружність талії з поправкою на вік і соціально економічний рівням, а у жінок не було значущого зв'язку ні з одним з показників ожиріння.

Деякі автори пропонують своїми дослідженнями запобігти розвитку тієї чи іншої хвороби за допомогою щоденної ходьби. Так автори статті [8] досліджували ризики розвитку остеоартрозу колінного суглоба і розглянули скільки потрібно пройти людині в день, щоб запобігти ризикам. Так результати були такими, що збільшення на 1000 кроків додатково в день, зменшують на 16% і 18% функціональні обмеження людини, які були пов'язані з остеоартрозом колінного суглоба і якщо кількість кроків в день перевищує 6000, то цей показник захищає від ризику розвитку цього захворювання.

Оскільки ментальне здоров'я пов'язано безпосередньо з фізичним, то автори дослідження [9] вивчали вплив 100-денної програми, що складається з 10000 кроків, на ознаки депресії, занепокоєння і стресу, а також на загальне самопочуття з використанням стандартної психологічної шкали. Результатом стало, то що при щоденній ходьбі проявляється стійкий вплив на всі показники психічного здоров'я незалежно, чи досягла людина позначки в 10000 кроків у день.

Так само автори зачіпають тему зв'язку між інтенсивністю кроків і смертністю. Так автори статті [10] вивчали це питання серед літніх жінок протягом 4 років. Група жінок носили акселерометри 7 днів на тиждень. Отриманий результат показав, що серед жінок, які в середньому робили приблизно 4400 кроків в день, рівень смертності за період спостереження був значно нижче в порівнянні з найменш активними жінками, які робили близько 2700 кроків в день. У міру збільшення кількості кроків в день рівень смертності поступово знижувався до рівня приблизно 7500 кроків в день.

Мотиваційна проблема є однією з основних в низькій фізичної активності. Тому автори дослідження [11] та [12] взяли різні підходи до дослідження цієї проблеми. Автори статті [11] дослідили вплив мобільних технологій здорового способу життя на мотивацію підлітків (13-14 років) до фізичної активності. Протягом 8 тижнів учні школи носили фітнес браслети і заповнювали анкети та давали інтерв'ю до і після тестування, які оцінювали мотиваційну регуляцію і задоволення психологічних потреб. Результатом стало, що в кінці експерименту, за опитуванням учнів, у них знизилася мотивація. Отримані дані свідчать що на початку експерименту простежено підвищення мотивації через почуття конкуренції, провини і внутрішнього тиску. Учні повідомив про те, що займалися фізичною активністю для розваги протягом 8-тижневого періоду, і рішуче повідомив, що вони були змушені займатися фізичною активністю через змагання. Також з'ясувалося, що запропонована зовні мета фізичної активності в 10000 кроків діяла як джерело контрольованої мотивації, але ця цифра для них робила додатковий тиск, через можливої недосягнутої мети.

Дослідники в статті [12] вивчили ефективність крокоміра як мотиваційного інструменту для поліпшення ходьби. Для цього розділи учасників на дві групи: група втручання – хто слідував чотириденній програмі ходьби з покроковими цілями і група порівняння – ті хто слідував еквівалентної чотириденній програмі ходьби з цілями встановленими в хвилини. Результат був таким, що обидві групи значно збільшили кількість кроків у порівнянні з вихідним рівнем до 4 тижні без істотної різниці між групами. Однак значно більшу кількість учасників в групі втручання в порівнянні з групою порівняння досягли своїх цілей на 4 тижні. І далі експеримент продовжився по 52-й тиждень, в результаті тільки 2 учасника (групи втручання) з 50, заявили що носять крокомір регулярно.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. На основі аналізу публікацій було виявлено час, за який можна отримати достатній результат для визначення подальшої активності людини. Цей показник варіюється з одного тижня до декількох місяців, тому можна сказати що досить одного тижня для визначення способу життя людини [5], але оскільки цей результат буде не достатньо повно відображати весь період активності, то для початкового наближення візьмемо період у три місяці.

В якості набору даних для подальшого вивчення взяли реальні дані користувача, безкоштовного мобільного додатку Samsung Health [13], за період активності у 5 місяців (лютий – червень 2020 року).

При експорті даних з додатка, отримали 26 файлів формату CSV і 4100 файлів формату JSON, які містять багато інформації з різних датчиків мобільного пристрою, підрахунку всіляких показників (наприклад, кроків, пульсу і часу тренувань). Для подальшого дослідження, нас цікавить тільки показники кроків користувача за певний період часу. З отриманого файлу, нас цікавить дані по початку часу активності (create_time) і кількість кроків (walk_step_count), відзначені червоним кольором відповідні колонки (Рис.1).

Експортовані дані представлені на Рис. 2. синім кольором. Як видно з Рис. 2 дані мають екстремальні та нульові значення, які в подальшому можуть вплинути на результат обробки. Тому щоб

усунути вплив екстремальних значень, використовуємо вінсорізацію, тобто перетворення даних шляхом обмеження певного кордона, щоб усунути вплив викидів. Так встановили граничну межу для отриманих даних більше верхнього на 20% і нижнього на 30%, в подальшому для більшої кількості даних показник для нижньої межі встановимо 50%.

create_time	source_info	speed	distance	calorie	walk_step_count
2020-01-27 12:10:43	c20b6948-ba3a-4b5	1.2636039	7812.14	414.57	10553
2020-01-30 6:29:24	5003872d-fd4c-4cb1	1.363059	13136.46	714.05	17009
2020-01-28 22:21:39		3.0840595	7821.81	417.31998	10309
2020-01-27 22:00:00		2.138889	7812.14	414.57	10553
2020-01-31 22:00:00		4.7222223	6873.92	382.18	8882
2020-01-28 6:16:29	51a12228-52c5-409	1.3133451	7821.81	417.31998	10309
2020-02-03 22:00:30		3.666667	13657.569	880.52997	15204
2020-01-30 22:00:14		2.772543	13136.46	714.05	17009
2020-01-30 23:30:22	362e36b1-d1c0-431	1.4406121	6873.92	382.18	8882
2020-02-06 22:00:00		3.083333	9334.58	506.33	12019
2020-02-02 22:35:20	62b01cc1-c094-49a	1.8564616	13657.569	880.52997	15204
2020-02-06 9:15:15	7c1e79f3-c8cd-41f4	1.3838176	9334.58	506.33	12019
2020-01-29 6:56:35	9a5f033c-dc50-4714	1.3473431	10519.25	570.76	13823
2020-02-09 10:16:00	30bb44b7-521f-4b99	1.3336631	397.22	19.48	516
2020-02-02 22:00:00		4.2222223	8209.84	457.04	10852
2020-01-31 22:42:50	d52cd2d2-1680-44d	1.4153718	3292.96	179.55	4255
2020-02-04 7:51:55	3b42cddf-f34f-4922	1.2786459	6375.59	341.6	8430
2020-02-12 8:18:57	4d9a58ec-e5b7-436	1.4752904	1978.32	97.939995	2628
2020-02-05 22:00:00		2.7107856	9077.62	510.59998	12083
2020-02-07 8:15:04	17209f44-8c7a-4f0f	1.6374829	3791.39	207.47	4557
2020-02-08 22:00:13		3.075934	13971.66	760.52997	18623

Рис. 1. Файл користувача з підрахунком кількості кроків за кожен день.

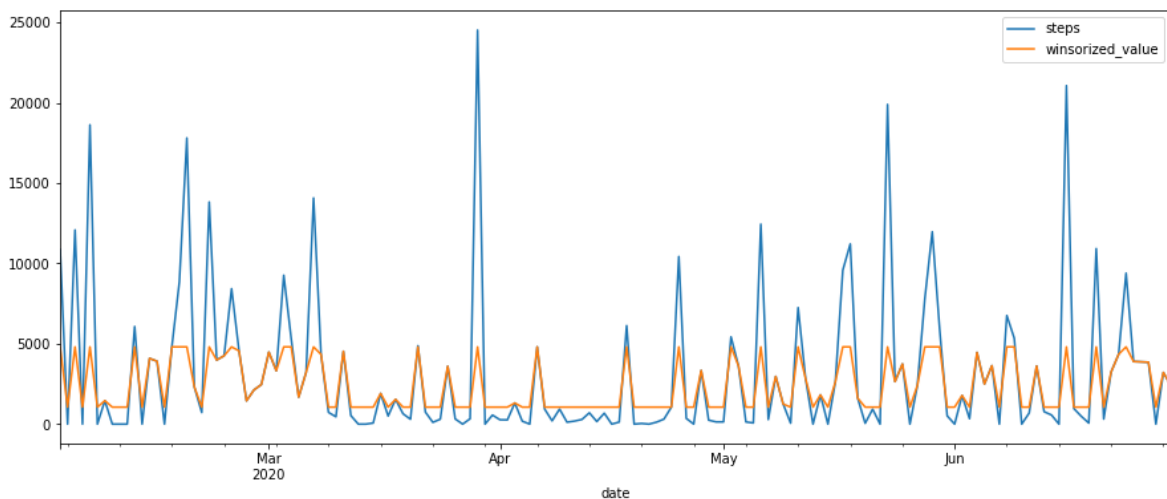


Рис. 2. Графік даних за період п'ять місяців (лютий – червень 2020 року).

Так само перевіримо дані на сезонність і загальну тенденцію, які представлені на рисунку 3, перший графік – це отримані дані після вінсорізації, другий – тренд, який визначається ковзної середньої, третій – сезонність, а четвертий - діаграма розкиду залишків.

Аналіз графіків (Рис. 3.) показав, що в підрахунку кроків є сезонність даних, у вигляді періоду часу - тиждень, тобто 7 днів. Для вирішення цієї проблеми будемо використовувати прогнозування подальших результатів на основі попередніх даних. У вирішенні цієї проблеми будуть використовуватися три методи прогнозування, для того щоб визначити метод за який, якомога менше витрачається час на прогнозування і отримується найбільш точний результат.

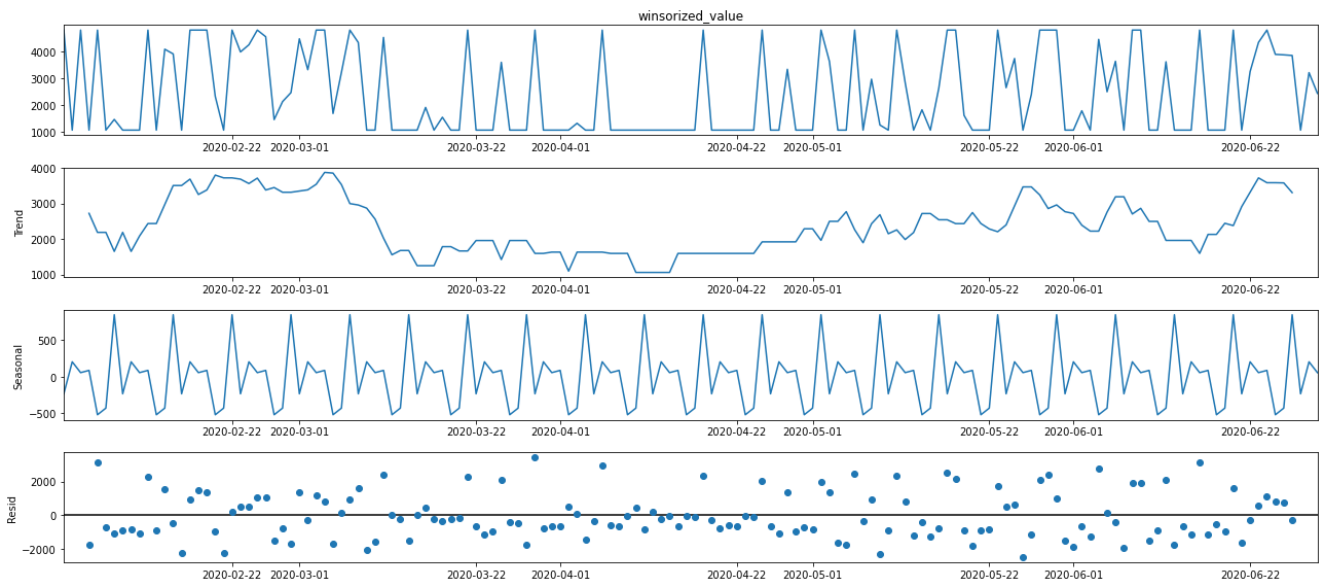


Рис. 3. Графік сезонності та загальності тенденції

Обрані методи для прогнозування:

1) Метод простого усереднення (SMA). Суть методу полягає в заміні вихідного часового ряду послідовністю середніх, що обчислюються на відрізку, який переміщається уздовж тимчасового ряду, як би ковзає по ньому. Цей метод, може допомогти згладити тенденцію зміни даних і, таким чином, дати більш реалістичний наближений результат;

2) Експоненціально зважене ковзне середнє (EWMA). Метою такого згладжування є передача більшої ваги останнім значенням, і меншої ваги більш раннім. Ми можемо сказати, що тиждень, найближча до дати передбачення, повинний мати більш важку вагу, ніж просте середнє значення. Саме тоді ми можемо використовувати експоненціальне зважене ковзне середнє.

3) Авторегресійна інтегрована модель змінної середньої (ARIMA). Моделі ARIMA надають більш складні методи для моделювання трендових і сезонних компонентів, ніж інші моделі, і дозволяють (в якості додаткової переваги) включати в модель незалежні (предикторні) змінні. [14-15]

Обрані методи було застосовано для вказаного раніше періоду Дані було розділено на навчальні та тестові. Прогнозування виконувалось на останній тиждень кожного періоду. Перевірка на найкращий метод буде здійснюватися за допомогою оцінки точності прогнозування часових рядів - це середня абсолютна помилка у відсотках (MAPE) і зважена абсолютна процентна помилка (WAPE) [14-15]. Результат для прикладу прогнозування за період лютий – квітень 2020 рік наведено показано в таблиці 1.

Таблиця 1. Результат прогнозування з методами оцінки

Методи	WAPE	MAPE
SMA	26,30%	15,25%
EWMA	19,39%	3,74%
ARIMA(0,1,1)(0,0,0)(7)	21,88%	4,59%

З таблиці видно, що для прикладу періоду лютий – квітень 2020 рік кращий метод з найменшою помилкою є експоненціально зважене ковзне середнє (EWMA). Але необхідно продовжити дослідження для покращення результатів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В роботі описано проблему сучасного суспільства – зменшення фізичної активності людини. Зазначено, що найпростіший шлях боротьби – це щоденна ходьба. Проаналізовано останні дослідження і публікації щодо визначення необхідної кількості кроків. Але при цьому необхідно мати рекомендації для кожної людини щодо індивідуальних навантажень відповідно до особистих параметрів: спосіб життя, стан здоров'я, вік, вид діяльності. Також варто враховувати підтримку мотивації до тренувань. Тому в роботі пропонується прогнозування кількості кроків, які необхідно зробити користувачу, на основі попередніх даних.

На основі аналізу публікацій по темі здорового способу життя та активності людини протягом певного кількості часу визначено відлік початку обробки і прогнозування даних. Проведено дослідження

реальних даних, що отримані експортуванням даних з мобільного додатку крокоміра. Визначено, що дані мають властивість сезонності і екстремальні значення. Тому для даних проведено вінсорізацію.

Для моделювання прогнозування було обрано три методи: метод простого усереднення (SMA), експоненціально зважене ковзне середнє (EWMA), авторегресійна інтегрована модель змінної середньої (ARIMA). Методи прогнозування дали такий результат, що методи простого усереднення та сезона авторегресійна інтегрована модель змінної середньої, вийшли кращими методами, на основі оцінки точності. Також модель авторегресії інтегрованого змінного середнього краще себе показує при великих відрізках даних з великою кількістю екстремумів для цього дослідження, а метод простого усереднення для менших відрізків відповідно. Але необхідно подальше дослідження іншою кількістю даних.

Список бібліографічного опису

1. Управління охорони здоров'я: Гіподинамія: до чого може призвести брак фізичної активності? [Електронний ресурс] URL: <http://www.medycyna.sm.gov.ua/index.php/uk/1207-gdhg>
2. Physical activity. [Електронний ресурс] URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
3. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2020. [Електронний ресурс] URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240014886>
4. Tudor-Locke, C., Craig, C.L., Brown, W.J. et al. (2011) How many steps/day are enough? for adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 8, 79.
5. Tudor-Locke C, Bassett Jr. DR. (2004) How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med.* 34 (1): 1–8.
6. Timothy K. Behrens and Mary K. Dinger (2005) *American Journal of Health Education.* 36 (4): 221-227.
7. Silvia Arribas Galagarra, Fátima Chacón-Borrego, Lzaskun Luis de Cos and Jose J. Muros Molina *Int. J. Environ. (2021) Res. Public Health,* 18(9), 4641.
8. White DK, Tudor-Locke C, Zhang Y, Fielding R, LaValley M, Felson DT, et al. (2014) Daily walking and the risk of incident functional limitation in kneeosteoarthritis: an observational study. *Arthritis Care Res (Hoboken);* 66(9):1328–36.
9. Hallam, K.T., Bilsborough, S. & de Courten, M. (2018) "Happy feet": evaluating the benefits of a 100-day 10,000 step challenge on mental health and wellbeing. *BMC Psychiatry* 18, 19.
10. Lee I, Shiroma EJ, Kamada M, Bassett DR, Matthews CE, Buring JE. (2019) Association of Step Volume and Intensity With All-Cause Mortality in Older Women. *JAMA Intern Med;*179(8):1105.
11. Kerner, C.; Goodyear, V.A. (2017) The motivational impact of wearable healthy lifestyle technologies: A self-determination perspective on Fitbits with adolescents. *Am. J. Health Educ.* 48, 287–297.
12. Baker G, Mutrie N, Lowry R. (2008) Using pedometers as motivational tools: are goals set in steps more effective than goals set in minutes for increasing walking? *Int J Health Promot Educ.* 46:21–6.
13. Extract Health Data From Your Samsung Device [Електронний ресурс] / URL: <https://towardsdatascience.com/extract-health-data-from-your-samsung-96b8a2e31978>
14. Бідюк, П. І. Аналіз часових рядів [Електронний ресурс] : навчальний посібник / П. І. Бідюк, В. Д. Романенко, О. Л. Тимошук ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 8,42 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. - Назва з екрана.
15. Чумаченко Д.І., Чумаченко Т.О. Математичні моделі та методи прогнозування епідемічних процесів: монографія. – Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 180 с.

References

1. Health Department: Physical inactivity: what can lack of physical activity lead to? URL: <http://www.medycyna.sm.gov.ua/index.php/uk/1207-gdhg>
2. Physical activity. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
3. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2020. [Електронний ресурс] URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240014886>
4. Tudor-Locke, C., Craig, C.L., Brown, W.J. et al. (2011) How many steps/day are enough? for adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 8, 79.
5. Tudor-Locke C, Bassett Jr. DR. (2004) How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Med.* 34 (1): 1–8.
6. Timothy K. Behrens and Mary K. Dinger (2005) *American Journal of Health Education.* 36 (4): 221-227.
7. Silvia Arribas Galagarra, Fátima Chacón-Borrego, Lzaskun Luis de Cos and Jose J. Muros Molina *Int. J. Environ. (2021) Res. Public Health,* 18(9), 4641.
8. White DK, Tudor-Locke C, Zhang Y, Fielding R, LaValley M, Felson DT, et al. (2014) Daily walking and the risk of incident functional limitation in kneeosteoarthritis: an observational study. *Arthritis Care Res (Hoboken);* 66(9):1328–36.
9. Hallam, K.T., Bilsborough, S. & de Courten, M. (2018) "Happy feet": evaluating the benefits of a 100-day 10,000 step challenge on mental health and wellbeing. *BMC Psychiatry* 18, 19.
10. Lee I, Shiroma EJ, Kamada M, Bassett DR, Matthews CE, Buring JE. (2019) Association of Step Volume and Intensity With All-Cause Mortality in Older Women. *JAMA Intern Med;*179(8):1105.
11. Kerner, C.; Goodyear, V.A. (2017) The motivational impact of wearable healthy lifestyle technologies: A self-determination perspective on Fitbits with adolescents. *Am. J. Health Educ.* 48, 287–297.
12. Baker G, Mutrie N, Lowry R. (2008) Using pedometers as motivational tools: are goals set in steps more effective than goals set in minutes for increasing walking? *Int J Health Promot Educ.* 46:21–6.
13. Extract Health Data From Your Samsung Device / URL: <https://towardsdatascience.com/extract-health-data-from-your-samsung-96b8a2e31978>

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-11>

УДК 658.512

Філь Наталія Юріївна, к.т.н., доцент<https://orcid.org/0000-0003-2081-7176>**Кудирко Ольга Миколаївна**, асистент.<https://orcid.org/0000-0002-0858-9580>

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна.

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ РОБІТ МІЖ ПРАЦІВНИКАМИ НА СКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА

Філь Н. Ю., Кудирко О.М. Нечітка модель розподілу робіт між працівниками на складі підприємства. Розроблено нечітку модель розподілу робіт між працівниками. Наведено приклад розподілу робіт між працівниками на складі підприємства з застосуванням теорії нечітких множин. Використання моделі дозволяє оптимально розподілити роботи між працівниками відповідно до принципу поєднання можливостей і бажаність, комплексно врахувати їх знання та досвід, психофізіологічне профілювання, а також знизити їх завантаженість. Розрахунки виконувалися в Microsoft Excel.

Ключові слова: склад, нечітка множина, функція належності, психофізіологічні характеристики кандидатів, посади, Microsoft Excel.

Филь Н.Ю., Кудырко О.Н. Нечеткая модель распределения работ между работниками на складе предприятия. Разработана нечеткая модель распределения работ между работниками. Приведен пример распределения работ между работниками на складе предприятия с применением теории нечетких множеств. Использование модели позволяет оптимально распределить работы между работниками в соответствии с принципом сочетания возможностей и желательности, комплексно учесть их знания и опыт, психофизиологическое профилирование, а также снизить их загруженность. Расчеты выполнялись в Microsoft Excel.

Ключевые слова: склад, нечеткое множество, функция принадлежности, психофизиологические характеристики кандидатів, должности, Microsoft Excel.

Fil N., Kudyрко O. A fuzzy model for distributing work between workers in the warehouse of an enterprise. A fuzzy model for distributing work between employees has been developed. An example of the distribution of work between workers in the warehouse of the enterprise using the theory of fuzzy sets is given. Using the model allows optimal distribution of work between employees in accordance with the principle of combining opportunities and desirability, comprehensively take into account their knowledge and experience, psychophysiological profiling, and also reduce their workload. Calculations were performed in Microsoft Excel.

Keywords: composition, fuzzy set, membership function, psychophysiological characteristics of candidates, positions, Microsoft Excel.

Постановка наукової проблеми. У сучасній світовій економіці все більшу увагу приділяють підвищенню ефективності роботи складів різних підприємств.

Склад є складною системою зі своїми взаємозв'язками та внутрішніми процесами. Основна та першочергова мета створення складів підприємств полягає в розміщенні та зберіганні товарно-матеріальних цінностей, своєчасному забезпеченні виробництва необхідною сировиною, матеріалами та комплектуючими для здійснення безперебійного виробничого циклу [1]. Сьогодні роль складів у логістичній системі підприємства країни змінилася. На даному етапі розвитку економіки склад підприємства виступає цілісною та необхідною ланкою логістичного ланцюга підприємства, крізь яке відбувається перетворення та переміщення матеріальних ресурсів.

Розглянемо позитивні і негативні сторони складського господарства.

Забезпечення вирівнювання виробництва, розподіл і концентрація запасів, створення необхідних технічних та організаційних умов для комплектації вантажів – це позитивна роль складування [2].

Негативною стороною складування є збільшення вартості товару за рахунок витрат з утримання запасів на складах. У такі витрати входить оренда складу, витрати на його утримання і т.д.

Зберігання та концентрація запасів, забезпечення ритмічного та безперебійного постачання замовлень до споживачів – основне призначення складів [2].

Склад є лише елементом системи вищого рівня – логістичного ланцюга підприємства, який формує основні та технічні вимоги до складської системи, встановлює цілі та критерії її оптимального функціонування [2]. Для оптимального функціонування складські технологічні процедури повинні бути оптимально сплановані.

Сучасний склад обов'язково оснащено автоматизованою системою контролю за складськими процедурами й управління обліком потоку товарних і грошових цінностей. [3]. Використання системи

автоматизації складу значно збільшує дієвість роботи складу, зменшує необхідні об'єми резервів і збільшує товарообіг, зменшує період виконання складських процедур і максимізує їх чіткість.

Підвищення вимог до ефективності складських процесів через зростання конкуренції та темпів бізнесу, оптимізація витрат, дефіцит складських кадрів – такі реалії сучасної складської логістики дистриб'юторів, виробників і рітейлерів [3].

Кількість працівників, які обслуговують склад, і устрій апарату персоналу в основному залежать від обсягів товарообігу, переліку товару, який зберігаються на складі підприємства. Найбільш важливими тенденціями координації роботи на складі підприємства є: дослідження розумних форм роздроблення й об'єднання роботи складського персоналу, координація та сервіс робочих місць, дослідження та розподіл нових прийомів і методик роботи при виконанні складських процедур, раціональна організація та підвищення кваліфікації персоналу, розробка відповідних умов роботи та техніка безпеки [4].

Пандемія заморозила розвиток складського ринку, замістивши поточну модернізацію екстреної адаптацією до мінливих умов.

Пандемія привела до різкого збільшення кількості клієнтів e-commerce, особливо в великих містах. Логістичним компаніям доводилось адаптуватися під нові вимоги, розширюватися, проводити модернізацію складського господарства, щоб зробити термінали не тільки зручними, але і безпечними для клієнтів.

Під час пандемії були впроваджені такі методи підвищення ефективності складів:

- підвищення щільності зберігання на 1 кв. м., тобто ущільнення зберігання в комірках;
- оптимізація технологічних процесів обробки транспортних засобів;
- оптимізація процесу підбору вантажу на замовлення [5].

Все це дозволило зменшити час на підготовку замовлення.

Першочерговим завданням для складських операцій під час пандемії стає оперативний і чіткий одночасний збір і відвантаження великої кількості замовлень. Тому, ефективна робота складу багато в чому залежить від персоналу складу підприємства та його мотивації на ефективну роботу.

Аналіз досліджень. В роботі [6] розглядається застосування методу «Фотографія робочого дня». Метод дозволяє визначити штатну чисельність працівників організації для оптимального розподілу посадових обов'язків.

В роботі [7] описано найбільш типові проблеми роботи складських комплексів, що перешкоджають ефективній організації складування, обробки вантажів, виконання замовлень клієнтів. Перераховано основні етапи роботи таких комплексів і аналізуються основні дії на кожному етапі. У роботі розглядаються проблеми ефективної роботи персоналу. Виділено етапи роботи по збільшенню ефективності функціонування персоналу, розглянуто проблеми, з якими можна зіткнутися при підвищенні ефективності роботи складу.

У роботі [8] розглядаються задачі про призначення, що виникають при формалізації різних прикладних проблем. Автори пропонують розв'язання я задач з додатковими обмеженнями загального вигляду, а також алгоритми розв'язання для багатокритеріальних задач.

В роботі [9] розглядається задача про призначення співробітників на окремі роботи інноваційного проекту. Запропоновано використовувати підхід, що дозволяє застосувати нечіткі множини для оцінки часу виконання робіт по проекту за умови врахування індивідуальних особливостей співробітників, їх взаємодії та втоми.

Модель вибору кадрового забезпечення розроблена в роботі [10]. Модель дозволяє сформувати персонал офісу з урахуванням витратних критеріїв і кваліфікаційних, освітніх та психологічних якостей претендентів, які задано розміто.

Математична модель для порівняння кандидатів за результатами виконання тестових завдань з використанням теорії нечітких множин і нечіткої математики, що дозволяє формалізувати притаманні цьому процесу властивості суб'єктивності та невизначеності розроблена в роботі [11].

Задача про призначення широко використовується в прикладній діяльності і має множини інтерпретацій. Існують стандартні алгоритми пошуку оптимального рішення задачі про призначення з найпростішої лінійної моделлю, що дозволяють отримати точне рішення за поліноміальний час, наприклад, угорський метод [12]. Однак формулювання більшості прикладних задач про призначення не задовольняє найпростішої лінійної моделі. Часто запропоновані алгоритми рішення узагальнених задач про призначення характеризуються громіздкістю математичного апарату, який використовується, а також не завжди гарантують знаходження оптимального рішення, що може привести до значних

економічних втрат в контексті багатьох прикладних задач. Але запропоновані математичні методи і моделі не відображають нечіткий характер взаємодії різних суб'єктів. Використання методів нечітких множин дозволить вирішувати задачу розподілу робіт на складі враховуючи психо-фізіологічні характеристики кожного співробітника.

Метою дослідження є підвищення ефективності роботи складу за рахунок розробки моделі розподілу робіт між працівниками із застосуванням нечітких множин, що враховує психо-фізіологічні характеристики кожного співробітника

Об'єктом дослідження є процеси розподілу робіт між працівниками.

Предметом дослідження є модель розподілу робіт між працівниками на складі із застосуванням нечітких множин.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

- розробити нечітку модель розподілу робіт між працівниками;
- привести приклад використання розробленої моделі розподілу робіт між працівниками на складі підприємства з застосуванням нечітких множин.

Розробка моделі розподілу працівників із застосуванням нечітких множин. Розглянемо нечітку модель розподілу робіт, які виконуються на складі підприємства.

Очевидно, що розподіляючи різні роботи, керівник приймає рішення суб'єктивно оцінюючи можливості та здатності кожного працівника, ступінь його освіченості, знайомства з предметною галуззю, досвід роботи, ті чи інші риси характеру, завантаженість працівника протягом усього робочого часу і т.д. Розглянемо загальну постановку задачі розподілу робіт на складі підприємства.

Відомо

– множина робіт $X = \{x_i\}, (i = \overline{1, N})$ на складі підприємства, яку необхідно виконати за деякій період часу;

– множина характеристик кожної роботи $Y = \{y_j\}, (j = \overline{1, P})$;

– множина працівників $Z = \{z_k\}, (k = \overline{1, M})$, які працюють на складі підприємства. Кожен працівник ідрізняється ступенем переваги по відношенню до тієї чи іншої роботи. Ці переваги визначаються багатьма факторами.

Необхідно оптимально розподілити всі роботи серед працівників, тобто для кожного працівника Z_j сформуванати множину робіт $R_j\{x_i\}$, так щоб виконувалися вимоги $\bigcup_j R_j\{x_i\} = X$ та $\bigcap_j R_j\{x_i\} = \emptyset$.

У загальному випадку для кожного виду робіт можна сформуванати свій унікальний набір характеристик, але для простоти обчислень ми обмежимося лише декількома, найбільш загальними.

Кожній конкретній роботі та чи інша характеристика буде притаманний в деякій мірі.

Розглянемо, наприклад, характеристика «рівень кваліфікації». Рівень кваліфікації дозволяє співробітнику складу правильно розподілити робоче навантаження протягом всього робочого дня. Керівник може дати експертну оцінку значення функції приналежності конкретної роботи із всієї множини, які вимагають високої кваліфікації. Очевидно, що всі працівники складу мають різний рівень кваліфікації. Наприклад, для працівника, що має невеликий досвід роботи, вкрай важливим може бути характеристика «простота виконання», оскільки зі складною роботою він може не впоратися.

На першому кроці керівником складу проводиться експертна оцінка, яка дозволяє отримати формалізовану умову задачі.

Нехай $r: X \times Y \rightarrow [0, 1]$ – функція приналежності нечіткого бінарного відношення R , що задається за допомогою експерта. Ця функція виражає, в якій мірі конкретні роботи x_i властива характеристика y_j . Значення функції по конкретній роботі x_i запишемо в рядок (вийде рядок з p елементів), розташуємо ці рядки один під одним (всього таких рядків n штук).

Отже, R – нечітке відношення «Робота – Характеристика роботи», яке в матричній формі має вигляд:

$$R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 & \dots & y_p \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \xi(x_1, y_1) & \xi(x_1, y_2) & \dots & \xi(x_1, y_p) \\ \xi(x_2, y_1) & \xi(x_2, y_2) & \dots & \xi(x_2, y_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \xi(x_n, y_1) & \xi(x_n, y_2) & \dots & \xi(x_n, y_p) \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

де $\xi(x_n, y_1)$ функція приналежності нечіткого відношення R , що відображає ступінь приналежності характеристики y_j роботі x_i . Елементи кожного рядка матриці R показують, в якій мірі дана робота потребує наявності необхідних характеристик.

Нехай $s: Y \times Z \rightarrow [0, 1]$ – функція приналежності нечіткого бінарного відношення S . Для всіх $y \in Y$ і всіх $z \in Z$ $s(y, z)$ дорівнює ступеню важливості характеристики y_i для працівника z_j . У матричній формі це відношення має вигляд:

$$S = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & \dots & z_m \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{matrix} & \begin{bmatrix} \psi(y_1, z_1) & \psi(y_1, z_2) & \dots & \psi(y_1, z_m) \\ \psi(y_2, z_1) & \psi(y_2, z_2) & \dots & \psi(y_2, z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \psi(y_p, z_1) & \psi(y_p, z_2) & \dots & \psi(y_p, z_m) \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

де $\psi(y_j, z_k)$ функція приналежності нечіткого відношення S , що відображає ступінь важливості характеристики y_j для працівника z_k .

Іншими словами, матриця S відображає відносний ступінь важливості характеристик робіт y_1, y_2, \dots, y_p між працівниками z_1, z_2, \dots, z_m при виконання робіт множини X .

Композиція $T = R \otimes S$ бінарних нечітких відношень R і S дозволяє встановлює результуючий зв'язок між роботами та працівниками в формі нечіткого відношення «Робота – Працівник», що відображає ступінь переваги (можливості виконати) різні роботи (в залежності від їх характеристик) з боку працівників складу.

$$T = R \otimes S = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & \dots & z_m \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mu(x_1, z_1) & \mu(x_1, z_2) & \dots & \mu(x_1, z_m) \\ \mu(x_2, z_1) & \mu(x_2, z_2) & \dots & \mu(x_2, z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu(x_n, z_1) & \mu(x_n, z_2) & \dots & \mu(x_n, z_m) \end{bmatrix}, \end{matrix} \quad (3)$$

де $\mu(x_n, z_1)$ – функція приналежності композиції нечітких відношень, що відображає ступінь переваги працівником z_k виконати роботу x_i , визначається за формулою [13]:

$$\mu(x_i, z_k) = \frac{\sum_{j=1}^p \xi(x_i, y_j) \otimes \psi(y_j, z_k)}{\sum_{j=1}^p \xi(x_i, y_j)}, \quad (i = \overline{1, N}; k = \overline{1, M}) \quad (4)$$

Сума $\sum_{j=1}^p \xi(x_i, y_j)$ вказує на число найважливіших характеристик, які керівник використовує для оцінки роботи x_i . Таким чином, можна інтерпретувати як зважений ступінь прийнятності роботи x_i для працівника z_k .

Далі визначається матриця попарних переваг W , що показує ступінь прийнятності кожного виду роботи одночасно для кожної комбінації з двох працівників.

Матриця W дозволяє знайти поріг розподілу робіт, який визначається як ступінь прийнятності всієї множини робіт одночасно для всіх пар працівників.

Алгоритм обчислення порога розподілу робіт включає три кроки:

Крок 1. Визначаються максимальні значення за стовпцями матриці W .

Крок 2. З них вибирається мінімальна величина ω .

Крок 3. У матриці T знаходиться найбільший елемент строго менший, ніж ω , який і є порогом поділу робіт λ .

Після того як поріг обрано, можна за стовпцями матриці T для кожного працівника z_k визначити рівневу множину L , тобто множину робіт, ступінь прийнятності якої для даної групи працівників перевищує або дорівнює порогу розподілу робіт λ .

Вага кожної групи працівників на складі, визначається за підсумками попередньої діяльності, задається ваговими функціями $\rho(z_k)$, ($k = \overline{1, M}$). Вагові функції можуть вимірюватися у відсотках або в частках від загального обсягу робіт.

Розподіл робіт між працівниками описується зваженим об'єднанням рівневих множин L_k :

$$L = \bigcup_{k=1}^p \rho(z_k) L_k. \quad (5)$$

Схема нечітких відношень, яка використовується для розв'язання задачі представлена на рис. 1.

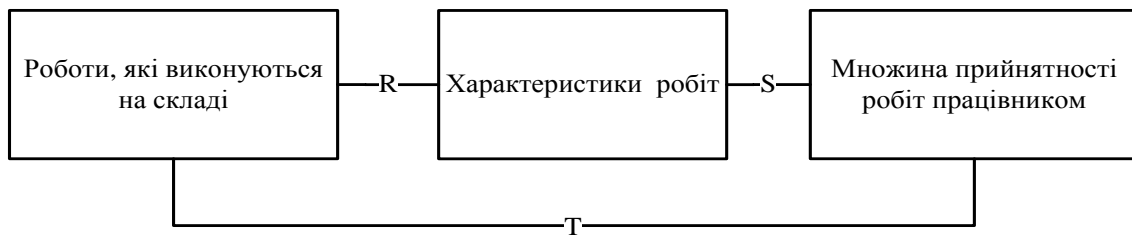


Рис. 1 Схема нечітких відношень в задачі розподілу робіт між працівниками

На наведеній схемі R – відношення приналежності характеристик робіт, S – відношення прийнятності характеристик робіт для працівників, T – відношення прийнятності працівників по роботах.

Розглянемо переваги використання даної моделі визначення розподілу робіт між працівниками на складі, заснованої на теорії нечітких відношень. Рішення задачі, допомагає керівнику оптимально розподілити роботи між працівниками відповідно до принципу поєднання можливості та бажаності, комплексно врахувати їх знання та досвід, а також знизити навантаженість.

Розглянемо приклад розподілу робіт між виконавцями складу підприємства з застосуванням теорії нечітких множин

Для ілюстрації розв'язання поставленої задачі розглянемо перелік робіт, які є на складі. x_1 – завідуючий складом; x_2 – логіст; x_3 – водій-експедитор; x_4 – комірник; x_5 – водій автотранспорту.

Роботу можуть виконувати множина робітників, $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_M\}$: z_1 – Петров; z_2 – Іванов; z_3 – Сидоров; z_4 – Васильєва; z_4 – Кухтін.

Позначимо через $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ множину характеристик кожної роботи: y_1 – швидкість і гнучкість мислення; y_2 – вміння швидко приймати рішення; y_3 – стійкість і концентрація уваги; y_4 – зорова пам'ять; y_5 – швидкість реакції; y_6 – рухова пам'ять; y_7 – фізична витривалість; y_8 – координація руху; y_9 – емоційного-вольова стійкість; y_{10} – відповідальність.

Функції приналежності нечітких множин для відповідних робіт (посад) представлено на Рис.2.

2		швидкість і гнучкість мислення	вміння швидко приймати рішення	стійкість і концентрація уваги	зорова пам'ять	швидкість реакції	рухова пам'ять	фізична витривалість	координація руху	емоційного-вольова стійкість	відповідальність	Сума
3	завідуючий складу	0.9	0.9	0.8	0.4	0.5	0.4	0.5	0.2	0.9	0.9	6.4
4	логіст	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.5	0.6	4.8
5	водій-експедитор	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7	6.9
6	комірник	0.4	0.4	0.8	0.6	0.2	0.2	0.4	0.3	0.6	0.8	4.7
7	водій автотранспорту	0.3	0.3	0.5	0.3	0.8	0.7	0.8	0.8	0.3	0.3	5.1

Рис. 2 Функції приналежності нечітких множин

Елементи матриці R показують, якою мірою кожна робота потребує різних характеристик у кандидатів на посади.

Представимо у матричному вигляді початкові дані функцій приналежності нечіткого відношення:

$$R = \begin{matrix} & & Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_4 & Y_5 & Y_6 & Y_7 & Y_8 & Y_9 & Y_{10} \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,9 & 0,9 & 0,8 & 0,4 & 0,5 & 0,4 & 0,5 & 0,2 & 0,9 & 0,9 \\ 0,8 & 0,8 & 0,6 & 0,3 & 0,3 & 0,3 & 0,2 & 0,2 & 0,5 & 0,6 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,6 & 0,9 & 0,8 & 0,9 & 0,8 & 0,7 & 0,7 \\ 0,4 & 0,4 & 0,8 & 0,6 & 0,2 & 0,2 & 0,4 & 0,3 & 0,8 & 0,8 \\ 0,3 & 0,3 & 0,5 & 0,3 & 0,8 & 0,7 & 0,8 & 0,8 & 0,3 & 0,3 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Функції приналежності психофізіологічного профілювання кандидатів на посади представлено на Рис. 3.

	Петров	Іванов	Сидоров	Васильєва	Кухтін
швидкість і гнучкість мислення	0.9	0.8	0.7	0.9	0.7
вміння швидко приймати рішення	0.6	0.4	0.6	0.5	0.6
стійкість і концентрація уваги	0.5	0.2	0.3	0.8	0.7
зорова пам'ять	0.5	0.9	0.5	0.8	0.4
швидкість реакції	0.9	0.6	0.5	0.6	0.4
рухова пам'ять	0.3	0.5	0.9	0.7	0.7
фізична витривалість	0.5	0.8	0.9	0.5	0.4
координація руху	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5
емоційного-вольова стійкість	0.8	0.9	0.3	0.5	0.6
відповідальність	0.3	0.5	0.5	0.6	0.8

Рис. 3. Функції приналежності психофізіологічного профілювання кандидатів на посади

Представимо у матричному вигляді функції приналежності психофізіологічного профілювання кандидатів на посади. Матриця S відображає відносну ступінь важливості психофізіологічних характеристик y_1, y_2, \dots, y_r у кандидатів z_1, z_2, \dots, z_m при розподілу на роботи X.

$$S = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 & z_5 \\ y_1 & \begin{bmatrix} 0,9 & 0,8 & 0,7 & 0,9 & 0,1 \end{bmatrix} \\ y_2 & \begin{bmatrix} 0,6 & 0,4 & 0,8 & 0,5 & 0,6 \end{bmatrix} \\ y_3 & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,2 & 0,3 & 0,8 & 0,7 \end{bmatrix} \\ y_4 & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,9 & 0,5 & 0,8 & 0,4 \end{bmatrix} \\ y_5 & \begin{bmatrix} 1 & 0,6 & 0,5 & 0,7 & 0,8 \end{bmatrix} \\ y_6 & \begin{bmatrix} 0,4 & 0,5 & 1 & 0,7 & 0,4 \end{bmatrix} \\ y_7 & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,8 & 0,9 & 0,5 & 0,8 \end{bmatrix} \\ y_8 & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,6 & 0,5 \end{bmatrix} \\ y_9 & \begin{bmatrix} 0,8 & 1 & 0,2 & 0,5 & 0,6 \end{bmatrix} \\ y_{10} & \begin{bmatrix} 0,3 & 0,5 & 0,9 & 0,6 & 0,8 \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

Результат обчислення матриці T за формулою (3) представлено на Рис. 4.

	Петров	Іванов	Сидоров	Васильєва	Кухтін
Петров	0.60	0.61	0.55	0.64	0.61
Іванов	0.60	0.57	0.54	0.66	0.63
Сидоров	0.58	0.63	0.59	0.61	0.57
Васильєва	0.56	0.60	0.52	0.65	0.61
Кухтін	0.57	0.61	0.60	0.60	0.55

Рис. 4. Розрахунок матриці T

Фактично в цій формулі в чисельнику стоїть число, яке вийшло б при знаходженні додатку матриць R та S, а в знаменнику – сума елементів відповідного рядка матриці R.

$$T = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 & z_5 \\ x_1 & \begin{bmatrix} 0.6 & 0.61 & 0.55 & 0.64 & 0.61 \end{bmatrix} \\ x_2 & \begin{bmatrix} 0.6 & 0.57 & 0.54 & 0.66 & 0.63 \end{bmatrix} \\ x_3 & \begin{bmatrix} 0.58 & 0.63 & 0.59 & 0.61 & 0.57 \end{bmatrix} \\ x_4 & \begin{bmatrix} 0.56 & 0.60 & 0.52 & 0.65 & 0.61 \end{bmatrix} \\ x_5 & \begin{bmatrix} 0.57 & 0.61 & 0.60 & 0.60 & 0.55 \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

Далі визначається матриця попарних переваг W за формулою (Рис. 5).

$$W = \begin{bmatrix} \min\{t(x_1, z_1), t(x_1, z_2)\} & \dots & \min\{t(x_1, z_m), t(x_1, z_1)\} \\ \dots & \dots & \dots \\ \min\{t(x_n, z_1), t(x_n, z_2)\} & \dots & \min\{t(x_n, z_m), t(x_n, z_1)\} \end{bmatrix}.$$

Петров	Іванов	Сидоров	Васильєва	Кухтін
0.60	0.55	0.55	0.61	0.60
0.57	0.54	0.54	0.63	0.60
0.58	0.59	0.58	0.57	0.57
0.56	0.52	0.52	0.61	0.56
0.57	0.60	0.57	0.55	0.55

Рис. 5 Матриця попарних переваг W

$$W = \begin{bmatrix} 0.60 & 0.55 & 0.55 & 0.61 & 0.60 \\ 0.57 & 0.54 & 0.54 & 0.63 & 0.60 \\ 0.58 & 0.59 & 0.58 & 0.57 & 0.57 \\ 0.56 & 0.52 & 0.52 & 0.61 & 0.56 \\ 0.57 & 0.60 & 0.57 & 0.55 & 0.55 \end{bmatrix}.$$

У кожному стовпці матриці, отриманої на попередньому кроці, знаходимо максимальний елемент

$$w_{\max} = (0.60 \quad 0.60 \quad 0.58 \quad 0.63 \quad 0.60).$$

З них вибирається мінімальна величина $\omega = 0.58$.

У матриці T знаходиться найбільший елемент строго менший, ніж ω , який і є порогом поділу асортименту $\lambda = 0.59$.

Після того як поріг обраний, можна за стовпцями матриці T для кожного кандидата z_k визначаємо рівневу множину, тобто множину робіт, ступінь прийнятності яких для кандидата перевищує або дорівнює порогові поділу робіт λ (Рис. 6):

$$Q_1 = \{x_1\}, Q_2 = \{x_5\}, Q_3 = \{x_3\}, Q_4 = \{x_1, x_2, x_4\}, Q_5 = \{x_1, x_2\}.$$

	Петров	Іванов	Сидоров	Васильєва	Кухтін
завідуючий складу	0.60	0.55	0.55	0.61	0.60
логіст	0.57	0.54	0.54	0.63	0.60
водій-експедитор	0.58	0.59	0.58	0.57	0.57
комірник	0.56	0.52	0.52	0.61	0.56
водій автотранспорту	0.57	0.60	0.57	0.55	0.55

Рис. 6. Рекомендації з розподілу кандидатів на посади

Розглянуто задачу про призначення в разі декількох посад і декількох вакансій за допомогою методів нечіткої логіки, а саме за допомогою використання нечітких бінарних відношень.

Рішення задачі допоможе керівнику оптимально розподілити роботи між працівниками відповідно до принципу поєднання можливостей та бажаності працівників, комплексно врахувати їх знання та досвід, психофізіологічне профілювання, а також знизити їх завантаженість.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Складська діяльність це частина інтегрованої логістичної системи підприємства. Склад є важливою ланкою, яка може вносити суттєві додаткові витрати у фінансову діяльність підприємства. На сучасному етапі у складських операціях на перше місце виходить не збереження товарів, а оперативний та чіткий одночасний збір і відвантаження великої кількості замовлень. Тому, ефективна робота складу багато в чому залежить від персоналу складу.

Розроблено нечітку модель розподілу робіт між працівниками. Наведено приклад розподілу робіт між працівниками на складі підприємства з застосуванням теорії нечітких множин. Розрахунки виконувались у Microsoft Excel.

Наукова новизна: в роботі отримали подальший розвиток методи нечітких множин шляхом його поширення на нову предметну область розподіл робіт між працівниками.

Отримані результати будуть використані для розробки комп'ютерно-інтегрованої технології розподілу розподіл робіт між працівниками у вигляді програмно-методичних комплексів.

Список бібліографічного опису

1. Бойко Н.И. Погрузочно-разгрузочные работы и склады на железнодорожном транспорте: учебное пособие. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. 292 с.
2. Костюк О. С. Эффективное функционирование складской системы предприятия / О. С. Костюк, Н. Т. Гринів, М. В. Крук // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2010. – № 691 : Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. – С. 59–65.
3. Козлов, Е. Автоматизация складов: размер важнее содержания // ЛОГИСТИК&система. - 2012.- № 6. - С.18-24.
4. Терехов, С.С. Как организовать работу на складе // Консультант директора. - 2011. - №3. - С.8-14.
5. Бейсултанова, Б. Р. Направления повышения эффективности складской деятельности коммерческого предприятия / Б. Р. Бейсултанова, В. В. Нордин. — Текст : непосредственный // Вопросы экономики и управления. - 2016. - № 3.1 (5.1). - С. 61-65. - URL: <https://moluch.ru/th/5/archive/31/957/> (дата обращения: 01.10.2021).
6. Пивоварова В. В. Правильное распределение обязанностей – эффективная работа персонала организации // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. - 2010. - №5-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravilnoe-raspredelenie-obyazannostey-effektivnaya-rabota-personala-organizatsii> (дата обращения: 01.10.2021).
7. Зернов Е. В. Методы повышения эффективности работ складского комплекса // Economics. - 2017. - №2 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-povysheniya-effektivnosti-rabot-skladskogo-kompleksa> (дата обращения: 01.10.2021).
8. Леякова, Л. В. Харитонов А. Г., Чернышова Г. Д. Прикладные задачи о назначениях (модели, алгоритмы решения) // Вестник Воронежского государственного университета. - 2017. - № 2. - С. 22 – 27.
9. Титов, Ю. Применение нечетко множеств для решения задач в назначении сотрудников на работы инновационного проекта. Научный взгляд в будущее, - 1(15-01), С. 40–44. URL: <https://doi.org/10.30888/2415-7538.2019-15-01-036> (дата обращения: 01.10.2021).
10. Нефёдов Л. И., Петренко Ю. А., Кононыхин А. С. Модели выбора кадрового обеспечения офиса в условиях нечеткой информации // Вісник Національного технічного університету "ХПИ". Серія : Нові рішення в сучасних технологіях. 2014. № 26. С. 128-134.
11. Скороход С. В. Применение нечёткого подхода для оценки и подбора персонала // Исследовано в России. 2005. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-nychyotkogo-podhoda-dlya-otsenki-i-podbor-a-personala> (дата обращения: 01.10.2021).
12. Никонов, О. Я., Подоляка О. А., Подоляка А. Н., Скакалина Е. В. Математические методы решения многокритериальной задачи о назначениях // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету – 2011. № 5. С. 103 – 112.
13. Синкевич И. И., Медник В. И. Теория нечетких отношений как инструмент определения перспективного ассортимента // Управление экономическими системами, 2013. – 8 (56), С. 1-39: URL: <https://ideas.repec.org/a/scn/007255/14932271.html> (дата обращения: 01.10.2021).

References

1. Boiko N.I. Pogruzochno-razgruzochnye raboty i sklady na zheleznodorozhnom transporte: uchebnoe posobie [Loading and unloading operations and warehouses on railway transport: a textbook] (2011). Moscow: Uchebno-metodicheskii tsentr po obrazovaniiu na zheleznodorozhnom transporte, 292 p.
2. Kostjuk O. S., Gryniv N. T., Kruk M. V. Efektyvne funkcionuvannja sklads'koi' systemy pidpryjemstva [The effective functioning of enterprise warehousing system]. *Visnyk Nacional'nogo universytetu "Lviv'ska politehnika"*. 2010.vol. 691: Menedzhment ta pidpryjemnyctvo v Ukraїni: etapy stanovlennja i problemy rozvytku, pp. 59-65.
3. Kozlov, E. Avtomatizacija skladov: razmer vazhnee soderzhanija [Warehouse automation: size is more important than content]. *LOGISTIK&система*. 2012. vol. 6. pp.18-24.
4. Terehov, S.S. Kak organizovat' rabotu na sklade [How to organize work in a warehouse] *Konsul'tant direktora*. 2011. vol. 3. pp. 8-14.
5. Beisultanova B., Nordin V. Napravlenija povysheniya jeffektivnosti skladskoj dejatel'nosti kommercheskogo predpriyatija (2016) [Directions for improving the efficiency of warehousing activities of a commercial enterprise]. *Molodoj uchenyj*. vol. 10 (114). Available at: <https://moluch.ru/th/5/archive/31/957/> (Accessed 01.10.2021).
6. Pivovarova V. Pravil'noe raspredelenie obiazannostei – effektivnaja rabota personala organizatsii (2010) [Proper distribution of responsibilities is the effective work of the organization's staff] *Sovremennye tendentsii v ekonomike i upravlenii: novyi vzgliad*

- [Current trends in economics and management: a new look], vol. 5-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravilnoe-raspredelenie-obyazannostey-effektivnaya-rabota-personala-organizatsii> (Accessed: 01.10.2021).
7. Zernov E. Metody povysheniia effektivnosti rabot skladskogo kompleksa (2017) [Methods of increasing the efficiency of the warehouse complex]. *Economics*. vol.2 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-povysheniya-effektivnosti-rabot-skladskogo-kompleksa> (Accessed: 01.10.2021).
 8. Leliakova, L. Kharitonova A., Chernyshova G. Prikladnye zadachi o naznacheniiakh (modeli, algoritmy resheniia) (2017)[Applied assignment problems (models, solution algorithms)] *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*, vol. 2. pp. 22 – 27.
 9. Titov, Iu. Primenenie nechetko mnozhestv dlia resheniia zadach v naznachenie sotrudnikov na raboty innovatsionnogo proekta. (2019). [Application of fuzzy sets for the solution of tasks on fppointing employees to the works of the innovative Project] *Nauchnyi vzgliad v budushchee* [Scientific look into the Future], vol. 1(15-01), pp. 40–44. doi:10.30888/2415-7538.2019-15-01-036
 10. Nefedov L. I., Petrenko Iu. A., Kononykhin A. S. Modeli vybora kadrovogo obespecheniia ofisa v usloviiah nechetkoi informatsii [Models of office staffing in conditions of fuzzy information] *Visnyk NTU "KhPI"* [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2014, no. 269, pp. 128-134.
 11. Skorokhod S. V. Primenenie nechetkogo podkhoda dlia otsenki i podbora personala [Applying a fuzzy approach to staff evaluation and selection]. *Issledovano v Rossii* [Researched in Russia]. 2005. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-nechytokogo-podhoda-dlya-otsenki-i-podbora-personala> (Accessed: 01.10.2021).
 12. Nikonov, O., Podoliaka O., Podoliaka A., Skakalina E. Matematicheskie metody resheniia mnogokriterial'noi zadachi o naznacheniiakh [Mathematical methods of solving multicriterion assignment problem]. *Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University*, 2011. no 5. pp. 103 – 112.
 13. Sinkevich I., Mednik V. Teoriia nechetkikh otnoshenii kak instrument opredeleniia perspektivnogo assortimenta [The theory of fuzzy relations as a tool for determining a promising range] *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami* [Management of economic systems]. 2013. no 8 (56), pp. 1-39: URL: <https://ideas.repec.org/a/scn/007255/14932271.html> (Accessed: 01.10.2021).

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-12>

УДК 004.31

Черняшук Наталія Леонідівна, д.п.н., професор<http://orcid.org/0000-0002-3178-8377>**Бортник Катерина Яківна**, к.т.н., доцент<https://orcid.org/0000-0001-5282-099X>**Каганюк Олексій Казимирович** к.т.н., доцент<https://orcid.org/0000-0003-4616-8768>**Іщук Олександр Миколайович**, магістр**Гамонін Назарій Миколайович**, магістр

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ WEB-РЕСУРСІВ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ТЕСТІВ І ОПИТУВАНЬ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Черняшук Н.Л., Бортник К.Я., Каганюк О.К., Іщук О.М., Гамонін Н.М. Аналіз web-ресурсів для організації та проведення тестів і опитувань у навчальному процесі. У статті здійснено аналіз веб-ресурсів для організації та проведення тестів і опитувань у навчальному процесі, розглянуті завдання щодо забезпечення швидкого здійснення контролю знань та опитування; надання можливості максимально автоматизувати процеси тестування та опитування, використовувати тести і опитування у дистанційному навчанні; забезпечення користувача зручним графічним інтерфейсом, який може працювати як на комп'ютері, так і на мобільному телефоні.

Ключові слова: веб-ресурс, навчальний процес, електронні освітні ресурси, освітні веб-ресурси, тестування, опитування.

Черняшук Н.Л., Бортник К.Я., Каганюк А.К., Іщук А.Н., Гамонін Н.М. Анализ web-ресурсов для организации и проведения тестов и опросов в учебном процессе. В статье осуществлен анализ веб-ресурсов для организации и проведения тестов и опросов в учебном процессе, рассмотрены задачи по обеспечению быстрого осуществления контроля знаний и опроса; предоставление возможности максимально автоматизировать процессы тестирования и опросы, использовать тесты опросы в дистанционном обучении; обеспечение пользователя удобным графическим интерфейсом, который может работать как на компьютере, так и на мобильном телефоне.

Ключевые слова: веб-ресурс, учебный процесс, электронные образовательные ресурсы, образовательные веб-ресурсы, тестирование, опрос.

Chernyashchuk N.L., Bortnyk K.Ya., Kaganyuk A., Ishchuk O.M., Gamonin N.M. Analysis of web-resources for organizing and conducting tests and surveys in the educational process. The article analyzes the web resources for organizing and conducting tests and surveys in the educational process, considers the tasks to ensure the rapid implementation of knowledge control and surveys; providing the opportunity to automate the processes of testing and questioning, use tests and surveys in distance learning; providing the user with a user-friendly graphical interface that can work on both a computer and a mobile phone.

Keywords: web resource, educational process, electronic educational resources, educational web resources, testing, surveys.

Постановка проблеми. У сучасному світі за останні роки з розвитком сучасних технологій, поширенням і доступністю Інтернет-зв'язку відкриваються унікальні можливості для освіти. Інтернет — це не лише невичерпна скарбниця освітньої інформації, а й джерело активної інтелектуальної діяльності сучасного студента, який має необмежені можливості для одержання знань, удосконалення умінь, навичок. Викладачеві, у свою чергу, надається можливість оптимізувати систему контролю, зокрема переводячи тестування в режим онлайн. Значний інтерес до створення та використання освітніх веб-ресурсів обумовлений серйозними, і в значній мірі, обґрунтованими очікуваннями підвищення ефективності навчального процесу і якості навчання.

Задачі, які повинні вирішуватись:

— забезпечення користувача персональним кабінетом, в якому можна створювати тести і опитування;

— забезпечення дуже швидкого здійснення контролю знань та опитування;

— надання можливості максимально автоматизувати процеси тестування та опитування, використовувати тести і опитування у дистанційному навчанні;

— забезпечення користувача зручним графічним інтерфейсом, який може працювати як на комп'ютері, так і на мобільному телефоні.

Вхідними даними мають бути: інформація про тести та опитування, що зберігається у базі даних.

Вихідними даними мають бути: HTML-сторінка з відображенням інформації про тест чи опитування.

Результатами роботи мають бути: результати пройдених тестів та опитувань.

Для зручності користування мають бути: розроблений пошук, зручність представлення інформації (наглядне меню, короткий огляд інформації по тестах чи опитуваннях, з можливістю перегляду повних результатів).

Програмне забезпечення має бути з декількома програмними засобами реалізації, архітектура програмної системи має складатися з трьох компонентів: клієнт, сервер і база даних.

Користувачами системи мають бути:

- адміністратор системи;
- викладач;
- студент.

Адміністратор системи повинен мати можливість реєструвати у системі викладачів та студентів, редагувати інформацію про них, при необхідності видаляти застарілу інформацію.

Викладачі повинні мати можливість створювати тести і опитування, а також переглядати результати їх проходження студентами.

Студенти повинні мати можливість знайти потрібний тест чи опитування для його проходження, а також переглядати результати пройдених тестів і опитувань.

Система повинна надавати повну інформацію про тести і опитування, створені викладачами для студентів. Ресурс повинен бути швидким у інтерпретації найпоширенішими браузерями.

Огляд існуючих програмних рішень організації та проведення тестів і опитувань у навчальному процесі. З кожним роком набувають все більшого поширення різноманітні веб-ресурси.

На їх основі вже побудовано багато різноманітного програмного забезпечення, яке вирішує дуже широкий спектр прикладних задач. Серед них можна виділити і задачу організації та проведення тестів і опитувань у навчальному процесі. У процесі пошуку інформації, та аналізу існуючих рішень, було виявлено, що на даний момент такі системи є досить складними у використанні, або реалізують поставлену задачу не в повному обсязі:

— Освітній веб-ресурс "Perfect English Grammar" являє собою довідник, а також збірник різноманітних вправ та онлайн-тестів з граматики англійської мови.

Недоліком даної системи для поставленої задачі можна вважати, що вона не має можливості авторизуватися у системі, оскільки авторизація дає змогу зберегти отримані результати;

— Веб-ресурс "Quizlet" — це ресурс для вивчення іноземних мов, у якому користувачі мають змогу тренуватися, виконуючи різні завдання та тести. Дане

програмне забезпечення не реалізує поставлену задачу в повному обсязі, оскільки цей ресурс використовується виключно для підготовки до іспитів, а не для їх проходження.

Також недоліком цих систем є їх громіздкість. Для початківців ці програми можуть здатися переповненими функціоналом та дуже специфічними в плані налаштування.

Так як автоматизація проведення тестів у навчальному процесі набуває широкого розповсюдження, то розробка зручної, інтуїтивно зрозумілої, гнучкої та невимоголивої до апаратного забезпечення системи для проведення тестів і опитувань є актуальною задачею.

Одним із варіантів, який зможе працювати на будь-яких сучасних пристроях, є розробка програмної системи, яка заснована на веб-технологіях.

Веб-ресурсів для організації тестів і опитувань у навчальному процесі. Веб-ресурс — це сукупність інтегрованих засобів технічного і програмно-апаратного характеру, а також інформації, призначеної для публікації у Всесвітній мережі.

Навчальний процес — це система організаційних і дидактичних заходів, спрямованих на реалізацію змісту освіти на певному освітньому або кваліфікаційному рівні відповідно до державних стандартів освіти.

Навчальний процес організовується з урахуванням можливостей сучасних інформаційних технологій навчання та орієнтується на формування освіченої, гармонійно розвиненої особистості, здатної до постійного оновлення наукових знань, професійної мобільності та швидкої адаптації до змін і розвитку в соціальнокультурній сфері, в галузях техніки, технологій, системах управління та організації праці в умовах ринкової економіки.

Електронні освітні ресурси є складовою частиною навчального процесу. Вони мають навчально-методичне призначення та використовуються для забезпечення навчальної діяльності студентів і вважаються одним з головних елементів інформаційно-освітнього середовища. Одним з різновидів електронних освітніх ресурсів є освітні веб-ресурси. Використання сучасних веб-технологій дає змогу суттєво вдосконалити систему освіти, а отже, її подальша інформатизація — процес незворотний та обов'язковий. Освітні веб-ресурси у даній ситуації є оптимальним інструментом

удосконалення професійної підготовки сучасних педагогів. Розробка дистанційних курсів, забезпечення більшості вишівських спеціальностей дистанційними формами навчання вимагає грамотного вибору програмно-технічного оснащення цього процесу, знання існуючих платформ дистанційного навчання, вибору найбільш придатної для конкретного курсу.

Паралельно має вестись робота із забезпечення дистанційного навчання навчальними засобами. Зараз серед електронних навчальних засобів, створених для дистанційного навчання, все більш значущими стають освітні веб-ресурси, зокрема веб-сайти, блоги.

Освітні веб-ресурси — це освітні електронні ресурси, що розміщені у веб-просторі локальної чи глобальної мережі у вигляді різних форматів (текстового, графічного, архівного, аудіо- та відеоформатів) [1].

За функціональним призначенням вони поділяються на:

- навчальні;
- навчально-методичні;
- довідкові;
- нормативні;
- наукові;
- педагогічні;
- програмні засоби.

Таким чином, освітні веб-ресурси (сайти, блоги) передбачають інформаційно-презентаційну, консультативну, інформаційно-методичну, просвітницьку, навчальну підтримку діяльності суб'єктів взаємодії, відкривають нові можливості взаємодії з громадськістю та дозволяють:

- інтерактивно донести інформацію до аудиторії незалежно від її територіального місцезнаходження;
- оперативно висвітлювати діяльність веб-ресурсу на основі публікації новин, оглядів, каталогів видань, а також наукових, методичних і практичних матеріалів;
- використовувати сучасні засоби спілкування, такі як: електронна пошта, інтерактивні конференції, форум — та ефективно організувати службу підтримки порталу;
- активізувати участь педагогічних працівників та учнів в Інтернет-олімпіадах, конкурсах, конференціях.

Застосування інформаційного простору в галузі освіти і безпосередньо в діяльності педагога стало загальною необхідністю. Освітні веб-ресурси можуть і повинні стати для педагогічної громадськості одним з пріоритетних засобів і способів самоосвіти; вони є ефективним організаційним елементом регіональної системи освіти, адже нові інформаційні технології впливають на всі компоненти освіти: зміст, методи та організаційні форми навчання, дозволяють вирішувати складні та актуальні завдання педагогу для забезпечення його інтелектуально-творчого розвитку.

Одним із шляхів підвищення якості освіти є підвищення ефективності контролю знань. Здійснення контролю в навчальному процесі має на меті виявити якість засвоєння знань, виміряти її величину та присвоїти цій якості певну оцінку.

Перевірка й оцінка знань студентів є активним процесом. Викладач не тільки пасивно реєструє фактичні знання студентів, а й впливає на хід і результати всього навчального процесу. Його завдання — знайти найефективніший засіб перевірки знань, щоб виявити досягнення студентів і стимулювати їх надалі оволодівати знаннями. Необхідно створювати таку атмосферу, щоб студент обов'язково працював систематично, проявляючи наполегливість та вольові зусилля. Одним із шляхів здійснення цієї мети є тестовий контроль знань. Тестування або тестовий контроль знань — це засіб об'єктивного контролю ступеня досягнення кінцевих цілей підготовки студентів при якому рівень сформованості умінь встановлюється опосередковано за допомогою ситуаційних тестів [2].

Переваги тестового контролю знань:

- об'єктивність — незалежність результатів тестування від особистих стосунків викладача та студента; простота процедури запису (введення) відповіді, незалежність оцінки від техніки письма;
- кількісні критерії оцінки — наявність кількісних показників для визначення повноти та глибини засвоєння матеріалу;
- простота та формалізованість процедури визначення оцінки — можливість її здійснення людиною середньої кваліфікації або технічним пристроєм;
- чіткість та однозначність формулювання умов тестових завдань — що забезпечує однозначність сприйняття студентами їх змісту;
- рівні вимоги до знань та умінь студента шляхом використання в тесті завдань однакової складності, обсягу та змісту;

- забезпечення необхідної повноти охоплення знань та умінь, що контролюватимуться під час перевірки;
- можливість одночасної перевірки значної кількості студентів;
- можливість багаторазового повторення умов перевірки, для з'ясування змін в рівні підготовки;
- орієнтація на сучасні освітні технології — використання комп'ютерних навчальних і контролюючих систем;
- універсальність — охоплення всіх етапів процесу навчання;
- багатофункціональність — контроль, діагностика, корекція навчального процесу;
- охоплює контролем великий обсяг матеріалу;
- упродовж досить обмеженого часу може бути перевірена якість знань, навичок у зазначеній кількості студентів;
- можливий контроль знань, умінь, навичок на необхідному, заздалегідь запланованому рівні;
- реальним є самоконтроль;
- увага студента фіксується не на формуванні відповіді, а на осмисленні її суті;
- створюють умови для постійного зворотного зв'язку між студентом і викладачем.

Тестовий контроль знань як вирішення проблеми підвищення якості освіти приводить до висновків:

— урізноманітнення форм і засобів контролю якості знань студентів є актуальною проблемою, розв'язання якої викликане потребами педагогічної практики і перспективами інтеграції освітньої системи України з європейською спільнотою;

— використання тестових завдань, зокрема, з дисциплін, пов'язаних з комп'ютерною технікою та у комп'ютерній формі, практикується у більшості закордонних університетів і знаходить відгук в українській вищій школі [3];

— запровадження у навчальний процес вітчизняних навчально-методичних розробок здійснюється поступово завдяки співпраці викладачів вищих технічних і вищих педагогічних навчальних закладів;

— процес швидкого старіння наукової інформації потребує від викладачів постійного оновлення не лише лекційного матеріалу, але і відповідних контрольних тестових завдань і супровідних навчально-методичних матеріалів;

— студентів вищих навчальних закладів доцільно готувати до тестування систематично, на всіх курсах навчання та під час практики.

Традиційні методи перевірки й оцінки знань у поєднанні з новими технологіями відкривають перед викладачами широкі можливості. Оптимальним є контроль знань за допомогою тестування. Незаперечно, що підвищення якості навчання студентів безпосередньо пов'язане зі створенням і послідовним використанням системи тестового контролю засвоєння знань [4]. Позначена проблема набуває особливої актуальності в наш час, коли здійснюються суттєві кроки у напрямі інтеграції української системи вищої освіти до європейської університетської спільноти, набувають розповсюдження і підтримки ідеї так званого "Болонського процесу". Якість освіти в першу чергу залежить від якості роботи викладача. Відповідно, питання контролю та оцінки якості роботи викладача є однією зі складних і важливих завдань у управлінні якістю освіти.

Однією з методик оцінки роботи викладачів може бути, наприклад, опитування студентів через певні проміжки часу або по закінченні вивчення окремих дисциплін [5].

Опитування — це метод збору соціологічної інформації про досліджуваний об'єкт під час безпосереднього або опосередкованого спілкування того хто опитує з особою, яка відповідає на питання.

Використання опитування студентів для визначенні якості викладання дозволить більш ефективно вирішувати питання контролю та оцінки якості роботи викладача, воно є умовою вдосконалення професійних знань і педагогічної майстерності викладача [6]. Для студентів опитування дає можливість не просто оцінити викладача, а й оцінити себе як учасника освітнього процесу. Також опитування можуть допомогти студентам і викладачам у організаційних питаннях. Використання постійного контролю знань у навчальному процесі значно підвищує мотивацію навчання, а опитування покращують якість освітнього процесу, однак для проведення тестування чи опитування викладачі мають виконати велику кількість роботи для формування завдань та організації процесу. Тому важливим рішенням цієї проблеми є використання веб-ресурсів для організації тестів і опитувань, що дозволяє дуже швидко здійснювати контроль, максимально автоматизувати процеси тестування і опитування, а також використовувати тести і опитування у дистанційному навчанні.

Висновки. У ході аналізу існуючого програмного забезпечення та проведення тестів і опитувань у навчальному процесі було досліджено системи, які слугують для вирішення поставлених задач.

Розроблений програмний продукт дозволяє автоматизувати процеси тестування і опитування та допомагає це зробити дуже швидко.

Проведено огляд методів і засобів розробки програмної системи. Обґрунтовано вибір створення програмної системи, заснованої на веб-технологіях, а також побудованої за триланковою архітектурою. Це дає змогу підвищити гнучкість та зручність системи, як у розробці та супроводі, так і у використанні.

За результатами виконання тестових завдань підтверджена коректність отриманих результатів, отже система відповідає поставленим вимогам. Користувачами системи можуть бути викладачі, які створюють тести чи опитування, студенти, які їх проходять, а також адміністратори системи, які можуть змінювати інформацію про викладачів та студентів. Програмне забезпечення може бути використано на будь-якій операційній системі, на якій встановлено браузер, який підтримує останні веб-стандарти, а також яка має постійний доступ до інтернету.

Отже, практика покращила знання різноманітних технологій, що використовуються під час розробки програмного забезпечення. Також було створено декілька прототипів програмного забезпечення, які вирішували різноманітні аспекти поставленої задачі, а також які лягли в основу розробленого програмного забезпечення.

Список бібліографічного опису:

1. Биков В.Ю., Лапінський В.В. Методологічні та методичні основи створення і використання електронних засобів навчального призначення // Комп'ютер у школі та сім'ї. — №3. — 2012. С. 3-6..
2. Майоров А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования / Майоров А. Н. — М.: Народное образование, 2000. — 352 с.
3. Адаменко О.В., Духовна М.М., Панченко Л.Ф. та ін. Тестові завдання для контролю знань в курсі "Обчислювальна техніка і технічні засоби навчання": Навч.-метод. посібник / За ред. Т.О. Козлакової. — К.: ВІПОЛ, 1996.-84 с.
4. Алексейчук І.С. Про технологію створення системи тестування / І.С. Алексейчук // Нові технології навчання: Науково-методичний збірник. — К.: НМЦВД, 2000. — С.43-92.
5. Тетьякова Н. В. Оценка качества работы преподавателя на основе методики многомерного анализа его деятельности / Н. В. Тетьякова // Научно-теоретический журнал "Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта". — 2011. — №11(81). — С. 151-155.
6. Васильева, Е. Ю. Подходы к оценке качества деятельности преподавателя вуза // Университетское управление: практика и анализ. — 2006. — № 2 (11). — С. 74-78.
7. What is REST? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.restapitutorial.com/lessons/whatisrest.html>.
8. Markus Egger — MVVM Survival Guide for Enterprise Architectures in Silverlight and WPF [Електронний ресурс]. — 2012. — Режим доступу: <https://www.packtpub.com/application-development/mvvm-survival-guide-enterprise-architectures-silverlight-and-wpf>.
9. Кейт Джонс. DOM Scripting: Web Design with JavaScript and the Document Object Model. / К. Джонс — Перше, 2005. — 368 с.
10. Anthony Gore — Full-Stack Vue.js 2 and Laravel 5 [Електронний ресурс]. — 2015. — Режим доступу: <https://bit.ly/2OEOdZr>.
11. Martin Fowler — GUI Architectures. Часть 1 [Електронний ресурс]. — 2009. — Режим доступу: <https://bit.ly/2CvCk1e>.
12. Vue.js Material Component Framework — Vuetify.js [Електронний ресурс]. — 2016. — Режим доступу: <https://vuetifyjs.com>.
13. Дмитрий Котеров, Алексей Костарев PHP. В подлиннике. / Д. Котеров, А. Костарев — СПб.: «БХВ-Петербург», 2005. — 1120 с.
14. Колисниченко Д. Н. Самоучитель PHP 5 / Д. Н. Колисниченко — СПб.: Наука и Техника, 2007. — 640 с.
15. Кузнецов Максим, Симдянов Игорь PHP 5/6. / М. Кузнецов, И. Симдянов — СПб.: «БХВ-Петербург», 2009. — 1024 с.
16. Кузнецов Максим, Симдянов Игорь Объектно-ориентированное программирование на PHP. / М. Кузнецов, И. Симдянов — СПб.: «БХВ-Петербург», 2007. — 608 с.
17. Л. Аткинсон, З. Суракин. PHP5. Библиотека профессионала. / Л. Аткинсон, З. Суракин — М.: «Вильямс», 2006 — 543 с.

References.

1. Scott Hawkins. Apache web server administration and e-commerce guide. / S. Hawkins. - М.: «Williams», 2001. - 336 p.
2. Hawkins S. Administration of the Apache Web server / S. Hawkins - М.: Williams, 2001. - 336 p
3. Beaulieu A. - Learning SQL [Electronic resource]. - 2005. - Access mode:<http://shop.oreilly.com/product/9780596007270.do>.
4. Robert Sheldon, Joffrey Moye MySQL: Basic Course Beginning MySQL. / R. Sheldon, D. Moye - М.: "Dialectics" 2007. - 880 p.
5. MySQL. Directory. MySQL AB. - М: "Williams", 2006 - 521 p
6. Kuznetsov Maxim, Simdyanov Igor MySQL on examples. / M. Kuznetsov, I. Simdyanov - St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2008. - 952 p
7. Leon AG PHP 5. Professional Library / AG Leon - М.: Williams, 2006. - 944 p.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-13>

УДК 681.3

Абгарян Юра Серьожайович, спеціаліст кафедри транспортних технологій, розробник програмного забезпечення SoftServe

<https://orcid.org/0000-0001-8519-2539>

Запорізький національний технічний університет.

АЛГОРИТМ АГРЕГАЦІЇ ПРОГРАМНИХ МЕТРИК І ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ТЕСТУВАННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Абгарян Ю. С. Алгоритм агрегації програмних метрик і її застосування при тестуванні програмного забезпечення. У статті розкрито алгоритм агрегації програмних метрик і її застосування при тестуванні програмного забезпечення. Визначено генезис формування наукової думки, щодо агрегації програмних метрик. Розкрито методологію тестування програмного забезпечення з відокремленням схеми процесу тестування програмного забезпечення. Наголошено, що в якості бази для визначення рівнів агрегації програмних метрик при тестуванні програмного забезпечення спочатку слід визначити процес і складові блоки на прикладі системи тестування. Підкреслено, що агрегація програмних метрик може проводитися на рівні винесення рішень, на рівні значень відповідності та на рівні ознак і зразків. Відзначено, що агрегація на першому та другому рівнях відбувається після залучення засобу порівняння, в той час як рівні третій та четвертий проводять операції до того, як пристрій порівняння видасть результуючі дані. Описано математичні властивості методів агрегації, а саме, домен, діапазон, інваріантність та розкладання. Представлено алгоритм агрегації програмних метрик до рейтингів, використовуючи порогові значення на основі еталонних показників. Покроково описано реалізацію алгоритму та визначено параметричні значення процесу агрегації. Наголошено, що зведення окремих вимірювань до рейтингів здійснюється за допомогою дворівневого процесу, заснованого на двох типах порогів, а окремі вимірювання об'єднуються в профілі ризиків за допомогою метричних порогів. При цьому, профілі ризику агрегуються за 5-бальною зірковою шкалою за допомогою порогових значень. Агрегація дворівнева, на першому рівні агрегація здійснюється шляхом обчислення відносного розміру системи, що підпадає під кожну категорію ризику, на другому рівні об'єднання профілів ризику в рейтинг здійснюється шляхом визначення мінімального рейтингу, для якого сукупний відносний розмір усіх категорій профілю ризику не перевищує набору порогів 2-го рівня. Здійснено тестування програмного забезпечення Dia. Профіль ризику для Dia містить 73,3% коду у низькому ризику, 8,2% помірного ризику, 7,9% високого ризику та 10,7% дуже високого ризику. Використання інтерпольованої функції дає рейтингове значення 2,99, рейтинг для Dia має три зірки.

Ключові слова: агрегація, програмна метрика, параметр, ризик, тестування, програмне забезпечення, програмний код, цикломатична складність.

Абгарян Ю. С. Алгоритм агрегации программных метрик и ее применение при тестировании программного обеспечения. В статье раскрыт алгоритм агрегации программных метрик и ее применение при тестировании программного обеспечения. Определен генезис формирования научной мысли, относительно агрегации программных метрик. Раскрыта методология тестирования программного обеспечения с отделением схемы процесса тестирования программного обеспечения. Отмечено, что в качестве базы для определения уровней агрегации программных метрик при тестировании программного обеспечения сначала следует определить процесс и составные блоки на примере системы тестирования. Подчеркнуто, что агрегация программных метрик может проводиться на уровне принятия решений, на уровне значений соответствия и на уровне признаков и образцов. Отмечено, что агрегация на первом и втором уровнях происходит после привлечения средства сравнения, в то время как уровни третий и четвертый проводят операции до того, как устройство сравнения выдает результирующие данные. Описаны математические свойства методов агрегации, а именно, домен, диапазон, инвариантность и разложения. Представлен алгоритм агрегации программных метрик к рейтингам, используя пороговые значения на основе эталонных показателей. Пошагово описана реализация алгоритма и определены параметрические значения процесса агрегации. Отмечается, что сведение отдельных измерений к рейтингам осуществляется с помощью двухуровневого процесса, основанного на двух типах порогов, а отдельные измерения объединяются в профили рисков с помощью метрических порогов. При этом, профили риска агрегируются по 5-балльной звездной шкале с помощью пороговых значений. Агрегация двухуровневая, на первом уровне агрегация осуществляется путем вычисления относительного размера системы, что подпадает под каждую категорию риска, на втором уровне объединения профилей риска в рейтинг осуществляется путем определения минимального рейтинга, для которого совокупный относительный размер всех категорий профиля риска не превышает набора порогов 2-го уровня. Осуществлено тестирование программного обеспечения Dia. Профиль риска для Dia содержит 73,3% кода в низком риске, 8,2% умеренного риска, 7,9% высокого риска и 10,7% очень высокого риска. Использование интерполированной функции дает рейтинговое значение 2,99, рейтинг для Dia имеет три звезды.

Ключевые слова: агрегация, программная метрика, параметр, риск, тестирование, программное обеспечение, программный код, цикломатическая сложность.

Abgharian Yura. Algorithm of aggregation of software metrics and its application at testing of software. The algorithm of software metrics aggregation and its application in software testing is revealed in the article. The genesis of the formation of scientific thought on the aggregation of program metrics is determined. The methodology of software testing with the separation of the scheme of the software testing process is revealed. It is emphasized that as a basis for determining the levels of aggregation of software metrics in software testing, you should first determine the process and component blocks on the example of a testing system. It is emphasized that the aggregation of software metrics can be carried out at the level of decision making, at the level of compliance values and at the level of features and samples. It is noted that aggregation at the first and second levels occurs after the comparison tool is involved, while the third and fourth levels perform operations before the comparison device produces the resulting data. Mathematical properties of aggregation methods are described, namely, domain, range, invariance and decomposition. The algorithm of aggregation of program metrics to ratings, using threshold values on the basis of reference indicators is presented. The implementation of the algorithm is

described step by step and the parametric values of the aggregation process are determined. It is emphasized that the reduction of individual measurements to ratings is carried out using a two-level process based on two types of thresholds, and individual measurements are combined in the risk profile using metric thresholds. At the same time, risk profiles are aggregated on a 5-point star scale using threshold values. Two-level aggregation, at the first level aggregation is carried out by calculating the relative size of the system falling under each risk category, at the second level combining risk profiles into a rating is carried out by determining the minimum rating for which the total relative size of all risk profile categories does not exceed a set of thresholds 2nd level. Dia software tested. The risk profile for Dia contains 73.3% of the code in low risk, 8.2% in moderate risk, 7.9% in high risk and 10.7% in very high risk. Using the interpolated function gives a rating value of 2.99, the rating for Dia has three stars.

Key words: aggregation, software metrics, parameter, risk, testing, software, software code, cyclomatic complexity.

Постановка проблеми. Використання програмних метрик для аналізу та оцінки програмного забезпечення шляхом кількісного збору певних характеристик або подання програмної системи є актуальним напрямком дослідження враховуючи швидкість розвитку ІТ сфери.

Однією з основних проблем використання програмних метрик є те, як об'єднати окремі вимірювання для збору інформації про загальну систему. Це загальна проблема, оскільки більшість метрик не мають визначення на системному рівні. Наприклад, для вимірювання складності запропоновано використовувати метрику Маккейба. Однак використання цієї метрики може легко створити кілька тисяч вимірювань, які буде важко проаналізувати, щоб прийти до судження про те, наскільки складна загальна система. На основі цього, було використано та запропоновано кілька методологій для узагальнення вимірювань, але всі вони мають недоліки. Наприклад, математичне додавання не може застосовуватися до всіх показників (наприклад, зв'язок між класами об'єктів); центральні тенденції часто приховують основні розподіли; показники розподілу та нерівності важко інтерпретувати, а їх результат складно простежити щодо метричних вимірів; індивідуальні формули важко перевірити. Загалом, ці методології неможливо об'єднати вимірювання у змістовний результат який би легко пояснювався та інтерпретувався.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування наукової думки, щодо агрегації програмних метрик припадає на 1976 рік, коли було розроблено міру цикломатичної складності програми Томасом Дж. Маккейбом. Потім, на протязі багатьох років, науковці підходили до вирішення проблем визначення міри складності комп'ютерної програми та її застосування у сфері інформаційних технологій. Так, Ю. Грищок та О. Андрущакевич [1] розробили засіб для визначення якості програмного забезпечення методами метричного аналізу. Авторами з'ясовано особливості процесу оцінювання якості програмного забезпечення, тобто проаналізовано поняття якості програмного продукту як предмет стандартизації, а також рівні подання моделі якості програмного забезпечення, що дало змогу встановити можливість її підвищення шляхом формування відповідних вимог до критеріїв оцінювання якості, вдосконалення моделей метричного аналізу його якості та методів кількісного її вимірювання на всіх етапах реалізації програмного проекту. У [2] наведено основні напрями автоматизації тестування програмного забезпечення. Виконано аналітичний огляд систем автоматизованого тестування програмного забезпечення. Інформаційні системи для тестування програмного забезпечення допомагають керувати процесом тестування, відслідковуванням помилок та формуванням звітності. А.С. Авраменко, В.С. Авраменко та Г.В. Косенюк [3] розкрили основні поняття в області тестування програмного забезпечення, визначили критерії вибору тестів, здійснили оцінку відтестованості проекту. Значна увага приділяється модульному та інтеграційному тестуванню, інтеграційному тестуванню для об'єктно-орієнтованого програмування. Розглядаються питання автоматизації тестування тощо. А. В. Ільєнко, С. С. Ільєнко та Д. С. Сташевський [4] дослідили та визначили, що помилки, які виникають при розробці та використанні сучасних високонавантажених веб-додатків є дуже небезпечними, оскільки впливають на повноцінну життєдіяльність інформаційної системи в цілому та можуть призводити до порушення конфіденційності та цілісності персональної інформації користувачів. Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Shatnawi Raed [5], Meng T. [6], Sicilia, M. & Sánchez-Alonso, Salvador & Mora-Cantallops, Marçal & Barriocanal, Elena [7], Norris S. [8], Liu, Zhengli & Li, Bing & Wang, Jian & Yang, Rong [9], Franco, Eduardo [10], Broy, Manfred & Kuhrmann, Marco [11], Falco, Mariana & Robiolo, Gabriela [12], Serebrenik A., Roubtsov S. [13], Heitlager I, Kuipers T, Visser J. [14] та інші. Проте, враховуючи описані наукові набутки, за темою, питання розкриття алгоритму агрегації програмних метрик і її застосування при тестуванні програмного забезпечення залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Розкрити алгоритм агрегації програмних метрик і її застосування при тестуванні програмного забезпечення.

Викладення основного матеріалу дослідження. У технологіях виробництва програмного забезпечення тестуванню відводиться роль основного засобу забезпечення та контролю якості продукту.

Проявляється це в тому, що процеси тестування все більше інтегруються в проектні методи, а управління тестуванням стає найважливішою складовою управління проектами.

В якості базису для визначення рівнів агрегації програмних метрик при тестуванні програмного забезпечення спочатку слід визначити процес і складові блоки на прикладі системи тестування. На рисунку 1 показана схема процесу тестування програмного забезпечення.

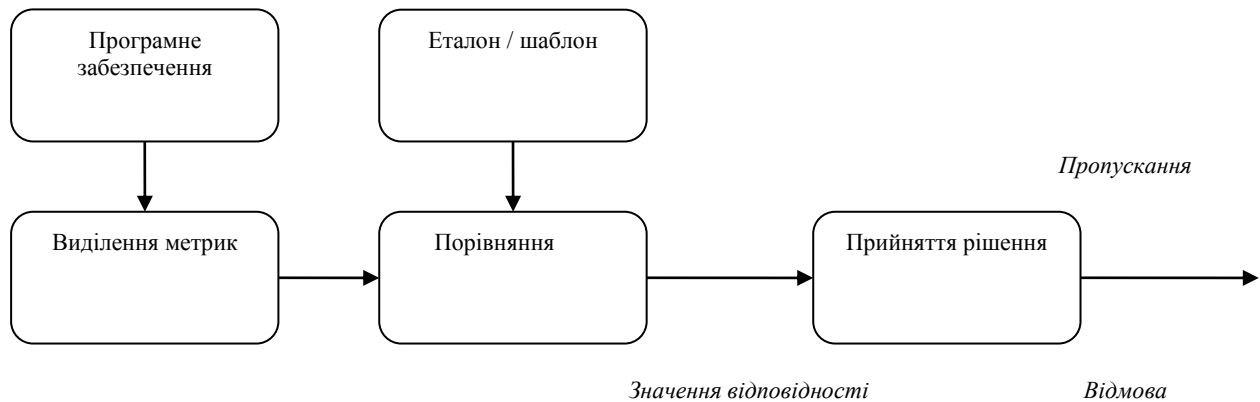


Рис. 1. Схема процесу тестування програмного забезпечення

Програмний додаток передається модулю виділення метрик. За допомогою методів обробки програмного забезпечення модуль виділення метрик перетворює зразок у вектор метрик (наприклад, цикломатична складність, кількість помилок на рядок коду, зв'язність, кількість класів, тощо), які формуються в поданні, придатному для порівняння. Пристрій порівняння отримує на вхід вектор метрик і порівнює його зі збереженим шаблоном / еталоном. Результатом є значення відповідності, що використовуються модулем винесення рішення для отримання відповіді на питання, чи відповідає запропонований зразок програмного забезпечення збереженому шаблону. Вихідними даними модуля є бінарне значення «Відповідність / невідповідність». Узагальнюючи вищеописаний процес, можна виділити такі рівні, на яких можливе застосування агрегації. Агрегація програмних метрик може проводитися на рівні винесення рішень (1), на рівні значень відповідності (2), на рівні ознак (3) і зразків (4). Відзначимо, що агрегація на рівнях (1) і (2) відбувається після залучення засобу порівняння, в той час як рівні (3) і (4) проводять операції до того, як пристрій порівняння видасть результуючі дані. Хоча інтеграція даних можлива на всіх перерахованих рівнях, агрегація на рівнях безлічі ознак, значень відповідності та винесення рішень використовується найбільш часто. а) Рівень рішень: кожен окремий процес в якості вихідних даних отримує логічне значення. Зазвичай процес їх агрегації відбувається за допомогою алгоритмів агрегації на основі логічних функцій диз'юнкції і кон'юнкції. б) Рівень значень відповідності: кожен окремий процес зазвичай видає як результат значення відповідності, але іноді це може бути і масив значень. в) Рівень ознак: кожен процес має на виході набір ознак. Процес агрегації об'єднує ці набори в одну безліч або в один вектор ознак.

г) Рівень зразка: кожен окремий процес отримує в якості вихідних даних набір зразків. При агрегації ці набори перетворюються в єдиний зразок. Математичні властивості методів агрегації, що мають значення для їх застосування при тестуванні програмного забезпечення: Домен. Область техніки агрегування визначає застосовність цієї техніки до класів програмних метрик. Економетричні індекси зазвичай застосовуються до розподілу доходів, тобто до наборів позитивних значень. Однак деякі показники програмного забезпечення можуть мати негативні значення, наприклад, індекс ремонтпридатності. Діапазон. Інтерпретація сукупного значення залежить від діапазону техніки агрегування: наприклад, 0,99 вказує на дуже високий ступінь нерівності. Значення, отримані шляхом застосування середнього значення, можуть коливатися від $-\infty$ до $+\infty$. Інваріантність. Техніка агрегації є інваріантною щодо додавання, якщо $I(x_1, \dots, x_n) = I(x_1 + c, \dots, x_n + c)$ для будь-якого x_1, \dots, x_n і c , за умови існування $I(x_1 + c, \dots, x_n + c)$. Аналогічно, техніка агрегації є інваріантною щодо множення, якщо $I(x_1, \dots, x_n) = I(x_1 * c, \dots, x_n * c)$ для будь-якого x_1, \dots, x_n і c за умови існування $I(x_1 * c, \dots, x_n * c)$.

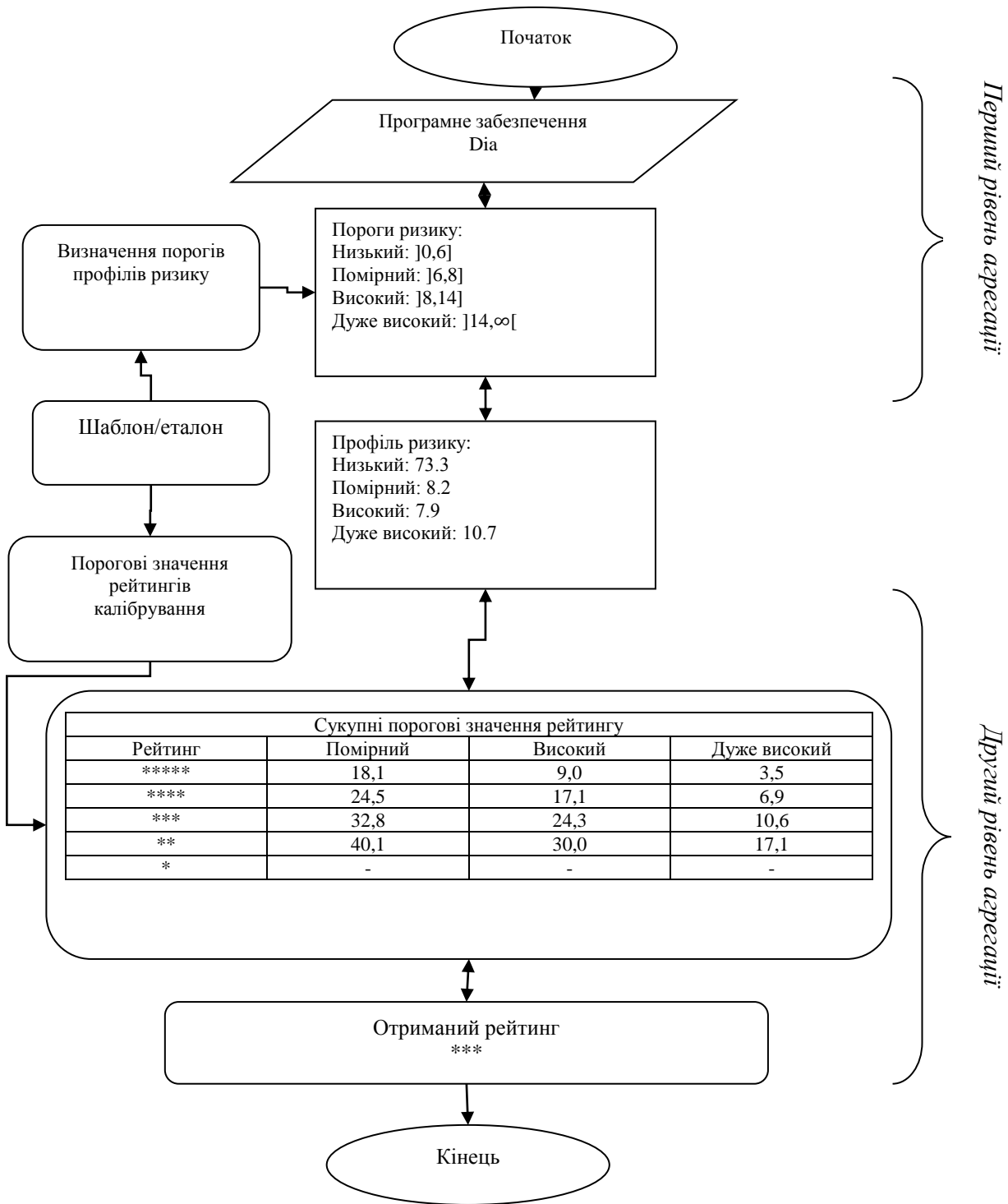


Рис. 2. Алгоритм агрегації програмних метрик до рейтингів, використовуючи порогові значення на основі еталонних показників

Агреговані рядки коду, що вимірюються для кожного файлу, інваріантні до техніки агрегації щодо додавання, дозволяють ігнорувати, наприклад, заголовки, що містять інформацію про ліцензування та включені до всіх вихідних файлів. На результати, отримані шляхом застосування техніки агрегування, інваріантної щодо множення, це не впливає, якщо враховувати відсотки від загальної кількості рядків коду, а не кількість самих рядків коду. Середнє значення не є інваріантним відносно додавання та множення. Розкладання є ключовою властивістю, необхідною для пояснення нерівності шляхом розподілу значень, які потрібно об'єднати, на непересічні групи. В економетрії такі групи відповідають, наприклад, рівню освіти, статі чи етнічній приналежності, тоді як в еволюційному дослідженні програмного забезпечення – пакету, мові програмування та прізвищу автора.

На рисунку 2 представлено алгоритм агрегації програмних метрик до рейтингів, використовуючи порогові значення на основі еталонних показників. Зведення окремих вимірювань до рейтингів здійснюється за допомогою дворівневого процесу, заснованого на двох типах порогів. Окремі вимірювання об'єднуються в профілі ризиків за допомогою метричних порогів. Профіль ризику представляє собою відсоток загального коду, що потрапляє до кожної з чотирьох категорій ризику: низький, помірний, високий та дуже високий. Профілі ризику агрегуються за 5-бальною зірковою шкалою за допомогою порогових значень. Кожен рейтинг відкалібрований для представлення певного відсотка систем у контрольному етапі.

1) *Агрегація першого рівня.* Сукупність окремих вимірювань до профілів ризику з використанням порогів 1-го рівня здійснюється шляхом обчислення відносного розміру системи, що підпадає під кожну категорію ризику. Розмір вимірюється за допомогою вихідних рядків коду.

Оскільки профіль ризику складається з чотирьох категорій, необхідно чотири інтервали для класифікації всіх вимірювань. Інтервали, що визначають чотири категорії ризику для показників Маккейба, показані на рисунку 2 та представлені за допомогою позначень ISO/IEC 80000-2:2019 [15]. Ці інтервали були визначені трьома порогоми, 6, 8 та 14, що представляють собою верхню межу категорій низький, помірний та високий, відповідно.

Щоб обчислити профіль ризику для системи Dia, використовуємо інтервали, показані на рисунку 2, для класифікації всіх методів на чотири категорії ризику. Потім для кожної категорії підсумовуємо розмір усіх цих методів, а потім ділимо їх на загальний розмір системи, в результаті чого відносний розмір (або відсоток) системи потрапляє до кожної категорії ризику. Наприклад, категорія низького ризику Dia обчислюється з урахуванням усіх методів, які мають значення Маккейба, які потрапляють в інтервал [0...6], тобто всі методи, які мають значення Маккейба менше або такі, що дорівнюють 6. Потім підсумовуємо рядки коду всіх цих методів (96, 361) і ділимо на загальні розміри Dia (133, 498), що в загальному складає 73.3%. Профіль ризику для Dia зображено на рисунку 2, містить 73,3% коду у низькому ризику, 8,2% помірному ризику, 7,9% високому ризику та 10,7% дуже високому ризику.

2) *Агрегація другого рівня.* Об'єднання профілів ризику в рейтинг здійснюється шляхом визначення мінімального рейтингу, для якого сукупний відносний розмір усіх категорій профілю ризику не перевищує набору порогів 2-го рівня.

Оскільки використано 5-бальну шкалу оцінок, потрібно як мінімум 4 набори порогів, що визначають верхні межі, необхідні для покриття всіх можливих значень профілю ризику. Кожен набір з порогових значень визначає сукупні верхні межі для категорій помірному, високому та дуже високому ризику. Сукупна верхня межа для категорії враховує обсяг коду для цієї категорії плюс усі вищі категорії (наприклад, сукупна верхня межа для помірному ризику враховує відсоток об'єму помірних, високих та дуже високих категорій профілю ризику). Варто наголосити, що оскільки сукупна категорія низького ризику завжди буде 100%, немає необхідності вказувати для неї порогові значення. На рисунку 2 показана таблиця, що містить пороги 2-го рівня для метрики Маккейба, відкалібровані за алгоритмом, в якому, в якості вхідних даних береться два аргументи: сукупні профілі ризику для всіх систем у контрольному етапі та розділ, що визначає бажаний розподіл систем за рейтингом. Сукупні профілі ризику обчислюються з використанням порогів 1-го рівня, для кожної окремої системи еталону. Розділ розміром $N-1$ визначає кількість систем для кожного рейтингу (від найвищого до найнижчого). Алгоритм починається в рядку 1 з ініціалізації змінних порогів, які будуть містити результат алгоритму калібрування (порогові значення рейтингу). Потім у рядках 2–4 кожна категорія ризику профілів ризику впорядковується та зберігається як матриця у впорядкованій змінній. Стовпці матриці складатимуться з трьох категорій ризику, а рядки представлятимуть значення для категорій ризику базового рівня. Ця матриця відіграє важливу роль, оскільки кожна позиція буде повторюватися, щоб знайти порогові значення для кожного рейтингу. Алгоритм має дві основні частини: пошук початкового набору порогів, що відповідає бажаній кількості систем для цього рейтингу, і частина оптимізації, яка відповідає за пошук найменших можливих порогів для трьох категорій ризику.

Щоб визначити рейтинг для Dia, спочатку обчислюємо сукупний профіль ризику, тобто сукупний відносний розмір для категорій помірний, високий та дуже високий. Це робиться шляхом врахування відносного розміру кожної категорії ризику плюс усі вищі категорії, що дає 26,2% для помірному ризику, 17,1% для високому ризику і 10,2% дуже високому ризику. Потім ці значення порівнюються з пороговими оцінками Маккейба, як показано на рисунку 2, і отримано рейтинг 3 зірки. Використання інтерпольованої функції дає рейтингове значення 2,99. Рейтинг для Dia зображено на рисунку 2 – три зірки.

Відстеження рейтингу 3 зірки до окремих вимірювань досягається шляхом повторного використання порогів 2-го та 1-го рівнів. Це відстеження важливе не тільки для того, щоб пояснити

рейтинг, але й для отримання інформації про потенційні проблеми, які потім можуть бути використані для підтримки прийняття рішень.

Аналіз стійкості використаних порогів полягає у запуску алгоритму калібрування n разів, кожен з випадково вибраної підмножини систем, наявних у вихідному наборі. Результатом є n порогових таблиць на метрику. Можливі два способи оцінки цих чисел:

- 1) перевірити мінливість порогових значень;
- 2) застосувати порогові значення до вихідного набору систем та перевіряти відмінності в рейтингах.

Для оцінки стабільності порогових значень з точки зору обчислених рейтингів, для кожної системи необхідно розрахувати абсолютні відмінності від її медіанного рейтингу протягом усіх прогонів. Модель більш стабільна на рівні рейтингів, ніж на пороговому рівні. Цього слід очікувати, оскільки відмінності в порогових значеннях різних категорій ризику для одного рейтингу можуть компенсувати один одного.

Такими чином, рейтинги мають обмежений вплив, викликаний включенням або виключенням конкретних систем або невеликих груп систем. Це свідчить про хорошу стабільність результатів, отриманих за допомогою цього еталону.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі розкрито алгоритм агрегації програмних метрик і її застосування при тестуванні програмного забезпечення. Доступні численні програмні метрики для вимірювання різних аспектів якості програмного забезпечення, ці показники визначаються на низькому рівні окремих компонентів: функцій, методів, класів. Агрегація різнонаправлених метрик дозволяє досягти високого рівня тестування та більш точного кінцевого результату.

Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на розробці програмного забезпечення здатного агрегувати програмні метрики враховуючи направленість програмного забезпечення, що підлягає тестуванню.

Список бібліографічного опису.

1. Грицюк Ю., Андрушакевич, О. (2018). Засіб для визначення якості програмного забезпечення методами метричного аналізу. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28, 159-171. doi: 10.15421/40280631.
2. Єгорова, О. В., & Бичок, В. (2019). Програмні засоби для тестування програмного забезпечення. *Молодий вчений*, (11 (75)), 680-684.
3. Авраменко, А. С., Авраменко, В. С., & Косенюк, Г. В. (2017). *Тестування програмного забезпечення*: навч. посіб. Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького.
4. Ільєнко, А. В., Ільєнко, С. С. Сташевський Д. С. Програмний модуль відслідковування помилок у високонавантажених веб-додатках на базі використання авторського алгоритму логеру. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 3(11), 61-72.

References.

1. Shatnawi, Raed. (2020). Comparison of threshold identification techniques for object-oriented software metrics. *IET Software*. 14. 10.1049/iet-sen.2020.0025.
2. Meng T. et al. (2020) A survey on machine learning for data fusion // *Information Fusion*. – 2020. – Т. 57. – С. 115-129.
3. Sicilia, M. & Sánchez-Alonso, Salvador & Mora-Cantalops, Marçal & Barriocanal, Elena. (2020). On the Source Code Structure of Quantum Code: Insights from Q# and QDK. 10.1007/978-3-030-58793-2_24.
4. Norris S. (2019) Systematically working with multimodal data: Research methods in multimodal discourse analysis. – John Wiley & Sons, 2019.
5. Liu, Zhengli & Li, Bing & Wang, Jian & Yang, Rong. (2020). Requirements engineering for crossover services: Issues, challenges and research directions. *IET Software*. 15. 10.1049/sfw2.12014.
6. Franco, Eduardo. (2020). A dynamical evaluation framework for technical debt management in software maintenance process. 10.11606/T.3.2020.tde-17052021-140104.
7. Broy, Manfred & Kuhrmann, Marco. (2021). Eigenschaften und Strukturen von Softwaresystemen. 10.1007/978-3-662-50263-1_2.
8. Falco, Mariana & Robiolo, Gabriela. (2021). Building a Catalogue of ISO/IEC 25010 Quality Measures Applied in an Industrial Context. *Journal of Physics: Conference Series*. 1828. 012077. 10.1088/1742-6596/1828/1/012077.
9. Serebrenik A, Roubtsov S, van den Brand MGJ. Dn-based architecture assessment of Java open source software systems. In *ICPC '09: Proc. 17th Int. Conf. on Program Comprehension, 2009, IEEE, 2009*; 198–207.
10. Heitlager I, Kuipers T, Visser J. A practical model for measuring maintainability. In *Proceedings of the 6th International Conference on Quality of Information and Communications Technology. IEEE Computer Society: Washington, DC, USA, 2007*; 30–39
11. ISO/IEC 80000-2:2019 Quantities and units – Part 2: Mathematics. – <https://www.iso.org/standard/64973.html>

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-14>

УДК 004.772

Анищенко Олексій Сергійович, аспірант, кафедра електроніки

<https://orcid.org/0000-0002-8012-0920>

Національний авіаційний університет

ЩОДО ПИТАННЯ ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ МАСИВІВ ГРАФІЧНИХ ДАНИХ У ГЛОБАЛЬНИХ І ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Анищенко О. С. Щодо питання передачі та збереження масивів графічних даних у глобальних і локальних мережах. У статті розкрито питання передачі та збереження масивів графічних даних у глобальних і локальних мережах. Описано структуру сучасних комп'ютерних мереж, визначено основні проблеми, які виникають при передачі даних всередині мережі. Окреслено складність моделювання глобальних і локальних мереж. Зазначається, що побудова логічної системи управління передачею графічних даних у мережах дозволить підвищити швидкість передачі та знизити можливість втрати інформації. Описано вплив моделі Гілберта на лінію передачі даних та відокремлено механізм впливу прихованого харківського процесу на передачу даних. Деталізовано метод ідентифікації характеристик лінії передачі та вибору оптимального методу кодування сигналу, узгодженого з поточною частотною характеристикою лінії передачі. Розкрито стохастичну теорію управління в системах із прихованими марківськими процесами та обґрунтовано її вплив на задачі управління системами передачі даних. Підкреслено, що основною проблемою в організації локальних та глобальних мереж є розподіл потоків даних за найкоротшими шляхами. До такої проблеми належать способи передачі даних, які вимагають мінімального часу, або шляхи з мінімальними перешкодами. Таким чином, на основі цього визначення, наголошено, що оптимізація шляху має здійснюватися за будь-якими технічними та економічними критеріями, а обрані шляхи мають гарантувати ефективне використання ліній та вершин зв'язку. Детально описано алгоритм Дейкстри та визначено напрямки його реалізації та впливу на процес передачі графічних даних у глобальних та локальних мережах. Сформовано підґрунття реалізації алгоритму Джексона та доведено, що дискретний марківський процес, що описує роботу мережі Джексона зі змінною структурою, ергодичний. Здійснено порівняльний аналіз описаних підходів з детальним порівнянням алгоритмів та визначення найбільш дієвого. Відокремлено фактори, які впливають на оптимізацію передачі пакетів графічних даних у локальних та глобальних мережах. Наголошено, що оптимізація мереж передачі даних призводить до кешування та стиснення переданих даних, оптимізації трафіку, зміни транспортного протоколу TSP, які збільшують інтерактивність продуктивності мережевого додатку та зменшують обсяг переданих даних.

Ключові слова: передача, збереження, масив, графічна інформація, локальна мережа, глобальна мережа, пакет, трафік.

Анищенко А. С. По вопросу передачи и сохранения массивов графических данных в глобальных и локальных сетях. В статье раскрыты вопросы передачи и сохранения массивов графических данных в глобальных и локальных сетях. Описана структура современных компьютерных сетей, определены основные проблемы, которые возникают при передаче данных внутри сети. Обозначена сложность моделирования глобальных и локальных сетей. Отмечается, что построение логической системы управления передачей графических данных в сетях позволит повысить скорость передачи и снизить возможности потери информации. Описано влияние модели Гилберта на линию передачи данных и обособленно механизм влияния скрытого харьковского процесса на передачу данных. Детализировано метод идентификации характеристик линии передачи и выбора оптимального метода кодирования сигнала, согласованного с текущей частотной характеристикой линии передачи. Раскрыта стохастическая теория управления в системах со скрытыми марковскими процессами и обосновано ее влияние на задачи управления системами передачи данных. Подчеркнуто, что основной проблемой в организации локальных и глобальных сетей является распределение потоков данных по кратчайшим путям. К такой проблеме относятся способы передачи данных, которые требуют минимального времени, или пути с минимальными помехами. Таким образом, на основе этого определения, отмечено, что оптимизация пути должна осуществляться по любым техническим и экономическим критериям, а выбранные пути должны гарантировать эффективное использование линий и вершин связи. Подробно описан алгоритм Дейкстры и определены направления его реализации и влияния на процесс передачи графических данных в глобальных и локальных сетях. Сформирована основа реализации алгоритма Джексона и доказано, что дискретный Марковский процесс, описывающий работу сети Джексона с переменной структурой, эргодичен. Осуществлен сравнительный анализ описанных подходов с детальным сравнением алгоритмов и определения наиболее действенного. Выделены факторы, которые влияют на оптимизацию передачи пакетов графических данных в локальных и глобальных сетях. Отмечено, что оптимизация сетей передачи данных приводит к кэшированию и сжатия передаваемых данных, оптимизации трафика, изменения транспортного протокола TSP, которые увеличивают интерактивность производительности сетевого приложения и уменьшают объем передаваемых данных.

Ключевые слова: передача, сохранение, массив, графическая информация, локальная сеть, глобальная сеть, пакет, трафик.

Anyshchenko Oleksii. On the issue of transmission and storage of graphic data arrays in global and local networks. The article deals with the transfer and storage of graphic data arrays in global and local networks. The structure of modern computer networks is described, the main problems that arise when transmitting data within the network are identified. The complexity of modeling global and local networks is outlined. It is noted that the construction of a logical control system for the transmission of graphic data in networks will increase the transfer rate and reduce the possibility of information loss. The influence of the Gilbert model on the data transmission line is described and the mechanism of the influence of the hidden Kharkiv process on the data transmission is separated. The method of identifying the characteristics of the transmission line and selecting the optimal method of signal coding, consistent with the current frequency response of the transmission line, is detailed. The stochastic theory of control in systems with hidden Markov processes is revealed and its influence on the problems of data transmission systems control is substantiated. It is emphasized that the

main problem in the organization of local and global networks is the distribution of data flows by the shortest paths. This problem includes data transmission methods that require minimal time, or paths with minimal interference. Thus, based on this definition, it is emphasized that the optimization of the path should be carried out according to any technical and economic criteria, and the chosen paths should ensure the efficient use of lines and vertices. Dijkstra's algorithm is described in detail and the directions of its implementation and influence on the process of graphic data transmission in global and local networks are determined. The basis for the implementation of Jackson's algorithm is formed and it is proved that the discrete Markov process describing the operation of Jackson's network with variable structure is ergodic. A comparative analysis of the described approaches with a detailed comparison of algorithms and determining the most effective. The factors influencing the optimization of the transmission of graphic data packets in local and global networks are singled out. It is emphasized that the optimization of data networks leads to caching and compression of transmitted data, traffic optimization, changes in the TSP transport protocol, which increase the interactivity of network application performance and reduce the amount of transmitted data.

Key words: transmission, storage, array, graphic information, local network, global network, packet, traffic.

Постановка проблеми. Для створення оптимальної системи управління інформаційними комп'ютерними мережами необхідно моделювати передачу, обробку та збереження даних. Комп'ютерні мережі можуть об'єднувати велику кількість підмереж з різною структурою, що наразі є великою проблемою.

Існує кілька ключових факторів, які визначають складність моделювання:

- 1) Масштаб. Мережа об'єднує кілька комп'ютерів і серверів, які зберігають і передають дані по лініях зв'язку;
- 2) Високий ступінь невідповідності елементів включає різноманітні типи комп'ютерів, обладнання зв'язку, операційні системи та програми;
- 3) Інформаційні комп'ютерні мережі об'єднують підмережі, використовуючи призначені лінії, супутникові, радіо, телефонні канали тощо.

Управління інформаційними комп'ютерними мережами має змінити передачу та обробку інформації в мережі. Глобальна та локальна мережі також повинні забезпечувати оптимальне використання ресурсів, а також сумісність мережевого обладнання та прогнозування роботи.

Було виявлено ряд проблем, які потребують вирішення в роботі комп'ютерних мереж глобального та локального рівнів. Ці завдання включають:

- забезпечення адаптивності алгоритмів управління в ситуаціях, коли наявної інформації недостатньо для прийняття рішень;
- прогнозування роботи комп'ютерної мережі для підвищення продуктивності управління;
- прийняття рішень, що відповідають реальним життєвим ситуаціям;
- забезпечення операційної системи самоуправлінням для її вдосконалення.

Системи передачі даних часто працюють в умовах значних коливань властивостей лінії передачі, через які передаються дані. Такі коливання залежать від зовнішніх умов, а також від змін взаємного положення приймача-передавача.

При моделюванні таких каналів часто використовується модель прихованого марковського процесу. Окремим випадком цього процесу є модель Гілберта, в якій стан лінії передачі просто описується у термінах «добре» - «погано», а переходи між ними описуються ланцюгом Маркова. Оптимізація роботи передачі даних зазвичай полягає у максимізації вмісту трансінформації.

Таким чином, узгодження швидкості передачі даних з поточним станом лінії передачі набуває вирішального значення. Один з відомих розроблених підходів складається з ідентифікації характеристик лінії передачі та вибору оптимального методу кодування сигналу, узгодженого з поточною частотною характеристикою лінії передачі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чимало науковців підійшли до вивчення алгоритмів, методів, механізмів та принципів передачі пакетів у рамках комп'ютерних мереж. Так, варто відзначити роботу Ю. К. Давидовського, О. А. Реви та О. В. Малєєва [1], які обґрунтували важливість модернізації мереж передачі даних на прикладі зростання їх використання; визначили необхідність створення саме автоматизованого засобу для моделювання, на відміну від залучення технічних спеціалістів; здійснили вибір рівнів абстракції мережі передачі даних для її моделювання; визначили математичний апарат для обчислення параметрів моделі; розробили метод моделювання мережі передачі даних.

Л. П. Крючкова та В. О. Пшоннік [2] розглянули способи маршрутизації в мережах передачі даних, виконали порівняльний аналіз найбільш поширених протоколів маршрутизації. Обґрунтували доцільність застосування протоколу маршрутизації CJDNS для організації самоорганізованої мережі передачі даних в охоронних системах швидкого розгортання.

Методи багатопляхової маршрутизації в програмно-конфігурованих телекомунікаційних мережах дослідили О. А. Симоненко, О. О. Троцько та Д. М. Кушніренко [3]. Маршрутизацію пакетів для

автономних систем інтернету з врахуванням трьох критеріїв розкрили К. Обельовська, Р. Панчишин та О. Ліскевич [4].

У [5] розкрито систему потокових моделей відмовостійкої маршрутизації без резервування елементів телекомунікаційної мережі за шляхами, що не перетинаються або перетинаються лише за вузлами. Новизною рішень є введення в структуру моделей нелінійних умов використання шляхів заданого типу при балансуванні навантаження.

Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Yang, Sheng-Hsiung & Wu, Jenq-Lang [6], Zhang, Yu & Xie, Shousheng & Ren, Litong & Wang, Lei [7], Pérez-Romero, Jordi & Agustí, Ramon & Sallent, Oriol [8], Yu, Peng & Wu, Renke & Zhou, Haojie & Yu, Haibo & Chen, Yuting & Zhong, Hao [9], Praptodiyono, Supriyanto & Firmansyah, Teguh & Hasbullah, Iznan & Osman, Azlan [10], Kimura, Mitsutaka & Imaizumi, Mitsuhiro & Araki, Takahito [11], Mutalemwa, Lilian & Shin, Seokjoo [12], Patil, Leena & Borkar, Gautam [13] та інші.

Проте, враховуючи описані наукові набутки, за темою, питання передачі та збереження масивів графічних даних у глобальних і локальних мережах залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Розкрити питання передачі та збереження масивів графічних даних у глобальних і локальних мережах.

Викладення основного матеріалу дослідження. Метод ідентифікації характеристик лінії передачі та вибору оптимального методу кодування сигналу, узгодженого з поточною частотною характеристикою лінії передачі, дає результати, дуже близькі до оптимальних, його апаратна реалізація досить складна. У той же час методи управління швидкістю передачі даних, які дозволяють узгодити її з поточним станом лінії передачі, менш ефективно використовуються в операційних системах зв'язку.

Наприклад, можна вказати протокол TCP/IP, де швидкість пакетних пакетів зростає відповідно до лінійного закону, поки не відбудеться втрата пакета. Після цього швидкість спалаху поступово зменшується у фіксованій пропорції, а потім знову зростає за лінійним законом. Необхідно підкреслити, що цей метод управління є типовою реалізацією стохастичного управління процесом на неповних даних. Насправді швидкість розриву втрат пакетів є спостережуваним процесом, пов'язаним як з не спостережуваним станом лінії передачі, так і зі швидкістю пакетів графічних даних.

Швидкість пакетів даних також контролюється потоком даних і водночас – непрямыми вимірами. В останні роки були запропоновані механізми управління, в яких безпосереднє вимірювання параметрів пакетів визначає трафік і мережа, налаштована таким чином, щоб забезпечити максимальну зручність користувача.

Моделі, що описують протокол TCP/IP з точки зору стохастичних процесів, що експлуатуються прихованими марковськими процесами, останні роки були широко вивчені і довели свою ефективність при порівнянні результатів моделювання з практикою [14].

У той же час проста передача вже існуючих технічних рішень по бездротових лініях зв'язку призведе до, очевидно, неоптимального рішення, оскільки рівень коливань у лініях бездротового зв'язку та, що найголовніше, їх тимчасові характеристики значно відрізняються від тих, що є у фіксованому оптоволоконному зв'язку перевізників і дротових лініях зв'язку.

З іншого боку, у стохастичній теорії управління в системах із прихованими марківськими процесами є результати, які дозволяють сподіватися на успіх під час їх застосування у задачах управління системами передачі даних. Запропонований підхід ґрунтується на таких передумовах:

– стан каналу описується ходою Маркова з остаточною набором станів та відомою інтенсивністю переходів;

– швидкість передачі даних – це робочий параметр, а інтенсивність втрат пакетів – відома монотонна функція, що залежить від швидкості передачі та стану каналу;

– мета роботи – це вибір такого закону зміни швидкості передачі даних, за якого максимум середнього значення успішно досягнуто переданих пакетів масивів графічних даних [16].

Основною проблемою в організації локальних та глобальних мереж є розподіл потоків даних за найкоротшими шляхами. До такої проблеми належать способи передачі даних, які вимагають мінімального часу, або шляхи з мінімальними перешкодами. Відповідно, оптимізація шляху має здійснюватися за будь-якими технічними та економічними критеріями, а обрані шляхи мають гарантувати ефективне використання ліній та вершин зв'язку. Таким чином, необхідно провести порівняльний аналіз алгоритмів маршрутизації, які сьогодні використовуються для розробки та управління інформаційними потоками передачі масивів графічних даних.

Адаптивне використання маршрутизації дозволяє скоротити середній час пошуку пакету в мережі, дає можливість скоротити витрати на його доставку одержувачам по мережах та підвищити загальну надійність мережі через автоматичний вибір маршруту на основі даних топології мережі. Але всі ці особливості надзвичайно навантажують комп'ютерні центри вершин. Тому використання адаптивної маршрутизації можливе в обмеженому режимі.

З цієї причини виникає проблема розробки програмного забезпечення оптимізації вибору шляху з метою зменшення навантаження на обчислювальні центри, а також отримання можливості використання багатопробіжної маршрутизації.

Для вибору найбільш підходящого маршруту для відправки масивів графічних даних на наступний вузол будемо використовувати графік директиви. Вершини графіка є маршрутизаторами, а ребра, що з'єднують вершини, - це фізичні лінії зв'язку, кожному з яких відповідає якесь інтегральне значення. Таке значення представлено «вартістю» передачі пакета на ньому, залежно від витраченого часу під час передачі даних.

Сьогодні існують деякі алгебраїчні методи, які дозволяють описати процес отримання результатів у формі, зручній для подальших досліджень. Для цього необхідно проаналізувати відомі методи для оцінки прикладної важливості та обмежень щодо їх використання.

Теорія черг відіграє важливу роль у моделюванні операцій передачі та збереження даних у комп'ютерних мережах. Свого часу використання теорії дозволило вирішити багато додатків, наприклад, моделювання магістральних мереж, які обслуговують трафік між системами.

Слід зазначити, що ця теорія охоплює широкий спектр моделей, серед яких можна згадати:

- мережі Джексона;
- мережі Маркова з різними класами вимог та параметрів, які залежать від стану;
- мережі з випадковим вибором каналу в блоці та узагальненим процесором спільного використання;
- вимоги до мереж систем масового обслуговування різних класів з абсолютним пріоритетом вхідних претензій та пріоритетом;
- мережі з дисципліною обслуговування «узагальнений спільний доступ до процесорів» та різними класами вимог;
- мережі черги з різноманітними каналами.

Багато «черг» і «каналів обслуговування», які отримують запити на обслуговування, є предметом теорії доменів систем масового обслуговування. Цей математичний алгоритм розповсюджується в процесі подання заявки на аналіз комп'ютерних мереж. Попередники у своїх роботах обґрунтовували та виводили загальні закони запиту про затримку часу, довжини черги тощо, які залежать від типу масового обслуговування.

На основі масового обслуговування формування нових технологій передачі даних, а також поява глобальних мереж, які, у свою чергу, пов'язані з ростом інформації та безпекою комп'ютера, призвели до необхідності створення та розвитку нових моделей комп'ютерних мереж.

Існуючі методи зазвичай використовують перші два моменти (середнє значення та дисперсію) розподілу часу у вхідному потоці та часу обслуговування. Але вони досить невизначені, і не завжди вдається отримати достовірні результати. Тому деякі автори пропонують використовувати нові підходи.

Метод теорії черг дозволяє визначити розміри найкоротших шляхів між усіма вершинами, а також довжину всіх можливих шляхів між кожною множиною з двох вершин мережі. Це дозволяє знайти найменші відстані в цій мережі.

Коротше кажучи, ці методи пов'язані з визначенням найкращої програми адміністративних дій у разі, коли лінійна залежність, у якій невідомі знаходяться на першому ступені, виступає як об'єктивна функція та обмеження.

Визначення проблеми лінійного програмування має крайній характер. Він полягає у визначенні таких змінних значень, за яких цільова функція досягає свого максимуму або мінімуму залежно від характеру проблеми.

Особливе місце в математичному супроводі процедур вибору трафіку передачі інформаційних потоків займає алгоритм Дейкстри, який базується на принципі оптимальності.

Алгоритм Дейкстри дозволяє знайти найкоротший шлях між одним вузлом у графі до всіх інших. Алгоритм працює тільки для графіків без ребер від'ємної ваги, хоча зараз існують узагальнені методи усунення цього недоліку (метод Дейкстри з потенціалами). Суть алгоритму Дейкстри полягає в поетапному побудові дерева найкоротших маршрутів з початкової вершини. У той же час необхідно

після додавання на кожному етапі лінії зв'язку та вузла, щоб новоутворений найкоротший шлях був мінімально можливим на всіх кінцевих вершинах, які ще не знаходяться в дереві. Існують розраховані масштабні вектори шляхів і виправлені початкові вектори найкоротших шляхів у процесі створення дерева найкоротших шляхів. Складність алгоритму Дейкстри залежить від способу пошуку вершини v , а також від способу зберігання набору невідомих вершин та способу оновлення тегів. У графі G , n і m – це кількість вершин, а ребра для пошуку вершини, використовуючи найкоротший шлях до вершини v , переглядаються через всю множину n .

Час роботи алгоритму мінімізації становить $O(n^2 + m)$. Для розряджених графіків (для яких $m < n$) при використанні спеціальних алгоритмів оптимізації швидкості роботи час роботи може становити $O(n \log n + m \log n)$ або навіть $O(n \log n + m)$. Метод Дейкстри широко застосовується в мережевому програмуванні та технологіях, наприклад, він використовується у протоколі OSPF для усунення близьких шляхів. Використання модифікованого алгоритму Дейкстри як ефективного інструменту для розподілу вхідних інформаційних потоків у основних мережах IP з протоколом OSPF дозволяє покращити надійність мережі, захищаючи від перевантаження даних. Таким чином, можна використовувати залишкову ємність каналу як критерій розподілу інформаційних потоків. Необхідно віднести відносну простоту практичної реалізації методу до достоїнств протоколу.

Алгоритм Джонсона дозволяє знайти найкоротші шляхи між усіма парами вершин у розрідженому, зваженому по ребрах, спрямованому графі. Цей метод діє, якщо графік містить ребра з позитивною або негативною вагою, але немає циклів з негативною вагою. Краї зберігаються у вигляді списків суміжних вершин. Якщо в алгоритмі Дейкстри незмінна черга з пріоритетами реалізована у вигляді кубу Фібоначчі, час роботи алгоритму Джонсона дорівнює $O(n^2 \lg n + nm)$.

Теорія графів використовується паралельно з теорією нечітких множин та теорією ймовірностей. Ця сумісність не дозволяє наблизити великий клас завдань до лінійного програмування.

В даний час теорія графів є одним з базових математичних алгоритмів, які використовуються для вивчення поведінки інформаційної комп'ютерної мережі на рівні мережі. Одним із рішень проблеми оптимізованої маршрутизації та зменшення потоку трафіку в кожному вузлі мережі є використання теорії графів та мереж Петрі.

Класична мережа Джексона вивчається за припущення, що тривалість застосування сервісу має експоненційний розподіл. Закон розподілу часу подання послуг відрізняється від продемонстрованого. Існує актуальна проблема розвитку аналітичного апарату для вивчення мереж масового обслуговування з довільними функціями розподілу часу обслуговування, що приваблює все більше дослідників.

Існує метод обчислення характеристик стохастичних систем обробки додатків на основі дифузійних моделей. Процес функціонування вузла обробки додатків розглядається як двовимірний процес дифузії, який складається з двох потоків: потоку надходження заявок ($i = 1$) та потоку виходу ($i = 2$).

$$\frac{\partial p(x_i, t)}{\partial t} = \sum_{i=1}^2 \left\{ a_i \frac{\partial^2 p(x_i, t)}{\partial x_i^2} - b_i \frac{\partial p(x_i, t)}{\partial x_i} \right\}$$

де $p(x, t)$ – допуск щільності ймовірності ($i = 1$), обробка ($i = 2$) запитів: a – коефіцієнт дифузії, b – коефіцієнт дрейфу. Крім того,

$$a = \frac{1}{\tau},$$

$$b = \frac{D}{\tau^{-3}}$$

де τ – середній час між надходженнями заявок (обробка заявки), D – розрізнення часу між надходженнями заявок (та / або обробкою заявок).

Такий підхід дозволяє використовувати ряд нових алгоритмів системи додатків стохастичної обробки.

Але мережева структура в цьому випадку відокремлена, і модель працює протягом середнього часу надходження та обслуговування додатків, під час відхилень надходження, під час простоїв технічного обслуговування програм та вузла. Таким чином, ця модель незручна.

Якщо динаміка обробки додатків не була проаналізована, то необхідно обчислити стаціонарний розподіл робочих / непрацюючих хостів Джексона зі зміною кількості сайтів, як для відкритих, так і для закритих мереж, де вузли можуть вийти з ладу або відновитися.

Доведено, що якщо дискретний марківський процес, що описує роботу мережі Джексона зі змінною структурою, ергодичний, його граничний розподіл $P(n)$ задовольняє такому рівнянню:

$$P(n) = \frac{\prod_{i=1}^m \left(\frac{\bar{\lambda}_i}{\mu_i}\right)^n}{\prod_{i=1}^m \frac{\mu_i}{\mu_i - \lambda_i}}$$

де λ_i та μ – інтенсивність вхідного та вихідного потоку додатків i -типу відповідно; n – кількість робочих одиниць, m – гранична кількість додатків різних типів.

Таким чином на основі вищевикладеного варто відзначити:

1. Для мереж з операцією інформаційного трафіку бажано використовувати метод Джонсона, оскільки він забезпечує збільшення швидкості у випадку топології мережі, яка описується великим графіком.

2. Серед алгоритмів одного шляху визначення відстані можна відзначити алгоритм Дейкстри (протокол OSFP). Цей алгоритм активно використовується як частина протоколу OSFP для маршрутизації в автономних системах (протокол внутрішнього блокування).

3. Матричний алгоритм, як і інші алгоритми багатопроменевого використання, має перевагу одного шляху, що складається із заздалегідь розрахованих альтернативних відстаней, що в підсумку призводить до підвищення надійності мережі та можливості перерозподілу навантаження між каналами зв'язку.

4. Визначення найкоротшого шляху може бути здійснено методами лінійного програмування, що дозволяє оцінити тимчасовий ефект відставання мережі за мінімізації середнього часу передачі повідомлення.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі розкрито питання передачі та збереження масивів графічних даних у локальних та глобальних мережах. Оптимізація передачі даних в локальних та глобальних мережах пов'язана з труднощами, викликаними такими факторами:

– необхідність постійного вивчення нових технологій передачі даних, їх особливостей та особливостей обладнання, що підтримує ці технології;

– жорсткі вимоги щодо вартості та тривалості реалізації мережевих проектів, а також потреби швидкої зміни потреб користувачів у часі, що призводить до необхідності організації командної роботи над проектами;

– інтерактивність процесу створення мереж передачі даних, пов'язана з безперервною появою нових послуг, збільшенням кількості клієнтів мереж та попитом на розширення існуючих користувачів.

Оптимізована передача та обробка даних у локальних та глобальних мережах значно скоротить час її роботи, а також витрати на розробку та підтримку програмних продуктів.

Найважливіше в оптимізації локальних та глобальних мереж – це ряд інформаційних інструментів, які забезпечують постійний рівень надійності.

Зниження витрат на вдосконалення серверного програмного забезпечення пояснюється інтеграцією інформаційних ресурсів у центр обробки даних (або кількома ЦОД). Крім того, значно скорочуються витрати на послуги та передачу даних.

Тому оптимізація мереж передачі даних призводить до кешування та стиснення переданих даних, оптимізації трафіку, зміни транспортного протоколу TSP, які збільшують інтерактивність продуктивності мережевого додатку та зменшують обсяг переданих даних.

Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на вдосконаленні алгоритму передачі масивів даних за рахунок об'єднання кількох підходів, зниження часу передачі та максимізації якості передачі.

Список бібліографічного опису.

1. Давидовський, Ю. К., Рева, О. А., & Малеева, О. В. (2018). Метод моделювання параметрів мережі передачі даних для її модернізації. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, (4 (6)), 15-22.

2. Крючкова, Л. П., & Пшоннік, В. О. (2018). Організація саморганізованої мережі передачі даних в ОСШР. *Сучасний захист інформації*, (3), 33-37.

3. Симоненко, А.А., Троцько, А.А., Кушніренко, Д.М. (2019). Аналіз методів багатопроменевої маршрутизації в програмно-конфігурованих телекомунікаційних мережах. *Збірник наукових праць ВІТІ*, 2, 95-104.

4. Обельовська, К., Панчишин, Р., & Ліскевич, О. (2017). Маршрутизація пакетів для автономних систем інтернету з врахуванням трьох критеріїв. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Комп'ютерні науки та інформаційні технології*, (864), 83-89.

5. Лемешко, О. В., Єременко, О. С., & Невзорова, О. С. (2020). *Потокові моделі та методи маршрутизації в інфокомунікаційних мережах: відмовостійкість, безпека, масштабованість*. Харків : ХНУРЕ. <http://openarchive.nure.ua/handle/document/12332>

References.

1. Yang, Sheng-Hsiung & Wu, Jenq-Lang. (2013). Output feedback multiple-packet transmission networked control systems. 2013 10th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2013. 615-620. 10.1109/ICNSC.2013.6548809.
2. Zhang, Yu & Xie, Shousheng & Ren, Litong & Wang, Lei. (2019). Robust Packet Dropout Compensator Design for Multiple Packet Transmission Networked Control Systems. 1382-1389. 10.1109/HPCC/SmartCity/DSS.2019.00192.
3. Pérez-Romero, Jordi & Agustí, Ramon & Sallent, Oriol. (2021). TYPE-II HYBRID ARQ SCHEME IN A DS-CDMA PACKET TRANSMISSION NETWORK.
4. Yu, Peng & Wu, Renke & Zhou, Haojie & Yu, Haibo & Chen, Yuting & Zhong, Hao. (2016). Multicast routing tree for sequenced packet transmission in software-defined networks. 27-35. 10.1145/2993717.2993721.
5. Praptodiyono, Supriyanto & Firmansyah, Teguh & Hasbullah, Iznan & Osman, Azlan. (2016). PERFORMANCE EVALUATION OF ROUTING PROTOCOL ON IPV6 PACKETS TRANSMISSION.
6. Kimura, Mitsutaka & Imaizumi, Mitsuhiko & Araki, Takahito. (2021). Reliability of Congestion Control Based on Packet Transmission Interval with Hybrid ARQ. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering. 2140004. 10.1142/S0218539321400040.
7. Mutalemwa, Lilian & Shin, Seokjoo. (2019). Regulating the Packet Transmission Cost of Source Location Privacy Routing Schemes in Event Monitoring Wireless Networks. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2019.2943710.
8. Patil, Leena & Borkar, Gautam. (2018). An Adaptive RIPng Routing Protocol with Secure Packet Transmission in MANETs. Journal of Applied Security Research. 13. 1-27. 10.1080/19361610.2018.1499385.
9. Ложковський, А. Г., Ложковский, А. Г., Удут, Т. І., Удут, Т. І., Удут, Я. І., & Удут, Я. І. (2017). Дослідження впливу параметрів трафіку на якість обслуговування в системах з втратами та чергами. Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матеріали 7-ої Міжнар. наук-практ. конф., 26-27 жовтня 2017 р., Одеса. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 1, 81-84.
10. Грубчанінова, К., Ковтун, І. В., Рубльов, В. О., & Соболевська, Н. В. (2017). Дослідження значення величини середньої затримки пакета даних інформаційних потоків у мережах передачі даних. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, (5), 16-25.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-15>

УДК 629.3:656:004

Козак Євген Борисович, магістр в галузі комп'ютерних наук, розробник програмного забезпечення, інженер-програміст GAN Inc.

ПРОГРАМНІ МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ У РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ INTERNET OF VEHICLES

Козак Є. Б. Програмні методи організації транспортних потоків у рамках концепції Internet of Vehicles. У статті розглянуто програмні методи організації транспортних потоків у рамках концепції IoV. Розкрито сутність поняття «Інтернет речей» та «Інтернет транспортних засобів». Сформовано принципи взаємодії та послідовність. Наголошено, що Інтернет транспортних засобів складається із засобів, що є взаємодіючими між собою, а також з портативних пристроїв, які перевозяться пішоходами, придорожніх блоків та загальнодоступних мереж, що використовують принцип з'єднання транспортний засіб до транспортного засобу, від транспортного засобу до дороги, взаємозв'язок транспортний засіб – людина та транспортний засіб – датчик, створюючи тим самим соціальну мережу, де учасники є раціональними об'єктами, а не людьми. Наведено типову архітектуру Інтернету транспортних засобів, що складається з трьох рівнів: сприйняття, мережевого та прикладного. Та детально описано принципи реалізації та взаємодії зазначених рівнів як у рамках системи в цілому так і окремо на кожному етапі. Запропоновано абстрактну архітектуру Інтернету транспортних засобів та визначено принципи роботи та взаємодії головних блоків системи. Підкреслено, що бортовий блок представляє собою транспортні засоби на дорозі, а дорожній блок – дорожно-транспортні інфраструктури, які взаємопов'язані за допомогою Інтернету. Наголошено, що головною умовою дії системи є приналежність кожного окремого транспортного засобу домогосподарству та наявність базового блоку, до якого всі транспортні засоби та інші пристрої підключені через Інтернет речей. Запропоновано механізми забезпечення конфіденційності Інтернету транспортних засобів, як окремо діючої системи. Підкреслено, що конфіденційність підтримується шляхом розподілу типів вмісту на: приватний, захищений та публічний. Інформація приватного типу доступна лише власнику транспортного засобу. Сформовано перелік програмних методів які діють щодо реалізації IoV та описано головні проблеми, що стоять перед IoV.

Ключові слова: програмний метод, концепція, транспортний потік, організація, Інтернет транспортних засобів.

Козак Е. Б. Програмные методы организации транспортных потоков в рамках концепции Internet of Vehicles. В статье рассмотрены программные методы организации транспортных потоков в рамках концепции IoV. Раскрыта сущность понятия «Интернет вещей» и «Интернет транспортных средств». Сформированы принципы взаимодействия и последовательность. Отмечено, что Интернет транспортных средств состоит из средств, которые являются взаимодействующими между собой, а также с портативных устройств, которые перевозятся пешеходами, придорожных блоков и общедоступных сетей, использующих принцип соединения транспортное средство до транспортного средства, от транспортного средства до дороги, взаимосвязь транспортное средство – человек и транспортное средство – датчик, создавая тем самым социальную сеть, где участники являются рациональными объектами, а не людьми. Приведена типичная архитектура Интернета транспортных средств, состоящая из трех уровней: восприятия, сетевого и прикладного. И подробно описаны принципы реализации и взаимодействия указанных уровней как в рамках системы в целом так и отдельно на каждом этапе. Предложена абстрактная архитектура Интернета транспортных средств и определены принципы работы и взаимодействия главных блоков системы. Подчеркнуто, что бортовой блок представляет собой транспортные средства на дороге, а дорожный блок – дорожно-транспортные инфраструктуры, которые взаимосвязаны с помощью Интернета. Отмечено, что главным условием действия системы есть принадлежность каждого отдельного транспортного средства домохозяйству и наличие базового блока, к которому все транспортные средства и другие устройства подключенные через Интернет вещей. Предложены механизмы обеспечения конфиденциальности Интернета транспортных средств, как отдельно действующей системы. Подчеркнуто, что конфиденциальность поддерживается путем распределения типов контента на: частный, защищенный и публичный. Информация частного типа доступна только владельцу транспортного средства. Сформирован перечень программных методов которые действуют по реализации IoV и описаны главные проблемы, стоящие перед IoV.

Ключевые слова: программный метод, концепция, транспортный поток, организация, Интернет транспортных средств.

Kozak Yevhen. Software methods for organizing traffic flows within the concept of internet of vehicles. The article considers the software methods of organizing traffic flows within the concept of IoV. The essence of the concept of "Internet of Things" and "Internet of Vehicles" is revealed. The principles of interaction and sequence are formed. It is emphasized that the Internet of vehicles consists of vehicles that interact with each other, as well as portable devices that are transported by pedestrians, roadside blocks and public networks that use the principle of connecting the vehicle to the vehicle, from vehicle to road, the relationship vehicle - man and vehicle - sensor, thus creating a social network where participants are rational objects, not people. The typical architecture of the Internet of vehicles, consisting of three levels: perception, network and application, is given. But the principles of implementation and interaction of these levels are described in detail both within the system as a whole and separately at each stage. The abstract architecture of the Internet of vehicles is offered and the principles of work and interaction of the main blocks of system are defined. It is emphasized that the on-board unit is a vehicle on the road, and the road unit is a road infrastructure that is interconnected via the Internet. It is emphasized that the main condition of the system is that each individual vehicle belongs to the household and the presence of a base unit to which all vehicles and other devices are connected via the Internet of Things. Mechanisms for ensuring the confidentiality of the Internet of vehicles as a separate system are proposed. It is emphasized that confidentiality is maintained by dividing the types of content into: private, secure and public. Private information is only available to the vehicle owner. The list of software methods that apply to the implementation of IoV is formed and the main problems facing IoV are described.

Key words: software method, concept, traffic flow, organization, The Internet of Vehicles.

Вступ та постановка проблеми дослідження. Зі збільшенням міського населення та швидким розширенням міст, право власності на транспортні засоби швидко зростає. Також спостерігається збільшення кількості електромобілів, як повністю електричних, так і роз'ємних гібридів. Існує потреба у покращенні комунікацій та взаємозв'язку між цими транспортними засобами через їхню мобільність. Оскільки транспортні засоби еволюціонують від простих транспортних засобів до розумних об'єктів, що мають можливості зондування та зв'язку, вони стають невід'ємною частиною розумного міста. Розумні транспортні засоби демонструють п'ять характеристик: самокерування, безпечне водіння, соціальне водіння, електромобілі та мобільні додатки [1]. Інтернет речей (IoT) – це глобальна мережа, що з'єднує розумні об'єкти та дає їм можливість взаємодіяти між собою [2]. Коли ці розумні об'єкти, що підключаються через Інтернет, є виключно транспортними засобами, тоді IoT стає Інтернетом транспортних засобів (IoV). Таким чином, IoV – це розширене застосування IoT в інтелектуальному транспорті. Передбачається, що він стане основною платформою зондування та обробки даних для інтелектуальних транспортних систем. Транспортний засіб буде сенсорною платформою, яка поглинає інформацію з навколишнього середовища, інших транспортних засобів, від водія та використовує її для безпечної навігації, контролю забруднення та управління дорожнім рухом. Інтернет транспортних засобів складається з транспортних засобів, які взаємодіють між собою, а також з портативних пристроїв, які перевозяться пішоходами, придорожніх блоків та загальнодоступних мереж, що використовують V2V (транспортний засіб до транспортного засобу), V2R (від транспортного засобу до дороги), взаємозв'язок V2H (транспортний засіб – людина) та V2S (транспортний засіб – датчик), створюючи тим самим соціальну мережу, де учасники є раціональними об'єктами, а не людьми. Це призводить до появи соціального Інтернету транспортних засобів (IoV). IoV є, по суті, транспортним прикладом соціального IoT. IoV можна розглядати як надмножину транспортної спеціальної мережі (VANET), яка походить від мобільної спеціальної мережі (MANET). Це розширює масштаби, структуру та програми VANET [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні, питання аналізу та застосування програмних методів організації транспортних потоків у рамках концепції IoV вивчало чимало науковців. Т. М. Постранський, М. В. Бойків, М. О. Афонін та Р. Б. Рогальський [4] здійснили обґрунтування вибору схеми організації руху на перехресті з урахуванням складу транспортного потоку. Отримані результати вказують на тісний зв'язок між відносним складом потоків за типами транспортних засобів та показниками черг та затримок в межах перехрестя. Відповідно до результатів, отримано математичні залежності, які характеризують цей зв'язок. Встановлено, що вибір схеми організації дорожнього руху на перехрестях повинен проводитись із врахуванням складу транспортного потоку, оскільки кожен вид регулювання по-своєму ефективний для того чи іншого випадку. Особливості експлуатації транспорту загального призначення в технологіях інтелектуальних транспортних систем розкрили В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, О.В. Рудзінська та Г.В. Савченко [5]. Науковцями розглянуто особливості функції технологічних процесів щодо управління роботою транспорту загального призначення в умовах інтелектуальних транспортних систем. Встановлено ознаки об'єднання груп сервісів домену щодо організації процесів пасажирських перевезень громадським транспортом та напрямки формування й створення умов ефекту в цих процесах. Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Yu, Q., Zhou, Y. [6], R. Zhang, R. Xue, L. Liu, and L. Zheng [7], J. Contreras-Castillo, S. Zeadally, and J. Guerrero-Ibañez [8], Xi, X., ZhaoCheng, H., WenBo, S., ZhanQiu, C., JunFeng, G. [9], D. Pouliot and C. V. Wright. [10], J. Kang et al. [11], T. Hoang, A. Yavuz, and J. Guajardo [12] та інші. Незважаючи на масштабність наукових досліджень за темою роботи, питання аналізу програмних методів організації транспортних потоків у рамках концепції IoV є актуальним та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Здійснити дослідження програмних методів організації транспортних потоків у рамках концепції IoV.

Викладення основного матеріалу дослідження. Типова архітектура IoV складається з трьох рівнів, як показано на рисунку 1:

Рівень сприйняття: цей рівень включає всі датчики в транспортному засобі, які збирають екологічні дані та виявляють конкретні цікаві події, такі як схеми руху та ситуації на дорозі при русі транспортного засобу, умови навколишнього середовища тощо. Він також має можливість ідентифікації радіочастот, сприйняття супутникового позиціонування, дорожнє середовище сприйняття, сприйняття положення транспортного засобу, сприйняття автомобіля та предметів тощо.

Мережевий рівень: це рівень зв'язку, який забезпечує підключення до таких мереж зв'язку, як G5, GSM, WLAN, WiMax, Wi-Fi та Bluetooth. Він підтримує різні режими бездротового зв'язку, такі як

Автомобіль до автомобіля (V2V), Автомобіль до інфраструктури (V2I), Автомобіль до пішохода (V2P) та Автомобіль до датчика (V2S). Прикладний рівень: цей рівень включає інструменти статистики, підтримку сховища та обробну інфраструктуру. Він відповідає за зберігання, аналіз, обробку та прийняття рішень щодо різних ризикових ситуацій, таких як затори на дорогах, негода тощо. Він представляє розумні програми, забезпечує безпеку руху, ефективність та мультимедійну інформаційно-розважальну систему. Для онлайн-присутності транспортних засобів кожен транспортний засіб повинен мати унікальний ідентифікаційний номер Інтернету. Автомобільний термінал глобальної ідентифікації (GID) лежить в основі IoV. Простіше кажучи, GID вирішує проблеми з радіочастотною ідентифікацією, які включають її односторонній характер, обмежений діапазон і покриття, відсутність швидкості, пасивну та нелогічну роботу. Що ще важливіше, GID надає транспортні засоби з «кіберномерами» або «кібер ID».

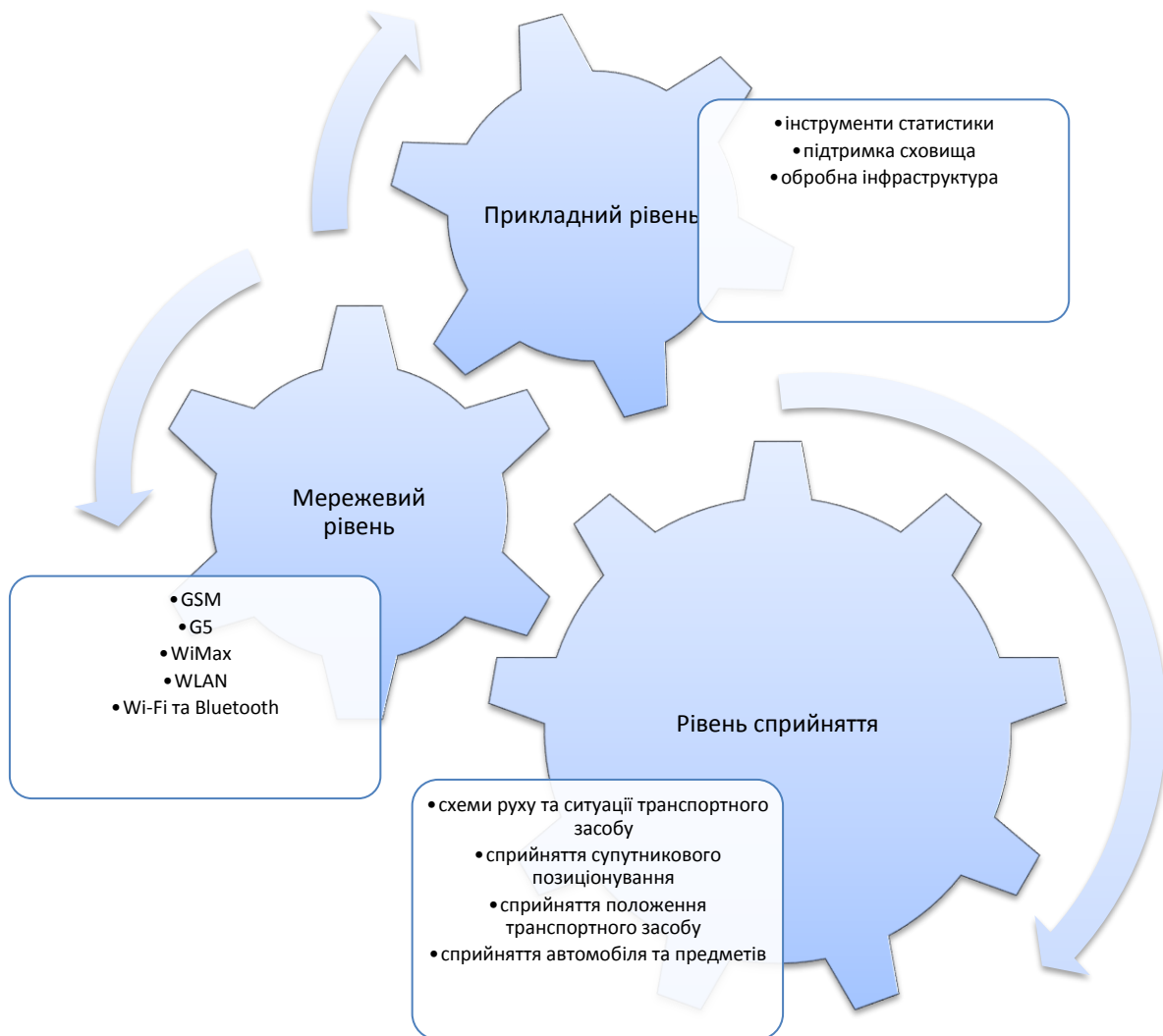


Рис.1. Типова архітектура IoV

Враховуючи модель VANET абстрактна архітектура IoV (рисунок 2) має певні блоки розподілу:
БРБ – бортовий блок;
ББ – базовий блок;
ДБ – дорожній блок.

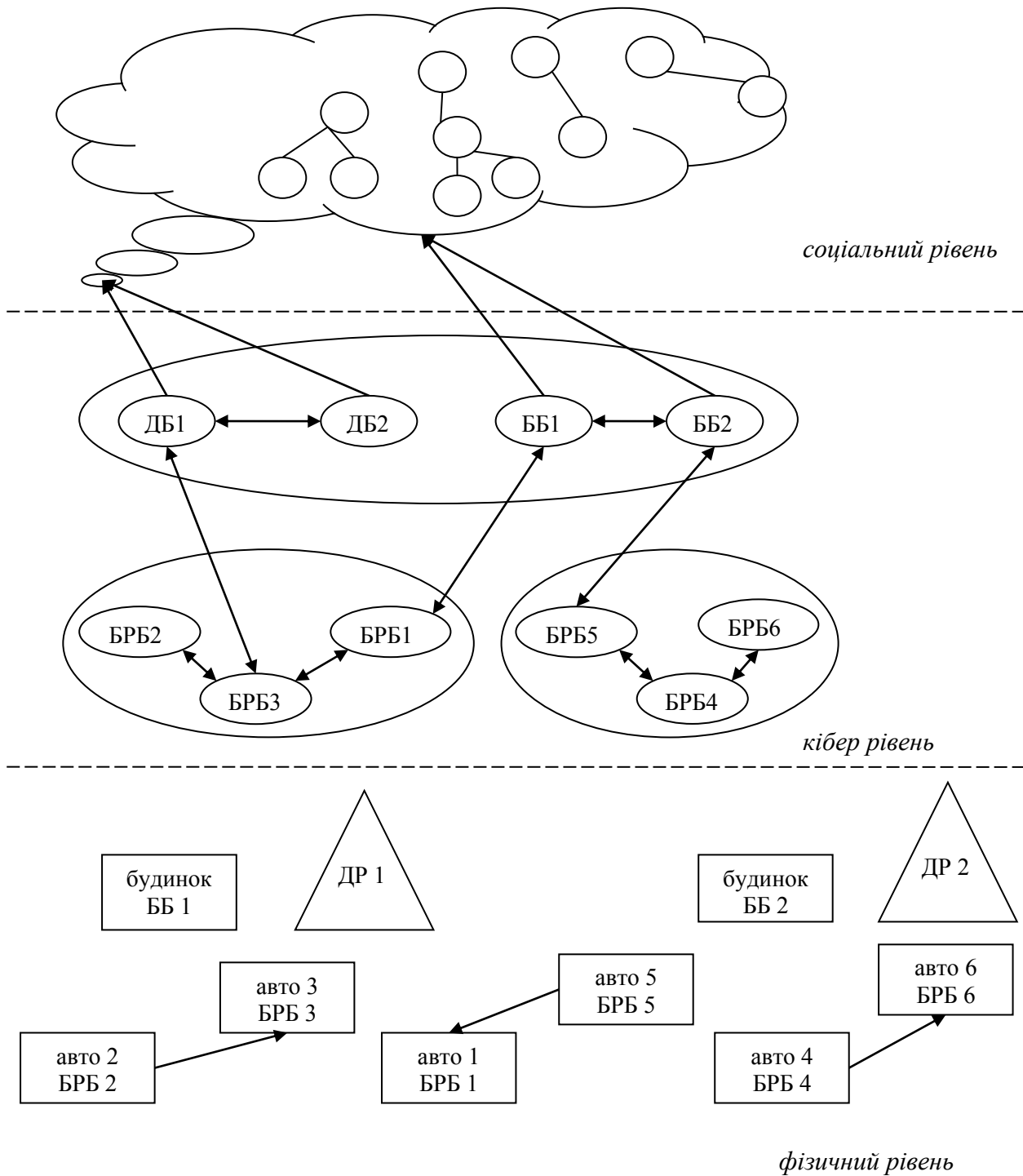


Рис.2. Абстрактна архітектура ІоV

Бортовий блок представляє собою транспортні засоби на дорозі, а дорожній блок – дорожно-транспортні інфраструктури, які взаємопов'язані за допомогою Інтернету. Бортовий блок використовує технологію типу 5G для підключення до Інтернету та бездротових спеціальних мереж для прямого обміну повідомленнями (безпечними та небезпечними) з навколишніми транспортними засобами або з дорожнім блоком.

ІоV за своєю суттю являє собою кіберфізичний додаток покладений поверх оригінальної фізичної транспортної мережі WAVE. Кожна фізична сутність має свою відповідну кібер-сутність (тобто віртуальну сутність), і операції можуть бути спрямовані від кібер-фізичної або навпаки, тоді як сутності перебувають у фізичному / кібер-рівному рівні.

Індивідуальний мережевий зв'язок фізичної з віртуальною сутністю є повсюдним, і взаємодії можуть повсюдно виникати як фізично-фізичним, так і фізично-кібер-фізичним шляхом в залежності від

зручності чи доступності на момент зв'язку. Дані про взаємодію фізичного або кібер рівня накопичуються у хмарі яка є соціальним рівнем, де кожна сутність представляє вузол, а обмін даними представлений за допомогою посилань.

Передбачається, що кожен транспортний засіб належить домогосподарству та існує базовий блок, до якого всі транспортні засоби та інші пристрої підключені через Інтернет речей (IoT).

IoV складається як з динамічного (бортовий блок), так і зі статичного (дорожній блок та базовий блок) типу вузлів і постійно змінює топологію мережі. За першим сценарієм транспортний засіб (бортовий блок) стоїть біля помешкання власника (будинок) та утворює соціальну мережу з відповідним бортовим блоком. Оскільки дорожній блок і базовий є статичними в цьому сценарії, розглядаємо його як статичний IoV, який може поширюватися на сусідні базові та бортові блоки. Наприклад, усі транспортні засоби, припарковані у підвалі квартири або на стоянці, можуть утворювати IoV разом із базовим блоком будинку. У другому сценарії бортовий блок створює взаємозв'язки з віддаленими базовими блоками, використовуючи зв'язок базовий блок-базовий блок або бортовий блок-базовий блок. Наприклад, подорожуючий бортовий блок може мати зв'язок з офісом власника базового блоку, або бортового блоку та може передавати дані про використання з базового блоку свого механіка. Це приклади дещо статичних відносин. Третій сценарій є надзвичайно динамічним, коли бортовий блок перебуває в русі на проїжджій частині та знаходиться в динамічному зв'язку з оточуючими бортовим та дорожніми блоками для обміну інформацією щодо безпеки та небезпеки.

У системі IoV відносини батьківських об'єктів існують між транспортним засобом та його виробником, а виробник несе початкову відповідальність за надання транспортному засобу загальнодоступних параметрів для IoV. Виробник може вводити нові функції своїх автомобілів та додавати власні розділи до повідомлення про взаємодію. Тоді взаємозв'язок об'єктів спільного розташування застосовується, коли два об'єкти працюють близько у географічному розташуванні. Тоді як взаємозв'язок об'єктів спільної роботи застосовується, коли два об'єкти працюють разом для досягнення спільної мети, незалежно від їх місцезнаходження. І відносини об'єктів спільного розташування, і взаємозв'язок об'єктів спільної роботи застосовуються до зв'язку типу бортовий блок-бортовий блок, де транспортні засоби працюють разом, розташовані в сусідніх геолокаціях. Взаємовідносини об'єкта власності представляють відносини бортовий блок-базовий блок (резидент), де власник має право налаштовувати параметри конфіденційності автомобіля.

Знову ж таки, відносини соціальних об'єктів застосовуються до бортовий блок-базовий блок (віддалений), коли власник транспортного засобу готовий поділитися захищеною інформацією зі сторонніми особами (наприклад, про стан транспортного засобу з автомеханіком).

Кожен транспортний засіб підтримує свій власний набір взаємозв'язків як на фізичному, так і на кібер-рівні. Транспортні засоби утворюють статичний або динамічний зв'язок з іншими компонентами IoV через фізичний або кібер рівень, дотримуючись цих наборів взаємозв'язків.

Бортовий блок відіграє ключову роль у зондуванні та формуванні повідомлень про транспортну взаємодію. Кожен транспортний засіб представлений з використанням унікального номера. Відповідно до IoT, кожна фізична річ повинна мати подвійну віртуальну сутність. У IoV кіберзв'язок обробляється через на віртуальному рівні, який є аналогом фізичної комунікації. Кожен транспортний засіб містить список датчиків вбудованої діагностики, а також може інтегрувати інші внутрішні сенсорні пристрої, такі як детектор втоми, детектор сну тощо. Для кожного датчика є вбудований ресурс для моніторингу діяльності. Усі ці сенсорні дані доступні через служби. Системою передбачено, що кожен транспортний засіб має принаймні один бездротовий адаптер для зв'язку з оточуючими бортовими та дорожніми блоками. Коли бортовий блок контактує з іншим бортовим блоком, він обмінюється загальнодоступними повідомленнями за допомогою служби зв'язку бортовий блок-бортовий блок через бездротовий адаптер.

У множині транспортних засобів бортовий блок-бортовий блок (тобто групі транспортних засобів, що утворили спеціальну мережу) існує командир множини, який отримує більшість повідомлень зв'язку та зберігає їх у соціальній графіці бортовий блок-бортовий блок за допомогою Менеджера даних. Оскільки зв'язок бортовий блок-бортовий блок є односпрямованим, можливо, повідомлення дублюються в одній і тій же топології бортовий блок-бортовий блок з різних проміжних джерел. Менеджер даних відфільтровує застарілі повідомлення та оновлює локальний соціальний графік бортового блоку. Як тільки один несучий бортовий блок потрапляє в діапазон дорожнього блоку, диспетчер передає на базі бортового блоку соціальний граф до дорожнього блоку за допомогою служби зв'язку бортовий блок-дорожній блок. Всі ці дані використовуються або оператором транспортного засобу, бортовими

пасажирами, або інтелектуальними програмними агентами, що використовують відповідні клієнтські програми.

У IoV, коли бортовий блок потрапляє в діапазон дорожнього блоку, останній запитує бортовий блок, чи хоче він поділитися соціальним графом бортовий блок-бортовий блок. Якщо бортовий блок діяв як голова множини об'єктів між останнім і поточним дорожнім блоком, то він повинен мати якийсь соціальний граф бортовий блок-бортовий блок, щоб приєднатися до дорожнього блоку. Менеджер ідентифікаційних даних дорожнього блоку підтримує фізичну та віртуальну ідентичність об'єктів дорожнього блоку. Кожен блок має своє географічне розташування, пристрій зберігання даних та принаймні два комунікаційні інтерфейси. Зв'язок бортовий блок-дорожній блок відбувається через бездротовий мережевий інтерфейс і використовує службу зв'язку бортовий блок-дорожній блок. У будь-який конкретний час один дорожній блок може отримувати кілька масових повідомлень від різних об'єктів однієї множини.

Якщо обмін даними стає неповним, тоді Служба зв'язку використовується для обробки неповних транзакцій даних із сусідніми дорожніми блоками. Теги, створені на основі абстрактних концепцій онтології, полегшують пошук у хмарі даних.

Базовий блок відіграє важливу роль у побудові статичної мережі IoV. Домашні / віддалені мережі побудовані на основі даних, надісланих з базового блоку. Кожен базовий блок має менеджер ідентифікаторів, який підтримує фізичну та віртуальну ідентичність компонента. Геолокальні сусідні бортові блоки підключені до IoV через супервузол базового блоку. Передбачається, що домашній базовий блок має запам'ятовуючий пристрій, де всі дані тимчасово зберігаються. Дані користувачів на основі базового блоку та відповідні відносини управляються менеджером даних.

Власник транспортного засобу може змінити налаштування конфіденційності транспортного засобу через Службу налаштувань. Налаштування конфіденційності допомагають керувати конфіденційністю всіх пристроїв, підключених до базового блоку, крім транспортних засобів. Вся приватна інформація бортового блоку передається в хмару через базовий блок.

Конфіденційність в IoV підтримується шляхом розподілу типів вмісту на: приватний, захищений та публічний. Інформація приватного типу доступна лише власнику транспортного засобу (наприклад, особиста інформація користувачів, дані про використання транспортного засобу). Будь-яка частина повідомлення, яка не визначена загальнодоступною, за замовчуванням є приватною. Власник має право передавати приватну інформацію загальнодоступній або вибраній групі, роблячи їх захищеними (наприклад, дані про використання транспортного засобу, що передаються механіку). Сенсорні дані, що генеруються в кожному бортовому блоці, зберігаються в різних частинах структури повідомлень. Усі приватні та захищені дані передаються в хмару через базовий блок користувача.

IoV має різноманітні програми, які включають [7, 8]:

Безпечна їзда: це стосується спільних систем запобігання зіткненням, які використовують датчики для виявлення неминучого зіткнення та надають попередження водієві. Ця програма включає періодичні повідомлення про стан та повідомлення про виникнення. Екстремне повідомлення викликається такою подією, як затор, аварія, поганий стан дороги.

Контроль дорожнього руху: IoV внесе фундаментальні зміни в управління міськими заторами, транспорт і логістику, міський рух та наш колективний спосіб життя.

Відповідь на аварію: підключені автомобілі можуть автоматично надсилати дані про аварію в режимі реального часу разом із місцезнаходженням автомобіля до аварійних груп. Це може врятувати життя, прискоривши реагування на надзвичайні ситуації.

Зручні послуги: Можливість віддаленого доступу до автомобіля робить можливими такі послуги, як дистанційне розблокування дверей та відновлення викраденого автомобіля. Технологія підключених автомобілів може забезпечити транспортні агенції покращеними даними про транспорт, транзит та паркування в режимі реального часу, що полегшує управління транспортними системами для зменшення дорожнього руху та заторів.

Інформаційно-розважальна система: підключені автомобілі можуть надавати в Інтернеті розважальні послуги в автомобілі, які забезпечують потокове передавання музики та інформації через панель інструментів.

Інші програми включають електронне стягнення плати за проїзд, безпечну навігацію системою керування дорожнім рухом, транспортні засоби без водіїв, інтелектуальне управління транспортними засобами, запобігання аваріям, моніторинг потоку руху та автономність автомобіля.

Проблеми, що стоять перед IoV та уповільнення його прийняття, включають великі дані, безпеку, конфіденційність, надійність, мобільність та стандарти. Ці питання слід вирішити, щоб зробити IoV надійним та розширити коло користування. Великі дані: головною проблемою є обробка та зберігання великих даних, створених у IoV завдяки великій кількості підключених транспортних засобів. Наприклад, очікується, що автомобілі без водія оброблятимуть 1 Гб даних в секунду. Мобільні хмарні обчислення та аналіз великих даних відіграватимуть важливу роль у обробці великих даних. Безпека та конфіденційність: оскільки IoV передбачає інтеграцію багатьох різних технологій, послуг та стандартів, існує потреба у безпеці даних. Як відкрита, загальнодоступна мережа, IoV є метою для вторгнень та кібератак, які можуть призвести до фізичної шкоди та витоків конфіденційності. Надійність: машини, датчики та мережеве обладнання можуть вийти з ладу. Система повинна мати справу з неправильними даними, а також з несправними комунікаціями, такими як атаки відмови в обслуговуванні. Як правило, безпека автомобіля важливіша за розваги. Мобільність: у ситуації, коли транспортні засоби рухаються швидко, а топологія мережі постійно змінюється, непросто підтримувати зв'язок вузлів та забезпечувати їх ресурсами для передачі та прийому в режимі реального часу. Відкриті стандарти: для прискорення прийняття стандартизація та взаємодія є життєво важливими. Відсутність стандарту ускладнює ефективний зв'язок V2V. Прийняття відкритих стандартів дозволить безперешкодно обмінюватися інформацією. Уряди повинні брати участь та заохочувати галузі до співпраці у розробці передових технологічних практик та відкритих міжнародних стандартів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі здійснено дослідження програмних методів організації транспортних потоків у рамках концепції IoV. Інтернет транспортних засобів – це спеціальне застосування Інтернету речей. Воно стало незамінною платформою з інформаційною взаємодією транспортних засобів, людей та інфраструктури придорожньої дороги. Запропонована система IoV орієнтована на дані та працює як додаток на рівні системи. IoV дотримується всіх заходів безпеки, таких як автентифікація та контроль доступу, які реалізовані у VANET різними постачальниками послуг, щоб захистити мережу від усіх можливих типів атак, таких як внутрішні, зовнішні, активні, пасивні тощо.

Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на розробці алгоритму реалізації IoV у рамках сучасного міста з відокремленням об'єктів та встановлення взаємозв'язку на програмному рівні.

Список бібліографічного опису.

1. В Україні запустили мобільний додаток, який платить водіям за безпечне водіння. – Заголовок з екрану. – Електронний ресурс. – Режим доступу. – <https://hmarochos.kiev.ua/2020/02/12/v-ukrayini-zapustyly-mobilnyj-dodatok-yakuj-platyt-vodiyam-za-bezpechne-vodinnya/>
2. Гненний А. П. Інтернет речей, як головний чинник впровадження іт-технологій на сучасному підприємстві / А. П. Гненний, Ю. Г. Гордієнко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2018. – № 1. – С. 94-98. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2018_1_14.
3. Muhammad Khattak, Gulzar Ahmad. Implementation of Routing Protocols of MANETs in VANETs Using Route Analysis. International Journal of Engineering Works Kambohwell Publisher Enterprises, 2017, 4 (5), pp.78-82. fhal-01524734f
4. Вибір схеми організації руху на перехресті з урахуванням складу транспортного потоку / Т. М. Постранський, М. В. Бойків, М. О. Афонін, Р. Б. Рогальський / – Електронний ресурс. – Режим доступу. – <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NFSov8x7AQkJ:journals.uran.ua/eejet/article/download/195327/200984/448822+&cd=1&hl=uk&ct=clnk&gl=ro>
5. Рудзінський В. В. Особливості експлуатації транспорту загального призначення в технологіях інтелектуальних транспортних систем / В. В. Рудзінський, В. П. Шумляківський, О. В. Рудзінська, Г. В. Савченко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2016. – № 2. – С. 238-247. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu_2016_2_37.

References.

1. Yu, Q., Zhou, Y. (2019). Traffic safety analysis on mixed traffic flows at signalized intersection based on Haar-Adaboost algorithm and machine learning. Safety Science, 120, 248–253. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.07.008>
2. R. Zhang, R. Xue, L. Liu, and L. Zheng. Oblivious multi-keyword search for secure cloud storage service. In Web Services (ICWS), 2017 IEEE International Conference on, pages 269–276. IEEE, 2017.
3. J. Contreras-Castillo, S. Zeadally, and J. Guerrero-Ibañez, "Internet of vehicles: architecture, protocols, and security," IEEE Internet of Things Journal, vol. PP, no. 99, 2017, pp. 1-9.
4. Xi, X., ZhaoCheng, H., WenBo, S., ZhanQiu, C., JunFeng, G. (2013). Traffic Impact Analysis of Urban Intersections with Comprehensive Waiting Area on Urban Intersection based on PARAMICS. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 96, 1910–1920. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.216>
5. D. Pouliot and C. V. Wright. The shadow nemesis: Inference attacks on efficiently deployable, efficiently searchable encryption. In Proceedings of the 2016 ACM Conference on Computer and Communications Security. ACM, 2016.
6. J. Kang et al., "Privacy-preserved pseudonym scheme for fog computing supported Internet of vehicles," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. PP, no. 99, 2017, pp.1-11.
7. T. Hoang, A. Yavuz, and J. Guajardo. Practical and secure dynamic searchable encryption via oblivious access on distributed data structure. In Proceedings of the 32nd Annual Computer Security Applications Conference (ACSAC). ACM, 2016.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-16>

УДК [004.02/.032/.421] + 621.391 +004.031.42+007.2

Козубцова Леся Михайлівна, к.т.н.

<https://orcid.org/0000-0002-7866-8575>

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут, м. Київ

УДОСКОНАЛЕННЯ ОНТОЛОГІЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Козубцова Л.М. Удосконалення онтології кібербезпеки інформаційної системи. У статті подано рішення науково-технічної проблеми забезпечення кібербезпеки інформаційної системи шляхом удосконалення онтології кібербезпеки. В ролі онтології кібербезпеки в роботі використано адаптовану схему стандарту ISO / IEC 15408-1. Встановлено, що у зазначеній онтології відсутні ключові принципи зворотні зв'язки. Через ці зворотні зв'язки подається «зацікавленим сторонам» інформація про рівень досягнення ефективності прийнятих рішень, здійснених заходів із забезпечення кібербезпеки. Ця інформація необхідна для розуміння ступеня досягнення кінцевої мети - кібербезпеки. Практичне значення роботи полягає в можливості отриманні інформації про ефективність прийнятих рішень та здійснених «зацікавленою стороною» заходів для розуміння ступеня досягнення кінцевої мети – кібербезпеки. Наукова новизна отриманого результату полягає в тому, що для оцінки ефективності та адекватності системи кіберзахисту «зацікавленої сторони» протистояти загрозам «Агентам загроз» відсутній зворотний зв'язок і таким чином неможливо оцінити виправданість вжитих заходів щодо збереження своїх активів.

Ключові слова: кіберзахищеність, інформаційна система, кібербезпека, онтологія, зворотній зв'язок.

Козубцова Л.М. Усовершенствование онтологии кибербезопасности информационной системы. В статье представлено решение научно-технической проблемы обеспечения кибербезопасности информационной системы путем усовершенствования онтологии кибербезопасности. В роли онтологии кибербезопасности в работе используется адаптированная схема стандарта ISO / IEC 15408-1. Установлено, что в указанной онтологии отсутствуют ключевые принципиальные обратные связи. Через эти обратные связи подается «заинтересованным сторонам» информация об уровне достижения эффективности принятых решений, осуществленных мероприятий по обеспечению кибербезопасности. Эта информация необходима для понимания степени достижения конечной цели - кибербезопасности. Практическое значение работы состоит в возможности получения информации об эффективности принятых решений и осуществленных «заинтересованной стороной» мер для понимания степени достижения конечной цели - кибербезопасности. Научная новизна полученного результата заключается в том, что для оценки эффективности и адекватности системы киберзащиты «заинтересованной стороны» противостоят угрозам «Агентам угроз» отсутствует обратная связь и таким образом невозможно оценить оправданность принятых мер по сохранению своих активов.

Ключевые слова: киберзащищенность, информационная система, кибербезопасность, онтология, обратная связь.

Kozubtsova L.M. Improving the ontology of cybersecurity of the information system. The article presents a solution to the scientific and technical problem of ensuring cybersecurity of an information system by improving the cybersecurity ontology. As a cybersecurity ontology, the paper uses an adapted scheme of the ISO / IEC 15408-1 standard. It is established that there are no key fundamental feedbacks in this ontology. Through these feedbacks, information is provided to "interested parties" about the level of achievement of the effectiveness of decisions made, measures taken to ensure cybersecurity. This information is necessary for understanding the level of achievement of the final goal - safety. The practical value of the work lies in the possibility of obtaining information about the effectiveness of the taken decisions and implemented by the "interested party" steps for understanding the degree of achievement of the final goal - safety. The scientific novelty of the obtained result lies in the fact that to assess the efficiency and adequacy of the cyber security system of the "interested party" against the threats of "Agents of Threat" there is no direct link and thus it is impossible to assess the feasibility of the implemented measures to preserve their assets.

Keywords: cybersecurity, information system, cybersecurity, ontology, feedback.

Постановка завдання і зв'язок її з важливими науковими завданнями.

Розглянемо фрагмент умовної інформаційної системи аспірантури або наукової школи (ІС НШ), яку подано на рис. 1. За вихідних даних ІС НШ функціонує і має можливість обмінюватися інформацією з зовнішнім середовищем. Під «зовнішнім середовищем» будемо розуміти мережу Інтернет з її параметрами та небезпекою у вигляді кібернетичних деструктивних інформаційних впливів.

У зв'язку з службовою необхідністю, а саме публікації наукових статей у наукових журналах включених до наукометричних баз, перевіркою наукових статей, тез доповідей, дисертацій на плагіат, тощо, ІС НШ вимушено одержувати доступу до мережі Інтернет. В результаті вона стає вразливою до деструктивних інформаційних дії «Агентів загроз». В наслідок порушення кібербезпеки – порушується кіберзахищеність, надійність ІС НШ з відповідними наслідками втрати адекватності, оптимальності, оперативності, стійкості, безперервності і скритності (останній важливий саме для ІС спеціального призначення) [1; 2].

Внаслідок безперервної появи нових вразливостей (існування вразливості нульового дня 0-day), триває пошук рішення науково-технічної проблеми забезпечення кібербезпеки ІС НШ, яка функціонує в кіберпросторі на що і буде націлене наше дослідження.

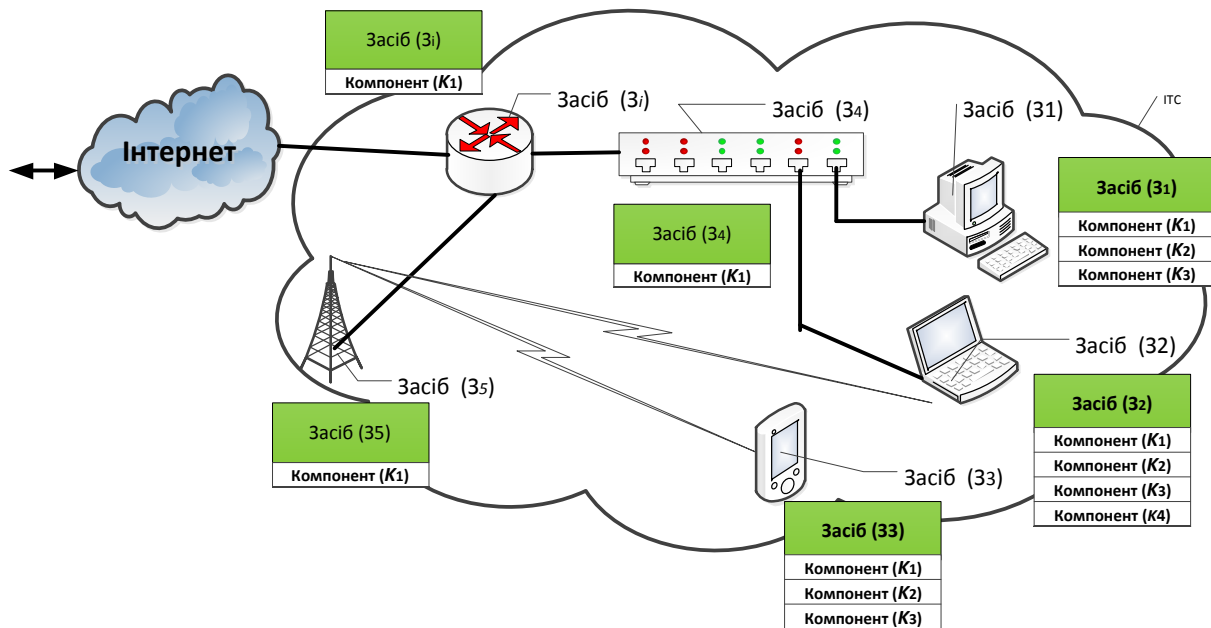


Рис. 1. Фрагмент умовної ІС НШ

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень і публікацій за обраним напрямком досліджень представлено в наступних публікаціях. Сформульована науково-технічна проблема не є новою, тому до нас зроблено багато спроб її вирішити. Тривалий час в наукових дослідженнях з поля зору було упущено поняття «актив» і збитків організації від втрати «активів». Саме через відсутність в зверненні понять «активи» організації, його втрати активу, що не дозволяє знаходити причинно-наслідкові зв'язки необхідної для моделювання найгіршого варіанту стану кібернетичної захищеності ІС НШ для запобігання типових загрози кібербезпеки. Авторами статті [3] розглядається підхід до визначення чисельного значення узагальненого показника цінності інформації через числові значення обраних властивостей інформації, які можливо знаходити шляхом використання апарату теорії нечітких множин, а значимість (вагу) кожної властивості – через розрахунок їх вагових коефіцієнтів методами експертного оцінювання. Авторами обрані властивості інформації – конфіденційність, цілісність та доступність, які з точки зору завдання захисту інформації впливають на саму цінність інформації та знаходяться в залежності від вибраного раціонального маршруту передачі окремих масивів інформації при умові виконання своєчасності доставки масивів інформаційного повідомлення у цілому. Отже, автори роботи оперують цінністю інформації, як активами. Це дало зорієнтувати дослідження на обґрунтуванні шляху вирішення науково-прикладної проблеми розуміння забезпечення кібербезпеки.

Мета статті. Викласти науково-прикладну проблему забезпечення кібербезпеки внаслідок відсутності зворотного зв'язку в онтології.

Виклад основного матеріалу.

Пошук рішення науково-технічної проблеми забезпечення кібербезпеки в нашому дослідженні зазначимо на алгоритм, онтологію, кібербезпеки, який подано на рис. 2. Він являє собою адаптацію відповідної схеми з ISO / IEC 15408-1 [4]. Як видно з наведеного рисунка, ключовим блоком результуючих дій є активи, при цьому метою має бути:

для «Агентів загроз» нанесення деструктивних інформаційних впливів на систему кіберзахисту для надання впливу на активи «зацікавленої сторони»;

«Зацікавлена сторона» зацікавлена докласти зусиль (виконати комплекс заходів) щодо запобігання порушенню функціонування роботи ІС від якої безпосередньо лили немає залежать збереження активів.

З відображеної на рисунку інформації не проглядається очевидний зворотний зв'язок до:

«Агентів загроз», що сигналізуватиме про ефективність виконаних заходів із застосування кіберзагроз; чи адекватні ці загрози відомим їм вразливостям ресурсів «Зацікавленої сторони». Таким чином, перевіряється ефективність та виправданість заходів;

«Зацікавленої сторони», що сигналізуватиме про ефективності системи кіберзахисту протистояти загрозам «Агентів загроз» за умови неможливості усунути всі відомі вразливості ресурсів. Таким чином виправданість зроблених заходів по збереженню своїх «Активів».

Тому штрих пунктирною лінією на рис. 2 запропоновано додати лінії зворотного зв'язку.

Необхідність у зворотному зв'язку для «Агентів загроз» обумовлена потребою розуміння, в випадку розгляду даної схеми в якості військового протиборства в кіберпросторі – «Кібернетичне протиборство», за прикладом описаного в роботах [5 – 7].

«Кібернетичне протиборство» здійснюється за допомогою кібернетичних деструктивних інформаційних впливів. Це цілеспрямоване втручання і порушення нормального функціонування за встановленим алгоритмом автоматизованих систем управління, інформаційних систем та інформаційно-телекомунікаційних мереж.

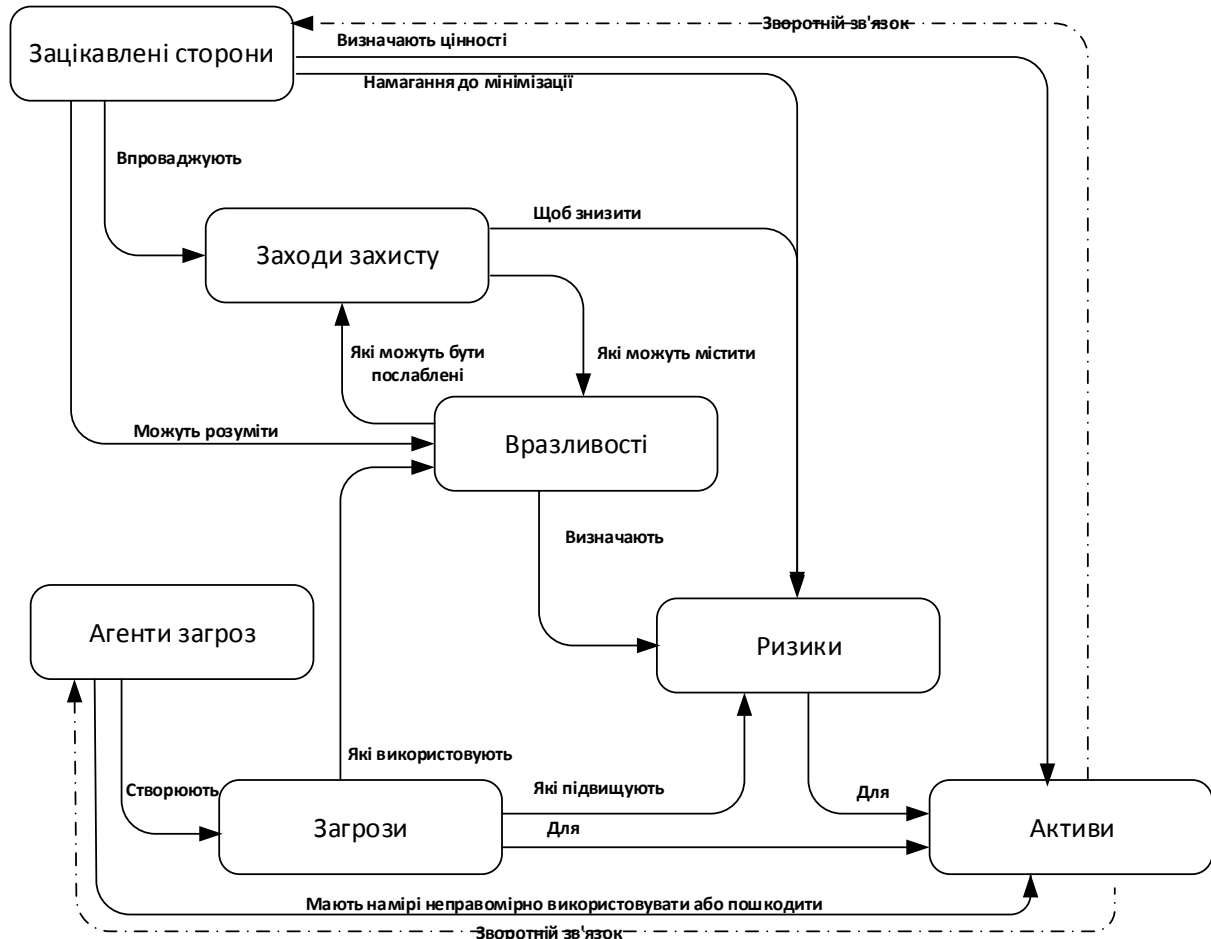


Рис.2. Функціональна залежність онтологія кібербезпеки

У разі кіберпротиборства весь процес проходить в спільному використанні загального ресурсу (глобального інформаційного простору), управління яким слід розглядати, як цілеспрямовану дію двох і більше підсистем, націлених здійснювати вплив один на одного за правилами гри з певною ймовірністю (рис. 3) [8].

Активом можуть бути людські ресурси в наслідок порушення функціонування автоматизованих систем управління військами (функціональний збій, несанкціоноване управління військами і озброєнням в результаті втрати здатності виконувати пряме призначення). Яскравим прикладом може послужити змодельовані події, що представлені в науково-фантастичному фільмі «Terminator», де штучний інтелект мережі «SkyNet» отримавши доступ до управління системою протиракетної оборони і ядерним озброєнням Збройних сил США створив умови для знищення людства. І хоча на перший погляд це виглядає фантастично, але сьогоднішні «кібервійни» і «кіберпростір», з науково-фантастичного роману В. Гібсона «Нейромант» (1982), втілилися в сучасну реальність [9].

За перерахованих наслідків можливе порушення функціонування ІС НШ, в результаті так званого інформаційно-телекомунікаційного колапсу [10].

Слід зазначити, якщо не приділити належної уваги вирішенню даного питання, то в контексті опису "Майбутнє безпечове середовище 2030. Аналіз стратегічного передбачення" додаток 2 рішення першого заступника Міністра оборони України від 26.12.2018 №401/2/4856, яке виконано дослідниками Військового інституту телекомунікацій та інформатизації за дорученням Директора Департаменту

воєнної політики, стратегічного планування та міжнародного співробітництва Міністерства оборони України в роботах [11, 12] прогнозують неминуче настання колапсу у різних сферах автоматизації та інформатизації, в тому числі:

1) небезпека спотворення, викривлення, підміна інформації у всесвітньо відомих електронних науково-технічних бібліотеках, енциклопедіях, наукометричних базах (бібліотека ім. В.І. Вернадського, Wikipedia, SciVerse Scopus, Web of Science (WoS), Google Scholar, тощо [13]);

2) втручання в роботу обладнання – атаки на комп'ютери або сервери, які забезпечують роботу цивільних комунікацій (порушення системи водопостачання, електроенергії, транспорту тощо) [14 – 16].

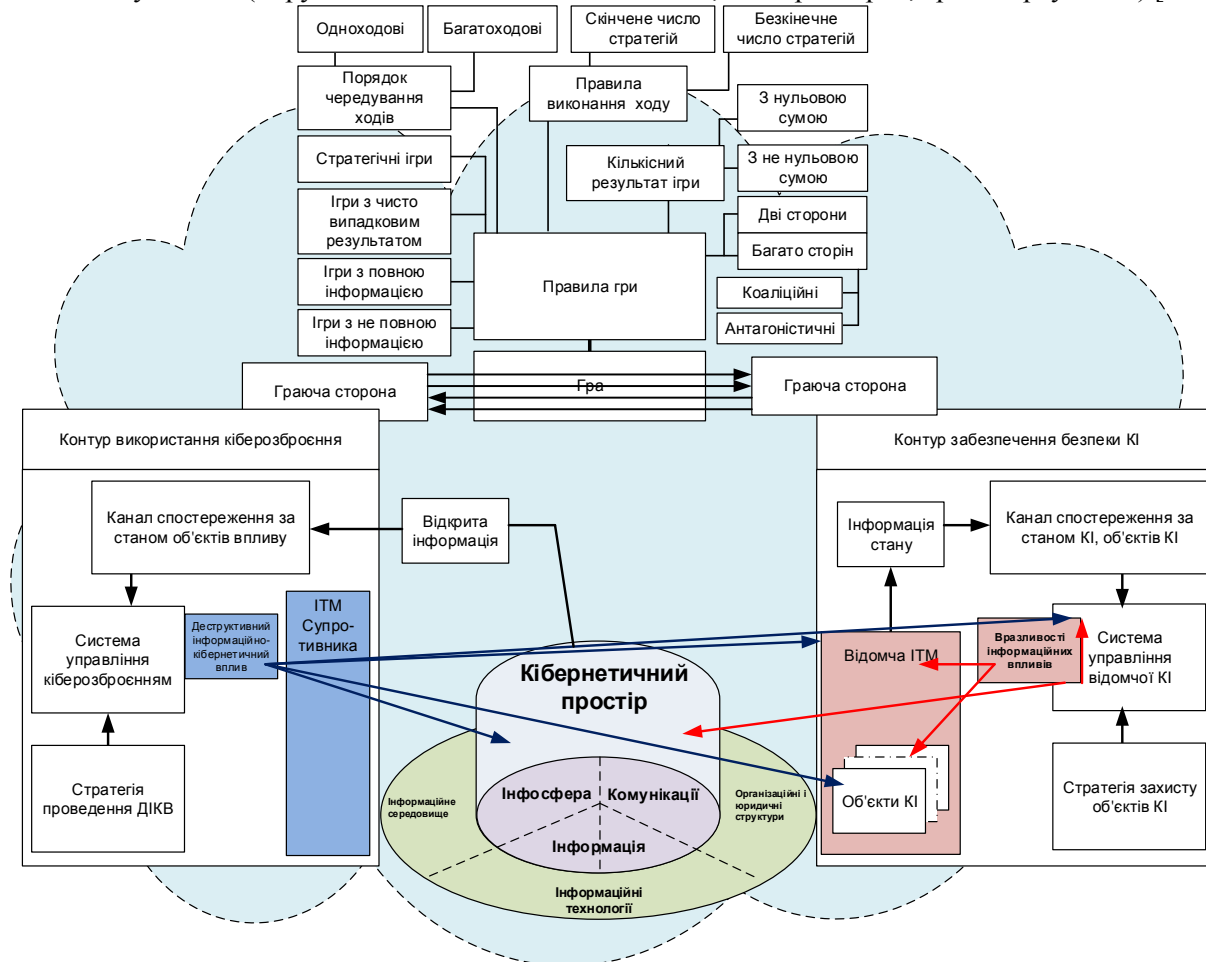


Рис.3. Модель протистояння у кіберпросторі

Висновки. Найважливішими науковим результатом дослідження, на нашу думку, стало доведення застосування зворотного зв'язку в загальній функціональній залежності реалізації кібернетичної безпеки. Оскільки через неї буде протікати інформація про процес оцінки рівня досягнення заходів з кібербезпеки заданої мети, як результат впливу «Агентів загроз» на «Активи», так і заходи захисту «Зацікавленої сторони».

Наукова новизна отриманого результату. Відсутність зворотного зв'язку від «Активів» до «Зацікавленої сторони» унеможлиблює процес перевірки ефективності та виправданості реалізованих заходів. Тому можна стверджувати, що існує зворотній зв'язок від «Активів» до «Агентів загроз» оцінки ефективності реалізованих заходів кібервпливу.

Перспективи подальших досліджень доцільно застосувати удосконалену схему онтології кібербезпеки для моделювання кібербезпеки інформаційних систем.

Список бібліографічного опису

1. Боговик А.В., Игнатов В.В. Теория управления в системах военного назначения. СПб.: ВАС, 2008. 460 с.
2. Шубинский И.Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа. М.: «Журнал Надежность», 2012. 216 с.
3. Куцаев В.В., Радченко М.М., Драглюк О.В., Очиченко Р.А. Оцінка узагальненого показника цінності інформації при її передачі в інформаційно-телекомунікаційній мережі. *Збірник наукових праць [Військового інституту телекомунікацій та інформатизації]*. 2019. Вип. 4. С. 84 – 91.

4. ISO/IEC 15408-1:2005. Information technology — Security techniques — Evaluation criteria for IT security.
5. Буренок В.М., Кравченко А.Ю., Смирнов С.С. Курс на сетцентрическую систему вооружений. *Военно-космическая оборона*. 2009. №5. URL: <http://www.vko.ru/konceptii/kurs-na-setcentricheskuyu-sistemu-vooruzheniya> (дата обращения 28.05.20).
6. Макаренко С.И., Чуляев И.И. Терминологический базис в области информационного противоборства. *Вопросы кибербезопасности*. 2014. № 1(2). С. 13 – 21.
7. Слипенко В.И. Войны шестого поколения оружие и военное искусство будущего. М.: Вече, 2002. 382 с.
8. Козубцов І.М., Козубцова Л.М. Стратегія гри в кібернетичному просторі. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології"* (Київ, 17– 20 листопада 2015 р.). К.: Державний університет телекомунікацій, 2015. Том III Розвиток інформаційних технологій. С. 52 – 54.
9. Гибсон Уильям. Нейромант: Фантаст.роман / Пер. с англ. Е. Летова, М. Пчелинцева. М.: Аст; СПб.: Terra Fantastica, 2000. 317с. ISBN 5-17-000338-2.
10. Козубцов І.М., Козубцова Л.М., Терещенко Т.П., Куцаєв В.В. Глобальний колапс інформаційно-телекомунікаційних систем в наслідок порушення роботи сучасних інформаційних технологій у секторі безпеки і оборони. *Міжнародна науково-практична конференція "Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи"* (Одеса 12-13 вересня 2019 р.). Одеса. Військова академія, 2019. С. 229 – 230.
11. Козубцов І.М., Куцаєв В.В., Козубцова Л.М., Терещенко Т.П. Кібернетичні атаки як механізм створення штучного глобального колапсу інформаційно-телекомунікаційних систем. *Актуальні проблеми управління інформаційною безпекою держави: зб. тез наук. доп. наук.-практ. конф.* (Київ, 4 квітня 2019 р.). К.: Нац. акад. СБУ, 2019. С.221 – 223.
12. Козубцов І.М., Козубцова Л.М. Прогноз можливих наслідків настання "колапсу інформаційних систем спеціального призначення". *Актуальні проблеми управління інформаційною безпекою держави: зб. тез наук. доп. наук.-практ. конф.* (Київ, 26 березня 2021 р.). Київ: НА СБУ, 2021. С. 50 – 53.
13. Козубцов І.М., Куцаєв В.В. Філософія інформаційної безпеки в умовах її кібернетичного розповсюдження в сучасній динамічній науковій картині світу на прикладі надання знань молодим вченим та студентам. *Гілея: науковий вісник. Збірник наукових праць*. 2013. Випуск 73(№6). С. 291 – 293.
14. Кібербезпека як важлива складова всієї системи захисту держави. *Міністерство оборони України*. URL: <http://www.mil.gov.ua/ukbs/kiberbezpeka-yak-vazhлива-skladova-vsiei-sistemi-zahistu-derzhavi.html> (дата звернення 28.05.20).
15. Kaiser R. The Birth of cyberwar. *Political Geography*. 2015. №43. Pp. 11 – 20.
16. Thomas R., McBurney P. Cyber-Weapons. *The RUSI Journal*. Vol. 157. Iss. 1. 2012. Pp. 1 – 13.

References

1. Bogovik A.V., Ignatov V.V. Teoriya upravleniya v sistemakh voennogo naznacheniya. SPb.: VAS, 2008. 460 s.
2. Shubinskij I.B. Strukturnaya nadezhnost' informacziionny'kh sistem. Metody' analiza. M.: «Zhurnal Nadezhnost'», 2012. 216 s.
3. Kutsaiev V.V., Radchenko M.M., Drahluk O.V., Ochichenko R.A Otsinka uzahalnenoho pokaznyka tsinnosti informatsiinykh pry yii peredachi v informatsiino-telekomunikatsiynii mrezhi. *Zbirnyk naukovykh prats [Viiskovoho instytutu telekomunikatsiinykh ta informatyzatsiinykh]*. 2019. Vyp. 4. S. 84 – 91.
4. ISO/IEC 15408-1:2005. Information technology — Security techniques — Evaluation criteria for IT security.
5. Burenok V.M., Kravchenko A.Yu., Smirnov S.S. Kurs na setcentricheskuyu sistemuu vooruzhenij. *Voенно-космическая оборона*. 2009. #5. URL: <http://www.vko.ru/konceptii/kurs-na-setcentricheskuyu-sistemu-vooruzheniya> (data obrashheniya 28.05.20).
6. Makarenko S.I., Chuklyayev I.I. Terminologicheskij bazis v oblasti informacziionnogo protivoborstva. *Voprosy' kiberbezopasnosti*. 2014. # 1(2). S. 13 – 21.
7. Slipchenko V.I. Vojny' shestogo pokoleniya oruzhie i voенное iskusstvo budushhego. M.: Veche, 2002. 382 s.
8. Kozubtsov I.M., Kozubtsova L.M. Stratehiia hry v kibernetychnomu prostori. *Materialy Mižnarodnoi nauково-techničnoi konferentsii "Sučasni informatsiino-telekomunikatsiyni tehnolohii"* (Kyiv, 17– 20 lystopada 2015 r.). K.: Deržavnyi universytet telekomunikatsiinykh, 2015. Tom III Rozvytok informatsiinykh tehnolohii. S. 52 – 54.
9. Gibson Uil'ям. Nejromant: Fantast.roman / Per. s angl. E. Letova, M. Pchelinczeva. M.: Ast; SPb.: Terra Fantastica, 2000. 317s. ISBN 5-17-000338-2.
10. Kozubtsov I.M., Kozubtsova L.M., Tereshchenko T.P., Kutsaiev V.V. Hlobalnyi kolaps informatsiino-telekomunikatsiinykh system v naslidok porushennia roboty suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii u sektori bezpeky i oborony. *Mižnarodna nauково-praktychna konferentsiia "Spilni dii viiskovykh formuvan i pravoookhoronnykh orhaniv derzhavy: problemy ta perspektyvy"* (Odesa 12-13 veresnia 2019 r.). Odesa. Viiskova akademiia, 2019. S. 229 – 230.
11. Kozubtsov I.M., Kutsaiev V.V., Kozubtsova L.M., Tereshchenko T.P. Kibernetychni ataky yak mekhanizm stvorennia shtuchnoho hlobalnoho kolapsu informatsiino-telekomunikatsiinykh system. *Aktualni problemy upravlinnia informatsiinoiu bezpekoiu derzhavy: zb. tez nauk. dop. nauk.-prakt. konf.* (Kyiv, 4 kvitnia 2019 r.). K.: Nats. akad. SBU, 2019. S.221 – 223.
12. Kozubtsov I.M., Kozubtsova L.M. Proghnoz mozhlyvykh naslidkiv nastannya "kolapsu informatsiinykh system spetsial'nogho pryznatshennya". *Aktual'ni problemy upravlinnya informatsiynoyu bezpekoyu derz-havy: zb. tez nauk. dop. nauk.-prakt. konf.* (Kyiv, 26 bereznya 2021 r.). Kyiv: NA SBU, 2021. S. 50 – 53.
13. Kozubtsov I.M., Kutsaiev V.V. Filosofiia informatsiinoi bezpeky v umovakh yii kibernetychnoho rozpovsiudzhennia v suchasnoi dynamichnii naukovi kartyni svitu na prykladi nadannia znan molodym vchenym ta studentam. *Hileia: naukovyi visnyk. Zbirnyk naukovykh prats*. 2013. Vypusk 73(№6). S. 291 – 293.
14. Kiberbezpeka yak vazhlyva skladova vsiiei systemy zakhystu derzhavy. *Ministerstvo oborony Ukrainy*. URL: <http://www.mil.gov.ua/ukbs/kiberbezpeka-yak-vazhlyva-skladova-vsiei-sistemi-zahistu-derzhavi.html> (data zvernennia 28.05.20).
15. Kaiser R. The Birth of cyberwar. *Political Geography*. 2015. №43. Pp. 11 – 20.
16. Thomas R., McBurney P. Cyber-Weapons. *The RUSI Journal*. Vol. 157. Iss. 1. 2012. Pp. 1 – 13.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-17>

УДК 004.31

Костючко Сергій Миколайович, к. т. н., доцент<https://orcid.org/0000-0002-1262-6268>**Ольшевський Олег Вадимович**, магістр

Луцький національний технічний університет

ОГЛЯД АПАРАТНИХ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ROWHAMMER

Костючко С.М., Ольшевський О.В. Огляд апаратних вразливостей вбудованих систем на прикладі Rowhammer. У статті розглянуто вразливості вбудованих систем на прикладі Rowhammer. Розкрито суть вразливості та способи її використання для вчинення протиправних дій. Також описано особливості цієї вразливості на пристроях з архітектурою x86 та розглянуто декілька можливих способів атаки.

Ключові слова: вразливості вбудованих систем, rowhammer, dram пам'ять, архітектура x86.

Костючко С.Н., Ольшевский О.В. Обзор аппаратных уязвимостей встроенных систем на примере Rowhammer. В статье рассмотрены уязвимости встроенных систем на примере Rowhammer. Объяснено суть уязвимости и способы ее использования для совершения противоправных действий. Также описаны особенности этой уязвимости на устройствах с архитектурой x86 и рассмотрено несколько возможных способов атаки.

Ключевые слова: уязвимости встроенных систем, rowhammer, dram память, архитектура x86.

Kostiuchko S., Olshevskiy O. Overview of hardware vulnerabilities of embedded systems on the example of Rowhammer. The article examines the vulnerabilities of embedded systems on the example of Rowhammer. The essence of the vulnerability and ways to use it to commit illegal acts are explained. Features of this vulnerability on devices with x86 architecture are also described and several possible attack methods are considered.

Keywords: embedded system vulnerabilities, rowhammer, dram memory, x86 architecture.

Постановка проблеми.

Вбудовані системи займають значну частку ринку технологічних пристроїв та обчислювальних систем у різних областях. Деякі з цих областей, наприклад, середовища критичної інфраструктури, потребують від таких пристроїв значної швидкодії та захисту від кібератак.

До вбудованих систем можна застосувати широкий спектр таких атак. Проти більшості з них вже є засоби протидії, що включають програми проти зловмисного програмного забезпечення, брандмауери, системи виявлення вторгнень та засоби виявлення аномалій у роботі обладнання. Проте, зловмисники все ж знаходять способи «взламати» вбудовані системи, оскільки в цих системах не передбачався надійний захист від кібератак. Нещодавно, у проєкті H2020 CIPSEC (Покращення захисту критичної інфраструктури за допомогою інноваційної програми безпеки) вищезазначені інструменти розглядалися як єдине ціле, таким чином структуруючи захист від кібератак, які застосовуються до багатьох різних критичних інфраструктурних середовищ, куди входять вбудовані системи[1]. Основна ідея полягає в тому, що окрім критичної інфраструктури, кінцеві пристрої, які в основному є вбудованими системами, також ідентифікуються як можлива мета зловмисника, що проводить кібератаку. Таким чином, пропонується посилення безпеки вбудованих системних кінцевих пристроїв як апаратними, так і програмними засобами.

Як і більшість обчислювальних пристроїв, вбудовані системи не можна вважати надійними через багато відомих вразливостей. Як правило, програмні засоби (наприклад, антивірус, антивірусне програмне забезпечення чи брандмауери) можуть захистити систему від зловмисників, що використовують ці уразливості для впровадження деякого шкідливого програмного забезпечення. Однак існують прогалини в безпеці та вразливості, які неможливо відстежити вищезазначеними програмними засобами, оскільки вони не розміщені на рівні програм, драйверів чи операційної системи, а скоріше на рівні архітектури комп'ютера та в самій структурі обладнання. Програмне забезпечення, що використовує ці вразливості залишається прихованим для більшості програмних засобів протидії кібератакам, тому становить серйозний ризик для безпеки всіх пристроїв, що мають такі вразливості.

Одним з найпотужніших засобів підвищення комп'ютерної безпеки без компромісів є міграція апаратних функцій безпеки. З цієї причини існує багато елементів апаратної безпеки разом із відповідними бібліотеками програмного забезпечення, що підвищують безпеку. Модулі платформи, що створюють надійне середовище виконання, - це дуже надійні рішення для встановлення довіри, які забезпечують безпечно, ізольоване від потенційних атак виконання критичних додатків [2–4]. Це досягається шляхом створення

ізолюваних областей пам'яті для виконання коду та зберігання конфіденційних даних, як це пропонується та реалізується технологією процесора ARM TrustZone [4]. Однак ці рішення, які поступово впроваджуються в критичних для безпеки областях (наприклад, у системах критичної інфраструктури), не можуть бути повністю захищені від апаратних вразливостей. Типові комп'ютерні апаратні компоненти, такі як модулі пам'яті та кеші, демонструють дивну поведінку за певних обставин, дозволяючи таким чином потенційним зловмисникам отримати доступ через бекдор. Помилки, що пов'язані з пам'яттю спостерігаються в мікросхемах DRAM, розміщених і використовуваних у всіх пристроях критичної інфраструктури. Було виявлено, що при повторному зверненні до певного рядка банку пам'яті DDR (подвійна швидкість передачі даних), тобто відкриття (активації) та закриття (деактивації) протягом інтервалу оновлення DRAM, один або кілька бітів змінюють своє значення у фізично суміжних рядках DRAM.

Ця вразливість DRAM стала відома як Rowhammer [5]. Кілька дослідників помітили, що Rowhammer може бути використаний для здійснення атаки та обходу більшості встановлених функцій безпеки та довіри програмного забезпечення, включаючи ізоляцію пам'яті, шляхом написання відповідного шкідливого програмного забезпечення, що використовує вразливість Rowhammer. Цю атаку можна використовувати для пошкодження системної пам'яті, аварійного завершення роботи системи, отримання та зміни секретних даних або захоплення всієї системи. Крім того, обчислення, пов'язані з безпекою, на вбудованому системному пристрої в реальному часі можуть передавати конфіденційну інформацію, що обробляється, до обізнаного зловмисника. Такі типи атак позначаються як атаки на бічні канали (SCA) та мають на меті збір даних про час роботи програми та за допомогою статистичних обчислень, можуть отримувати конфіденційну інформацію. SCA можуть бути дуже небезпечними для вбудованих системних пристроїв, які залишаються без спостереження протягом тривалого часу, бо зловмисник може мати фізичний доступ до них. Характерними прикладами таких пристроїв без нагляду є кінцеві вузли критичних систем інфраструктури (наприклад, датчики, в польових приводах, ПЛК (програмований логічний контролер) або інші пристрої моніторингу/управління). Однак, навіть якщо фізичний доступ до пристроїв неможливий, існують типи SCA, такі як мікроархітектурні/кешовані SCA, які можна реалізувати дистанційно.

Суть вразливості Row hammer

Прагнучи зменшити пам'ять у розмірах, зменшити ціну за біт та збільшити швидкодію, постачальники зменшили фізичну геометрію DRAM та збільшили щільність чіпу. Але менші комірки пам'яті можуть містити меншу, обмежену кількість заряду, що зменшує запас шуму і робить комірку більш уразливою до втрати даних. Крім того, висока щільність комірок вносить ефект електромагнітного зв'язку між ними. Крім того, багато варіацій технології виготовлення, збільшують кількість комірок пам'яті, сприйнятливих до перехресних перешкод. Тому нові технології DRAM частіше страждають від вразливостей та провокують помилки. Існування та поширеність таких помилок у реальних мікросхемах DRAM були вперше виявлені [5] у 2014 р. Тоді, корінь проблеми був виявлений у коливанні напруги на внутрішніх з'єднаннях. Кожен рядок комірок пам'яті має свою власну доріжку, по якій подається напруга. При виникненні багатьох звернень до одного рядка, ці звернення змушують лінію вмикатись та вимикатись, що неодноразово провокує коливання напруги, які створюють вплив на сусідні рядки. Заряд зі збуджених рядків витікає із прискореною швидкістю, і якщо дані не відновлюються досить швидко, деякі комірки змінюють своє початкове значення. Фактично, було виявлено, що ця вразливість існує у більшості останніх чіпів DRAM, оскільки вона більш поширена на технологіях пам'яті 40 нм.

У роботі Університету Карнегі -Меллона [5] було виявлено, що це явище помилки існує в 139 модулях DRAM на процесорах x86, для всіх модулів, що виготовлені з 2013 по 2014 рік. Лантейн здійснив аналіз пам'яті DDR4 [6], та довів, що безумовно, це явище можна відтворити за певною технологією. З 12 тестуваних модулів, 8 показали зміну бітів під час експериментів з частотою оновлення. Наслідки вразливості Rowhammer можна простежити у різноманітних аспектах роботи обладнання. Зміна напруги лінії пам'яті може спричинити шум у сусідній лінії за допомогою електромагнітного зв'язку та частково дозволити це витік напруги у осередках свого рядка. Перемикання лінії може прискорити потік заряду між двома осередками моста. Мости - це клас несправностей DRAM, при якому провідні канали утворюються між не пов'язаними проводами або конденсаторами. Ефект ін'єкції гарячого носія може назавжди пошкодити канал передачі заряду та може бути досягнутий шляхом перемикання протягом 100 годин тієї самої лінії, як доведено в [5].

Як скористатись вразливістю Rowhammer

Неодноразово звертаючись, використовуючи один і той же рядок пам'яті (рядок агресора), зловмисник може викликати достатню кількість збурень у сусідньому рядку (рядок жертви), щоб викликати

незначну зміну бітів. Це може бути програмне забезпечення, запущене за допомогою коду з циклом, який генерує мільйони читань до двох різних рядків DRAM одного банку в кожній ітерації. Можливість зробити активацію цього рядка достатньо швидкою - перша передумова для запуску атаки. Контролер пам'яті повинен дозволити цей швидкий доступ, але, як правило, найбільшою проблемою є перевищення кількох шарів кешу, які маскують всю пам'ять ЦП (центрального процесора). Доступ до пам'яті поділяється на етапи. На активній стадії спочатку активується рядок, щоб перенести рядок даних у буфер рядків банку пам'яті, увімкнувши його відповідну лінію слів. Після цього, конкретний стовпець із рядка зчитується/записується (етап READ/WRITE) з або в буфер рядків. Нарешті, рядок закривається, попередньо заряджаючи (етап PRECHARGE) конкретний банк пам'яті, записуючи значення в рядок і вимикаючи лінію. Помилка збурень виникає в рядку DRAM, коли напруга сусідньої лінії слова неодноразово перемикається, а це означає, що вона виникає при повторному АКТИВНОМУ/PRECHARGE рядках, а не на етапі стовпця ЧИТАННЯ/ЗАПИС. Коли програмний код запускає помилку Rowhammer шляхом повторного доступу до тієї ж адреси фізичної DRAM, необхідно бути обережним, щоб кожен доступ відповідав активації нового рядка. Якщо безперервно звертатися до однієї фізичної адреси, то відповідні дані вже знаходяться в буфері рядків, і нова активація не виробляється. Тому потрібно отримати доступ до двох фізичних адрес, які відповідають рядкам на одному банку, щоб переконатися, що буфер рядків очищається між доступом до пам'яті. Другий виклик, який слід розглянути, – це необхідність пошуку фізичних адрес, які відображаються у рядках з того самого банку.

Ранні проекти протистояли цим викликам, вибираючи випадкові адреси, дотримуючись ймовірнісних підходів [5,9–11]. В останніх роботах вказано, що слід знати точне відображення фізичних адрес усіх банків, щоб отримати доступ до обох рядків, розташованих безпосередньо над ними а під жертвою – для двосторонньої атаки Row hammer. Така атака є набагато ефективнішою. Можливість викликати помилки в певних системах залежить від частоти перемикання, що в свою чергу, залежить від інтервалу оновлення. Це відноситься до того, скільки часу певний рядок залишається активним між командами оновлення, які поповнюють дані кожної комірки. Як правило, чим більше разів рядок відкривається на інтервалі оновлення, тим більша ймовірність зміни бітів. Тим не менше, коли швидкість доступу до пам'яті перевищує обмеження, менша кількість бітів змінюється, ніж у звичайному випадку [7]. При достатньо високому інтервалі оновлення помилки можна було б повністю усунути, але з відповідним наслідком як для споживання електроенергії, так і для продуктивності [5,7,13]. Залежно від реалізації DRAM, деякі комірки пам'яті представляють логічне значення "1", використовуючи стан заряду, тоді як інші комірки представляють логічне значення "1", використовуючи розряджений стан. Бувають випадки, коли обидві орієнтації використовуються в окремих частинах одного модуля DRAM. Для запуску процесу зміни бітів, комірки повинні бути заряджені, щоб збільшити швидкість їх розряду та викликати row hammer рядок. Доведено, що ймовірність перевертання бітів у певному рядку залежить від даних, які зберігаються у цьому рядку, а також від орієнтації конкретних комірок рядка [5]. Якщо орієнтація модулів не відома до атаки, необхідно провести інший тест шаблону даних, щоб перевірити вразливість Rowhammer на конкретній системі [5,6,14].

Особливості Rowhammer на архітектурі x86

З моменту виявлення, були реалізовані різні методи експлуатації, що відтворюють Rowhammer з метою обходу всіх поточних засобів захисту систем на базі архітектури x86.

Архітектура набору інструкцій x86 була реалізована в процесорах Intel, Cirix, AMD, VIA та багатьох інших компаній і використовується в декількох нових поколіннях вбудованих систем. Атаки Rowhammer проти таких пристроїв, спрямовані безпосередньо на доступ до пам'яті, а не на саму ОС, важко виявити за допомогою традиційних програмних засобів, таких як антивірусне програмне забезпечення або продукти брандмауера. Потенційна різноманітність атаки може призвести до широкого кола можливих проблем, включаючи несанкціонований доступ, відмову в наданні послуг або крадіжку ключів шифрування. Атаки Rowhammer також можуть використовуватися як бекдор для більш складних атак, які в іншому випадку були б виявлені і не виконані в архітектурах x86.

Кілька атак Rowhammer, на архітектурі x86, що спричиняють серйозні порушення безпеки, були описані в [12]. В одній з таких атак, через активацію уразливості Rowhammer, у програмі Native Client (NaCl) викликаються зміни бітів, через що досягається ескалація привілеїв, вихід з x86 середовища NaCl та отримання можливості здійснювати системні виклики ОС.

В іншій атаці [10] фізична пам'ять заповнюється таблицями сторінок для одного процесу (функція `mmap()` використовується для багаторазового заповнення даними файлу). Такі дії заповнюють пам'ять записами таблиці сторінок (PTE), які використовуються для перекладу нещодавно створених віртуальних

адрес `map()` [12]. Використовуючи `gowhammer` в пам'яті, що містить таблиці сторінок, існує нетривіальна ймовірність того, що деяка PTE через зміну бітів буде змінена так, що вкаже на фізичну сторінку, яка містить сторінку таблиць. Це дасть застосунок, який ми використовуємо, доступ до власних таблиць сторінок, таким чином надаючи користувачеві програми (тобто зловмиснику) повний дозвіл на читання/запис на запис таблиці сторінок, дію, яка врешті-решт дає доступ всієї фізичної пам'яті [10,12].

Експлуатація крос-віртуальних атак `gowhammer` виявилася успішною на машинах, які знаходяться на стороні сервера, завдяки можливості вилучення приватного ключа з веб-сервера HTTPS та ін'єкції коду, що може обійти автентифікацію паролем на сервері OpenSSH (SSH: Secure Shell) [16]. Це призводить до серйозної загрози для хмарних сервісів, оскільки там користувачі можуть розміщувати свої віртуальні машини на одному фізичному сервері, та використовувати апаратні ресурси, включаючи DRAMS. Атаки використовують віртуальну машину з паравіртуалізацією, щоб порушити ізоляцію віртуальної машини та поставити під загрозу цілісність та конфіденційність спільно розташованих віртуальних машин. Вразливість ґрунтується на тому факті, що зіставлення між сторінкою псевдофізичної пам'яті та машинною пам'яттю для простору віртуальної машини користувача може бути обманутим, щоб вказати на сторінки пам'яті іншої віртуальної машини або навіть гіпервізора. Представлена методика, яка називається атакою заміни таблиці сторінок, проводить атаки `gowhammer`, щоб детерміновано змінити біти у записі каталогу сторінок (PDE), таким чином, зробивши покажчик на іншу таблицю сторінок.

Зловживаючи системою дедуплікації пам'яті Linux (KSM) і використовуючи вразливість `gowhammer`, зловмисник може змінювати біти на будь-якій фізичній сторінці стека програмного забезпечення [20]. Віртуальна машина може зловживати дедуплікацією пам'яті, щоб розмістити на цільовій контрольній фізичній сторінці розміщену на спільній веб-сторінці сторінку віртуальної машини, а потім використати `Rowhammer` для зміни певного біта на сторінці жертви без дозволу на запис цього біту. Через високу популярність KSM у хмарних сервісах, цей метод може мати руйнівні наслідки.

На скриптових мовах було реалізовано віддалене програмно-індуковане виконання `Rowhammer`. Атака виконується у пісочниці JavaScript, яка за замовчуванням включена у кожному сучасному веб-переглядачі, тому її можна запускати з будь-якого веб-сайту. Конкретна реалізація не залежить від набору інструкцій центрального процесора, і її основна проблема полягає у виконанні оптимальної стратегії вилучення кешу.

Ще дві різні моделі потоків пропонувані [11] на основі методу тимчасового зберігання архітектури x86. Вони дуже зручні, оскільки їх можна використовувати для реалізації атак за допомогою широко використовуваних функцій `memset` та `memsetu` з бібліотеки `libc`, тим самим надаючи практично кожному коду потенціал `Rowhammer`. Одна з моделей може бути використана для реалізації коду з ненадійного джерела та масштабування пісочниці `NaCl`. Друга модель може бути використана для запуску `Rowhammer` з наявним доброякісним кодом, який не впливає на безпеку, наприклад, мультимедійні програвачі або зчитувачі PDF файлів шляхом компрометації вхідних даних.

Згадані вище підходи, як скриптові так і компільовані мови, орієнтовані на активацію `Rowhammer` у віддалених системах і дають можливість для отримання кореневих прав за допомогою віддаленої атаки та отримання доступу до всієї фізичної пам'яті цільової системи. Обидва підходи можуть обійти основні заходи боротьби з цією вразливістю, оскільки вони оминають інструкцію `flush` (заборонено в деяких останніх версіях ОС).

Висновки.

У даній статті було розглянуто вразливість `Rowhammer`, одну з багатьох, які можуть бути використані при атаці на вбудовані системи через апаратні уразливості. Ця атака використовує програмний код, який безпосередньо не заважає іншим програмним засобам (заражає програми, безпосередньо змінює їх функціональні можливості), а лише експлуатує внутрішні вразливості системи. Аналіз атаки, проведений у цій статті, показує, що вона здатна суттєво знизити рівень безпеки вбудованої системи, а також залишитись непоміченою для багатьох технологій, що підвищують безпеку, включаючи програмні засоби протидії кібератакам (антивірусне програмне забезпечення, виявлення аномалій в роботі, брандмауери), а також апаратні, такі як ізоляція пам'яті через віртуальні машини, надійні середовища виконання, ARM TrustZone або виділені елементи безпеки. Архітектор системи безпеки вбудованої системи в режимі реального часу повинен бути поінформований про можливість таких атак і повинен чинити допомагати виробникам вбудованих систем, щоб вони надавали патчі безпеки для своїх продуктів, які здатні перешкоджати атакам.

References.

1. Enhancing Critical Infrastructure Protection with Innovative SECURITY Framework (CIPSEC). H2020 European Project. Available online: www.cipsec.eu (accessed on 28 March 2017).
2. Challener, D.; Yoder, K.; Catherman, R.; Safford, D.; Van Doorn, L. A Practical Guide to Trusted Computing; IBM Press: Indianapolis, IN, USA, 2007.
3. Trusted Computing Group. TCG TPM Specification Version 2.0; Trusted Computing Group: Beaverton, OR, USA, 2014.
4. ARM. ARMTrustZone. Available online: <https://www.arm.com/products/security-on-arm/trustzone> (accessed on 1 April 2017).
5. Kim, Y.R.; Daly, J.; Kim, C.; Fallin, J.; Lee, H.; Lee, D.; Wilkerson, C.; Lai, K.; Mutlu, O. Flipping bits in memory without accessing them: An experimental study of DRAM disturbance errors. In Proceedings of the ACM/IEEE 41st International Symposium on Computer Architecture (ISCA), Minneapolis, MN, USA, 14–18 June 2014.
6. Lanteigne, M. How Rowhammer Could Be Used to Exploit Weakness in Computer Hardware. 2016. Available online: <https://www.thirdio.com/rowhammer.pdf> (accessed on 1 April 2017).
7. Van der Veen, V.; Fratantonio, Y.; Lindorfer, M.; Gruss, D.; Maurice, C.; Vigna, G.; Bos, H.; Razavi, K.; Giuffrida, C. Drammer: Deterministic rowhammer attacks on mobile platforms. In Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS'16), Vienna, Austria, 24–28 October 2016.
8. Pessl, P.; Gruss, D.; Maurice, C.; Schwarz, M.; Mangard, S. DRAMA: Exploiting DRAM addressing for Cross-CPU attacks. In Proceedings of the USENIX Security Symposium, Austin, TX, USA, 10–12 August 2016.
9. Bosman, E.; Razavi, K.; Bos, H.; Giuffrida, C. Dedup Est Machina: Memory Deduplication as an Advanced Exploitation Vector. In Proceedings of the 2016 IEEE Symposium on Security Privacy, SP 2016, San Jose, MA, USA, 23–25 May 2016; pp. 987–1004.
10. Seaborn, M.; Dullien, T. Exploiting the DRAM rowhammer bug to gain kernel privileges. In Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference, Vienna, Austria, 24–28 October 2016.
11. Qiao, R.; Seaborn, M. A new approach for rowhammer attacks. In Proceedings of the 2016 IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST), McLean, VA, USA, 3–5 May 2016.
12. Aweke, Z.B.; Yitbarek, S.F.; Qiao, R.; Das, R.; Hicks, M.; Oren, Y.; Austin, T. ANVIL: Software-based protection against next-generation rowhammer attacks. In Proceedings of the 21st ACM International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS), Atlanta, GA, USA, 2–6 April 2016.
13. Moinuddin, K.Q.; Dae-Hyun, K.; Samira, K.; Prashant, J.N.; Onur, M. AVATAR: A variable-retention-time (vrt) aware refresh for dram systems. In Proceedings of the IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN), Rio de Janeiro, Brazil, 22–25 June 2015.
14. Program for Testing for the DRAM Rowhammer Problem. 2015. Available online: <https://github.com/google/rowhammer-test> (accessed on 15 March 2017).
15. Seaborn, M. How Physical Addresses Map to Rows and Banks in DRAM. 2015. Available online: <http://lackingrhoticity.blogspot.com/2015/05/how-physical-addresses-map-to-rows-and-banks.html> (accessed on 5 April 2017).
16. Xiao, Y.; Zhang, X.; Teodorescu, R. One bit flips, one cloud flops: Cross-VM row hammer attacks and privilege escalation. In Proceedings of the 25th USENIX Security Symposium, Austin, TX, USA, 10–12 August 2016.
17. Gruss, D.; Maurice, C.; Mangard, S. Rowhammer.js: A remote software-induced fault attack in javascript. In Proceedings of the 13th Conference on Detection of Intrusions and Malware Vulnerability Assessment (DIMVA), Donostia-San Sebastián, Spain, 7–8 July 2016.
18. Bhattacharya, S.; Mukhopadhyay, D. Curious Case of Rowhammer: Flipping Secret Exponent Bits Using Timing Analysis. Lect. Notes Comput. Sci. 2016, 9813, 602–624.
19. Salyzyn, M. AOSP Commit 0549ddb9: UPSTREAM: Pagemap: Do Not Leak Physical Addresses to Non-Privileged Userspace. 2015. Available online: <http://goo.gl/Qye2MN> (accessed on 1 May 2017).
20. Razai, K.; Gras, B.; Bosman, E.; Preneel, B.; Giuffrida, C.; Bos, H. Flip feng shui: Hammering a needle in the software stack. In Proceedings of the 25th USENIX Security Symposium, Austin, TX, USA, 10–12 August 2016.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-18>

УДК 681.12

Павленко В'ячеслав Якович, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0925-4173>

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, м. Київ

ЩОДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ

Павленко В. Я. Щодо питання застосування нейронної мережі для автоматизації процесів розпізнавання обличчя людини. У статті розкрито питання застосування нейронної мережі для автоматизації процесів розпізнавання обличчя людини. Підкреслено, що на сьогодні, є можливість виділити щонайменше дві широкі категорії систем розпізнавання осіб: необхідність знайти людину у великій базі даних осіб (наприклад, у базі даних поліції); необхідність ідентифікувати конкретних людей у режимі реального часу (наприклад, у системі моніторингу безпеки, системі відстеження місцезнаходження тощо), або необхідність дозволити доступ групі людей і заборонити доступ усім іншим (наприклад, доступ до будівлі, комп'ютеру тощо). Наголошено, що при вирішенні різних завдань єдиними стабільними ознаками порівнюваних зображень є контурні ознаки. Така ситуація особливо характерна для випадку отримання фото однієї і тієї ж людини в різних ділянках електромагнітного спектру. Запропоновано алгоритм оператора Робертса або оператора виділення контурних ліній 2×2 заснований на оцінці та виборі фрагментів зображення з високим градієнтним рівнем. Описано оператор виділення контурних ліній 3×3 при оцінці величини градієнта певного елемента зображення враховує вплив восьми сусідніх з ним елементів. Наведено сутність алгоритму Канні. Зазначається, що послідовним застосуванням маскового фільтра оператора Канні та статистичного фільтра пошукового вікна вдалося сформувати бітове растрове зображення знімка максимально зберігши контури обличчя людини, що значно покращило результати фільтрації на відміну від стандартного порівняння з пороговим значенням. Наголошено, що виявлення кордонів відбувається при визначенні локального максимуму та мінімуму градієнта яскравості об'єкта. Наведено блок-схему високого рівня системи для розпізнавання обличчя та описано принцип роботи система. Підкреслено, що повна автоматизація процесу розпізнавання обличчя людини цілком можлива, але потребує додаткового механізму для ліквідації можливих похибок на стадії фільтрації контуру, що і послугує підставою для подальших досліджень.

Ключові слова: нейронна мережа, автоматизація, розпізнавання, об'єкт, обличчя, людина, нейрон, штучний інтелект.

Павленко В. Я. По вопросу применения нейронной сети для автоматизации процессов распознавания лица человека. В статье раскрыт вопрос применения нейронной сети для автоматизации процессов распознавания лица человека. Подчеркнуто, что на сегодняшний день, есть возможность выделить по меньшей мере две широкие категории систем распознавания лиц: необходимость найти человека в большой базе данных лиц (например, в базе данных полиции); необходимости идентифицировать конкретных людей в режиме реального времени (например, в системе мониторинга безопасности, системе отслеживания местонахождения тому подобное), или необходимо разрешить доступ группе людей и запретить доступ всем остальным (например, доступ к зданию, компьютер и тому подобное). Отмечено, что при решении различных задач единственными стабильными признаками сравниваемых изображений являются контурные признаки. Такая ситуация особенно характерна для случая получения фото одного и того же человека в разных участках электромагнитного спектра. Предложен алгоритм оператора Робертса или оператора выделения контурных линий 2×2 основан на оценке и выборе фрагментов изображения с высоким градиентным уровнем. Описан оператор выделения контурных линий 3×3 при оценке величины градиента определенного элемента изображения учитывающий влияние восьми соседних с ним элементов. Приведена сущность алгоритма Канни. Отмечается, что последовательным применением масочного фильтра оператора Канни и статистического фильтра поискового окна удалось сформировать битное растровое изображение снимка максимально сохранив контуры лица человека, что значительно улучшило результаты фильтрации в отличие от стандартного сравнения с пороговым значением. Отмечено, что обнаружение границ происходит при определении локального максимума и минимума градиента яркости объекта. Приведена блок-схема высокого уровня системы для распознавания лица и описан принцип работы система. Подчеркнуто, что полная автоматизация процесса распознавания лица человека вполне возможна, но требует дополнительного механизма для ликвидации возможных ошибок на стадии фильтрации контура, что и послужит основанием для дальнейших исследований.

Ключевые слова: нейронная сеть, автоматизация, распознавание, объект, лицо, человек, нейрон, искусственный интеллект.

Pavlenko V. Regarding the application of the neural network to automate the processes of human face recognition. The article deals with the use of neural network to automate the processes of human face recognition. It is emphasized that today, it is possible to distinguish at least two broad categories of facial recognition systems: the need to find a person in a large database of persons (for example, in the police database); the need to identify specific people in real time (for example, in a security monitoring system, location tracking system, etc.), or to allow access to a group of people and deny access to everyone else (for example, access to a building, computer, etc.). It is emphasized that when solving various problems, the only stable features of the compared images are contour features. This situation is especially typical for the case of obtaining a photo of the same person in different parts of the electromagnetic spectrum. The algorithm of the Roberts operator or the operator of selection of contour lines 2×2 is offered based on an estimation and a choice of fragments of the image with a high gradient level. Describes the operator of the selection of contour lines 3×3 when estimating the value of the gradient of a particular image element takes into account the influence of eight adjacent elements. The essence of the Canney algorithm is given. It is noted that the sequential application of the mask filter of the Canney operator and the statistical filter of the search box managed to generate a bitmap image of the image while preserving the contours of the human face, which significantly improved the filtering results in contrast to the standard comparison with the threshold value. It is emphasized that

the detection of boundaries occurs when determining the local maximum and minimum gradient of the brightness of the object. The block diagram of a high level system for face recognition is given and the principle of operation of the system is described. It is emphasized that full automation of the process of recognizing a person's face is quite possible, but requires an additional mechanism to eliminate possible errors at the stage of filtering the contour, which is the basis for further research.

Key words: neural network, automation, recognition, object, face, person, neuron, artificial intelligence.

Постановка проблеми. Вимога до надійної персональної ідентифікації в автоматизованому контролі доступу призвела до підвищеного інтересу до біометрії. Біометричні дані, що досліджуються, включають відбитки пальців, мову, динаміку підпису та розпізнавання обличчя. Перевага розпізнавання обличчя полягає в тому, що вона є пасивною, ненав'язливою системою для перевірки особистості. Методи, що застосовуються в найкращих системах розпізнавання обличчя, можуть залежати від застосування системи її приналежності.

На сьогодні, є можливість виділити щонайменше дві широкі категорії систем розпізнавання осіб:

1. Необхідність знайти людину у великій базі даних осіб (наприклад, у базі даних поліції). Ці системи зазвичай повертають список найбільш вірогідних людей у базі даних. Часто на одну особу доступно лише одне зображення. Зазвичай не потрібно, щоб розпізнавання здійснювалось у режимі реального часу.

2. Необхідність ідентифікувати конкретних людей у режимі реального часу (наприклад, у системі моніторингу безпеки, системі відстеження місцезнаходження тощо), або необхідно дозволити доступ групі людей і заборонити доступ усім іншим (наприклад, доступ до будівлі, комп'ютеру тощо). Кілька зображень на одну людину часто доступні для навчання, і потрібно розпізнавання в режимі реального часу.

Друга категорія є найбільш складною та модернізується з часом. Вона найбільше піддається впливу та потребує застосування точних алгоритмів обчислення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На протязі багатьох років науковці досліджували питання розпізнавання обличчя людини, в основу досліджень лягли методи розпізнавання обличчя на основі геометричних ознак. Такі методи засновані на співвідношенні відстані, наборі геометричних ознак, таких як ширина та довжина носа, положення рота та форма підборіддя.

Так О. В. Кривенко та О. В. Трубіцина [1] визначили переваги та недоліки існуючих систем та методів, а також спрощення процесу розпізнавання обличчя людини на зображеннях та підвищення показників при розпізнаванні за допомогою методу згорткових нейронних мереж. Отримана система на основі нейромережових методів приймає рішення аналогічно людині. Для прийняття рішення даних системі необхідна інформація про об'єкт, яку отримують на вході завдяки відстеженню особливих властивостей об'єкта.

У [2] проведено аналіз переваг та недоліків методів розпізнавання обличчя. Запропоновано алгоритм отримання зображення для уникнення обману системи.

Робота [3] присвячена вирішенню задачі вдосконалення нейромережових засобів розпізнавання емоцій операторів інформаційно-управляючих систем на основі зображення обличчя. З'ясовано, які труднощі розробки таких заслонок, що потребують репрезентативної навчальної вибірки. Запропоновано нівелювати означені труднощі за рахунок застосування експертних знань.

Є. В. Зінов'єв та І. Р. Арсенюк [4] обґрунтували актуальність задачі розпізнавання емоцій, провели огляд основних методів розпізнавання емоцій та вказали основні переваги і недоліки кожного з них, здійснили порівняння та вибір нейронної мережі для розв'язання даної задачі.

Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Grother P. [5], M. Lades, J. Vorbruggen, J. Buhmann [6], L.Juwei, N. P.Konstantinos, A. Venetsanopoulos [7], M. Lades, J. Vorbruggen, J. Buhmann [8], P. Viola [9], S.Lawrence, C.L. Giles., C. Tsoita [10], Y.Taigman, M.Yang, M.Ranzato [11], Joo Er Meng, W.Chen, Wu Shiqian [12] та інші.

Незважаючи на масштабність наукових досліджень за темою роботи, питання застосування нейронної мережі для автоматизації процесів розпізнавання обличчя людини є актуальним та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. У статті необхідно розкрити питання застосування нейронної мережі для автоматизації процесів розпізнавання обличчя людини.

Викладення основного матеріалу дослідження. Припустимо, що існує деякий знімок людини який необхідно проаналізувати за допомогою цифрової обчислювальної техніки. Однією з перших задач являється, очевидно, вибір способу представлення зображення, придатного для ЕОМ. Існує безліч варіантів такого вибору, але є можливість упорядкувати їх, звернувши увагу на те, що чорно-білі фото можна розглядати як дійсну функцію двох змінних. Для визначеності припустимо, що зображення

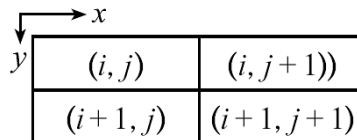
лежить в площині x, y . Колір кожного з пікселів є значенням яскравості в певному частотному діапазоні. Тому знімок можна представити у вигляді подвійного масиву $K \times M$ елементів, що містять значення яскравостей пікселів [5].

У вигляді такого ж масиву $K \times M$ елементів можна представити бінарне растрове зображення, елементи якого можуть приймати значення 1 або 0, де 1 означає належність точки з координатами (i, j) до контурної лінії, а 0 – належність цієї точки до внутрішньої частини об'єкта, чи загального фону. Виділення контурних ліній на багатоградацийних зображеннях ґрунтується на аналізі деякої області зображення для виявлення різкого перепаду яскравості, що інтерпретується як точка контурної лінії. Така область називається "вікном" фільтру і є вибірковою ділянкою зображення. Послідовне переміщення "вікна" фільтру по зображенню дозволяє виділити точки контурів усіх об'єктів, що спостерігаються на знімку еталонного зображення. Прості лінійні оператори, що виконують фільтрацію багатоградацийного зображення, є сумою добутків значень яскравостей пікселів ділянки зображення, виділеної "вікном" фільтру, на коефіцієнти цифрової маски [8]. При вирішенні різних завдань єдиними стабільними ознаками порівнюваних зображень є контурні ознаки. Така ситуація особливо характерна для випадку отримання фото однієї і тієї ж людини в різних ділянках електромагнітного спектру. В даний час розроблено велику кількість алгоритмів виділення контурних ліній. Всі методи виділення контурних ліній засновані на оцінці величини градієнта в кожному елементі дозволу зображення. Елементи, величина градієнта в яких перевищує певний рівень, об'єднуються в контурні лінії.

Перший з найбільш відомих алгоритмів під назвою оператора Робертса або оператора виділення контурних ліній 2×2 заснований на оцінці та виборі фрагментів зображення з високим градієнтним рівнем. На рис. 1 (а) даний фрагмент зображення розміром 2×2 елементи. Якщо цифрове зображення представлено у вигляді двовимірної функції $q = (x, y)$, то величина градієнта в точці (i, j) задається за допомогою наближеного рівняння [9]:

$$\|q(i, j)\| \approx R(i, j) = \left\{ [q(i, j) - q(i+1, j+1)]^2 + [q(i, j+1) - q(i+1, j)]^2 \right\}^{1/2} \quad (1)$$

При цьому подання елементів для:
 а) оператора Робертса



б) оператора виділення контурних ліній 3×3

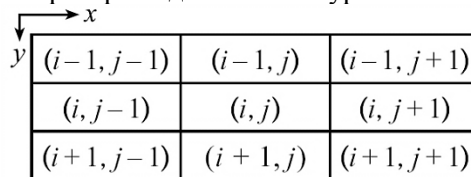


Рис. 1. Подання елементів операторів

З рівняння (1) випливає, що для фрагментів зображення з постійним сірим рівнем $R(i, j)$ дорівнює нулю, а при зміні величини сірого рівня, як в напрямку x , так і в напрямку y , $R(i, j)$ зростає. З обчислювальної точки зору більш ефективним є різницева схема для обчислення суми абсолютних величин «діагональних» елементів:

$$F(i, j) = |q(i, j) - q(i+1, j+1)| + |q(i, j+1) - q(i+1, j)|. \quad (2)$$

Після обчислення величини градієнта в кожній точці, проводиться квантування

$$F_q(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } F_q(i, j) \geq T \\ 0, & \text{якщо } F_q(i, j) < T \end{cases} \quad (3)$$

де T – пороговий рівень.

В результаті формується контурне зображення.

У літературі описані і інші методи формування контурних зображень. Вони, як правило, передбачають застосування до елементів зображення спеціальних вагових функцій [9].

Оператор виділення контурних ліній 3×3 при оцінці величини градієнта певного елемента зображення враховує вплив восьми сусідніх з ним елементів. Обчислення величини градієнта здійснюється за формулою

$$(G, W)_{i,j} = \sum_{K=1}^3 \sum_{L=1}^3 G(i+K-2, j+L-2)W(K, L), \quad (4)$$

де: $G(x, y)$ - зображення в цифровій формі,

$W(x, y)$ - вагова функція (матриця розміром 3×3 елемента).

У літературі можна знайти різні форми вагових функцій. Наведемо кілька з них:

а) вагові функції згладженого градієнта

$$W_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}, \quad W_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix};$$

б) вагові функції Собеля

$$W_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}, \quad W_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix};$$

в) ізотропні вагові функції

$$W_1 = \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -\sqrt{2} & -1 \end{bmatrix}, \quad W_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

Величина градієнта в точці (i, j) дорівнює

$$\|q(i, j)\| = [S_x^2(i, j) - S_y^2(i, j)]^{1/2}, \quad (5)$$

$$S_x(i, j) = (G, W_1) \text{ и } S_y(i, j) = (G, W_2). \quad (6)$$

Позначимо:

1) координати пікселя у межах знімка по горизонталі $1 \leq i \leq K$ і відповідно по вертикалі $1 \leq j \leq M$;

2) розмір "вікна" фільтра в пікселях $2\omega+1 \times 2\omega+1$, де $\omega > 0$ – деяке додатне число, що визначається розміром "вікна";

3) координати пікселя в межах "вікна" по горизонталі $1 \leq t \leq 2\omega+1$ та відповідно по вертикалі $1 \leq l \leq 2\omega+1$; 4) координати пікселя знімка, що відповідає центру "вікна" фільтра, по горизонталі $\omega < i_0 < K - \omega$ і по вертикалі $\omega < j_0 < M - \omega$.

Результат фільтрації пікселя з координатами (i_0, j_0) позначимо як $f(i_0, j_0)$, якщо задані значення яскравостей пікселів $F(i, j)$, що виділені вікном фільтрації, і відповідні їм коефіцієнти маски $W(t(i), l(j))$, причому $t(i) = i - i_0 + \omega + 1$ і $l(j) = j - j_0 + \omega + 1$, то одержимо

$$f(i_0, j_0) = \sum_{i=i_0-\omega}^{i_0+\omega} \sum_{j=j_0-\omega}^{j_0+\omega} F(i, j) \cdot W(i - i_0 + \omega + 1, j - j_0 + \omega + 1) \quad (7)$$

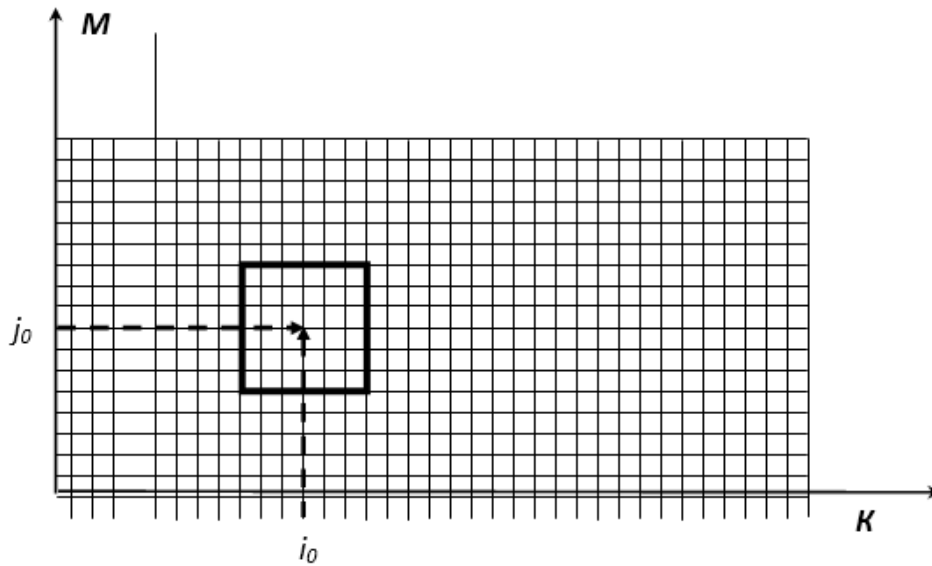


Рис.2. Процес виділення на зображенні ділянки $2 \cdot \omega + 1 \times 2 \cdot \omega + 1$ з центром в точці (i_0, j_0)

На рис.2 показано процес виділення ділянки знімка, що підлягає обробці.

Будемо розглядати фільтруючі "вікна" розміром 3×3 (тоді в (4) $\omega = 1$) та маски засновані на принципах просторового диференціювання. Для ковзаючого "вікна" розміром 3×3 можливий наступний варіант градієнтних масок (оператор Собела) [5]:

$$W_1 = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad W_2 = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix}.$$

$$f_x(i_0, j_0) = \frac{\partial F}{\partial x} \Big|_{(i_0, j_0)} = \sum_{i=i_0-1}^{i_0+1} \sum_{j=j_0-1}^{j_0+1} F(i, j) \cdot W_1(i - i_0 + \omega + 1, j - j_0 + \omega + 1)$$

$$\text{або } f_y(i_0, j_0) = \frac{\partial F}{\partial y} \Big|_{(i_0, j_0)} = \sum_{i=i_0-1}^{i_0+1} \sum_{j=j_0-1}^{j_0+1} F(i, j) \cdot W_2(i - i_0 + \omega + 1, j - j_0 + \omega + 1)$$

відповідно. Як формалізовану ознаку можна використовувати безпосередньо $f_x(i_0, j_0)$ і $f_y(i_0, j_0)$, або модуль градієнта, тобто

$$f(i_0, j_0) = \sqrt{(f_x(i_0, j_0))^2 + (f_y(i_0, j_0))^2}. \quad (8)$$

Можливо також застосування лапласіана поля, що дає інформацію лише про швидкість зміни поля яскравості без урахування напрямку її зміни. Маски, відповідні лапласіану, мають вигляд

$$W_1^\Lambda = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}, \quad W_2^\Lambda = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}, \quad W_3^\Lambda = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}.$$

Будь-який з варіантів масиву коефіцієнтів W_1^Λ , W_2^Λ чи W_3^Λ може бути застосовано в (4) як самодостатня маска.

Інші варіанти масок для виділення контурних ліній представлені в [6]: курсові градієнтні маски, кореляційна маска та інші.

Сформуємо алгоритм фільтрації отриманого знімка на основі застосування маскового фільтра. В межах алгоритму позначимо знімок – $F_{K \times M}$, фільтроване зображення – $f_{K \times M}$, а масив коефіцієнтів маски – $W_{3 \times 3}$.

Таким чином отримаємо алгоритм маскової фільтрації (алгоритм 1):

1. Задамо маски фільтра W_x і W_y згідно коефіцієнтів масок оператора Собеля.
2. Задамо попереднє значення координат точки $i_0 = 2$, $j_0 = 2$.
3. Виділимо ділянку зображення $F_{K \times M}$ розміром 3×3 , з центром у точці (i_0, j_0) .
4. Розрахуємо значення $f_x(i_0, j_0)$ і $f_y(i_0, j_0)$ для заданого положення вікна фільтрації і згідно формули (8) отримаємо $f(i_0, j_0)$ – значення градієнта яскравості пікселя (i_0, j_0) на зображенні $f_{K \times M}$.

5. Збільшимо i_0 на 1 та повторюємо пункти 3 і 4 доки $i_0 \leq K - 1$, інакше перехід до пункту 6.

6. Збільшимо j_0 на 1 та повторюємо пункти 3, 4 і 5 доки $j_0 \leq M - 1$, інакше закінчити обробку зображення.

Оскільки детерміновані методи виділення контурних ліній виділяють не лише контури об'єктів, а й посилюють шуми зображення, то для отримання бінарного зображення на основі маскової фільтрації, описаної вище, необхідно провести додаткову фільтрацію, для чого може бути застосований статистичний фільтр на основі квантиля Стьюдента (t – *пошукач*) [8-9].

Нехай S_1 і S_2 – суміжні області зображення у формі двох квадратних “вікон”, що містять по $m^2 = m \times m$ пікселів. Кожне з вікон можна представити у вигляді матриці значень яскравостей пікселів

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11}^i & \cdots & s_{1m}^i \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1}^i & \cdots & s_{mm}^i \end{bmatrix}, \quad \text{де } i = \overline{1, 2} \text{ – номер “вікна”}.$$

Переформуємо матриці S_1 і S_2 у вектори для кожного варіанту відповідно

$$\bar{Z}^1 = [s_{11}^1 \quad \cdots \quad s_{1m}^1 \quad \cdots \quad s_{m1}^1 \quad \cdots \quad s_{mm}^1]^T = [z_1^1 \quad \cdots \quad z_i^1 \quad \cdots \quad z_{m^2}^1]^T,$$

$$\bar{Z}^2 = [s_{11}^2 \quad \cdots \quad s_{1m}^2 \quad \cdots \quad s_{m1}^2 \quad \cdots \quad s_{mm}^2]^T = [z_1^2 \quad \cdots \quad z_i^2 \quad \cdots \quad z_{m^2}^2]^T.$$

Будемо вважати значення яскравостей в окремих пікселях незалежними випадковими величинами.

За вибірками \bar{Z}^1 і \bar{Z}^2 необхідно одержати оцінки генеральних середніх M_1 і M_2 . Вірність припущення про статистичну ідентичність M_1 і M_2 (статистична гіпотеза W_0) призведе до ухвалення рішення про відсутність контурної лінії в спостерігаємій ділянці зображення. Натомість вірність припущення про статистичну відмінність між M_1 і M_2 (альтернативна гіпотеза W_1), призведе до ухвалення рішення про визнання наявності контурної лінії в спостерігаємій ділянці зображення.

Оцінкою середнього M_i вважатимемо

$$\bar{s}_i = \frac{1}{m^2} \sum_{n=1}^{m^2} z_n^i. \quad (9)$$

При цьому приймемо як оцінку середньоквадратиченого відхилення (СКВ) генеральної сукупності

$$\sigma_i = \frac{1}{m^2 - 1} \sqrt{\sum_{n=1}^{m^2} (z_n^i - \bar{s}_i)^2}. \quad (10)$$

Тоді квантіль перевірки справедливості гіпотез H_0 і H_1 матиме вигляд [12]

$$t = \sqrt{\frac{m_1 m_2 (m_1 + m_2 - 2)}{m_1 + m_2}} \cdot \frac{\bar{s}_1 - \bar{s}_2}{\sqrt{m_1 \sigma_1^2 + m_2 \sigma_2^2}}. \quad (11)$$

Квантіль t підкоряється закону розподілу Стьюдента з $m_1 + m_2 - 2$ степенів свободи.

В нашому випадку $m_1 = m_2 = m$, і формула (11) прийме вигляд

$$t = \sqrt{m - 1} \cdot \frac{\bar{s}_1 - \bar{s}_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}, \quad (12)$$

де число степенів свободи дорівнює $2 \cdot (m - 1)$.

Побудова пошукача контурних ліній на основі квантіля t , як показано в [12], має наступну особливість у взаємному розташуванні "вікон" S_1 і S_2 , пов'язану з кутом нахилу контурної лінії в площині зображення.

Взаємне розташування пари "вікон" S_1 і S_2 , дозволяє ідентифікувати контурну лінію з нахилом $0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ в точці, що піддається аналізу. Взаємне розташування пари "вікон" S_1 і S_2 , дозволяє ідентифікувати контурну лінію з нахилом $90^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$. Тому для формування універсального пошукача точки контурної лінії з кутом нахилу $0^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$ випадки необхідно об'єднати.

Позначимо $\Delta M = |\bar{s}_1 - \bar{s}_2|$ – модуль різниці середніх для однієї з пар "вікон"; $D = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$ – сумарна дисперсія для тієї ж пари "вікон"; t – розрахункове значення квантіля для тієї ж пари "вікон" згідно формули (9); $\mathcal{E}_{\Delta M}$ – величина діапазону, в межах якого зміна яскравості вважається незначною; \mathcal{E}_D – значення нижньої межі сумарної дисперсії, менше якої зображення, що потрапило в оброблювану пару "вікон", вважається детермінованим або з малою кількістю завад; \mathcal{E}_t – величина квантіля розподілу Стьюдента для заданої ймовірності помилкової тривоги і кількості степенів свободи $n = 2 \cdot (m - 1)$.

Для визначення контурів зображення використаємо алгоритм Канні.

Виявлення кордонів відбувається при визначенні локального максимуму та мінімуму градієнта яскравості об'єкта [2]. Градієнт обчислюється за допомогою похідної Гауссового фільтру. В алгоритмі використовуються 2 межі для визначення сильного та слабого зображення кордону. Слабкі границі кордону будуть розглядатися як результат тільки в тому випадку, якщо вони стикаються з сильними границями кордону. Це самий перешкодостійкий алгоритм і він є найбільш точним з усіх відомих алгоритмів, оскільки автоматично визначає слабкі межі об'єкта.

Для підвищення якості та швидкості розпізнавання обличчя людини пропонується використовувати нейронну мережу.

Система, яка пропонується для розпізнавання обличчя у вигляді блок-схеми запропонована на рисунку 3.

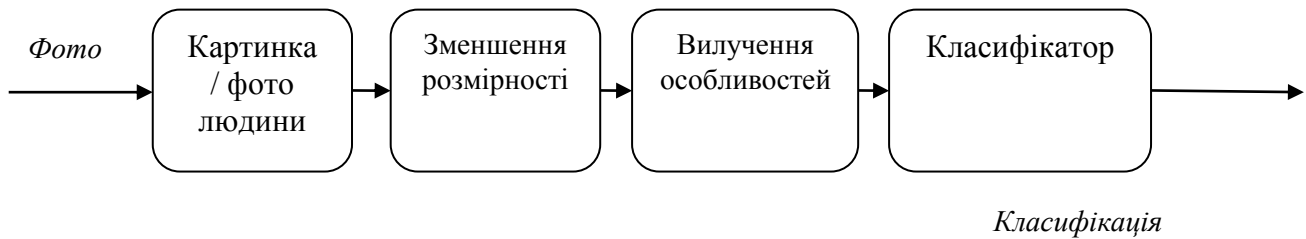


Рис. 3. Блок-схема високого рівня системи для розпізнавання обличчя

Система працює наступним чином:

1. Для зображень у навчальному наборі вікно фіксованого розміру (наприклад, 5 5) переноситься через все зображення і на кожному кроці витягуються зразки місцевих зображень. На кожному кроці вікно переміщується на 4 пікселі.

2. Самоорганізуюча карта зображення (наприклад, із трьома вимірами та п'ятьма вузлами на вимір, $53 = 125$ загальних вузлів) тренується на векторах з попереднього етапу. Система квантує 25-вимірні вхідні вектори на 125 топологічно впорядкованих значень. Три виміри можна сприймати як три особливості.

3. Те саме вікно, що і на першому кроці, переходить через усі зображення в навчальних та тестових наборах. Локальні зразки зображень передаються через нейронну мережу на кожному кроці, створюючи тим самим нові навчальні та тестові набори у вихідному просторі, створеному самоорганізуючою картою зображення.

Схема системи, використання для розпізнавання обличчя, показує альтернативні методи розпізнавання. Верхній «багатошаровий класифікатор перцептрон» являє собою остаточний повністю зв'язаний рівень конволюційної мережі. Розкладання згорткової мережі, застосовується щоб підкреслити можливість заміни остаточного шару (або шарів) іншим типом класифікатора. Класифікатор стилю найближчого сусіда потенційно важливий, оскільки може дати можливість додавати нові класи з мінімальним додатковим часом навчання. Нижній «багатошаровий перцептрон» показує, що всю згорткову мережу можна замінити багатошаровим перцептроном.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі розкрито питання застосування нейронної мережі для автоматизації процесів розпізнавання обличчя людини. Послідовним застосуванням маскового фільтру оператора Канні та статистичного фільтра пошукового вікна вдалося сформувати бітове растрове зображення знімка максимально зберігши контури обличчя людини, що значно покращило результати фільтрації на відміну від стандартного порівняння з пороговим значенням. Повна автоматизація процесу розпізнавання обличчя людини цілком можлива, але потребує додаткового механізму для ліквідації можливих похибок на стадії фільтрації контуру, що і послугує підставою для подальших дослідження.

Список бібліографічного опису.

1. Кривенко О. В., Трубіцина О. В. Дослідження використання методів розпізнавання обличчя людини в системах ідентифікації // Наука та виробництво, 2020. С. 105-112.
2. Голуб'як І. В. Методи розпізнавання облич / І. В. Голуб'як, Р. Я. Косаревич // Проблеми інформаційних технологій. – 2017. – № 2. – С. 158-164. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit_2017_2_22.
3. Терейковська Л. Метод нейромережевого розпізнавання емоцій по зображенню обличчя. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОСВІТА ВИРОБНИЦТВО, 2020. – Режим доступу. – https://www.researchgate.net/publication/345966239_Metod_nejromerezevogo_rozpiznavanna_emocij_po_zobrazennu_oblicca
4. Арсенюк І., Зінов'єв Є. Розпізнавання емоцій людини за допомогою згорткової нейронної мережі, 2020. – Режим доступу. – <file:///C:/Users/balab/Downloads/8981-33424-1-PB.pdf>.

References.

1. Grother P. Face Recognition Vendor Test (FRVT). Performance of Face Identification Algorithms. / Patrick Grother, Mei Ngan. – Information Access Division National Institute of Standards and Technology. – May 26, 2014 – p. 138.
2. M. Lades, J. Vorbruggen, J. Buhmann, "Distortion invariant object recognition in the dynamic link architecture", IEEE Transactions on computers, 1993, vol. 42, no. 3, pp. 300 -310, March 1993
3. L.Juwei, N. P.Konstantinos, A. Venetsanopoulos, "Face recognition using kernel direct discriminant analysis algorithms", IEEE Transactions On Neural Networks, vol.14, no. 1, pp.117–126, January 2003.

4. M. Lades, J. Vorbruggen, J. Buhmann, "Distortion invariant object recognition in the dynamic link architecture", IEEE Transactions on computers, 1993, vol. 42, no. 3, pp. 300 -310, March 1993
5. P. Viola, "Robust realtime face detection", International Journal of Computer Vision, 2004, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, 2004
6. S.Lawrence, C.L. Giles., C. Tsota, "Face Recognition: A Convolutional Neural Network Approach", IEEE Transactions on Neural Networks, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition, vol. 8, no 1, pp.98–113, 1997.
7. Y.Taigman, M.Yang, M.Ranzato, "DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification", [Online]. Available at: https://www.cs.toronto.edu/~ranzato/publications/taigman_cvpr14.pdf
8. Joo Er Meng, W.Chen, Wu Shiqian, "High-speed face recognition based on discrete cosine transform and RBF neural networks", IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 16, no. 3, pp. 679 – 691,2005

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-19>

УДК 004.056

Піткевич Павло Ігорович, бакалавр технічних наук

<https://orcid.org/0000-0002-1760-9395>

Білоруський державний університет інформатики та радіоелектроніки

ПРИНЦИПИ ЗАХИСТУ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ ДО РЕСУРСІВ СИСТЕМИ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Піткевич П. І. Принципи захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень. У статті розкрито принципи захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень. Наголошено, що продуктивність є важливим фактором для розгляду системи хмарних обчислень. Доступ до загальнодоступних хмар здійснюється через Інтернет і стикається з обмеженнями смуги пропускання, наданими їх відповідними постачальниками інтернет-послуг. Підкреслено, що масштабування до більшої пропускної здатності Інтернету може значно збільшити загальну вартість володіння хмарними рішеннями. Розглянута архітектура модулю контролю доступу, щодо забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень, а також запропонована концептуальна схема реалізації процесів автентифікації та авторизації за допомогою модулю контролю доступу, яка відрізняється від існуючих комплексним підходом до класифікації облікових даних користувача і засобів, методів захисту, і може бути застосована до всіх інформаційних систем. Визначено основні архітектурні рішення побудови архітектури модулю контролю доступу, виявлено її переваги та недоліки з точки зору інформаційної безпеки, визначено основні моделі обслуговування хмарних обчислень, описана еталонна архітектура хмарних обчислень з точки зору захисту даних і моделі безпеки. Підкреслено, що архітектура контролю доступу має три основні частини, які працюють разом для обробки запитів доступу: модуль контролю доступу, який приймає/відхиляє/перенаправляє запити на доступ, віртуальна розподілена мережа, яка розгортає та контролює ресурси та послуги, а також централізована глобальна система управління ресурсами, яка обробляє переміщення запитів до інших хмар для віддаленого використання послуг/ресурсів. Наголошено, що глобальна система управління ресурсами діє як бар'єр між різними хмарними службами на одному рівні або різних шарах, а використання однієї централізованої глобальної системи управління ресурсами у запропонованій архітектурі ґрунтується на тому, щоб уникнути використання угоди про рівень послуг для кожного рівня обслуговування.

Ключові слова: несанкціонований доступ, модель безпеки, захист, ресурс, хмарні обчислення, управління, архітектура.

Піткевич П. И. Принципы защиты от несанкционированного доступа к ресурсам системы облачных вычислений. В статье раскрыты принципы защиты от несанкционированного доступа к ресурсам системы облачных вычислений. Отмечается, что производительность является важным фактором для рассмотрения системы облачных вычислений. Доступ к общедоступным облакам осуществляется через Интернет и сталкивается с ограничениями полосы пропускания, предоставленными их соответствующими поставщиками интернет-услуг. Подчеркнуто, что масштабирование до большей пропускной способности Интернета может значительно увеличить общую стоимость владения облачными решениями. Рассмотрена архитектура модуля контроля доступа, по обеспечению защиты от несанкционированного доступа к ресурсам системы облачных вычислений, а также предложена концептуальная схема реализации процессов аутентификации и авторизации с помощью модуля контроля доступа, которая отличается от существующих комплексным подходом к классификации учетных данных пользователя и средств, методов защиты, и может быть применена ко всем информационным системам. Определены основные архитектурные решения построения архитектуры модуля контроля доступа, выявлены ее преимущества и недостатки с точки зрения информационной безопасности, определены основные модели обслуживания облачных вычислений, описана эталонная архитектура облачных вычислений с точки зрения защиты данных и модели безопасности. Подчеркнуто, что архитектура контроля доступа имеет три основные части, которые работают вместе для обработки запросов доступа: модуль контроля доступа, который принимает/отклоняет/перенаправляет запросы на доступ, виртуальная распределенная сеть, которая разворачивает и контролирует ресурсы и услуги, а также централизованная глобальная система управления ресурсами, которая обрабатывает перемещения запросов к другим облакам для удаленного использования услуг/ресурсов. Отмечено, что глобальная система управления ресурсами действует как барьер между различными облачными службами на одном уровне или разных слоях, а использование одной централизованной глобальной системы управления ресурсами в предложенной архитектуре основывается на том, чтобы избежать использования соглашения об уровне услуг для каждого уровня обслуживания.

Ключевые слова: несанкционированный доступ, модель безопасности, защита, ресурс, облачные вычисления, управление, архитектура.

Pitkevich Pavel Igorevich. Principles of protection against unauthorized access to resources of the cloud computing system. The article reveals the principles of protection against unauthorized access to the resources of the cloud computing system. It is emphasized that productivity is an important factor for considering the cloud computing system. Public clouds are accessed over the Internet and face bandwidth restrictions provided by their respective ISPs. It is emphasized that scaling to higher Internet bandwidth can significantly increase the total cost of owning cloud solutions. The architecture of the access control module for protection against unauthorized access to cloud computing system resources is considered, as well as the conceptual scheme of implementation of authentication and authorization processes using the access control module is proposed, and can be applied to all information systems. The main architectural solutions of the architecture of the access control module are identified, its advantages and disadvantages from the point of view of information security are revealed, the basic models of cloud computing service are defined, the reference architecture of cloud computing from the point of view of data protection and security model is described. It is emphasized that the access control architecture has three main parts that work together to handle access requests: an access control module that receives / rejects / redirects access requests, a virtual distributed network that deploys and controls resources and services, and a centralized global system resource

management, which handles the movement of requests to other clouds for remote use of services / resources. It is emphasized that the global resource management system acts as a barrier between different cloud services at the same level or different layers, and the use of one centralized global resource management system in the proposed architecture is based on avoiding the use of service level agreement for each service level.

Key words: unauthorized access, security model, protection, resource, cloud computing, management, architecture.

Постановка проблеми. В умовах сьогодення, хмарні обчислення є однією з найперспективніших сучасних технологій завдяки своєму масштабованому, гнучкому та економічному доступу до обчислювальних ресурсів. Тим не менш, враховуючи масштабність даної технології, зростає концентрація бізнес-даних та рівня обчислювальної потужності, що становить ризики безпеки. Окреслений факт вимагає особливих міркувань від постачальників послуг, оскільки кібератаки розгортаються для націлювання на інфраструктуру хмарних обчислень. Подолання кібератак у середовищі хмарних обчислень є складним завданням як через масштаб проблеми, так і через зростаючу складність атак. Одна з останніх проблем безпеки пов'язана з відсутністю надійної архітектури контролю доступу, яка б могла захистити хмарні служби та ресурси від несанкціонованого доступу та зловживання даними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі, однією з головних тем багатьох дискусій є хмарні обчислення, і ключовим моментом в них виступає безпека хмарних обчислень. Загалом наукові здобутки приналежні до переваг та недоліків стандартів безпеки залишаючи осторонь принципи формування механізмів захисту. Так, низка науковців [1] підійшли до розгляду питання актуальності хмарних обчислень. Авторами розглянуто основні технології хмарних обчислень, проаналізовано розвиток хмарних технологій від започаткування до сьогодення. Перераховано обов'язкові характеристики хмарних обчислень, які встановлені Національним інститутом стандартів.

Р.О. Баглай [2] провів аналіз загроз безпеки інформаційних технологій при впровадженні хмарних обчислень для забезпечення безперебійної та ефективної діяльності банківських установ і запропонував заходи щодо мінімізації цих загроз.

Принципи інформаційної безпеки технологій хмарних обчислень розкрила Т. І. Червякова [3]. У роботі проведено аналіз теоретичних і практичних аспектів інформаційної безпеки технологій хмарних обчислень, здійснено визначення їх принципів і перспектив. В. П. Ткаченко, І. В. Огірко та О. І. Огірко [4] запропонували модель ГРІД технології.

Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Rizov V. [5], Sultan N. [6], Cacciatore K., Czarkowski P., Dake S., Garbutt J., Hemphill B., Jainshigg J., Moruga A., Otto A., Peters C., Whitaker B.E. [7], Kar J., Mishra M. R. [8], Reshetova E., Karhunen J., Nyman T., Asokan N. [9], White J.S., Pilbeam A.W. [10], Monov L., Karev M. [11], Xavier M.G., Neves M.V., Rossi F.D., Ferreto T.C., Lange T. [12], Morabito R. [13], Patel A., Taghavi M., Bakhtiyari K., Junior J.C. [14] та інші.

Проте, враховуючи описані наукові набутки, за темою, питання розкриття принципів захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Розкрити принципи захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень.

Викладення основного матеріалу дослідження. Хмарні обчислення – це сукупність технологій віртуалізації та розподілених обчислень націлених на розподілену обробку даних, при якій ресурси обчислювальних систем, програмне забезпечення та інформація надаються користувачеві за запитом через віртуальну мережу. Контроль доступу до ресурсів системи хмарних обчислень є однією з найважливіших проблем безпеки, оскільки хмара «ділиться» фізичними ресурсами та програмами з різними організаціями та користувачами. Виходом є відключення доступу, проте це призведе до втрати спільного службового призначення. Таким чином, гнучкість є необхідністю при розробці механізму контролю доступу, оскільки вона повинна мати можливість враховувати різні типи політик та доменів. Методи контролю доступу діляться на: дискреційний контроль доступу; обов'язковий контроль доступу; рольовий контроль доступу; контроль доступу на основі атрибутів. Перший метод – дискреційний контроль доступу – це політика доступу, де власник має повний контроль і визначає авторизацію та дозволи інших користувачів. Крім того, як тільки один користувач володіє об'єктом, дозволи можуть бути надані іншим необхідним користувачам. Дискреційний контроль доступу зазвичай використовується зі списком контролю доступу. Таким чином, дискреційний контроль доступу дає можливість власнику легко і зручно налаштувати права користувача. Такий підхід дозволяє користувачеві легко отримати доступ до бази даних авторизації, яка містить індекс авторизованих користувачів, коли потрібно внести зміни. Однак дискреційний контроль доступу не може забезпечити

потік інформації для тих, хто запитує, і обмежити використання інформації для тих, хто не має дозволу. Ця проблема може стати потенційною вразливістю, яку можна використати, оскільки зловмисник може загрожувати цілісності даних [15]. Другий метод – обов'язковий контроль доступу – це політика доступу, де адміністратор відповідає за створення політики. З іншого боку, обов'язковий контроль доступу визначається власником. Оскільки обов'язковий контроль доступу є більш обмежувальним, ніж дискреційний контроль, обов'язковий контроль доступу використовується організаціями, які містять важливі дані або секретну інформацію. Користувачі або власники об'єкта не можуть надавати ключі авторизації чи дозволи входу іншим особам. Адміністратор – єдина особа, яка має можливість змінювати статус безпеки іншого користувача. Обов'язковий контроль доступу використовується для захисту мереж, файлових систем та забезпечення авторизації користувачів, запобігаючи доступу неавторизованих користувачів до приватної інформації. Мітка обов'язковий контроль доступу може бути застосована до користувача, що обмежить кількість рішень, доступних для останнього [16]. Крім того, коли рівень безпеки окремої особи або суб'єкта потребує зміни, змінити рівень безпеки буде неможливо. Це одне з основних обмежень методу обов'язкового контролю доступу. Третім методом виступає рольовий контроль доступу – це політика доступу, яка формулюється на основі ідеї, що роль повинна надавати дозволи авторизованій особі. Рольовий контроль доступу оптимізовано для підприємств та масштабних програм, а також цей метод доступу підтримується комерційною системою управління базами даних (СУБД) [16]. Крім того, рольовий контроль доступу заохочують організації, які хочуть зручно керувати авторизацією користувачів і застосовувати засоби контролю доступу до своїх політик. Для того, щоб зрозуміти процес рольового контролю доступу, важливо вивчити та визначити три основні правила, які використовуються цим методом. Перше правило – це призначення ролей, згідно з яким роль повинна бути призначена, перш ніж особа може отримати будь-який дозвіл. Друге правило – це авторизація ролей, яка вимагає, щоб особа отримала дозвіл на призначену роль. Третє правило – це авторизація дозволів, яка не дозволяє особі виконувати несанкціоновані дозволи, призначаючи кожній ролі власні дозволи.

Рольовий контроль доступу надає доступ до користувача на основі ієрархії ролей, яка визначається кількістю програм. Для запобігання зловживанню інформацією існує розділення ролей, яке стосується окремої ролі, призначеної кожному користувачеві. Рольовий контроль доступу дотримується певного масиву адміністративних політик для ефективної роботи, які класифікуються як: централізовані, ієрархічні, кооперативні, право власності та децентралізовані. Деякі дослідники вважають, що рольовий контроль доступу слід використовувати як політику доступу до хмарних обчислень. Однак іноді буває важко визначити, які привілеї належать до формату різних користувачів, а які користувачі отримують різні види та рівні ролей. Привілеї на зміну ролі дозволяє змінювати дозволи, призначені для кожної з ролей. При спробі змінити роль користувача це може викликати плутанину, оскільки кожна роль вакансії має свій власний набір дозволів. Більше того, оскільки хмара є відносно новою парадигмою, існує ще кілька питань, які необхідно вирішити, щоб рольовий контроль доступу повністю розкрив свій потенціал та забезпечив більш ефективний контроль доступу.

Четвертий метод – контроль доступу на основі атрибутів. В останні роки метод контролю доступу на основі атрибутів стає все більш значущим через зростання популярності великих розподілених систем. Цей метод надає ефективне рішення контролю, оскільки атрибути користувачів – це критерії, які використовуються для визначення авторизації користувача. Ця політика доступу покращує рольовий контроль доступу у таких областях як:

- делегування повноважень атрибутів;
- децентралізація атрибутів;
- втручання атрибутів.

Для захисту конфіденційності облікових даних метод контролю доступу на основі атрибутів містить кілька політик щодо збереження конфіденційності користувачів та цілісності даних. Окреслений метод дуже гнучкий і здатний підтримувати широкий спектр політик і доменів. Крім того, метод контролю доступу на основі атрибутів має можливість забезпечити автоматизовані переговори щодо довіри, що дозволяє проводити аудит у разі необхідності.

Після того, як відповідні вимоги авторизації будуть виконані, можна розробити архітектуру безпеки розподіленої хмари з кінцевою метою безпечного та надійного контролю доступу. Ця архітектура може бути побудована за допомогою трьох основних компонентів, які працюють разом: глобальна система управління ресурсами, менеджер віртуальних ресурсів та модуль контролю доступу. У якості бази застосовуємо метод рольового контролю доступу завдяки його прямому адмініструванню та його здатності з легкістю масштабувати вгору та вниз. Однак конструкція розподіленої архітектури

безпеки є достатньо гнучкою та загальною для роботи з іншими типами політики контролю доступу, такими як дискреційний контроль доступу. Доступ до інфраструктури хмарних обчислень починається з простого запиту користувача. Перш ніж з'явиться можливість подивитися на три компоненти, які складають архітектуру розподіленого контролю доступу, необхідно глибше подивитися на потік запитів користувачів хмари, які система буде обробляти.

Виходячи з політики методу рольового контролю доступу, запит користувача хмарної системи може бути представлений за допомогою чотирьох кордонів таким чином: облікові дані користувача, привілеї, запитуваний ресурс/послуга та файл журналу активності. Кожен запит починається з першої автентифікації користувача через модуль контролю доступу. Після перевірки облікових даних користувача права користувача визначаються та призначаються клієнту на основі ролей користувача. Права користувача будуть видимими та обробленими усіма модулями контролю доступу, які отримують запити, щоб переконатися, що користувачі не заходять у несанкціоновані зони хмарної інфраструктури. Розділ запитуваного ресурсу буде діяти як тіло запиту для віртуальної мережі на читання та надання доступних ресурсів запитуваним користувачам. Файл журналу активності відстежуватиме всю активність доступу, яка відбувається за обліковими даними користувача та призначеними привілеями. Потім ця інформація надсилатиметься до бази даних файлів журналу, пов'язаної з базою даних облікових даних користувачів у задній частині інфраструктури хмарних обчислень. Це буде важливо при розслідуванні шкідливих інцидентів та дій, що відбуваються в системі хмарних обчислень. Процеси автентифікації та авторизації за допомогою модулю контролю доступу показані на рис. 1.



Рис. 1. Схема реалізації процесів автентифікації та авторизації за допомогою модулю контролю доступу

Запропонована схема реалізації процесів автентифікації та авторизації за допомогою модулю контролю доступу володіє наступними параметрами:

Нижче наведено деякі зі значень запропонованої нами архітектури.

- автономність модулю контролю доступу у застосуванні політики контролю доступу (тобто модуль контролю доступу служить першим шаром захисту);
- універсальність, співпраця як усередині, так і між хмарним зв'язком досягти;
- мінімізація часу відгуку, спосіб підключення глобальної системи управління ресурсами до кожного модуля контролю доступу дозволяє мінімізувати час запиту-відповіді на віддалені запити;
- розширення захисту – другий рівень захисту, створення додаткового файлу, який можна використовувати для подачі системи виявлення та запобігання вторгненням;

–широкий спектр використання, файл журналу також може бути використаний глобальною системою управління ресурсами для забезпечення «відповідності» кожного постачальника хмарних послуг у наданні послуг клієнтам.

У запропонованій архітектурі модулю контролю доступу (рис. 1) розглядається шлюз доступу, який існує на кожному рівні обслуговування хмари для захисту ресурсів від будь-якого прямого несанкціонованого доступу. Він працює, зосереджуючись на обробці та схваленні запитів на автентифікацію та авторизацію, які надходять і виходять із хмари, перш ніж потрапити до віртуальної мережі для розгортання служб. Крім того, кожен модуль контролю доступу безпосередньо аналізується за допомогою глобальної системи управління ресурсами для задоволення запитів віддаленого обслуговування. Крім того, він надає файл журналу активності кожного автентифікованого користувача до глобальної системи управління ресурсами, щоб можна було підтримувати та контролювати поточну зайнятість ресурсів та використання послуг кожного рівня хмари. Глобальна система управління ресурсами також може використовувати цю інформацію для виявлення будь-якої шкідливої діяльності на глобальному віртуальному рівні. Таким чином, глобальна система управління ресурсами має найбільш точну інформацію про всі наявні ресурси, якими керує віртуальна розподілена мережа. Це дозволяє запропонованій архітектурі гарантувати, що запити віддаленого обслуговування не будуть пересилатися більш ніж на два переходи, що зменшує загальний час запиту-відповіді.

Крім того, модуль контролю доступу можна розглядати як обробний центр, який складається з таких частин: шлюз контролю доступу, екстрактор/оцінювач облікових даних, пункт прийняття рішення про авторизацію, призначення ролей та банк політик. Коли надходить запит, він надходить на шлюз контролю доступу. На цей момент запит містить інформацію про клієнта, облікові дані доступу, потрібну службу з рівня хмари та бажаний рівень привілеїв та дозволів цієї служби.

Коли користувач надсилає запит до модулю контролю доступу, він містить бажаний рівень авторизації та конкретні облікові дані для автентифікації, які будуть використовуватися протягом усього процесу запиту. Ці облікові дані виймаються шлюзом контролю доступу та надсилаються оцінювачу облікових даних для цілей автентифікації (крок 2). Оцінювач облікових даних перевіряє облікові дані користувача у локальній базі даних і формує рішення про доступ (крок 4). Якщо запит буде відхилено через неправильні облікові дані, клієнт буде повідомлений через шлюз контролю доступу. Однак, якщо доступ надано, запит буде перенаправлено до модулю прийняття рішення щодо доступу (крок 5). Модуль прийняття рішення щодо доступу пересилає запит до модулю призначення ролі, який оцінює бажані привілеї (наприклад, дозвіл на читання або запис) для запитуваної послуги/ресурсу на основі ролі користувача запитуваного клієнта (крок 6). У нашому випадку ця оцінка ролі буде оцінена та визначена на основі збереженої політики керування доступом на основі ролей у банку політик (крок 7). Як тільки рівні авторизації визначаються через банк політик, затверджений запит із рівнем авторизації буде надіслано до відповідної локальної віртуальної розподіленої мережі (крок 8). Обмеження можуть бути застосовані на основі запиту, призначеного роллю, щодо його оцінки запитуваної послуги та відповідних запитуваних привілеїв, знайдених у запиті користувача. Це гарантуватиме, що користувачі зможуть використовувати послуги та ресурси лише в контексті свого запиту.

Після того, як модуль контролю доступу схвалить запит клієнта, облікові дані слід зберігати в локальному кеші модулю контролю доступу, щоб гарантувати, що майбутні запити від того самого клієнта не повинні проходити через усі звичайні процедури контролю доступу. Це прискорить процес автентифікації за рахунок відносно невеликого використання сховища. Однак рівень авторизації повинен визначатись і призначатись модулем контролю доступу кожного разу, виходячи з того, які послуги чи ресурси запитував клієнт. Це забезпечить суворе дотримання політики контролю доступу до всіх послуг та ресурсів, які провайдер хмарних послуг пропонує своїм клієнтам.

Як тільки затверджений запит надійде до віртуальної розподіленої мережі, він перевірить наявність потрібного ресурсу. Якщо запитуваний ресурс доступний, він буде локально розгорнутий до клієнта, а журнал активності буде ініційований модулем контролю доступу. Якщо запитуваний ресурс недоступний або він локально не існує на рівні хмари, запит користувача буде надіслано до глобальної системи управління ресурсами для подальшої допомоги. Після цього глобальна система знайде запитуваний ресурс і перенаправить запит користувача до відповідного модулю контролю доступу. Як наслідок, модуль контролю доступу залишатиметься автономною з точки зору застосування своєї локальної політики контролю доступу до запиту користувача, а не посередницької політики.

Хмарні обчислення – це метод доставки обчислювальних послуг з великого, високо віртуалізованого центру обробки даних до багатьох незалежних кінцевих користувачів, за допомогою спільних програм та об'єднаних ресурсів. Через неоднорідність та деталізацію віртуальних ресурсів

бажано мати віртуальну розподілену мережу на кожному рівні обслуговування хмари з єдиною метою управління віртуальними ресурсами, які викликаються до використання. Він несе відповідальність за розгортання служб. Коли запитуваний ресурс не існує або якщо ресурс недоступний локально, запит буде розглядатися як запит на віддалене обслуговування та передаватися до глобальної системи управління ресурсами. Остання буде використовувати свою глобальну базу даних для пересилання віддаленого запиту до відповідної віртуальної мережі через хмарний цільовий модуль контролю доступу. Цільовий модуль контролю доступу може застосовувати свою політику локального контролю доступу, щоб гарантувати, що для використання будуть застосовані лише авторизовані та запитовані послуги.

Глобальна система управління ресурсами діє як бар'єр між різними хмарними службами на одному рівні або різних шарах.

Використання однієї централізованої глобальної системи управління ресурсами у запропонованій архітектурі ґрунтується на тому, щоб уникнути використання угоди про рівень послуг для кожного рівня обслуговування (наприклад, SaaS, IaaS і PaaS). Якщо угоди про рівень послуг кожного рівня на різних хмарних платформах не тісно пов'язані між собою, запит віддаленого обслуговування може опинитися в тупиковій ситуації під час пошуку потрібної віртуальної розподіленої мережі. Він також не гарантує, скільки переходів має пройти запит віддаленого обслуговування, перш ніж він досягне потрібної віртуальної мережі. Тому використання централізованої глобальної системи управління ресурсами, аналізованої з кожним модулем контролю доступу, не тільки спрощує конструкцію контролю доступу, але і скорочує загальний час запиту-відповіді.

Щоб уникнути єдиних точок відмови централізованої глобальної системи управління ресурсами, можна запровадити надмірність. Хоча це не вимагається в запропонованій архітектурі, єдина угода про рівень послуг може перебувати в глобальній системі управління ресурсами, щоб не враховувати всі стандартні політики та процедури, щодо відповідності. Коли користувач запитує ресурси з локальної хмари, але вони не існують у зазначеному місці, запит може бути оброблений через централізовану глобальну систему управління ресурсами. Однак, якщо потрібний ресурс існує в тій самій хмарі, але на іншому рівні, запит можна надіслати безпосередньо в інший сектор або рівень хмарних послуг, щоб віддалено отримати необхідні послуги та ресурси.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У роботі досліджено принципи захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень. Хмарні обчислення знаходяться в постійному розвитку, щоб забезпечити клієнтів різними рівнями послуг відповідно до запитів. Фундаментальний і багатосторонній аналіз принципів захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів для інформаційної безпеки є невід'ємною передумовою розробки і супроводу успішних і ефективних заходів щодо захисту інформації в умовах хмарних обчислень. Запропонована архітектура безпеки розподіленого контролю доступу має вимоги до авторизації які є суттєвими перед розробкою архітектури розподіленого контролю доступу: децентралізована адміністрація, безпечна розподілена співпраця та класифікація облікових даних. Архітектура контролю доступу має три основні частини, які працюють разом для обробки запитів доступу: модуль контролю доступу, який приймає/відхиляє/перенаправляє запити на доступ, віртуальна розподілена мережа, яка розгортає та контролює ресурси та послуги, а також централізована глобальна система управління ресурсами, яка обробляє переміщення запитів до інших хмар для віддаленого використання послуг/ресурсів.

Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на розробці моделі системи захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів системи хмарних обчислень на основі центру обробки даних.

Список бібліографічного опису.

1. Орел. О., Дирда М. Дослідження актуальності хмарних обчислень / Modern engineering and innovative technologies, 2018. №05-01. С. 95-98.
2. Баглай Р. О. Загрози безпеки хмарних технологій для банків / Р. О. Баглай // Системи обробки інформації. 2018. Вип. 1. С. 127-135. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2018_1_20.
3. Червякова Т.І. Інформаційна безпека технологій хмарних обчислень. / Т.І. Червякова // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2020. – Вип. 1 (46). С. 427-436.
4. Ткаченко В. П. Інформаційна модель Грід технологій / В. П. Ткаченко, І. В. Огірко, О. І. Огірко // Системи обробки інформації. 2017. Вип. 4. С. 88-91. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2017_4_20.

References.

1. Rizov V. Information Sharing for Cyber Threats // Information & Security: An International Journal. 2018. Vol. 39, Issue 1. P. 43–50. doi: <http://doi.org/10.11610/isij.3904>

2. Sultan N. Making use of cloud computing for healthcare provision: Opportunities and challenges. *International Journal of Information Management*. 2014. – V. 34. – P. 177–184.
3. Cacciatore K., Czarkowski P., Dake S., Garbutt J., Hemphill B., Jainschigg J., Moruga A., Otto A., Peters C., Whitaker B.E. Exploring Opportunities: Containers and OpenStack. *OpenStack White Paper*. 2015. – 19 p. URL: <https://www.openstack.org/assets/pdf-downloads/Containers-and-OpenStack.pdf>
4. Kar J., Mishra M. R. Mitigating Threats and Security Metrics in Cloud Computing // *Journal of Information Processing Systems*. 2016. Vol. 12, Issue 2. P. 226–233. doi: <http://doi.org/10.3745/jips.03.0049>
5. Reshetova E., Karhunen J., Nyman T., Asokan N. Security of OS-level virtualization technologies. arXiv.org: Cornell University Library. URL: <http://arxiv.org/pdf/1407.4245v1.pdf>
6. White J.S., Pilbeam A.W. A survey of virtualization technologies with performance testing. arXiv.org: Cornell University Library. URL: <http://arxiv.org/pdf/1010.3233.pdf>
7. Monov L., Karev M. How to Counter Hybrid Threats? // *Information & Security: An International Journal*. 2018. Vol. 39, Issue 2. P. 113–126. doi: <http://doi.org/10.11610/isij.3909>
8. Xavier M.G., Neves M.V., Rossi F.D., Ferreto T.C., Lange T., De Rose C.A.F. Performance Evaluation of Container-Based Virtualization for High Performance Computing Environments. In: *21st Euro. Int. Conf. on Parallel, Distrib. & Network-based Processing*. IEEE, 2013. – P. 233–240.
9. Morabito R. Power Consumption of Virtualization Technologies: an Empirical Investigation. arXiv.org: Cornell University Library. URL: <http://arxiv.org/pdf/1511.01232v1.pdf>
10. Patel A., Taghavi M., Bakhtiyari K., Junior J.C. An intrusion detection and prevention system in cloud computing: A systematic review. *Journal of Network and Computer Applications*. 2013. V. 36. – P. 25–41.
11. Основи інформаційної безпеки : навч. пос. / Дудикевич В. Б., Хорошко В. О., Яремчук Ю. С. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 316 с.
12. Моделі та методи контролю доступу: що вам підходить?, 2020. – Режим доступу. – <https://worldvision.com.ua/ua/modeli-i-metody-kontrolya-dostupa-chto-vam-podkhodit/>.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-20>

УДК 004.89

Проніна Ольга Ігорівна, к. т. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-7085-8027>

Дегтяр Валерія Віталіївна, магістр

<https://orcid.org/0000-0002-2756-3618>

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КОРИГУВАННЯ ДЕФЕКТІВ МОВЛЕННЯ У ДІТЕЙ

Проніна О. І., Дегтяр В. В. Використання нейронних мереж для коригування дефектів мовлення у дітей. Визначення дефектів мовлення у дитини є актуальною науково-практичною задачею, оскільки своєчасне коректування мови дозволяє покращити комунікативні здібності дитини в майбутньому. Грунтуючись на аналізі наведеному в роботі логічним є використання згорткових нейронних мереж як інструменту виявлення дефекту і його виду. Робота присвячена розробці алгоритму для виявлення дефекту мови, що включає в себе підготовку даних для навчання моделі і використання згорткової нейронної мережі. Описана архітектура згорткової нейронної мережі, що була розроблена. Проведено експерименти для перевірки точності і адекватності розробленої моделі нейронної мережі, результати наведені у вигляді табличних даних.

Ключові слова: мова, дефекти мовлення, звуки, згорткова нейронна мережа.

Пронина О. И., Дегтярь В. В. Использование нейронных сетей для корректирования дефектов речи у детей.

Определение дефектов речи у ребенка является актуальной научно-практической задачей, поскольку своевременная корректировка речи позволяет улучшить коммуникативные способности ребенка в будущем. Основываясь на анализе приведенном в работе логичным является использование сверточных нейронных сетей как инструмента выявления дефекта и его вида. Работа посвящена разработке алгоритма для выявления дефекта речи, что включает в себя подготовку данных для обучения модели и использование сверточной нейронной сети, что была разработана. Описана архитектура сверточной нейронной сети. Проведены эксперименты для проверки точности и адекватности разработанной модели нейронной сети, результаты приведены в виде табличных данных.

Ключевые слова: язык, дефекты речи, звуки, сверточная нейронная сеть.

Pronina O., Dehtiar V. Using neural networks to correct speech defects in children. Determination of speech defects in a child is an urgent scientific and practical task, since timely correction of speech can improve the child's communication skills in the future. Based on the analysis given in the work, it is logical to use convolutional neural networks as a tool to identify a defect and its type. The work is devoted to the development of an algorithm for the identified speech defect, which includes the preparation of data for training the model and the use of a convolutional neural network that was developed. The architecture of a convolutional neural network is described. Experiments were carried out to verify the accuracy and adequacy of the developed neural network model, the results are presented in the form of tabular data.

Keywords: language, speech defects, sounds, convolutional neural network.

Постановка наукової проблеми. Правильна мова необхідна для того, щоб успішно побудувати свою кар'єру, розвинути хороші комунікативні навички, вписатися спочатку в дитячий колектив, потім у дорослий. Дефекти мови можуть стати причиною розвитку у людини комплексів. Тому вкрай важливо їх усунути в ранньому віці. Крім того, дітям звукова вимова важлива для того, щоб правильно писати, читати, не пропускати букви при письмі, не робити помилок в аналізі звуків та літер.

У дошкільному віці гра – провідний вид діяльності. Це означає, що через гру дитина висловлює емоції, отримує знання і навіть буде відносини. Для дітей дошкільного віку в 21 столітті гра на різних девайсах займає більше місця в житті, ніж будь-яка інша діяльність, тому інформаційні технології є важливим інструментом у розвитку дитини. Інформаційні технології активно допомагають сфері логопедії допомогти виявити і підібрати необхідні вправи для профілактики і корекції дефектів мовлення. Завдяки сучасним технологіям дитина втягується в роботу і освоює потрібні мовленнєві навички.

У дітей спостерігається підвищення стомлюваності, зниження працездатності при роботі зі звичайними методами виправлення недоліків мови. Тому класичні методи і прийоми часто не спрацьовують, а значить повинні бути сучасні, інноваційні методи, здатні зацікавити дитину, розкрити його потенціал і досягти позитивних результатів в корекційній роботі. Система для корекції дефектів мовлення допоможе зацікавити дитину і виявити всі проблеми. Так само це велика допомога для батьків, так як без фахівця часом важко самостійно підібрати необхідні вправи і виявити більш приховані неточності в мові дитини. Для зручності і мобільності було вирішено створити систему у вигляді мобільного додатка. Його перевагою перед

традиційними методами є те, що додаток завжди буде під рукою і в будь-який момент часу можна виділити час для занять.

Мета дослідження. Метою даної роботи є проектування, розробка і перевірка адекватності роботи систем дефектів мовлення дітей, реалізованої на основі згорткової нейронної мережі.

Аналіз досліджень. В наш час є досить багато досліджень і публікацій, які присвячені темам нейронних мереж і їх впровадження в розвиток мовлення у дітей.

У роботі М. Алама, М. Д. Самада «Опитування про глибокі нейронні мережі в мові та системи зору» [1] представляється огляд найсучасніших архітектури глибоких нейронних мереж, алгоритмів та систем у зорі та мовленнєві програми. З цієї роботи можна зробити висновок, що останні досягнення в галузі глибоких штучних нейронних мережевих алгоритмів та архітектура стимулюють швидкі інновації та розвиток інтелектуального зору та мовних систем.

Сіддік Латіф і Раджіб Рана Глибоке у роботі «Репрезентативне навчання в мовленнєвій обробці: виклики, останні досягнення та тенденції майбутнього» [2] розглядають проблеми та ключові характеристики моделей навчання репрезентації та обговорення, а також вказують на майбутні тенденції.

Гендрік Пурвінз у «Глибоке навчання для обробки звукових сигналів» [3] розглядає сучасний стан методів глибокого навчання для обробки звукових сигналів та моделі глибокого навчання, включаючи згорткові нейронні мережі.

У своїй роботі «Автоматизований мовленнєвий скринінг депресії за допомогою глибокого згорткової нейронні мережі» [4] Кароль Хласта пропонує новий підхід до автоматизованого виявлення депресії в мовленні згорткова нейронна мережа (CNN) та багатостороннє інтерактивне навчання.

Робота «Машинне навчання для ідентифікації заїкання: огляд, виклики та майбутні напрямки» [5] автора Шейкл А. Шейха всебічно розглядає акустику, особливості, методи класифікації заїкання/розбіжності на основі статистичного та глибокого навчання.

У роботі «FluentNet: Наскрізне виявлення мовлення. Нездатність до глибокого навчання» [6] Тедд Куркунакіс запропонував наскрізну глибоку нейронну мережу, FluentNet, здатну виявити ряд різних типів розбіжностей.

Фаді Медхат у «Класифікація музичних жанрів за допомогою маскованих умовних нейронних мереж» [7] оцінили виконання MCLNN (умовні нейронні мережі в масках), використовуючи набори даних музичних жанрів Ballroom та Homburg.

У своїй роботі «Контрольоване розділення мовлення на основі глибокого навчання: огляд» [8] ДеЛян Ван сформулював більш новий підхід розділення мовлення як контрольовану навчальну проблему, де дискримінаційні моделі мовлення, ораторів та фоновий шум отримуються з даних навчання.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. При різноманітності соціальних мереж, інтернет-магазинів, навчальних майданчиків і літературних порталів не існує такого, який би дозволив за допомогою нейронної мережі максимально точно виявити конкретні недоліки та порушення мови і підібрати відповідні тренувальні вправи. Це свідчить про актуальність роботи.

Основною ідеєю є надання можливості батькам та дітям, використовуючи технології згорткової нейронної мережі з зручним й інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, визначити недоліки та неточності в вимові окремих звуків та допомогти підібрати необхідні вправи для того, щоб виправити конкретні дефекти мовлення. Мова - особлива і найбільш досконала форма спілкування, притаманна тільки людині. У процесі комунікації люди обмінюються думками і взаємодіють один з одним. Мова - найважливіший засіб зв'язку між дитиною і навколишнім світом. Таким чином комунікативна функція мови сприяє розвитку навичок спілкування з однолітками, розвиває можливість спільної гри. Це має неоціненне значення для формування адекватної поведінки, емоційно-вольової сфери та особистості дитини [9].

Мовленнєві порушення в дитячому віці - це великий обсяг порушень, що розрізняються за механізмом освіти, за структурою і за способом їх подолання. Усі порушення діляться на свої класи. Найчастіше зустрічаються такі дефекти:

- дислалія – порушення, при якому малюкові складно вимовляти шиплячі звуки;
- ріносалія – при такій патології голос дитини звучить гугняво;
- заїкання – дана патологія пов'язана з порушенням ритму мови, розтягуванням окремих звуків;
- дисфонія – дефект, пов'язаний з порушеннями в голосовому апараті.

Причинами поганої дикції у дітей можуть стати такі сукупності факторів, які можна поділити на 2 групи:

- Біологічні - до них відносяться порушення мови, викликані патогенними факторами, які діяли на організм ще в період внутрішньоутробного розвитку і в дитячому віці, наприклад важкі інфекції, травми. Сюди ж відносяться порушення, викликані генетичною схильністю. Прояви біологічних причин - заїкання, гугнявість голосу, загальмованість мови, проковтування окремих звуків.

- Соціальні - до соціальних причин, що призвели до порушення дикції, відносяться проблеми в спілкуванні з оточуючими, особисті комплекси та невпевненість у собі. Дитина, що сумнівається в своїх здібностях, говорить тихо і невиразно, «ковтає» звуки, намагаючись швидше закінчити розмову і піти в тінь.

Для реалізації майбутньої системи аналізу мовлення був розроблений алгоритм, представлений на рисунку 1. З рисунку 1 можна побачити, що на першому етапі підготовуються дані, з якими система буде працювати. Це один з найдовгіших етапів, оскільки від якості даних залежить ступень навчання розроблюваної математичної моделі майбутньої системи. Ці дані можна отримати з глобальної мережі, а саме з відео, в якому логопеди розмовляють або займаються з дітьми, у яких є порушення у мовленні.

Після того як підготовлені дані в черновому вигляді, їх потрібно очистити від зайвого, а саме залишити тільки фрази, які говорить дитина в аудіо форматі. Всі аудіофайли повинні зберігатися в одній частоті дискретизації, а саме оптимальна частота 44,1 кГц.

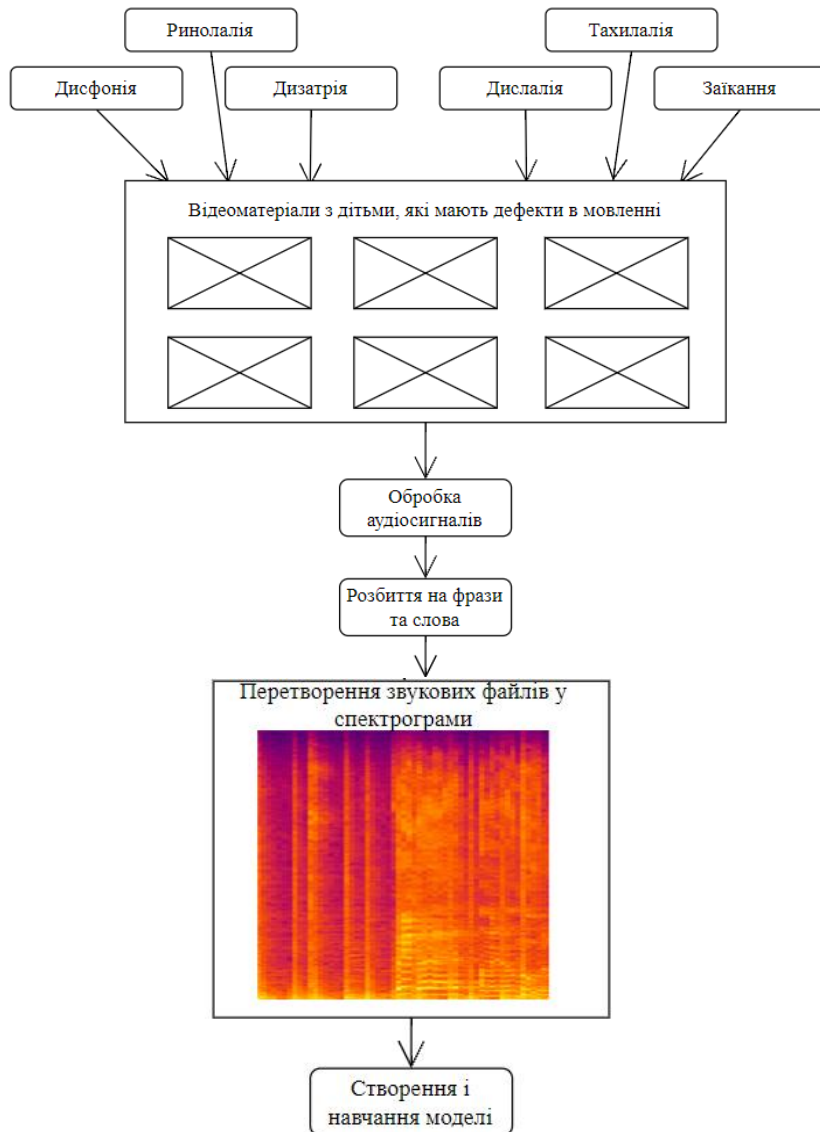


Рис.1. Загальний алгоритм обробки дефектів

Вхідними даними для системи, що розробляється є відеоматеріали з вадами мовлення у дітей. Сигнали з цих відеоматеріалів обробляються і розрізаються на фрази та слова. В подальшому ці аудіосигнали

перетворюються в спектрограму. Спектрограма являє собою зображення на якому можна бачити різницю спектра в усьому звуковому уривку відразу [10]. По вертикалі відкладається частота, по горизонталі час, а амплітуда зазвичай відображається яскравістю або кольором.

Після того як всі дані були підготовлені починається навчання математичної моделі. В якості математичного апарату виступає згортоква нейронна мережа. Оскільки саме вона показує найкращі результати при розпізнаванні. Оскільки моделі згорткових нейронних мереж можуть застосовуватися для розпізнавання зображення, тексту, відео або звуків. Можна виділити дві особливості, за якими часто вибирають саме згорткові нейронні мережі: CNN самі витягують ознаки; CNN можуть бути перенавчені для виконання нових завдань розпізнавання. Архітектура згорткової нейронної мережі, що була розроблена для поставленої задачі визначення виду мовного порушення приведена на рисунку 2.

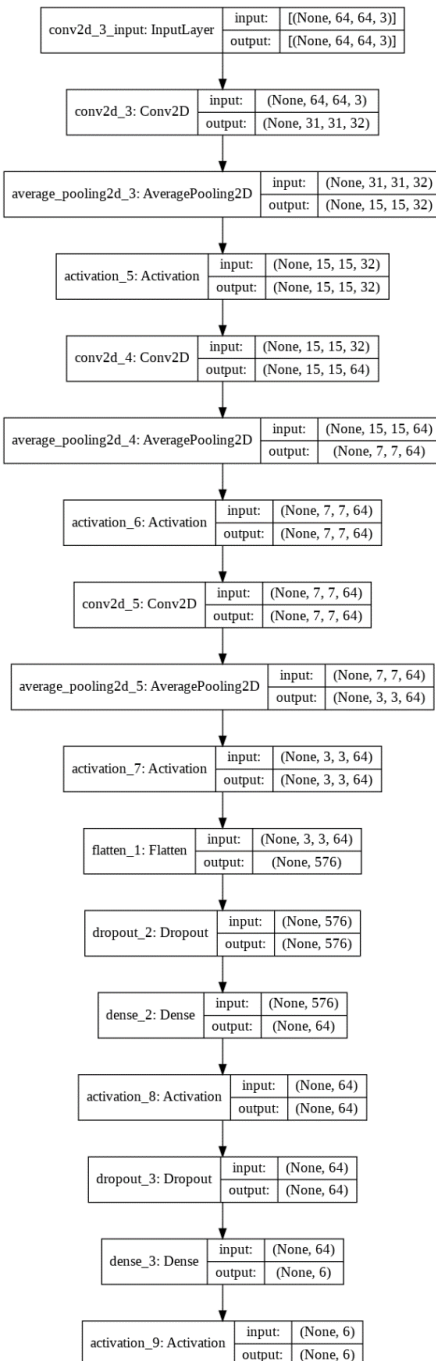


Рис. 2. Архітектура згорткової нейронної мережі

На рисунку 2 можна побачити, що архітектура складається з шести шарів. Перший шар виконує згортку Conv2D. За допомогою input_shape вказано, що вхід буде розміром 64 на 64 пікселі і в трьох каналах. Даний процес відбувається на наступних двох шарах. Для другого і третього прихованого шару вказано padding рівне значенню same, це було зроблено для того щоб згортка захопило повністю все зображення, тому на всі боки зображення додаються нулі в разі потреби.

У кожного шару відбувається процес зменшення розміру введення і витяг важливої інформації AveragePooling2D. Після відбувається обчислення виведення за допомогою активаційної функції «relu». Четвертий шар конвертує вхідні дані в меншу розмірність. Виконується Dropout для обнулення ваг моделі і передається значення 0.5, тобто половина ваг обнуляється. На п'ятому шарі знаходиться повнозв'язний шар Dense, який отримує всю інформацію з минулих шарів і потрібен для повного з'єднання шарів один з одним, на виході – Dropout, який потрібен для зменшення ймовірності перенавчання моделі. Останній шар є вихідним, у ньому використовується функція активації softmax для класифікації мовних порушень.

Так як використовується згорткова нейронна мережа, яка може добре виділяти ознаки на зображеннях, тому використовується перетворення аудіо сигналів в спектрограми.

Після підготовки dataset відбувається процес навчання моделі. Було проведено 60 різних експериментів, з різною кількістю епох навчання, вибірка з них наведено у таблиці 1. Метою експерименту біло визначити оптимальну кількість епох та оптимальний час, що буде витрачено на навчання моделі.

Таблиця 1. Результати дослідження нейронної мережі

№ експерименту	Час навчання моделі, с	Загальна точність моделі, %	Кількість епох навчання
1	3600,4	64,50	50
2	3450	63,92	60
3	3821	67,00	70
4	4150	69,46	80
5	4050	68,65	90
6	4450	71,32	100
7	4952,4	70,68	110
8	4950	67,87	120
9	4253,9	65,30	130
10	5250	68,61	140
11	5301	74,85	150
12	5700,6	67,52	160
13	5404	68,65	170
14	6402,8	65,12	180
15	6007	68,65	190
16	6707	63,76	200
17	7354,1	64,32	210
18	7754	67,12	220
19	7954	69,54	230
20	8154,5	70,12	240

З таблиці 1 видно, що найкращий експеримент йде під номером 11, так як вдалося натренувати модель на 74,85% точності, що для поставленої задачі є дуже хорошим результатом. Розглядачі інші експерименти можна побачити, що зі збільшенням кількості епох точність навчання не збільшується, але часу буде витрачено більше. Тобто експериментальним шляхом було встановлено, що 150 епох для навчання розробленої моделі бути оптимальними.

Наступний експеримент був проведений для вже навченої нейронної мережі. Він був проведений на реальних даних, які не були використані при навчанні моделі. Для цього дані були взяті в Інтернеті та відібрані відеозаписи із записами дітей, у яких різні порушення мови. Після чого використовуючи алгоритм представлений на рисунку 1 дані були перетворені в спектрограми.

Для кожного порушення мови було відібрано по 20 записів. Записи були для різної статі дітей. Тим самим експеримент також виявляв залежність розпізнавання дефекту мовлення від статі дитини. Результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Результат тестування моделі

Стать дитини	Вид порушення мовлення					
	Дисфонія	Ринолалія	Дизартія	Дислалія	Тахилалія	Заїкання
Жіноча	78%	73%	76%	77%	75%	76%
чоловіча	74%	75%	74%	75%	74%	74%

Як можна побачити з результатів таблиці 2, навчену модель можна використовувати незалежно від статі дитини. Оскільки для кожної статі точність розпізнавання мовного дефекту змінюється не суттєво. При цьому різницю точності можна віднести до похибки вимірювання, оскільки не всі обрані дані були в якісному виді та у високої якості. Тим самим експеримент підтвердив, що розроблений алгоритм, та математична модель що лягла в його основу є працездатною та може бути використана в розпізнавання мовного дефекту будь якого виду.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. У результаті роботи була розроблена модель згорткової нейронної мережі та був продемонстрований алгоритм, яких буде покладено в основу системи, що дозволить коригувати дефекти мовлення дітей. Розроблений алгоритм містить в собі етапи обробки даних. Процес обробки полягав у пошуку і очищення звукових даних, які містять в собі цікаві звукові коливання вимови слів з порушеннями в мові. Наступний етап полягав у побудові згорткової нейронної мережі і навчанні моделі. Експериментальні дослідження для виявлення оптимальності архітектури згорткової нейронної мережі показав що для отримання більш хорошої якості навченої моделі потрібно було навчати модель на 150 епохах, в такому випадку точність моделі складає 74,85%.

Розроблена модель дозволяє визначити який саме дефект мовлення присутній є у дитини, коли вона розмовляє, та наскільки це порушення серйозне. В подальшому розроблений алгоритм та математичну модель планується реалізувати у вигляді системи підтримки коригування дефектів мовлення у дітей. В системі буде використовуватися відеоматеріали з вадами мовлення у дітей, а далі ці сигнали будуть оброблятися і розрізатися на фрази та слова Для корегування дефектів в мовленні дитини система буде підбирати необхідні вправи для вирішення конкретної проблеми. Таким чином правильний розвиток комунікативної функції мови буде сприяти розвитку навичок спілкування з оточуючими, що в свою чергу має велике значення для формування адекватної поведінки, емоційно-вольової сфери та особистості дитини.

Список бібліографічного опису

1. Survey on deep neural networks in speech and vision systems. M Alam, MD Samad, L Vidyaratne, A Glandon, KM Iftekharuddin. *Neurocomputing* 417, 302-321, 2020.
2. Deep Representation Learning in Speech Processing: Challenges, Recent Advances, and Future Trends. Siddique Latif1, Rajib Rana, Sara Khalifa, 2020, 25 pages.
3. Hendrik Purwins, Bo Li, Tuomas Virtanen, Jan Schlüter, Shuoyin Chang, Tara Sainath. Deep Learning for Audio Signal Processing. In *Journal of Selected Topics of Signal Processing*, Vol. 13, No. 2, May 2019, pages 206–219.
4. Automated speech-based screening of depression using deep convolutional neural networks. Karol Chlastaa,b, Krzysztof Wołka, Izabela Krejtz, 2019, 11 pages.
5. Shakeel A. Sheikh, Md Sahidullah, Fabrice Hirsch, and Slim Ouni. 2021. Machine Learning for Stuttering Identification: Review, Challenges & Future Directions. under review in *ACM Comput. Surv.* 54, 4 (July 2021), 27 pages.
6. FluentNet: End-to-End Detection of Speech Disfluency with Deep Learning. Tedd Kourkounakis, Amirhossein Hajavi, and Ali Etemad, 2020, 13 pages.
7. Music Genre Classification using Masked Conditional Neural Networks. Fady Medhat, David Chesmore, and John Robinson, 2018, 11 pages.
8. Supervised Speech Separation Based on Deep Learning: An Overview. DeLiang Wang, Fellow, IEEE, Jitong Chen, 2018, 27 pages.
9. Матвеев Н. Чинники впливу на мовленнєві порушення дітей молодшого шкільного віку / Н. Матвеева // Освітній простір України, 2019, 159 с.
10. S.Haykin. *Neural Networks and Learning Machines*. 3rd Edition. Pearson, 2018.

References

1. Survey on deep neural networks in speech and vision systems. M Alam, MD Samad, L Vidyaratne, A Glandon, KM Iftekharuddin. *Neurocomputing* 417, 302-321, 2020.
2. Deep Representation Learning in Speech Processing: Challenges, Recent Advances, and Future Trends. Siddique Latif1, Rajib Rana, Sara Khalifa, 2020, 25 pages.

3. Hendrik Purwins, Bo Li, Tuomas Virtanen, Jan Schlüter, Shuoyiin Chang, Tara Sainath. Deep Learning for Audio Signal Processing. In Journal of Selected Topics of Signal Processing, Vol. 13, No. 2, May 2019, pages 206–219.
4. Automated speech-based screening of depression using deep convolutional neural networks. Karol Chlastaa,b, Krzysztof Wolka, Izabela Krejtz, 2019, 11 pages.
5. Shakeel A. Sheikh, Md Sahidullah, Fabrice Hirsch, and Slim Ouni. 2021. Machine Learning for Stuttering Identification: Review, Challenges & Future Directions. under review in ACM Comput. Surv. 54, 4 (July 2021), 27 pages.
6. FluentNet: End-to-End Detection of Speech Disfluency with Deep Learning. Tedd Kourkounakis, Amirhossein Hajavi, and Ali Etemad, 2020, 13 pages.
7. Music Genre Classification using Masked Conditional Neural Networks. Fady Medhat, David Chesmore, and John Robinson, 2018, 11 pages.
8. Supervised Speech Separation Based on Deep Learning: An Overview. DeLiang Wang, Fellow, IEEE, Jitong Chen, 2018, 27 pages.
9. Matveyeav N. Chynnyky vplyvu na movlennyevi porushennya ditey molodshoho shkil'noho viku / N. Matveyeva // Osvitniy prostir Ukrainy, 2019, 159 s.
10. S.Haykin. Neural Networks and Learning Machines. 3rd Edition. Pearson, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-21>

УДК 004.89

Проніна Ольга Ігорівна, к.т.н., доцент<https://orcid.org/0000-0001-7085-8027>**Яремко Олександр Миколайович**, магістр<https://orcid.org/0000-0002-0650-5048>

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

АНАЛІЗ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОРУШЕННЯ ПРАВИЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Проніна О. І., Яремко О. М. Аналіз згорткових нейронних мереж для розпізнавання порушення правил охорони праці на робочому місці. Охорона праці являє собою ряд заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини. На різних виробництвах співробітники схильні до впливу на їх здоров'я різних негативних факторів, наприклад, носіння каски може врятувати співробітника від руйнування кісток черепа, струс головного мозку, всі ці травми відносяться до розряду важких з усіма наслідками, що випливають. Робота присвячена пошуку найкращої моделі згорткової нейронної мережі, яка буде мати найкращі показники у визначенні об'єктів, на яких модель навчилася і оптимальна у використанні програмного забезпечення. Для подальшого аналізу розмітка даних проводилася за допомогою програми labelImg, всі інші етапи навчання і тестування проводилися в середовищі Python. Набір даних включає в себе кілька розмічених класів, а саме: людина з каскою і без, людина в діелектричних рукавичках і без рукавичок, людина з сигаретою і без неї, людина в спеціального робочого взуття і без неї, людина в робочому одязі і в звичайній.

Ключові слова: машинне навчання, згорткова нейронна мережа, охорона праці, розмітка даних, labelImg, Python.

Проніна О. И., Яремко О. М. Анализ сверточных нейронных сетей для распознавания нарушение правил охраны труда на рабочем месте. Охрана труда представляет собой ряд мероприятий и средств, направленных на сохранение здоровья и работоспособности человека. На различных производствах сотрудники подвержены влиянию на их здоровье различных негативных факторов, например, ношение каски может спасти сотрудника от разрушения костей черепа, сотрясение головного мозга, все эти травмы относятся к разряду тяжелых со всеми вытекающими последствиями. Работа посвящена поиску наилучшей модели сверточной нейронной сети, которая будет иметь наилучшие показатели в определении объектов, на которых модель обучилась и оптимальна в использовании программном обеспечении. Для дальнейшего анализа разметка данных производилась с помощью программы labelImg, все остальные этапы обучения и тестирования проводились в среде Python. Набор данных включает в себя несколько размеченных классов, а именно: человек с каской и без, человек в диэлектрических перчатках и без перчаток, человек с сигаретой и без нее, человек в специальной рабочей обуви и без нее, человек в рабочей одежде и в обычной.

Ключевые слова: машинное обучение, сверточная нейронная сеть, охрана труда, разметка данных, labelImg, Python.

Pronina O. I., Yaremko O. M. Analysis of convolutional neural networks for the recognition of violation of labor safety rules in the workplace. Labor protection is a series of measures and tools aimed at preserving human health and performance. In various industries, employees are exposed to various negative factors on their health, for example, wearing a helmet can save an employee from the destruction of the skull bones, a concussion, all these injuries are classified as severe with all the ensuing consequences. The work is devoted to finding the best model of a convolutional neural network, which will have the best performance in determining the objects on which the model has been trained and is optimal for using the software. The data was marked using the labelImg program, all other stages of training and testing were carried out in the Python environment. The dataset includes several labeled classes, namely: a person with and without a helmet, a person with dielectric gloves and without gloves, a person with and without a cigarette, a person in special work shoes and without them, a person in work clothes and in normal clothes.

Keywords: machine learning, convolutional neural network, occupational Safety and Health, data markup, labelImg, Python.

Постановка наукової проблеми. Охорона праці на виробництві потрібна в першу чергу для збереження здоров'я і життя співробітників. За безпеку співробітника відповідає начальство підприємства. В обов'язки начальства входить створення комфортного і безпечного робочого місця, надання засобів індивідуального захисту. На кожному виробництві, охорона праці регламентує правила, за якими має виконуватися технологічний процес виробництва, для того щоб убезпечити співробітників, від негативного впливу на їхнє здоров'я. Адміністрація підприємства повинна стежити за співробітниками, щоб вони виконували правила охорони праці. Дотримання правил охорони праці знижує травмонебезпечні ситуації на підприємстві і підвищує кваліфікацію співробітників, так само варто відзначити що охорона праці може містити в собі заходи спрямовані на регулювання виділення шкідливих речовин в навколишні середу. Охорона праці є засобом зниження ризику виникнення небезпечних ситуацій на підприємствах, але стежить за виконанням правил людина і через неухважність людини, він може пропустити або ще гірше дозволити порушити правила і через це складно звести ризик виникнення травм співробітників до нуля.

Мета роботи є навчання моделі, яка може виявляти на вхідних зображеннях порушення правил охорони праці. Для навчання моделі заздалегідь були підготовлені і розмічені близько двох тисяч картинок для кожного класу. Розмітка даних проводилася за допомогою програми labelImg, яка дозволяє швидко і зручно розмічати дані. Навчання моделі на підготовленій датасета класів проводилася в середовищі розробки Python з використанням таких бібліотек як torch, cv для предобробки і проведенні тестування моделі.

Аналіз досліджень. Завдання виявлення об'єктів в сучасному світі дуже добре розвинена. Існує багато різних підходів і способів реалізації цього завдання, можна використовувати готову модель або реалізувати свою модель. Підходи так само різняться, можна виділяти об'єкти на зображенні, це називається object detection, але так само можна виконати сегментацію, тобто віднести кожен піксель до певного класу, це називається object segmentation.

У статті [1] Марко Ді Бенедетто і його колеги вирішили навчити модель на основі даних, які отримали з віртуального світу, а саме з реалістичною комп'ютерної гри. Творці цієї гри доклали багато зусиль, щоб симулювати реальний світ, тому автор статті вирішив спробувати використовувати дані з віртуального світу гри, щоб навчати моделі. Автори статті вирішили показати що навчання зі створеним навчальним набором з віртуального світу і використання фази адаптації предметної області є ефективним рішенням для випадків, в яких навчальний набір недоступний.

Кайо Сото Майор в своїй статті [2] «Виявлення засобів індивідуального захисту на промислових об'єктах за допомогою потокового відео з камери» займався дослідженням проблеми виявлення засобів індивідуального захисту за допомогою старої моделі YOLO2. Йому вдалося навчити моделі, які успішно виявляли засоби індивідуального захисту на людях.

Цзіцзянь Ван в своїй статті [3] «Швидке виявлення засобів індивідуального захисту на реальних будівельних майданчиках з використанням підходів глибокого навчання» вирішив навчити моделі для виявлення засобів індивідуального захисту використовуючи моделі YOLO v5x та YOLO v5s. Ключова особливість полягає в тому що він використовував датасета з якісними картинками, що збільшило якість моделі. Результат порівняння моделей показує, що YOLO v5x має кращу MAP (86,55%), а YOLO v5s має найвищу швидкість (52 FPS) на GPU.

У статті [4] «Виявлення та класифікація об'єктів з використанням алгоритмів машинного навчання» Дора Речід займалася виявленням міських об'єктів. Ці об'єкти можуть бути присутні кілька разів на зображенні або бути прикріплені один до одного. Дора вирішила використовувати мережі SVM. SVM дозволяє підвищити продуктивність, але зі значними обчислювальними витратами. Далі вона запропонувала використовувати шлях активації, що дозволяє знизити складність без втрати ефективності. Цей шлях буде послідовно активувати мережу і зупиняти дослідження, коли ймовірність виявлення об'єкта висока. Згодом Дора показала, що ми можемо комбінувати мережу SVM з картами функцій з згортальних нейронних мереж.

У статті [5] «Виявлення значущості та класифікація об'єктів» Крістофер Кулі вирішив удосконалити виявлення об'єктів за допомогою поліпшення визначення тільки значущих об'єктів на сцені. Він генерував карти значущості, створені двома різними опублікованими в даний час методами виявлення значущості, і навчав окремі лінійні SVM з використанням векторів ознак, отриманих за допомогою цих методів. Такий підхід збільшив класифікацію об'єктів на 5%.

Кеваль Мораба в своїй статті [6] вирішив вивчити питання спільного виявлення таких об'єктів, як собака, і її семантичних частин, таких як особа, лапа і інших. Його модель заснована на двох моделях Faster-RCNN які мають спільні характеристики для виконання нової функції, заснованої на увазі. Його дослідження з набором даних PASCAL-Part 2010 показують, що спільне виявлення може одночасно поліпшити виявлення об'єктів.

Сайед Афак Алі Шах в статті [7] «Автоматичне виявлення об'єкта за допомогою вимірювання об'єктивності» пропонує підхід до автоматичного виявлення об'єктів кількісно визначає ймовірність того, що вікно зображення охоплює об'єкти на зображенні. Він може розрізнити кілька об'єктів в сцені, при цьому окремі вікна фіксують кожен виявлений об'єкт. Найголовніше, запропонований підхід не вимагає ручного введення. Його підхід займає близько 4 хвилин на одну картинку.

У своїй роботі [8] Ю-Вей Чао вивчив проблему виявлення взаємодій людина-об'єкт в статичних зображеннях, які визначаються як пророцтво людини і прямокутника об'єкта з міткою класу взаємодії, яка їх пов'язує. Він запропонував згорткові нейронні мережі на основі області чоловік-об'єкт (HO-RCNN), нову структуру на основі DNN для виявлення NOI. В основі HO-RCNN лежить шаблон взаємодії, новий вхід DNN, який характеризує просторові відносини між двома обмеженими прямокутниками.

Аншул Пундір в своїй статті [9] «Підхід на основі регіональної екстракції щодо визначення використання сигарет за допомогою глибокого навчання» на основі датасета із зображенням сигарет навчив модель на основі архітектури YOLOv3. Так само він упростив модель YOLOv3, так що навчена модель стала працювати швидше і видала точність класифікації 96,74%.

Чиж Фан в статті [10] «Узагальнене виявлення маленьких об'єктів без забуття» вирішив провести дослідження в області виявлення маленьких об'єктів. Провівши дослідження і порівняв R-CNN і Retentive R-CNN і зробив висновки, що Retentive R-CNN значно перевершує сучасні методи по загальній продуктивності серед всіх налаштувань так як він може досягти конкурентоспроможних результатів в порівнянні з іншими архітектурами.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. YOLOv4 [11] є більш вдосконаленою архітектурою згортокової нейронної мережі, вона приблизно на 10-12% точніше YOLOv3. Можна виділити той факт, що YOLOv4 була розроблена для навчання на одному графічному процесорі. Основними нововведеннями в новій архітектурі були такі пункти:

- міжетапні часткові з'єднання (CSP) в новому CSPDarknet53;
- використання Mish і Leaky ReLU як функції активації;
- прийняття мережі агрегації шляхів замість FPN, який використовувався в YOLOv3;
- використання Spatial Pyramid Pooling [12] в якості плагіна.

Структуру YOLOv4 можна розділити на три основні блоки: блок вилучення ознак, який служить для виявлення характерних особливостей об'єктів на вхідному зображенні; блок збору карт ознак з різних верств, який збирає і передає карти ознак з різних рівнів нейронної мережі на блок виявлення і класифікації, який, в свою чергу, формує вихідні карти ознак, для різних масштабів, що дозволяє прогнозувати координати обмежувальних рамок шуканих об'єктів і класифікувати вміст кожного осередку на вхідному зображенні. YOLOv5 був запропонований в червні 2020 року. Його швидкість виведення зображень складає всього 0,007 с, що означає, що він може обробляти 140 кадрів в секунду (FPS); цієї швидкості достатньо для виявлення відеозображення в реальному часі.

Термінал введення в першу чергу відповідає за поліпшення даних, адаптивне масштабування зображення і обчислення адаптивного опорного кадру. Модель використовує метод мозаїки для поліпшення даних. Його основна мета – отримати будь-які чотири зображення з набору даних, а потім використовувати випадкове масштабування, перевертання, перетворення гами, інші операції і, нарешті, склейку для створення нового зображення з використанням випадкового вирізання. Поліпшення даних збагачує фон зображення, розширює вихідний набір даних і ефективно покращує можливість узагальнення. Цей метод ідеальний для виявлення дрібних цілей.

Для аналізу нейронних мереж необхідно було спочатку розробити та підготувати дані на яких вони будуть навчатися для подальшого їх порівняння. Для цього було виявлено декілько основних етапів. На першому етапі потрібно підготувати дані, на яких можна навчити модель. Дані є собою набір картинок, на яких знаходиться об'єкт, на якому потрібно навчити модель. У нашому випадку можливо кілька сценаріїв, тобто потрібно визначати відсутність об'єкта на зображенні. Для того щоб підготувати датасет потрібно зібрати близько двох тисяч картинок, на яких міститься потрібний нам об'єкт і зробити розмітку на кожній картинці. Після того як ми зібрали датасет, нам потрібно зробити аугментацію. Під аугментацією розуміють процес збільшення датасета за рахунок зміна різних характеристик зображень з датасета. Для того щоб виконати аугментацію скористаємося програмою IrfanView. На рисунку 1 представлені всі можливі перетворення, які можна застосувати до зображення.

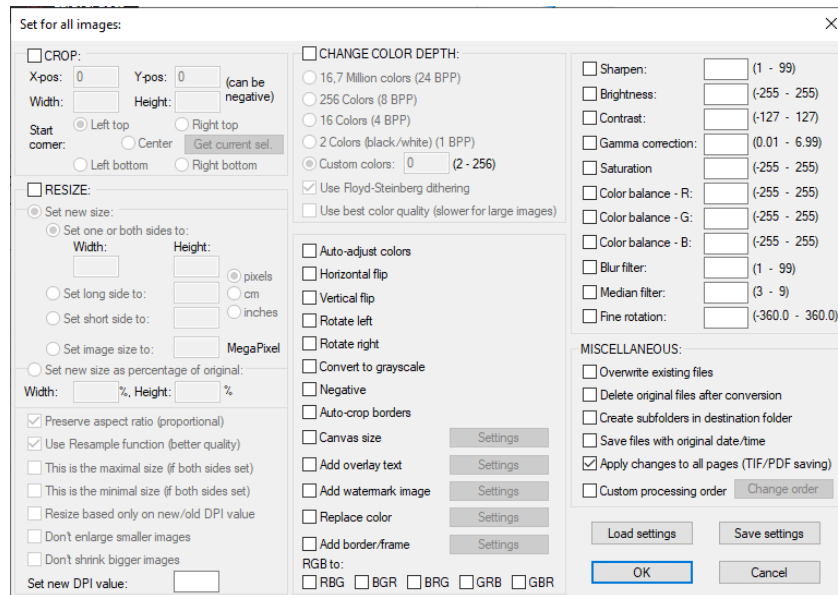


Рис.1. Види перетворень

Розмітка представляє виділення області де міститися об'єкт, що цікавить. Розмітка проводилася за допомогою програми labellmg рис.2.

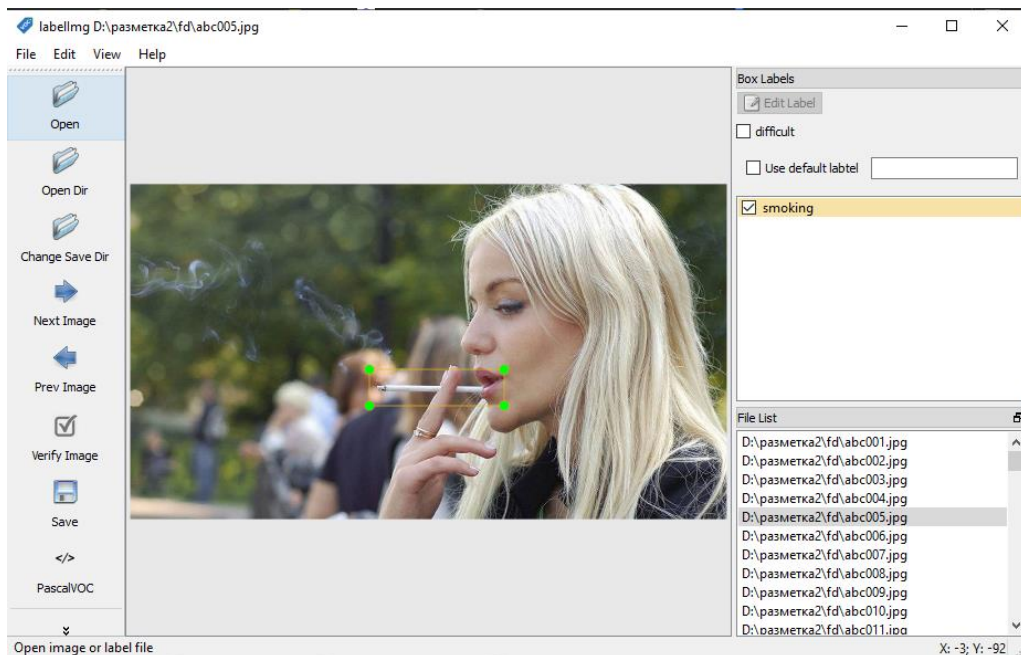


Рис.2. Програма для розмітки

Після розмітки, в залежності від налаштувань програми labellmg, на виході можливо отримати різні формати. В програми можна переключити формат на «yolo» завдяки цьому не потрібно буде виконувати додаткових перетворень.

Наступним етапом є процес навчання і перевірки навчених моделей. Для того щоб навчити модель, потрібно налаштувати конфігураційні файли. Для початку потрібно створити файл objects.names, і в ньому вказати назву наших класів. Далі потрібно створити два файли: train.txt і valid.txt, в яких буде міститися шлях до картинок і файлів, в яких міститися розмітка об'єктів. Після вказівки імені класів нам потрібно створити файл conf.data в якому ми вказуємо кількість класів, шлях до даних для тренування, шлях до даних для валідації і шлях до файлу, де містяться назва класів рис.3.


```

conf.data x
conf.data
1 classes=12
2 train=C:/Users/Admin/Desktop/data/train.txt
3 valid=C:/Users/Admin/Desktop/data/valid.txt
4 names=C:/Users/Admin/Desktop/data/objects.names

```

Рис.3 - Конфігураційний файл

Останнім кроком у підготовці конфігураційних файлів буде настройка моделі. Для цього потрібно в файлі конфігурації `yolov4.cfg` змінити пару параметрів. Параметри `batch` і `subdivisions` залишаємо за замовчуванням, а `width` і `height` ставимо в значення 512. Значення `max_batches` потрібно встановити в 24000, тому що класів у нас 12 і кількість класів потрібно помножити на 2000. Для рядка `steps` потрібно вказати два значення, які вираховуються від значення `max_batches`, відповідно для першого 80% і для другого 90% і отримуємо 19200, 21600. Наступним кроком є вказівка кількості класів для кожного шару і вказівку `filters`. Щоб це зробити потрібно під написом `[yolo]` знайти рядок з `classes=80` і поміняти на `classes=12` і там же нижче де для `filters` вказано значення 255 поміняти його на результат цього перерахунку $(\text{count_classes} + 5) * 3$, в нашому випадку це значення 78. Даний крок потрібно виконати 3 рази, так як в моделі 3 шари. Вищеописані кроки налаштування моделі були для версії v4, для настройки моделі версії v5 потрібно вказати кількість класів на початку файлу в параметрі «nc». Залежно від виду моделі, параметри моделі різні, для проведення дослідів була обрана версія моделі v5s.

Одними з важливих метрик при дослідженні якості моделей були її швидкість і точність визначення об'єкта. Але так само варто не забувати про розмір датасета, який впливає на працездатність програмного забезпечення, яке буде використовувати натреновану модель рис.4.

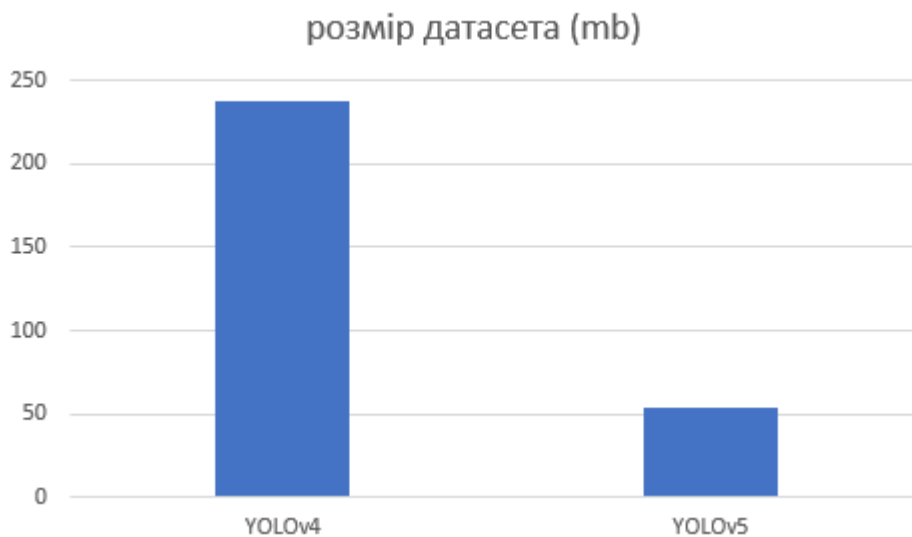


Рис.4 - Розміри датасета

YOLOv5 показала себе краще ніж YOLOv4 в плані розміру датасета. Для вимірювання якості моделей в мережі Інтернет було обрано 10 відео, в яких присутній один з класів, який використовувався для навчання моделей - сигарети. Кожне відео було пропущено через моделі і розраховане процентне співвідношення поява сигарети (Ap) в кадрі і виявлення сигарети моделлю. Результати в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати тестування

Номер відео	Якість відео, пікселі	YOLOv4, Ap%	YOLOv5, Ap%
1	720	89	90
2	360	67	66
3	720	95	96
4	720	93	92
5	720	93	95
6	480	71	72
7	360	68	67
8	480	72	72
9	720	87	88
10	720	90	92

Виходячи з отриманих даних можна зробити висновок що якість моделей в плані виявлення об'єктів на відео потоці є однаковою, але різниця полягає в тому що розміри вихідних моделей різні. Тому оптимально буде використовувати в програмному забезпеченні версію моделі, яка навчилася на п'ятій версії yolo якщо потужності обладнання, на якому буде запускатися програмне забезпечення, будуть слабкими. Для більш потужних систем підійде модель, яка навчилася на четвертій версії. В подальшому планується більш поглиблено підлаштовувати модель і більш ретельно готувати дані для навчання.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. В рамках цієї роботи був проведений аналіз порівняння архітектури двох згорткових нейронних мереж, а саме YOLOv4 і YOLOv5. Завдяки аналізу цих моделей було встановлено що у них не дуже велика різниця якості визначення моделей, але вдалося встановити що розміри обох моделей мають вагомий різницю. Цей факт може вплинути на працездатність програмного забезпечення, яке буде використовувати навчену модель. Оскільки навчену модель можна використовувати в програмному забезпеченні, яке буде обробляти відеопотоки на різних підприємствах і повідомляти системі про виниклі порушення різниця є істотною. Тому було обрано згорткову нейронну мережу YOLOv5 для більш точного визначення об'єктів.

Список бібліографічного опису

1. Di Benedetto, Marco & Carrara, Fabio & Meloni, Enrico & Amato, Giuseppe & Falchi, Fabrizio & Gennaro, Claudio. (2021). Learning accurate personal protective equipment detection from virtual worlds. *Multimedia Tools and Applications*. 80. 1-13. 10.1007/s11042-020-09597-9.
2. Souto Maior, Caio & Santana, João & Nascimento, Lucas & Macedo, July & Moura, Marcio & Isis, D.L. & Drogue, Enrique. (2018). Personal protective equipment detection in industrial facilities using camera video streaming. 10.1201/9781351174664-359.
3. Wang, Zijian & Wu, Yimin & Yang, Lichao & Thirunavukarasu, Arjun & Evison, Colin & Zhao, Yifan. (2021). Fast Personal Protective Equipment Detection for Real Construction Sites Using Deep Learning Approaches. *Sensors*. 21. 3478. 10.3390/s21103478.
4. Racheed, Dora & Muin, Rahmatullah & Jaylan, Ahmed. (2020). Object detection and object classification using machine learning Algorithms. *International Journal of Information Technology and Applied Sciences (IJITAS)*. 2. 21-29. 10.52502/ijitas.v2i3.12.
5. Cooley, Christopher & Coleman, Sonya & Gardiner, B. & Scotney, Bryan. (2017). Saliency Detection and Object Classification.
6. Morabia, Kaval & Arora, Jatin & Vijaykumar, Tara. (2020). Attention-based Joint Detection of Object and Semantic Part.
7. Shah, Syed. (2013). Automatic object detection using objectness measure.
8. Chao, Yu-Wei & Liu, Yunfan & Liu, Michael & Zeng, Huayi & Deng, Jia. (2017). Learning to Detect Human-Object Interactions.
9. Anshul Pundhir, Deepak Verma, Puneet Kumar, & Balasubramanian Raman. (2021). Region extraction based approach for cigarette usage classification using deep learning.
10. Zhibo Fan, Yuchen Ma, Zeming Li, & Jian Sun. (2021). Generalized Few-Shot Object Detection without Forgetting.
11. Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, & Hong-Yuan Mark Liao. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection.
12. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2014). Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition. *Lecture Notes in Computer Science*, 346–361.

References

1. Di Benedetto, Marco & Carrara, Fabio & Meloni, Enrico & Amato, Giuseppe & Falchi, Fabrizio & Gennaro, Claudio. (2021). Learning accurate personal protective equipment detection from virtual worlds. *Multimedia Tools and Applications*. 80. 1-13. 10.1007/s11042-020-09597-9.
2. Souto Maior, Caio & Santana, João & Nascimento, Lucas & Macedo, July & Moura, Marcio & Isis, D.L. & Drogue, Enrique. (2018). Personal protective equipment detection in industrial facilities using camera video streaming. 10.1201/9781351174664-359.
3. Wang, Zijian & Wu, Yimin & Yang, Lichao & Thirunavukarasu, Arjun & Evison, Colin & Zhao, Yifan. (2021). Fast Personal Protective Equipment Detection for Real Construction Sites Using Deep Learning Approaches. *Sensors*. 21. 3478. 10.3390/s21103478.
4. Racheed, Dora & Muin, Rahmatullah & Jaylan, Ahmed. (2020). Object detection and object classification using machine learning

- Algorithms. International Journal of Information Technology and Applied Sciences (IJITAS). 2. 21-29. 10.52502/ijitas.v2i3.12.
5. Cooley, Christopher & Coleman, Sonya & Gardiner, B. & Scotney, Bryan. (2017). Saliency Detection and Object Classification.
 6. Morabia, Keval & Arora, Jatin & Vijaykumar, Tara. (2020). Attention-based Joint Detection of Object and Semantic Part.
 7. Shah, Syed. (2013). Automatic object detection using objectness measure.
 8. Chao, Yu-Wei & Liu, Yunfan & Liu, Michael & Zeng, Huayi & Deng, Jia. (2017). Learning to Detect Human-Object Interactions.
 9. Anshul Pundhir, Deepak Verma, Puneet Kumar, & Balasubramanian Raman. (2021). Region extraction based approach for cigarette usage classification using deep learning.
 10. Zhibo Fan, Yuchen Ma, Zeming Li, & Jian Sun. (2021). Generalized Few-Shot Object Detection without Forgetting.
 11. Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, & Hong-Yuan Mark Liao. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection.
 12. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2014). Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition. Lecture Notes in Computer Science, 346–361.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-22>

УДК 004.912

Рябоконт Тетяна Олексіївна

Петрашенко Андрій Васильович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0239-1706>

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ ТА ОБРОБКИ БАЗИ ДАНИХ СЛОВСПОЛУЧЕНЬ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ

Рябоконт Т. О., Петрашенко А. В. Програмні засоби формування та обробки бази даних словосполучень української мови. Дана стаття присвячена опису створення бази даних словосполучень та виявленню найбільш ефективних методів знаходження словосполучень у тексті. Проведено аналіз існуючих досліджень статистичних методів виділення колокацій з текстових даних та запропоновано критерій для порівняння їх ефективності в роботі з текстами саме українською мовою. Також описано архітектуру автоматизованої генерації бази даних словосполучень та можливі способи її прискорення. Проведено експеримент та визначено найбільш ефективний метод знаходження словосполучень для обраного корпусу текстів українською мовою.

Ключові слова: статистичні методи знаходження словосполучень, база даних словосполучень, колокація, текстовий корпус.

Рябоконт Т. А., Петрашенко А. В. Програмные средства формирования и обработки базы данных словосочетаний украинского языка. Данная статья посвящена описанию создания базы данных словосочетаний и выявлению наиболее эффективных методов поиска словосочетаний в тексте. Проведен анализ существующих исследований статистических методов выделения коллокаций из текстовых данных и предложен критерий для сравнения их эффективности в работе с текстами именно на украинском языке. Также была описана архитектура автоматизированной генерации базы данных словосочетаний и возможные способы ее ускорения. Проведен эксперимент и определен наиболее эффективный метод поиска словосочетаний для выбранного корпуса текстов на украинском языке.

Ключевые слова: статистические методы нахождения словосочетаний, база данных словосочетаний, коллокация, текстовый корпус.

Riabokon T., Petrashenko A. The software system for generation and processing of a database of collocations of the Ukrainian language. This article is devoted to the description of creating a database of collocations and identifying the most effective methods of collocation extraction from the text. Existing researches of statistical methods of collocation extraction from text data were analyzed and the criterion for comparison of their efficiency in work with Ukrainian language texts is offered. The architecture of automated generation of the database of collocations and possible ways of its acceleration is also described. An experiment was conducted and the most effective method of finding collocations for the selected corpus of texts in the Ukrainian language was determined.

Keywords: statistical methods of collocation extraction, the database of collocations, collocation, text corpus.

Вступ. На сьогоднішній день існує безліч різноманітних ресурсів для вивчення та дослідження майже будь-якої живої мови. Люди досліджують та вивчають мови не тільки задля потреб філології, а й для розвитку NLP додатків та алгоритмів, для вдосконалення пошукових систем та голосових асистентів, інструментів, що домагають редагувати та підсумовувати тексти, та алгоритмів, що генерують цілі тексти автоматично. Такими ресурсами можна вважати словники, перекладачі та майже будь-які тексти в мережі Інтернет. Адже мова постійно трансформується та змінюється, тому для ефективної роботи алгоритмів, що працюють з живою мовою, потрібен постійний аналіз справжнього мовлення. Як вже було сказано, одним з видів мовних ресурсів є різноманітні словники, у тому числі й словники словосполучень.

Аналіз словосполучень є важливим розділом NLP досліджень. Вміння аналізувати, класифікувати та знаходити словосполучення дає можливість оперувати контекстом та змістом, що закладені у речення, а не окремими словами. Це допомагає значно вдосконалити системи, що працюють з натуральними мовами. Існує багато алгоритмів та підходів, які дозволяють аналізувати окремі слова, але аналіз та пошук групи слів, що зв'язані між собою є більш складним завданням.

Словосполучення важливі для ряду застосувань: генерація природної мови – щоб переконатися, що вихідні дані звучать природно і уникнути помилок; обчислювальна лексикографія – для автоматичного визначення важливих словосполучень, які мають потрапити до словника та корпусні лінгвістичні дослідження, наприклад, вивчення суспільних та культурних явищ через мову.

Дана робота присвячена пошуку словосполучень в текстах, що написані українською мовою, з подальшим упорядкуванням та морфологічним аналізом слів. Виділення словосполучення - це задача, що передбачає використання комп'ютера для автоматичного виділення словосполучення з корпусу. Традиційний метод виконання виділення словосполучення полягає у знаходженні формули на основі статистичних величин для обчислення оцінки пов'язаної з кожною парою слів.

Також в роботі досліджені основні підходи до пошуку словосполучень: відбір словосполучень за частотою, вибір за середнім значенням та дисперсією відстані між головним та залежним словом.

Пов'язані роботи. Для виділення словосполучень з тексту можна використовувати різні методи навчання асоціативних правил. Наприклад, застосовують метод точкової взаємної інформації, t-критерій Стьюдента, індекс Соренсена, логарифмічна правдоподібність для обчислення ступеня близькості між складовими словосполучення у текстовому корпусі.

Відомості про t-критерій можна знайти у багатьох підручниках загальної статистики. Зокрема найвідоміша праця це «Statistical methods» Дж. Снедекора та В. Кокрена [1]. Однією з перших публікацій про дослідження словосполучень була робота К. Черча та П. Хенкса 1989, в якій автори вказують на ефективність методу взаємної інформації для ідентифікації словосполучення в лексикографії. Також автори зосередили увагу на новому типі словнику, що побудований на основі корпусу і розробили програму обчислювальної лексикографії, яка поєднує корпусні данні, обчислювальні методи та людське сприйняття мови для побудови більш точних словників, які краще відображають дійсне використання мови [2, 3].

Серед багатьох загальних методів, представлених в роботі К. Маннинга та Г. Шютце 1999, найкращі результати можна досягти шляхом виділення словосполучення на основі як мовної, так і статистичної моделі [4]. Ф. Смаджа 1993 представив метод під назвою Xtract, на першому етапі якого парні лексичні відношення одержуються лише за допомогою статистичної інформації, на наступному етапі ідентифікуються поєднання кількох слів і складні вирази та нарешті, шляхом поєднання методів синтаксичного аналізу та статистичних методів, відмічаються та фільтруються словосполучення, які були отримані на першому етапі [5].

Т. Данінг (1993) вказав на слабкість методу взаємної інформації і показав, що логарифмічна правдоподібність є більш ефективним методом при виявленні одномовних словосполучень, особливо коли їх кількість дуже мала [6].

Ще одним методом, що використовується для аналізу словосполучень є z-критерій, близький до t-критерію [7, 8]. Він використовується в деяких пакетах програмного забезпечення для аналізу тексту.

Отже, можна зробити висновок, що проблема сумісності слів або виділення словосполучень з текстових даних є дійсно актуальною та активно досліджуваною проблемою у корпусній лінгвістиці.

Методи знаходження словосполучень у тексті

Дане дослідження посвячене побудові словника словосполучень. Такий словник можна створити, обробивши велику кількість текстів з використанням профільних електронних словників та методів виділення словосполучень з корпусу. Існує декілька методів виділення словосполучень з тексту і кожен з них має певні переваги та недоліки. Головним недоліком статистичних методів є ігнорування синтаксичних співвідношень між словами на великій відстані.

В процесі дослідження були порівняні між собою такі статистичні методи: підрахунок, точкова взаємна інформація, t-критерій Стьюдента, критерій хі-квадрат та логарифмічна правдоподібність. Всі вони застосовуються для обчислення ступеня близькості між складовими словосполучень у текстовому корпусі.

Безумовно, найпростіший метод пошуку словосполучень у текстовому корпусі – це підрахунок. Якщо декілька слів зустрічаються разом багато разів, це є свідченням того, що існує математичне відношення, яке не може бути просто описане математичною функцією комбінацій цих слів.

Для ефективного пошуку словосполучень в корпусі корисно визначити, чи є між словами деякий зв'язок і вони зустрічаються разом частіше, ніж один раз. Оцінка того, чи є щось випадковою подією — це одна з класичних проблем статистики. Зазвичай така проблема визначається з точки зору перевірки гіпотез. Треба сформулювати нульову гіпотезу H_0 про відсутність зв'язку між словами поза ймовірнісними випадками, обчислити ймовірність p , що подія відбудеться, якщо гіпотеза H_0 істинна, а потім відкинути H_0 , якщо p занадто мала, або зберегти H_0 в іншому випадку.

Один з методів перевірки гіпотез, що широко використовується для виявлення словосполучень називається t-критерій Стьюдента. Перевірка враховує різницю між спостережуваним та очікуваним середнім значенням, масштабованим за дисперсією даних, і означає, наскільки ймовірно буде отримана вибірка цього середнього значення та дисперсії, якщо припустити, що вибірка береться з нормального розподілу із середнім значенням. Обчислити ймовірність отримання такої вибірки можна за формулою

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{s^2}{N}}}$$

де \bar{x} – середнє значення вибірки, s^2 – дисперсія вибірки, N – розмір вибірки, а μ – середнє значення очікуваного розподілу. [2]

Використання t-критерію Стьюдента часто критикують за те, що даний метод передбачає нормально розподілені ймовірності, що найчастіше не відповідає дійсності. Альтернативним методом, який не має такої проблеми, є критерій хі-квадрат. Повна назва даного методу – це критерій узгодженості Пірсона, але для спрощення його називають просто хі-квадрат, тому що він найвідоміший з цієї групи. Суть методу полягає в порівнянні спостережуваних подій з очікуваними подіями відповідно до припущення, що спостережувані події не залежать одна від одної. Якщо різниця між спостережуваними та очікуваними значеннями велика, треба відхилити нульову гіпотезу незалежності. [9]

Даний метод підсумовує квадратичні відмінності між очікуваними та спостережуваними частотами, масштабованими на очікувані частоти, у всіх комбінаціях вживання розглянутих слів у корпусі разом або з іншими словами.

Ще один відомий метод, який відноситься до методів перевірки гіпотез – це логарифмічна правдоподібність. Даний метод більше підходить для розріджених даних, ніж критерій хі-квадрат. Застосовуючи логарифмічну правдоподібність до виявлення словосполучень, ми вивчаємо наступні два альтернативні пояснення частоти виникнення біграму w^1w^2 :

$$H1: P(w^1|w^2) = p = P(w^2|\neg w^1)$$

$$H2: P(w^1|w^2) = p_1 \neq p_2 = P(w^2|\neg w^1)$$

$H1$ – перша гіпотеза – формалізація незалежності, тобто поява w^2 не залежить від w^1 , а $H2$ – друга гіпотеза – формалізація залежності, що є свідченням гарного зразка словосполучення. [5]

Інший розглянутий метод – це точкова взаємна інформація, що є статистичним методом, який порівнює ймовірність знайти два слова поруч одне з одним із ймовірністю того, що ці два слова незалежні одне від одного. Якщо x' і y' є словосполученням, ймовірно, що $P(x' y')$ буде значно більшим, ніж $P(x') * P(y')$. Таким чином, чим вище значення, тим більша ймовірність, що два слова є словосполученням. [5]

$$I(x' y') = \log_2 \frac{P(x' y')}{P(x') * P(y')}$$

Однак взаємна інформація, як правило, дає велике значення для рідкісних подій. Наприклад, коли деякі слова найчастіше вживаються разом, метод взаємної інформації поверне вище значення, якщо частота їх знаходження в тексті буде меншою. Також точкова взаємна інформація погано вловлює інтуїтивне уявлення про хороше словосполучення, тому даний метод часто не обирають для практичного застосування. [7]

Програмні засоби формування та обробки бази даних словосполучень української мови. Дане дослідження проводиться з практичною метою – за результатами аналізу текстів та знаходження в них всіх словосполучень, які вдасться виділити за допомогою обраного алгоритму – побудувати словник словосполучень української мови. Створена база словосполучень дозволить шукати слова, які найчастіше вживаються разом, також можна буде переглянути різні типи словосполучень та речення-приклади для того, щоб зрозуміти контекст, в якому найчастіше вживається шукане слово. Такий словник може бути корисним, як для використання людьми, наприклад, у навчанні, так і для потреб NLP, адже кількість україномовних ресурсів, які можна використати для досліджень у даній сфері дуже обмежена.

Подібні системи вже існують для інших мов, вони також вміють працювати зі словосполученнями, але особливість системи, що буде створена в результаті даного дослідження буде в тому, що вона автоматично оновлюватиметься використовуючи декілька джерел, кількість яких буде зростати з часом. Тобто даний словник не буде обмежений в кількості джерел, він буде весь час поповнюватися новими текстами різних жанрів та авторів.

Через те що система повинна буде оброблювати велику кількість даних, а алгоритми нормалізації слів та виділення словосполучень працюють недостатньо швидко, планується використати систему Apache Spark. Вона дозволяє швидше обробляти набори великих даних, розділяючи роботу на частини та розподіляючи ці фрагменти між обчислювальними ресурсами. [10] Таким чином можна обробляти велику кількість текстів за порівняно невелику кількість часу та постійно оновлювати словник.

Виділення словосполучень з тексту є ключовою частиною системи, для неї буде використаний один з алгоритмів пошуку, що був розглянутий вище. Вибір алгоритму та його обґрунтування на основі експерименту будуть розглянуті у наступному пункті даної статті.

Ще одною важливою частиною даної системи є пошук. Описана база словосполучень буде корисною тільки якщо можна буде зручно отримати із неї слова, що найчастіше вживаються із шуканим словом та приклади вживання даного слова. Ця частина системи буде реалізована за допомогою Elasticsearch, тому що він дозволяє швидко зберігати великі обсяги даних та шукати інформацію в них. Він дозволяє легко писати складні запити для пошуку за будь-якими критеріями, шукати під час введення тексту, а також збирати статистику за великими обсягами даних, і що не менш важливо він добре масштабується. [11]

Розроблювана система має такий алгоритм роботи:

1. завантаження текстів в систему,
2. попередня обробка текстових даних (нормалізація, фільтр за стоп-словами та ін.),
3. застосування методу або декількох методів знаходження колокацій,
4. фільтрація колокацій,
5. індексування даних та завантаження до пошукової системи.

При чому виконання пунктів 2–4 саме будуть прискорені за допомогою Spark, а в якості системи пошуку буде використаний Elasticsearch.

Отже, розроблювана система вирізняється серед інших подібних автоматизованим наповненням словника та прискореним аналізом текстів, на основі яких саме будується база словосполучень.

Експериментальна оцінка. В ході дослідження були проведені порівняльні оціночні експерименти наведених вище методів виділення словосполучень з використанням корпусу текстів української мови UA-GEC, який є першим анотованим корпусом української мови. Цей корпус розроблений і підтримується компанією Grammarly, та знаходиться у вільному доступі. Даний корпус складається з текстів різних авторів, жанрів, сфер наукової та суспільної діяльності. Всього корпус складається з 328771 слів, 20715 речень та зібраний за участі 492 авторів. [12] Даний корпус має зручний Python пакет. Усі корпусні дані та метадані знаходяться в директорії `/data`. Ця директорія має дві вкладені папки для розділів *навчальний* та *тестовий*. При проведенні експерименту були використані текстові дані з обох розділів та всього у вибірку для експерименту попали 166330 слів.

Перед початком експерименту була проведена попередня обробка тексту. Текст був завантажений, розбитий на окремі токени, очищений від стоп-слів, символів пунктуації, посилань та цифр. Опціональним етапом попередньої обробки також є лематизація слів – таким чином можна збільшити кількість слів, що зможе підрахувати алгоритм, оскільки слова, що мають однакову лему, але вжиті у тексті в іншій формі, наприклад, в іншому часі, або роді, не будуть рахуватися як різні слова. Але експериментальним шляхом було визначено, що результати отримані з попередньою лематизацією, менш лексично вірні, ніж ті, що отримані без неї.

Для проведення дослідження була обрана Python бібліотека Natural Language Toolkit, яка є провідною платформою для проведення досліджень та побудови додатків, що працюють з текстами та натуральними мовами. [13] Дана бібліотека має імплементацію описаних методів виділення словосполучень та дозволяє провести дослідження ефективності даних методів для української мови.

Всі знайдені словосполучення були відфільтровані за принципом – в словосполучення не повинні входити слова менше трьох символів, оскільки найчастіше, це службові частини мови і вони не представляють лексичного інтересу у складі словосполучень, а також результати повинні підпадати під певну структуру утворення словосполучення.

За допомогою бібліотеки `ru-morphy` ми можемо визначити частину мови до якої відноситься певне слово та перевірити чи словосполучення утворене правильно. [14] Тобто перевіряється чи є словосполучення іменним, дієслівним або прислівниковим. Для цього кожне слово перевіряється на відповідність певним частинам мови згідно із правилами утворення даних типів словосполучень.

Отже, під час дослідження тексти корпусу UA-GEC були проаналізовані на предмет наявності біграм та триграм за допомогою різних методів виділення словосполучень в тексті.

На Рис. 1. Можна побачити результати 20 найкращих біграм виділених за допомогою обраних методів, а на Рис. 2 можна побачити результати аналогічного експерименту для словосполучень з трьох слів.

Ми бачимо, що методи точкової взаємної інформації та критерій χ^2 дають хороші результати. Їх результати також досить схожі, але метод взаємної інформації працює краще для виділення біграм в даному корпусі. Методи підрахунку та t -критерію також подібні один до одного.

	Frequency	PMI	T-test	Chi-Sq Test	Likelihood Ratio Test
0	(мою, думку)	(потерпимо, зневаги)	(мою, думку)	(поцілувався, страшенькою)	(мою, думку)
1	(штучного, інтелекту)	(потужно, інформувати)	(штучного, інтелекту)	(посідала, територіальної)	(штучного, інтелекту)
2	(точки, зору)	(потужним, ультрафіолетом)	(точки, зору)	(посіви, знищуються)	(точки, зору)
3	(наступного, дня)	(потугу, руйнної)	(наступного, дня)	(посунулась, милію)	(ніна, іванівна)
4	(має, право)	(потрошки, поверталось)	(має, право)	(посуваються, встаючи)	(молекулярної, динаміки)
5	(ніна, іванівна)	(потребую, старту)	(ніна, іванівна)	(постійною, міграцією)	(сталого, розвитку)
6	(сталого, розвитку)	(потребувало, гнучкої)	(сталого, розвитку)	(постійних, відрядженнях)	(державною, мовою)
7	(державною, мовою)	(потрапляю, висловлюю)	(державною, мовою)	(постулати, недооцінені)	(надання, впевненості)
8	(останнім, часом)	(потраплю, ідеальну)	(останнім, часом)	(постулат, виправданий)	(наступного, дня)
9	(дає, змогу)	(потонули, земному)	(дає, змогу)	(пострілу, снайперської)	(своєю, чергою)
10	(теорії, ігор)	(потомства, розрада)	(надання, впевненості)	(постригся, ченці)	(маркіяна, шашкевича)
11	(своєю, чергою)	(потияти, віртуалці)	(своєю, чергою)	(поставлять, крапельницею)	(суспільно, орієнтоване)
12	(іншого, боку)	(потилиця, стиснена)	(теорії, ігор)	(посприяло, активній)	(суспільно, орієнтованого)
13	(надання, впевненості)	(потенціали, згладжують)	(іншого, боку)	(посприяли, зникненню)	(останнім, часом)
14	(сказав, скрудж)	(пострілу, снайперської)	(сказав, скрудж)	(посполитих, посполиті)	(другої, світової)
15	(теорія, ігор)	(потемніли, примарилось)	(молекулярної, динаміки)	(посольстві, культурний)	(дає, змогу)
16	(пів, години)	(потаповича, скупого)	(другої, світової)	(послідовний, скований)	(теорії, ігор)
17	(другої, світової)	(потайний, замкнутий)	(теорія, ігор)	(послугуватися, транспортним)	(усунення, неоднозначності)
18	(молекулярної, динаміки)	(посіяло, насіння)	(пів, години)	(послана, филипа)	(ямної, культури)
19	(двадцять, років)	(посідала, територіальної)	(маркіяна, шашкевича)	(посакашками, радували)	(ніна, іванівна)

Рис.1. Порівняння списків з двадцяти найкращих результатів для всіх розглянутих методів виділення словосполучень, що складаються з двох слів

	Frequency	PMI	T-test	Chi-Sq Test	Likelihood Ratio Test
0	(суспільно, орієнтоване, навчання)	(*навчання, провадити, кейсовим)	(суспільно, орієнтоване, навчання)	(*навчання, провадити, кейсовим)	(суспільно, орієнтоване, навчання)
1	(звітності, сталого, розвитку)	(поповнилося, залізницею, тунелем)	(суспільно, орієнтованого, навчання)	(поповнилося, залізницею, тунелем)	(суспільно, орієнтованого, навчання)
2	(суспільно, орієнтованого, навчання)	(порішав, затащили, катки)	(звітності, сталого, розвитку)	(порішав, затащили, катки)	(мою, думку, людина)
3	(двадцять, років, довгий)	(порізає, електричну, проводку)	(двадцять, років, довгий)	(порізає, електричну, проводку)	(мою, думку, бурхлива)
4	(аудиту, звітності, сталого)	(поріжте, кубиками, ребром)	(всередині, вуглецевих, нанотрубок)	(поріжте, кубиками, ребром)	(мою, думку, прояви)
5	(сказав, високий, чоловік)	(порядне, газдівство, остапову)	(аудиту, звітності, сталого)	(порядне, газдівство, остапову)	(мою, думку, озвучкою)
6	(другої, світової, війни)	(поршні, заскрипіли, стовхнули)	(другої, світової, війни)	(поршні, заскрипіли, стовхнули)	(мою, думку, найефективнішим)
7	(всередині, вуглецевих, нанотрубок)	(поршневих, шибєрних, відцентрової)	(води, всередині, вуглецевих)	(поршневих, шибєрних, відцентрової)	(мою, думку, порушується)
8	(води, всередині, вуглецевих)	(порцію, демотивації, вивчи)	(сказав, високий, чоловік)	(порцію, демотивації, вивчи)	(лієвих, мою, думку)
9	(ресурсів, черпаєш, корисну)	(портів, танке, горел)	(ресурсів, черпаєш, корисну)	(портів, танке, горел)	(епатажу, мою, думку)
10	(черпаєш, корисну, інформацію)	(портупеї, меча, зашнурованому)	(користувацького, інтерфейсу, державною)	(портупеї, меча, зашнурованому)	(дидероти, мою, думку)
11	(одному, міських, департаментів)	(портативними, лікарнями, медиками)	(черпаєш, корисну, інформацію)	(портативними, лікарнями, медиками)	(акторами, мою, думку)
12	(користувацького, інтерфейсу, державною)	(порода, німецька, вівчарка)	(таблиці, каскадних, стилів)	(порода, німецька, вівчарка)	(мою, думку, ключовий)
13	(яких, ресурсів, черпаєш)	(поразкам, захоплюватися, подвигами)	(боє, чикаго, думає)	(поразкам, захоплюватися, подвигами)	(романтика, мою, думку)
14	(старі, добрі, часи)	(порадитися, тамтешніми, інженерами)	(мер, сидячи, ліжку)	(порадитися, тамтешніми, інженерами)	(символічні, мою, думку)
15	(інтерфейсу, державною, мовою)	(попереджає, пластиковий, тарі)	(одному, міських, департаментів)	(попереджає, пластиковий, тарі)	(мою, думку, наступна)
16	(боє, чикаго, думає)	(посиджу, втиснулась, покривало)	(інтерфейсу, державною, мовою)	(посиджу, втиснулась, покривало)	(мою, думку, правильного)
17	(учасників, бойових, дій)	(поодиноких, беріз, чагарників)	(старі, добрі, часи)	(поодиноких, беріз, чагарників)	(творчість, мою, думку)
18	(часи, двоє, чоловіків)	(пообідати, відкритій, терасі)	(часи, двоє, чоловіків)	(пообідати, відкритій, терасі)	(досвід, мою, думку)
19	(таблиці, каскадних, стилів)	(помішувала, курячий, бульйон)	(яких, ресурсів, черпаєш)	(помішувала, курячий, бульйон)	(філософське, мою, думку)

Рис.2. Порівняння списків з двадцяти найкращих результатів для всіх розглянутих методів виділення словосполучень, що складаються з трьох слів

Аналіз результатів та критерій порівняння

В даній статті були описані різні методи знаходження колокацій у тексті, в попередньому розділі також були наведені результати роботи даних методів, але все ще не зрозуміло який з них найкраще справляється з поставленим завданням.

В даному дослідженні був використаний підхід, описаний Евертом [15], суть якого полягає в виділенні невеликої випадкової вибірки позитивних і негативних прикладів (тобто n-грамів, що є колокаціями та ні відповідно), які будуть використані для обчислення влучності та повноти серед n-кращих кандидатів для кожної міри. Позитивні приклади були отримані шляхом ручного фільтрування людиною випадково вибраних n-грамів з корпусу.

Випадкова вибірка для біграм складається з 229 колокацій (вважаються позитивними прикладами) та 229 неколокацій (вважаються негативними прикладами), так само й для триграмів. Звісно, в дійсності вибірка буде відрізнятись, адже зазвичай буде більше негативних, ніж позитивних прикладів. Але це дає нам надійну основу для порівняння розглянутих мір асоціації, оскільки можна очікувати, що відносна ефективність вимірювання не залежить від тестової вибірки.

Результати для біграм наведені на Рис 3. вони були отримані після застосування POS-фільтру та фільтру за списком стоп-слів. На Рис 3. видно, що всі перевірені показники працюють краще, ніж простий підрахунок частоти, що виправдовує використання мір асоціації. Також видно, що метод точкової взаємної інформації (PMI) працює найкраще, за ним слідує хі-квадрат та логістична правдоподібність, а найгірше себе показав t-критерій Стьюдента.

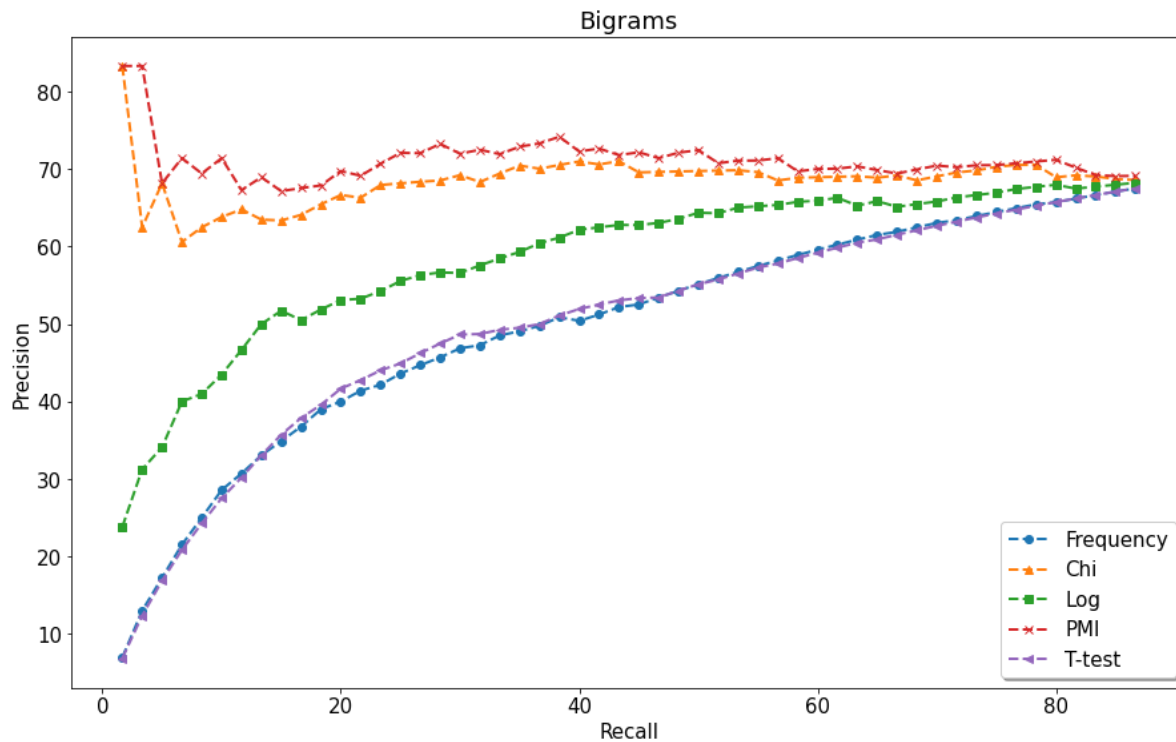


Рис. 3. Результати обчислення влучності та повноти для біграм

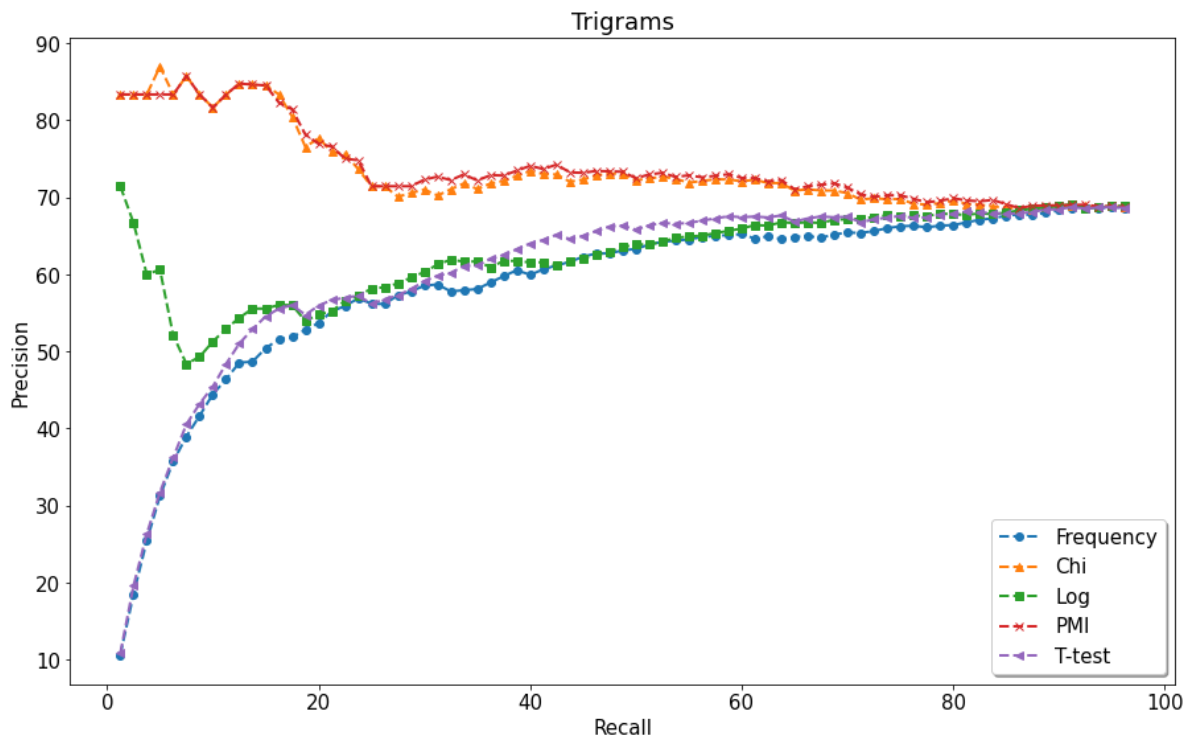


Рис. 4. Результати обчислення влучності та повноти для триграм

Результати для триграм показані на Рис 4. Метод точкової взаємної інформації перевершив всі інші розглянуті методи, на другому місці знову хі-квадрат, а от логарифмічна правдоподібність цього разу спрацювала так само, як і t-критерій та простий підрахунок, отже можна зробити висновок, що для різних типів колокацій методи працюють по-різному.

Отже, для виділення словосполучень у текстах з метою побудови словника словосполучень української мови може бути обраний метод точкової взаємної інформації. Також можна проводити тести на різних корпусах, щоб дізнатися, який метод працює найефективніше для обраного набору даних. Крім того, можна об'єднати результати роботи декількох методів, що ефективні для досліджуваного корпусу. В даному випадку на думку автора було б ефективно поєднати списки словосполучень виділених методом точкової взаємної інформації та методом логарифмічної правдоподібності.

Висновок

Були досліджені деякі з найпоширеніших методів статистичного аналізу текстів з метою виділення словосполучень. Дані методи були описані та проаналізовані з теоретичного та експериментального боку. За допомогою виділення біграм та триграм із текстів корпусу UA-GEC та порівняння результатів між собою було досліджено, який з наведених методів найкраще справляється з поставленою задачею.

Даний аналіз був проведений для побудови статистичної моделі для подальшого використання разом із іншими засобами обробки природної мови з метою подальшого використання для побудови бази словосполучень української мови. Розроблювана система буде постійно оновлюватися, джерела для пошуку словосполучень будуть додаватися, а знайдені словосполучення вже автоматично потраплятимуть до словника.

Основною перевагою такого словника буде відносна автономність, тобто його не потрібно буде наповнювати людям, наповнення відбуватиметься автоматично. Дана система також матиме пошук найчастіше вживаних слів разом зі словом, що ввів у систему користувач. Даний словник може бути використаний як допоміжний матеріал для вивчення української мови та як ресурс для досліджень у сфері NLP.

Майбутні дослідження будуть зосереджені на виділенні словосполучень, що складаються більше ніж з трьох слів, або є досить незалежними, щоб бути знайденими за допомогою простих статистичних методів. Також дослідження будуть зосереджені на збільшенні швидкості обробки текстових корпусів для більш швидкого та ефективного наповнення бази словосполучень. Остання та не менш важлива сфера для майбутніх досліджень – це аналіз накопичених даних, наприклад, словосполучення можуть бути використані в системах рекомендацій, в текстових редакторах, тощо.

References

1. Snedecor, George Waddel, and William G. Cochran. 1989. *Statistical methods*. Ames: Iowa State University Press. 8th edition. 53 с.
2. Church K. and Hanks P., 1990. Word Association Norms, Mutual Information, and Lexicography. *Computational Linguistics*.
3. Sinclair, John ted. 1995. Collins COBUILD English dictionary. London: Harper Collins. New edition, completely revised.
4. Manning C. and Schütze H., 1999. *Foundations of Statistical Natural Language Processing*. Cambridge: MIT Press.
5. Smadja F., 1993. Retrieving Collocations from text: Xtract, *Computational Linguistics*, 19: 143-177.
6. Dunning T., 1993. Accurate methods for the statistics of surprise and coincidence. *Computational Linguistics*.
7. Fontenelle, Thierry, Walter Briils, Luc Thomas, Tom Vanallemeersch, and Jacques Jansen. 1994. DECIDE, MLAP-Project 93-19, deliverable D-1a: survey of collocation extraction tools. Technical report, University of Liege, Liege, Belgium.
8. Hawthorne, Mark. 1994. The computer in literary analysis: Using TACT with students. *Computers and the Humanities*.
9. Church, Kenneth W., and Robert L. Mercer. 1993. Introduction to the special issue on computational linguistics using large corpora. *Computational Linguistics*. 20 с.
10. Apache Spark - Unified Analytics Engine for Big Data. URL: <https://spark.apache.org/> (дата звернення 06.09.2021)
11. Free and Open Search: The Creators of Elasticsearch, ELK & Kibana | Elastic. URL: <https://www.elastic.co/> (дата звернення 06.09.2021)
12. UA-GEC: перший анований GEC-корпус української мови вже у вільному доступі! URL: <https://ua-gec-dataset.grammarly.ai/> (дата звернення 05.09.2021)
13. Natural Language Toolkit — NLTK 3.6.2 documentation. URL: <https://www.nltk.org/> (дата звернення 05.09.2021)
14. Морфологический анализатор rymorphy2 — Морфологический анализатор rymorphy2. URL: <https://rymorphy2.readthedocs.io/en/stable/> (дата звернення 05.09.2021)
15. S. Evert, B. Krenn, Using small random samples for the manual evaluation of statistical evaluation measures. *Computer speech and language*, 19: pp. 450–466; 2005.

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-23>

УДК 00.004

Снігур Олена Миколаївна, к.пед.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-3515-9372>

Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова

ІНСТРУМЕНТИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПРИЗНАЧЕНІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Снігур О. М. Інструменти програмної інженерії призначені для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення. У статті розкрито інструменти програмної інженерії призначені для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення. Визначено етапи еволюції методів та методологій застосовуваних для розробки та підтримки процесів життєвого циклу програмного забезпечення. Схематично представлено еволюцію методів та методологій застосовуваних для розробки та підтримки процесів життєвого циклу програмного забезпечення. Виділено чотири етапи еволюційного циклу: модель водоспаду (послідовна), модель фонтану (зворотна), ітеративна еволюційна модель, швидка комплексна модель розробки програмного забезпечення. Наголошено, що у зв'язку зі стрімким розвитком ІТ сфери практично для кожної фази життєвого циклу розробки програмного забезпечення були розроблені інструменти програмної інженерії. Для багатьох етапів існує велика кількість інструментів, які виконують ті ж або подібні функції. Деякі інструменти надають засоби, які охоплюють багато різних етапів, інші зосереджені на певному виді завдання, технології, мові чи проблемі розробки програмного забезпечення. Запропоновано граф функціональної приналежності кожного виду інструментів програмної інженерії до певного процесу життєвого циклу програмного забезпечення. Що дозволило візуально відстежити пристосованість кожного окремого виду інструментів до часового проміжку певного етапу. Описано набір інструментів і методів програмної інженерії для проектування програмного забезпечення, що допомагає забезпечити високу якість програм, відсутність помилок і простоту в обслуговуванні програмних продуктів та зазначається, що окреслена низка інструментів застосовується до аналізу, проектування та інженерних інструментів, але іноді використовується для позначення всіх інтегрованих програмних засобів, розгорнутих у проекті. Наголошено, що незважаючи на інтегральність, структурованість та універсальність багатьох інструментів програмної інженерії та масштабність послуг, які надаються ними, не завжди вони однаково застосовуються продавцями та їх дослідниками, за рахунок наявності специфічних приналежностей.

Ключові слова: інструменти, програмна інженерія, життєвий цикл, процес, програмне забезпечення.

Снигур Е. Н. Инструменты программной инженерии предназначены для обеспечения процессов жизненного цикла программного обеспечения. В статье раскрыты инструменты программной инженерии предназначенные для обеспечения процессов жизненного цикла программного обеспечения. Определены этапы эволюции методов и методологий применяемых для разработки и поддержки процессов жизненного цикла программного обеспечения. Схематически представлена эволюция методов и методологий применяемых для разработки и поддержки процессов жизненного цикла программного обеспечения. Выделены четыре этапа эволюционного цикла: модель водопада (последовательная), модель фонтана (обратная), итеративная эволюционная модель, быстрая комплексная модель разработки программного обеспечения. Отмечено, что в связи со стремительным развитием ИТ сферы практически для каждой фазы жизненного цикла разработки программного обеспечения были разработаны инструменты программной инженерии. Для многих этапов существует большое количество инструментов, которые выполняют те же или подобные функции. Некоторые инструменты предоставляют средства, которые охватывают много разных этапов, другие сосредоточены на определенном виде задачи, технологии, языке или проблеме разработки программного обеспечения. Предложен граф функциональной принадлежности каждого вида инструментов программной инженерии к определенному процессу жизненного цикла программного обеспечения. Что позволило визуально отследить приспособленность каждого отдельного вида инструментов к временному промежутку определенного этапа. Описан набор инструментов и методов программной инженерии для проектирования программного обеспечения который помогает обеспечить высокое качество программ, отсутствие ошибок и простоту в обслуживании программных продуктов и отмечается, что очерчена ряд инструментов применяется до анализа, проектирования и инженерных инструментов, но иногда используется для обозначения всех интегрированных программных средств, развернутых в проекте. Отмечено, что несмотря на целостность, структурированность и универсальность многих инструментов программной инженерии и масштабность услуг, предоставляемых ими, не всегда они одинаково применяются продавцами и их исследователями, за счет наличия специфических принадлежностей.

Ключевые слова: инструменты, программная инженерия, жизненный цикл, процесс, программное обеспечение.

Snihur Olena. Software engineering tools are designed to support software lifecycle processes. The article discloses software engineering tools designed to support software life cycle processes. The stages of evolution of methods and methodologies used to develop and maintain software life cycle processes are identified. The evolution of methods and methodologies used to develop and maintain software life cycle processes is schematically presented. There are four stages of the evolutionary cycle: the model of the waterfall (sequential), the model of the fountain (reverse), the iterative evolutionary model, the fast complex model of software development. It is emphasized that due to the rapid development of the IT sector, software engineering tools have been developed for almost every phase of the software development life cycle. For many stages, there are a large number of tools that perform the same or similar functions. Some tools provide tools that cover many different stages, while others focus on a specific type of task, technology, language, or software development problem. A graph of the functional affiliation of each type of software engineering tools to a certain process of the software life cycle is proposed. Which allowed us to visually track the adaptation of each type of tool to the time period of a particular stage. Describes a set of software engineering tools and techniques for software design that helps ensure high quality software, no errors and ease of maintenance of software products and notes that the outlined set of tools is used for analysis, design and engineering tools, but sometimes used to denote all integrated software deployed in the project. It is emphasized that despite the integrity,

structure and versatility of many software engineering tools and the scale of the services they provide, they are not always used equally by vendors and their researchers, due to the availability of specific accessories.

Key words: tools, software engineering, life cycle, process, software.

Вступ та постановка проблеми. Стрімке зростання попиту на комп'ютерні програмні програми неухильно зростає у міру зростання кількості користувачів, проблемних областей та областей застосування сучасного програмного забезпечення. Продовжують з'являтися нові програми обчислювальних технологій, такі як Інтернет речей [1], електронна комерція, зберігання даних, мультимедійні системи, мобільні обчислення та комплексне програмне забезпечення, багато з яких дуже вимогливі з точки зору програмного забезпечення, його розмірної складової та складності виконання. Так само, коли обчислювальне обладнання та мережі стають все більш потужними, програмне забезпечення, має тенденцію зростати, щоб відповідати (або перевищувати) можливості бази реалізації. Таким чином, останнім часом, програмні системи продовжують ставати більш глобальними та складнішими – і розробникам програмного забезпечення потрібні вдосконалені процеси, інструменти та методи для управління цією складністю. Крім того, інноваційні технологічні процеси розробки програмного забезпечення, такі як ітераційна розробка, швидка розробка додатків та екстремальне програмування, висувають більші вимоги до розробників щодо організації їх діяльності та артефактів програмного забезпечення. Нові методи розробки, такі як компонентна інженерія систем, інтеграція корпоративних програм та орієнтоване на технологічні аспекти програмування, потребують додаткового моделювання та підтримки управління. Таким чином, потреба в хороших інструментах програмної інженерії для підтримки незліченної кількості заходів, що відбуваються під час розробки програмного забезпечення, є набагато більшою ніж здається. Протягом багатьох років програмні засоби були розроблені для підтримки частин усього життєвого циклу розробки. Інструменти використовуються для опису та спільного використання програмних процесів, планування та управління командною роботою, збору інформації про продуктивність процесу та, зрештою, для покращення процесів. Інструменти допомагають у виявленні, кодифікації та валідації вимог. Інструменти автоматизованих специфікацій та проектування підтримують аналіз та проектування програмного забезпечення, а також, у багатьох випадках, включають інженерні функції в обидва боки, включаючи генерацію коду та зворотну інженерію. Середовища програмування та генератори програм забезпечують конструктори інтерфейсу користувача, конструктори баз даних та повідомлень, компілятори, редактори та налагоджувачі на вихідному рівні. Інструменти тестування варіюються від інструментів профілювання та моніторингу продуктивності до генераторів планів тестування, оракулів тестування, автоматизованих тестувальників інтерфейсу користувача та офіційного уточнення та доведення теорем. Засоби управління конфігурацією та контролю версій допомагають керувати великими сховищами програмних артефактів. Багато інструментів, зокрема інструменти для проектування програмного забезпечення та управління конфігураціями, забезпечують різну ступінь управління змінами та їх відстеження. Підтримка групового програмного забезпечення, часто інтегрована у зазначені інструменти, що полегшує спілкування та координацію команди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна наукова думка стрімко розвивається з розвитком ІТ технологій. З'являється все більше робіт, в яких описуються інструменти програмної інженерії, механізми та принципи їх застосування щодо розробки програмного забезпечення.

О. М. Величко, О. В. Грабовський та Т. Б. Гордієнко [2] навели результати порівняльного аналізу для встановлення основних складових життєвого циклу програмного забезпечення для засобів вимірювальної техніки. Для цих досліджень використано як базові міжнародні стандарти щодо інженерії програмного забезпечення, так і специфічні міжнародні та регіональні документи щодо програмного забезпечення для засобів вимірювальної техніки. У [3] розглянуто спектр моделей предметної області "Метатехнологія програмування", які використовуються при конструюванні сервісно-орієнтованих технологій програмування в семантичному веб-середовищі. Визначені базові терміни і поняття цієї предметної області. Наведено концептуальну модель технології програмування й концептуальну та онтологічну моделі метатехнології програмування. Т. О. Говорущенко, Р. А. Малярчук [4] виконали аналіз сучасних технологій проектування, методологій та середовищ розроблення програмного забезпечення (ПЗ), в результаті якого було визначено основні переваги, недоліки та використовуваність технологій/ методологій/ середовищ. При наявній великій кількості технологій/методологій/середовищ частка проблемних проектів залишається сталою, а процес розроблення ПЗ залишається недетермінованим. Автори провели аналіз процесу оцінювання та вибору технології/ методології/ середовища і показали, що на даний момент в галузі панує повний суб'єктивізм вибору. Науковцями доведено актуальність задачі підтримки процесу вибору технології/ методології/ середовища для ПЗ.

Щодо принципів тестування програмного забезпечення варто відзначити роботу [5]. Авторами розглядаються основні поняття в області тестування програмного забезпечення, критерії вибору тестів, оцінка відтестованості проекту. Значна увага приділяється модульному та інтеграційному тестуванню, інтеграційному тестуванню для об'єктно-орієнтованого програмування. Розглядаються питання автоматизації тестування тощо. О. В. Марковець та А. І. Синько [6] описали механізми формування якісної технічної документації до програмного забезпечення з урахуванням чинного законодавства.

Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Shah, Unnati & Jinwala, Devesh & Patel, Sankita [7], Kobyliński A. [8], Basri, Sufyan & Kama, Nazri & Sarkan, Haslina & Ismail, S.A. & Haneem, Faizura [9], Bansiya J., and Davis C. [10], Maznan, Roslinda & Wan Kadir, Wan Mohd Nasir & Kadir, Wan [11], Synko A., and Peleshchshyn A. [12], Basri, Sufyan & Kama, Nazri & Haneem, Faizura & Ismail, S.A. [13], Burnstein I. [14] та інші.

Проте, враховуючи описані наукові набутки, за темою, питання розкриття інструментів програмної інженерії призначених для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Розкрити інструменти програмної інженерії призначені для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення.

Викладення основного матеріалу дослідження. Еволюція методів та методологій застосовуваних для розробки та підтримки процесів життєвого циклу програмного забезпечення, на протязі багатьох років відбувалась поступово, змінюючи низько ітераційні моделі та моделі зворотного зв'язку на середньо ітераційні та високо ітераційні. Ці високоітераційні моделі також мають тенденцію використовувати менш офіційні процедури переходу від етапу до фази, порівняно з військовими системами та системами, що відповідають за безпеку, які використовують ретельний огляд та реєстрацію для контролю процесів та підтримки підзвітності. На рисунку 1 наведено цю еволюційну тенденцію: старі моделі програмного забезпечення, орієнтовані на завершення або майже завершення попередніх фаз розробки, з обмеженим зворотним зв'язком від пізніх фаз до попередніх.

Таким чином, програмні засоби, що використовуються для підтримки такої розробки, не потребували зусиль щодо обробки зворотного зв'язку – інструменти можуть бути розроблені з особливою орієнтацією на фазі життєвого циклу, механізми інтеграції можуть бути спрощеними (переважно зосереджені на експорті даних до інструментів, що використовуються на пізніх фазах), а підтримка спільної роботи, хоча і проявляється в деяких інструментах, часто делегована окремим продуктам, не пов'язаним із розробкою програмного забезпечення. Інноваційні технологічні моделі роблять більший акцент на специфікації, конструкції та прототиپی, які швидко розвиваються, а також на їх потенційний розвиток у багатьох швидких ітераціях. Окремі блоки цієї роботи часто виконуються невеликими, тісно пов'язаними, можливо розподіленими групами розробників з періодичною інтеграцією частин. Інструменти, що використовуються для підтримки таких процесів, повинні забезпечувати або набагато більший діапазон охоплення діяльності, що підтримується протягом життєвого циклу, або забезпечувати більш складні механізми інтеграції, що підтримують повний двоспрямований обмін інформацією для програмної інженерії. Зростання популярності розробки розподіленого програмного забезпечення, що проявляється аутсорсингом, асинхронною роботою, командами телекомунікації та віртуальним програмним забезпеченням, – також висуває значно більші вимоги до розробників, які обмінюються інформацією та працюють із автоматизованою підтримкою для спільної роботи. Щоб бути дійсно ефективними, такі особливості співпраці повинні проявлятися у використовуваних програмних засобах [14]. Поширення нових технологій та методів програмної інженерії, включаючи технології проміжного програмного забезпечення та розробку на основі компонентів, та значно більших систем, які зазвичай розробляються, збільшує вимоги до програмних засобів. Розробникам потрібна покращена підтримка на високому рівні для більш ефективного визначення, проектування, створення, тестування та розгортання складних розподілених систем та застарілих технологій інтеграції. Вони потребують підтримки для зберігання, пошуку та опису програмних компонентів та визначень спільного інтерфейсу. Складні технології користувацького інтерфейсу, специфічні для домену, повинні бути спроектовані, впроваджені та перевірені належним чином. Кінцевим користувачам можуть навіть знадобитися досить складні засоби для розширення та вдосконалення своїх додатків після реалізації процесів тестування та налагодження. Керування великими артефактами розробки системного програмного забезпечення має вирішальне значення: командам розробників потрібна підтримка версій, управління конфігураціями, документування та повторне використання величезної кількості артефактів зі складними взаємозалежностями [8].

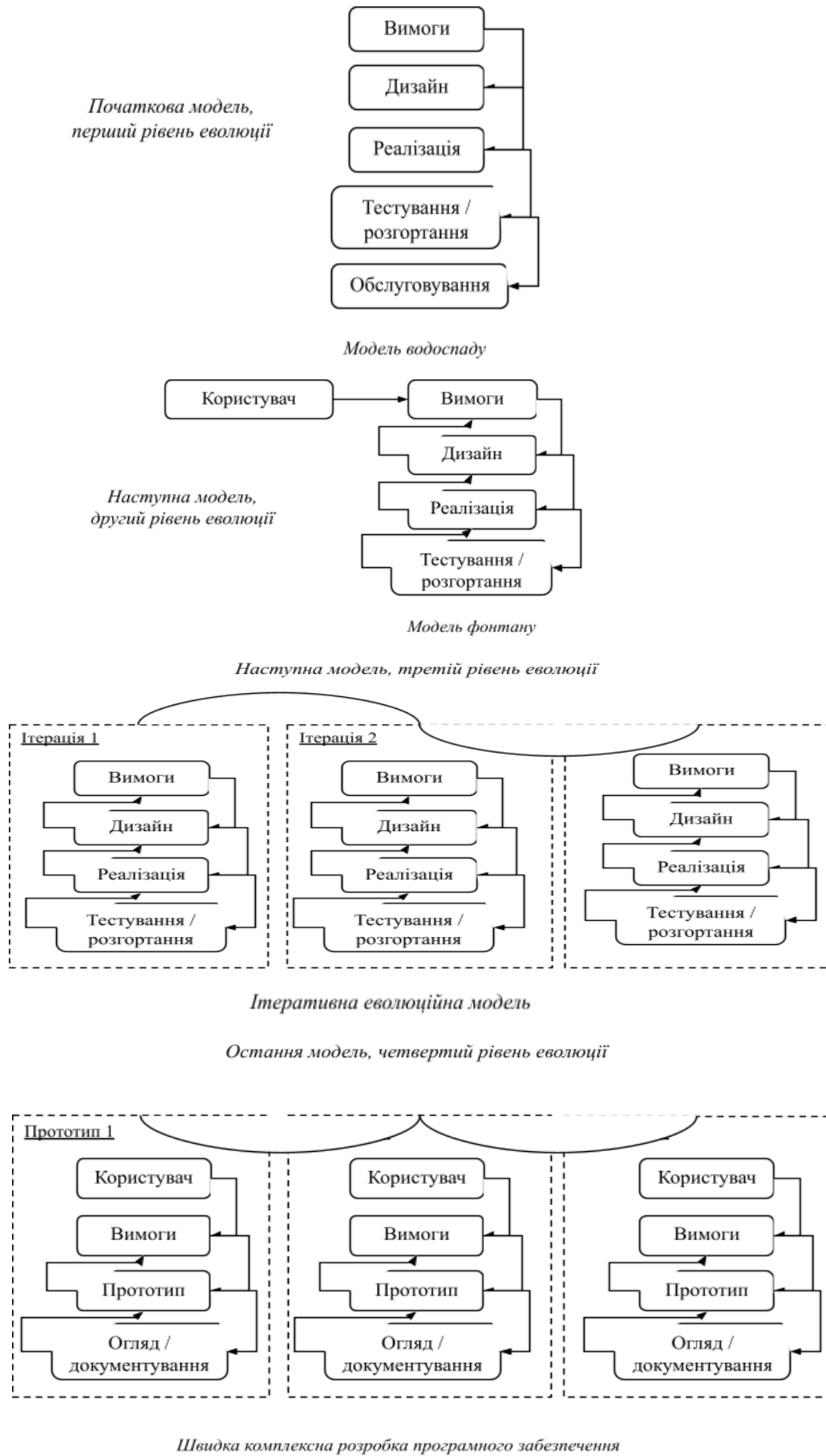


Рис. 1. Еволюція методів та методологій застосовуваних для розробки та підтримки процесів життєвого циклу програмного забезпечення

На сьогодні, практично для кожної фази життєвого циклу розробки програмного забезпечення були розроблені інструменти програмної інженерії. Для багатьох етапів існує велика кількість інструментів, які виконують ті ж або подібні функції. Деякі інструменти надають засоби, які охоплюють багато різних етапів, інші зосереджені на певному виді завдання, технології, мові чи проблемі розробки програмного забезпечення. Програмні засоби характеризуються великою різноманітністю описових термінів. На рисунку 2 наведено загальновизначені етапи життєвого циклу програмного забезпечення та пов'язані з ними категорії інструментів, які зазвичай використовуються на цих етапах розробки. Деякі види програмних засобів мають досить обмежений обсяг, наприклад інструменти тестування, засоби програмування та засоби розробки інтерфейсу користувача. Деякі види інструментів підтримують багато етапів розробки, такі як інструменти RAD, генератори додатків, інструменти CASE та 4GL. Деякі інструменти призначені для використання протягом усього життєвого циклу програмного забезпечення. До них відносяться інструменти управління процесами/проектами, середовища, орієнтовані на процеси та інструменти спільної роботи. Однак вони зазвичай стосуються обмеженої діяльності на кожній фазі і використовуються разом із більш спеціалізованими інструментами. Інструменти підтримки процесів, такі як технологічно-орієнтоване на програмне середовище програмне забезпечення та системи управління робочими процесами, використовуються під час розробки програмного забезпечення для підтримки моделювання, впровадження та вдосконалення програмних процесів [10]. Ці інструменти дозволяють розробникам характеризувати процеси, які вони використовують, «запустити» ці процеси та координувати розробку програмного забезпечення, використовуючи ці процеси. Середовища, орієнтовані на процеси, зазвичай зосереджені на розробці програмного забезпечення, і часто відбувається тісна інтеграція та координація інструментів. Системи управління робочими процесами, як правило, є більш універсальними технологічними засобами, які використовуються для координації широкого спектру робочих процесів, при цьому програмне забезпечення є лише одним із прикладів.

Інструменти архітектури та проектування програмного забезпечення використовуються для моделювання, аналізу та вдосконалення рішень щодо впровадження. Більшість інструментів і методів програмної інженерії для проектування програмного забезпечення надають такі засоби, які зазвичай інтегровані з функціями на рівні специфікації. В останні роки, внаслідок зростання складності більшості системних архітектур, було розроблено різноманітні інструменти специфікації та аналізу архітектури програмного забезпечення. Багато інструментів проектування підтримують функції генерації коду, які використовуються для створення шаблону коду реалізації. Багато з них також надають засоби зворотної інженерії для отримання інформації на рівні проекту з кодових баз. Існує також багато спеціалізованих інструментів зворотного проектування. Деякі працюють над вихідним кодом та відновлюють схеми проектування, інші – над двійковим кодом, відновлюючи вихідний код.

Конструктори додатків зазвичай забезпечують поєднання засобів проектування та впровадження, зазвичай тісно об'єднаних в одному інструменті. Їх часто називають інструментами 4GL (мови четвертого покоління) або генераторами додатків. Багато з цих інструментів орієнтовані на засоби проектування, тісно узгоджені з конкретними мовами впровадження, технологіями та архітектурою.

Інструменти та середовища програмування зосереджені на засобах на рівні реалізації, які зазвичай обмежуються певною мовою та іноді включають дизайнери інтерфейсу користувача, генератори документації, браузері коду та символічні налагоджувачі. Хоча велика кількість асемблерів, компіляторів, редакторів програм та налагоджувачів були розроблені та розгорнуті окремо, протягом багатьох років спостерігається тенденція до включення цих засобів до інтегрованих середовищ розвитку. Існує безліч прикладів, які забезпечують тісно інтегрований генератор програм, редактор, компілятор, засоби налагодження та засоби розгортання. Зараз багато з них включають засоби контролю версій та засоби спільної роботи.

Візуальні мовні системи пропонують альтернативний підхід до програмування та візуалізації програми, наголошуючи на використанні графічних подань програм. Ідея полягає у використанні дво- та тривимірних уявлень, щоб допомогти розробникам краще зрозуміти та побудувати програми. Зазвичай такі системи включають щільно інтегровані візуальні редактори та налагоджувачі, а деякі включають функції моделювання систем на рівні дизайну.

Налагодження, тестування, моніторинг та інші інструменти оцінки використовуються для оцінки якості програмного забезпечення або для допомоги розробникам у виявленні та виправленні помилок у програмному забезпеченні.

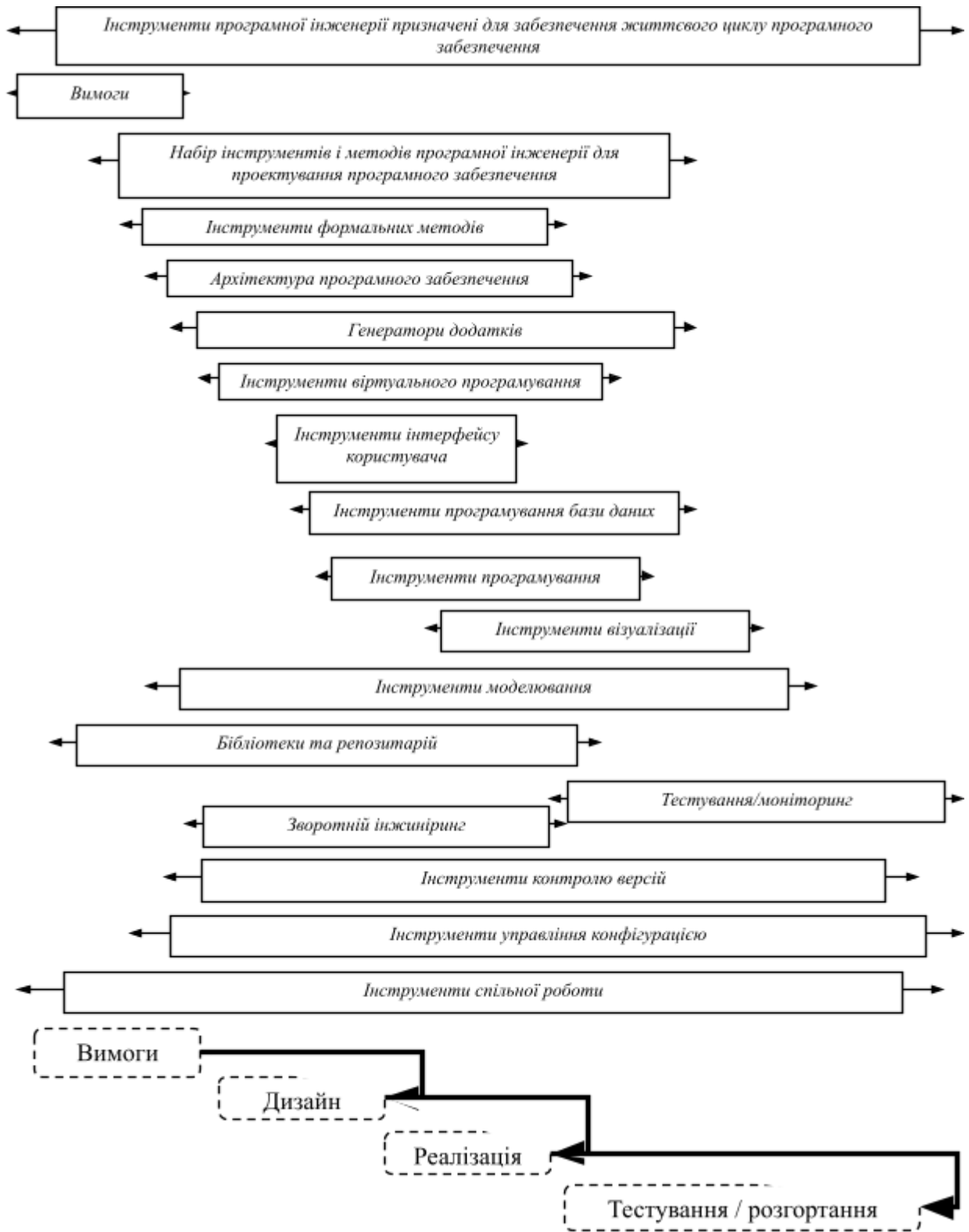


Рис. 2. Інструменти програмної інженерії призначені для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення

Інструменти налагодження зазвичай орієнтовані на низькорівневий аналіз вихідного коду, зазвичай забезпечуючи покроковий, контрольний пункт, моніторинг змінних та просту підтримку візуалізації структури даних. Інструменти анімації алгоритмів та програмної візуалізації забезпечують доступ до програмного алгоритму та структур даних на більш високому рівні за допомогою (як правило) візуальних уявлень про структуру коду, графіків виклику, стилізованих уявлень алгоритмів тощо.

Інструменти контролю версій та конфігурації надають підтримку окремим розробникам або командам розробників для управління своїми артефактами програмного забезпечення у міру їх розвитку. Інструменти версій допомагають керувати створенням, організацією та використанням кількох версій програмних артефактів (традиційно вихідний код, але також можуть включати складені одиниці, проекти та специфікації та документацію). Інструменти документації пропонують підтримку для створення документації користувача за допомогою специфікацій системи та коду. Зазвичай інструменти CASE забезпечують підтримку системної документації (у вигляді аналізу та специфікацій проектування), і хоча деякі пропонують обмежену підтримку документації користувача, спеціалізовані інструменти зазвичай надають більш цільові функції.

Інструменти спільної роботи надають різні функції, що дозволяють групі розробників працювати разом як розподілена команда (з точки зору часу та/або простору). Багато програмних засобів поставляються з (зазвичай обмеженою) підтримкою спільної роботи, але було розроблено багато спеціалізованих інструментів для полегшення роботи в групах. Багато з них, розгорнуті на програмних проектах, не є спеціалізованими для роботи з програмним забезпеченням. Слід зазначити, що деякі описи програмного забезпечення охоплюють багато з перерахованих вище категорій. Наприклад, термін «CASE» зазвичай застосовується до аналізу, проектування та інженерних інструментів, але іноді використовується для позначення всіх інтегрованих програмних засобів, розгорнутих у проекті. Середовища програмної інженерії, інтегровані середовища розробки та інтегровані середовища підтримки проектів – це терміни, приблизно взаємозамінні, які стосуються інструменту або тісно інтегрованого набору інструментів, який підтримує широкий спектр завдань інженерної роботи з програмним забезпеченням. Інтегровані середовища програмування та конструктори додатків зазвичай відносяться до тісно інтегрованих наборів інструментів, які орієнтовані на впровадження, з обмеженими можливостями проектування, документації та тестування. Однак усі ці позначки, що надаються інструментам, не завжди однаково застосовуються продавцями та дослідниками інструментів.

Висновки. У роботі розкрито інструменти програмної інженерії призначені для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення. Оскільки побудова програмних засобів сама по собі є дуже складним завданням інженерії програмного забезпечення, було розроблено багато систем, які спеціально підтримують інженерію програмних засобів. Ці програми зазвичай називають інструментами мета-CASE, конструкторами інструментів або генераторами інструментів. Ці мета інструменти, як правило, підтримують визначення структур даних інструментів та поглядів на структури даних інструментів, надають методи введення/виведення специфікацій та генерують частину або весь код для реалізації зазначеного інструменту.

Перспективи подальших досліджень ґрунтуються на розробці перспективної стратегії інтеграції інструментів програмної інженерії у єдиний комплекс призначений для забезпечення процесів життєвого циклу програмного забезпечення.

Список бібліографічного опису.

1. Козак Е. Программная инженерия (software engineering) – основные тренды развития в условиях глобальной цифровизации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2021. – №06. – С. 109-112 DOI 10.37882/2223-2966.2021.06.23
2. Величко, О. М. Особливості процесів життєвого циклу програмного забезпечення для засобів вимірювальної техніки / О. М. Величко, О. В. Грабовський, Т. Б. Гордієнко. Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості [Текст] / [редкол. : Коломієць Л. В. (голова) та ін.]. – Одеса : ОДАТРА, 2012 – Вип. 2 (17) 2020. – С. 37-45
3. Моренцов Є. І. Система моделей предметної області "Метатехнологія програмування" / Є. І. Моренцов // Проблеми програмування. – 2018. – № 2-3. – С. 236-244. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Progr_2018_2-3_29.
4. Говорущенко Т.О. Аналіз процесу вибору технології проектування, методології та середовища розроблення програмного забезпечення / Т.О.Говорущенко, Р.А.Малярчук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – №6. – С.186-196.
5. Авраменко А.С., Авраменко В.С., Косенюк Г.В. Тестування програмного забезпечення. Навчальний посібник. – Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2017. – 284 с.
6. Марковець О. В. Формування якісної технічної документації до програмного забезпечення / О. В. Марковець, А. І. Синько // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2021. – № 2. – С. 98-106. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi_2021_2_15.

References.

1. Shah, Unnati & Jinwala, Devesh & Patel, Sankita. (2016). An Excursion to Software Development Life Cycle Models: An Old to Ever-growing Models. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*. 41. 1-6. 10.1145/2853073.2853080.
2. Kobyliński A., "ISO/IEC 9126 – Analiza modelu jakości produktów programowych. *Prace Naukowe*," Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Tom: Systemy wspomaganie organizacji SWO'2003, 2003, p. 459-468.
3. Basri, Sufyan & Kama, Nazri & Sarkan, Haslina & Ismail, S.A. & Haneem, Faizura. (2016). An Algorithmic-Based Change Effort Estimation Model for Software Development. 177-184. 10.1109/APSEC.2016.034.
4. Bansiya J., and Davis C., "Hierarchical Model for Object-Oriented Quality Assessment," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 28, issue 1, pp. 4-17, 2002.
5. Maznan, Roslinda & Wan Kadir, Wan Mohd Nasir & Kadir, Wan. (2021). A comparative evaluation of the three prominent approaches in adaptable software architecture.
6. Synko A., and Peleshchshyn A., "Software development documentation – documentation types and standards," *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 98, no. 2, pp. 120-128, 2020.
7. Basri, Sufyan & Kama, Nazri & Haneem, Faizura & Ismail, S.A.. (2016). Predicting effort for requirement changes during software development. 380-387. 10.1145/3011077.3011096.
8. Burnstein I. *Practical Software Testing. A process-oriented approach*. Springer-Verlag, New York, 2003, – 732 p.

CONTENTS

<i>AUTOMATION AND MANAGEMENT</i>	
N. Ismailova, T. Mohylianets. Modeling of mating curved surfaces of the cutting tool.	5
Kaganyuk A., Bortnyk K., Svyrydiuk K., Miskevych O. Computer pisystem for controlling a satellite antenna based on microcontrollers ATMEGA.	11
Kazarova Inna. Development of comprehensive methodology for estimation of the heating, ventilation and air conditioning systems automation effectiveness.	19
Labzhynskiy V. A. Identification of the accidenttype at critical infrastructure facilities using hidden Markov models.	25
V.V. Lyshuk, M.M. Yevsiuk, S.A. Moroz, M. V. Khvyshchun, I.V. Babula. Microcontroller control of hybrid stepper motors.	30
Maltsev Anton. On the application of deep learning with reinforcement in modern systems.	37
Pavlenko Viktoriia. Features of assembly of printed circuit boards.	44
Poplavska G.V., Kurdelchuk G.P. Framing in students of late-stage activities in the study of infirmacy.	49
Radzikhovska L.M., Husak L.P., Panchuk Y.S. Construction of a multifactor regression model using Eviews software.	54
Serdiuk K. Y., Piatykop O. Ye. The choice of a model predicting the individual person's walking loads.	60
Fil N., Kudyrko O. A fuzzy model for distributing work between workers in the warehouse of an enterprise.	66
Chernyashchuk N., Bortnyk K., Kaganyuk A., Ishchuk O., Gamonin N. Analysis of web-resources for organizing and conducting tests and surveys in the educational process.	76
<i>INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE</i>	
Abharian Yura. Algorithm of aggregation of software metrics and its application at testing of software.	81
Anyshchenko Oleksii. On the issue of transmission and storage of graphic data arrays in global and local networks.	87
Kozak Yevhen. Software methods for organizing traffic flows within the concept of internet of vehicles.	94
Kozubtsova L.M. Improving the ontology of cybersecurity of the information system.	101

Kostiuchko S., Olshevskiy O. Overview of hardware vulnerabilities of embedded systems on the example of Rowhammer.	106
Pavlenko V. Regarding the application of the neural network to automate the processes of human face recognition.	111
Pitkevich P. Principles of protection against unauthorized access to resources of the cloud computing system.	120
Pronina O., Dehtiar V. Using neural networks to correct speech defects in children.	127
Pronina O. I., Yaremko O. M. Analysis of convolutional neural networks for the recognition of violation of labor safety rules in the workplace.	134
Riabokon T., Petrashenko A. The software system for generation and processing of a database of collocations of the Ukrainian language	141
Snihur Olena. Software engineering tools are designed to support software lifecycle processes.	149

ВИМОГИ ДО СТРУКТУРИ ТА ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛУ СТАТЕЙ

- **Наукова стаття обов'язково повинна мати наступні необхідні елементи:**
 - 1) **постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
 - 2) **аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор,
 - 3) **виділення невіршених раніше частин загальної проблеми**, котрим присвячується означена стаття;
 - 4) **формулювання мети дослідження** (постановка завдання);
 - 5) **виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; **висновки** з даного дослідження, у тому числі з науковою новизною і
 - 6) **перспективи подальших досліджень** у даному напрямку.
- Статтю можна подавати українською, російською або англійською мовами. Вона повинна бути набрана у текстовому редакторі MS WORD 03/07/10 і надрукована на лазерному або струменевому принтері на білих листах формату А4 (297×210 мм). **Нумерацію сторінок** не виконувати. **Обсяг статті** 5-10 сторінок (не менше).
- **Параметри сторінки.** Верхнє, нижнє та праве поле –1,5 см, лівє – 2 см. Від краю до верхнього колонтитула – 1,25 см, нижнього – 1,25 см.
- **Шапка статті.** УДК, ORCID (якщо є), автори (ім'я та прізвище повністю), місце роботи кожного автора. Назва організації та назва статті набираються з нового рядка шрифтом Time New Roman Суг розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом та вирівнюються по лівому краю. Назва статті розміщується через один рядок нижче назви організації (розмір шрифту 11 пт з напівжирним виділенням та вирівнюванням по центру).
- **Анотації** (українською, російською та англійською мовами) повинні містити прізвища та ініціали авторів, назву статті та короткий її зміст і розміщуються через один рядок нижче назви статті та набираються з абзацного відступу 1 см шрифтом Time New Roman Суг розміром 9 пт з одинарним міжрядковим інтервалом і вирівнюються по ширині. Нижче анотацій обов'язково вказуються **ключові слова**.
- **Основний текст** розміщується на через один рядок нижче анотацій, набирається з абзацного відступу 1 см шрифтом Time New Roman розміром 11 пт з одинарним міжрядковим інтервалом та вирівнюється по ширині.
- **Формули** набираються у редакторі формул MS WORD (використовувати шрифти: Symbol, Time New Roman Суг; розміри шрифтів: звичайний 12 пт, крупний індекс 7 пт, дрібний індекс 5 пт, крупний символ 18 пт, дрібний символ 12 пт). Формула вирівнюється по центру і не повинна займати більше 5/6 ширини рядка.
- **Ілюстрації**, що присутні у статті, необхідно розташовувати у тексті по центру, вирівнюючи підписи по центру (Рис. 1. Назва). Другий екземпляр ілюстрації необхідно подати на окремому листі. Ілюстрації повинні бути чіткими та контрастними.
- **Таблиці** потрібно розташовувати у тексті по центру, причому їх ширина повинна бути на 1 см менша ширини рядка. Над таблицею ставиться її порядковий номер і назва (Таблиця 1. Назва) та вирівнюється по центру.
- **Посилання** на ту чи іншу роботу повинні позначатися в тексті у квадратних дужках за порядковим номером у списку літератури в кінці статті; посилання на джерела статистичних даних обов'язкові; посилання на публікації дослідників обов'язкові; посилання на підручники, навчальні посібники, газети і ненаукові журнали – небажані; посилання на власні публікації допускаються тільки у випадку крайньої необхідності; роботи авторів, на прізвища яких є посилання в тексті, мають бути в списку літератури до цієї статті.
- **Список бібліографічного опису та References.** Список літератури («References») потрібно приводити повністю окремим блоком, повторюючи список літератури, який подається українською / російською мовою, незалежно від того, є в ньому іноземні джерела чи ні. Тобто, після статті подається 2 списки: «Список бібліографічного опису» (звичайний список літератури) і «References» (список для міжнародних БД). Необхідно в опис джерела вносити всіх авторів, не скорочуючи їх до трьох, як це рекомендовано діючими у нас державними стандартами. References - повинен бути укладений англійською мовою або транслітерований. Оформлювати згідно з одним із найбільш уживаних у світі стандартів: APA – American Psychological Association; CBE – Council of Biology Editors, Citation-Sequence; Chicago (Author-Date System); Harvard; Harvard – British Standard; MLA (Modern Language Association) – Single Spaced Reference List; NLM – National Library of Medicine; Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals. У жодному з перелічених стандартів не використовуються розділові знаки: «//», «–». Назва джерела та вихідні дані відокремлюються від авторів і заголовка статті типом шрифту, найчастіше, курсивом (italics), крапкою або комою. Існує багато безкоштовних програм для створення бібліографічних описів у романській абетці, що дають можливість автоматично створювати посилання за одним із світових стандартів наприклад: <http://www.easybib.com/>, <http://www.bibme.org/>, <http://www.sourceaid.com/>, <https://vak.in.ua/>.
- **Рецензування статей.** Просимо вказати двох рецензентів (ПІБ, електронні адреси та звання) для подальшого рецензування Вашої статті. Адміністратор реєструє поданих рецензентів на сайті журналу, тоді на їхню електронну адресу надсилається форма для рецензування. Редакція залишає за собою право направляти статті на додаткову рецензію та відхиляти їх в разі відсутності рецензій.
- Стаття обов'язково подається на електронну адресу: cit@lntu.edu.ua.
- Рукописи, що не відповідають вище вказаним вимогам, не розглядаються і до друку не приймаються.
- **Усі рукописи проходять перевірку на плагіат!**

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ
(поля верхнє, нижнє -1.5 см, ліве та праве 2см. дзеркальні поля)

ЗРАЗОК

УДК 621.391

Мороз Борис Іванович, д.т.н., професор,

<https://orcid.org/0000-0002-5625-0864>

Антіпов Олександр Андрійович, аспірант,

Журавльов Володимир Сергійович, аспірант.

<https://orcid.org/0000-0002-7366-9552>

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСТАВКИ МЕДИКАМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (МУЛЬТИКОПТЕРІВ) ЗА ЗАПИТОМ СПОЖИВАЧА

Мороз Б. І., Антіпов О.А., Журавльов В. С. Автоматизована система доставки медик Times New Roman 9
безпілотних літальних апаратів (мультикоптерів) за запитом споживача. Представлено концепт системи доставки медикаментів за допомогою безпілотних літальних апаратів. Запропоновано архітектуру системи автоматичної диспетчеризації замовлень від споживача, зберігання замовлень, та планування доставки дронами. Також було розглянуто юридичні обмеження роботи запропонованої системи.

Ключові слова: мультикоптер, дрон, доставка, клієнт-серверна архітектура, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Мороз Б. И., Антипов А.А., Журавлев В. С. Автоматизированная система доставки медикаментов с помощью беспилотных летательных аппаратов (мультикоптеров) по запросу потребителя. Представлен концепт системы доставки медикаментов с помощью беспилотных летательных аппаратов. Предложена архитектура системы автоматической диспетчеризации заказов от потребителя, хранения заказов, и планирование доставки дронами. Также были рассмотрены юридические ограничения работы предложенной системы.

Ключевые слова: мультикоптер, дрон, доставка, клиент-серверная архитектура, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Moroz B., Antipov A., Zhuravlev V. Automated system for the delivery of medical supplies using unmanned aerial vehicles (multicopter) at the request of the consumer. The concept of medical supplies delivery system using unmanned aerial vehicles is presented. The architecture of the system of automatic dispatching orders from the consumer, storage of orders, and scheduling delivery by drones are proposed. The legal limitations of the proposed system were also considered.

Keywords: multicopter, drone, delivery, client-server architecture, RSA, APM, HTTPS, Mission Planner.

Постановка наукової проблеми.

Times New Roman 11

Аналіз досліджень.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

Список бібліографічного опису

Times New Roman 9

1. Сін Лю, Ціньян Сяо, Віджай Гопалакришнан, Маттео Варвелло (2017) Дослідженн панорамного відеопотоку, С. 50-55. АСМ.
2. Б. Хань, Ф., Цянь, Л. Джі та В. Гопалакришнан. (2017) MP-DASH: Адаптивна відео-трансляція через перевагу, орієнтовану на багатофункціональність. У матеріалах 12-ї Міжнародної конференції з нових мережевих експериментів та технологій, С. 129–143. АСМ.

References

1. Xing Liu, Qingyang Xiao, Vijay Gopalakrishnan, Matteo Varvello (2017) Research 360° Innovations for Panoramic Video Streaming, P. 50-55. ACM.
2. Han, B., Qian, F., Ji, L. & Gopalakrishnan, V. (2017) MP-DASH: Adaptive Video Streaming Over Preference-Aware Multipath. In Proceedings of the 12th International on Conference on emerging Networking Experiments and Technologies, P. 129-143. ACM.

Стаття надійшла 14.05.2019 р.

Довідки з питань публікації та прийому матеріалів у науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» можна отримати у відповідального секретаря – Свириднюк Катерини Анатоліївни за тел. (0332) 74-61-15, або (063)-940-69-42.

Адреса: 43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75, ауд. 141

Автор статті отримує 1 примірник збірника у форматі *pdf.

Вартість однієї сторінки становить 40 – грн. (для працівників Луцького НТУ), 50 грн – для інших ЗВО.

Окремо, кожній статті, буде присвоєний DOI (digital object identifier) - ідентифікатор цифрового об'єкту, що веде за собою додаткову оплату 60 грн.(ціна з 2021 року).

**Реквізити для зарахування коштів
(за публікацію наукових праць, участь у наукових заходах)**

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

код в ЄДРПОУ 05477296

UA16 820172 0 3132 5 1 002 3 02 017820

в ДКСУ у м. Київ МФО 820172

Україна, Волинська область,
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75