



IVth International  
scientific-practical conference  
dedicated to the 50th anniversary of the Department  
of Information Systems and Technologies  
(October 21-22, 2021)

**INTEGRATION OF INFORMATION SYSTEMS  
AND INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN  
THE CONDITIONS OF INFORMATION  
SOCIETY TRANSFORMATION**



**Poltava, Ukraine**

**POLTAVA STATE AGRARIAN UNIVERSITY**



**INTEGRATION OF INFORMATION SYSTEMS  
AND INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN  
THE CONDITIONS OF INFORMATION  
SOCIETY TRANSFORMATION**

**Abstracts of the  
IVth International scientific-practical conference  
dedicated to the 50th anniversary of the Department  
of Information Systems and Technologies  
(October 21-22, 2021)**

---

**ІНТЕГРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
І ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ  
ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА**

**Тези доповідей  
IV Міжнародної науково-практичної конференції,  
що присвячена 50-ій річниці кафедри  
інформаційних систем та технологій  
(21-22 жовтня 2021)**

**ОЛДІПІУС**

**2021**

UDC 004/681

Integration of information systems and intelligent technologies in the conditions of information society transformation. Abstracts of the IVth International scientific-practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Department of Information Systems and Technologies. Poltava, Ukraine. 2021. 144 p.

ISBN 978-966-289-562-9

DOI: <https://doi.org/10.32782/978-966-289-562-9>

Інтеграція інформаційних систем і інтелектуальних технологій в умовах трансформації інформаційного суспільства: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, що присвячена 50-й річниці кафедри інформаційних систем та технологій. Полтава: ПДАУ, 2021. 144 с.

Збірник містить тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, у яких висвітлено актуальні питання: автоматизації управління підприємством та бізнес-процесами; комп'ютерного моделювання та автоматизації технологічних процесів; безпеки інформаційних систем і технологій; агрокультури 4.0 та Індустрія 4.0; Інтернет речей; доповненої реальності, інтелектуальних систем, технологій великих даних і штучного інтелекту.

Видання призначене для науковців, викладачів, аспірантів, студентів та практикуючих спеціалістів різних напрямів.

Матеріали (тези доповідей) друкуються в авторській редакції.  
Відповідальність за якість та зміст публікацій несе автор.

ISBN 978-966-289-562-9

© ПДАУ, 2021

## **ГОЛОВА КОНФЕРЕНЦІЇ**

Аранчій В.І., ректор Полтавського державного аграрного університету, к.е.н., проф., заслужений діяч науки і техніки України

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

проф. Аранчій В.І., Полтавський державний аграрний університет – голова,

проф. Галич О.А., Полтавський державний аграрний університет, доц. Горб О.О., Полтавський державний аграрний університет, проф. Костенко О.М., Полтавський державний аграрний університет, доц. Світлична А.В., Полтавський державний аграрний університет, доц. Маренич М.М., Полтавський державний аграрний університет, доц. Шульга Л.В., Полтавський державний аграрний університет проф. Гаспарян Г.А., Національний аграрний університет Вірменії (Єреван, Армения), проф. Калініченко А.В., Опольський університет (Ополе, Польща), Полтавський державний аграрний університет, проф. Крістев Т., Інститут європейської освіти (Софія, Болгарія), проф. Гусейнов М.Д., Азербайджанський державний аграрний університет (Баку, Азербайджан), проф. Рембілас Р., Університет ВСБ (Варшава, Польща), доц. Рібикаускас Д., Університет прикладних наук (Каунас, Литва), проф. Слюсар В.І., Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України (Київ, Україна), доц. Одарущенко О.М., ТОВ «НВП «Радікс» (Кропивницький, Україна)

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

доц. Уткін Ю.В., Полтавський державний аграрний університет, доц. Вакуленко Ю.В., Полтавський державний аграрний університет, доц. Дегтярьова Л.М., Полтавський державний аграрний університет, доц. Копішинська О.П., Полтавський державний аграрний університет, доц. Одарущенко О.Б., Полтавський державний аграрний університет, с.н.с. Поночовний Ю.Л., Полтавський державний аграрний університет, доц. Протас Н.М., Полтавський державний аграрний університет, Рябий М.О., Полтавський державний аграрний університет, доц. Слюсар І.І., доц. Тиртишніков О.І., Полтавський державний аграрний університет доц. Флегантов Л.О., Полтавський державний аграрний університет

## **ЗМІСТ**

### **СЕКЦІЯ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВАМИ ТА БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ**

Дугар Т.Є., Гаркавенко Є.С. КОМП'ЮТЕРІЗАЦІЯ АУДИТОРСЬКОЇ ПРАКТИКИ В УКРАЇНІ .....	8
Флегантов Л.О., Вакуленко Ю.В., Кравченко І.В. МОДЕЛЮВАННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ .....	12
Москаленко А.О., Івко С.О., Дунькович Є.А. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПРОГРАМУВАННЯ НА СТОРОНІ WEB-СЕРВЕРА .....	19
Krasota O. GOOGLE OPTIONS AS DISTANCE LEARNING TOOLS .....	23
Сердюк О.Л., Денисенко О.С., Тернова Т.І. ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЗОРОСТІ ТА ВІДКРИТОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНУ ВЛАДИ .....	25
Копішинська О.П., Уткін Ю.В., Скриль В.К. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ І АРХІТЕКТУРИ ВЕБ-СЕРВІСІВ .....	29
Чернікова Н.М. ГНУЧКІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ ПІДПРИЄМСТВ .....	34
Golub V., Kopishynska O. ANALYSIS OF SEMANTIC MEANINGS OF PROGRAM CODE ELEMENTS IN THE CONTEXT OF WEB APPLICATION OPTIMIZATION .....	37

### **СЕКЦІЯ 2 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Борохвостов І.В., Білокур О.М., Мельник Я.О. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ .....	39
Поночовний Ю.Л., Авдошин Ю.А., Кириченко Ю.В., Сазонова Н.А. ПОРІВНЯННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ ПЕРЕВІРКИ ПРАВИЛ ПРАВОПИСУ ДЛЯ НАУКОВИХ ТЕКСТІВ .....	44
Білокур М.О., Слюсар В.І., Сотник В.В., Купчин А.В. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ФОРСАЙТУ .....	46

Поночовний Ю.Л., Пряда О.В. БАГАТОФРАГМЕНТНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДМОВАХ ТА АТАКАХ НА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ .....	49
Калініченко А.В. ОПТИМІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ .....	51
Одарущенко О.М., Одарущенко О.Б., Кай С.О. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	53
Смірнова Т.В., Смірнов О.А., Буравченко К.О. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....	56
<b>СЕКЦІЯ 3. БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ</b>	
Воронянський В.С., Сторожуй М.О. АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ CMS JOOMLA .....	61
Івко С.О., Єгуньков О.О. РЕАЛІЗАЦІЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ АЛГОРИТМІВ НА JAVA .....	63
Москаленко А.О., Ігнатович Д.А. ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ КОМПЛЕКСИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ЗАБОРОНЕНОЇ ЗОНИ УСТАНОВ ВИКОНАННЯ ПОКАРАНЬ .....	66
Москаленко А.О., Пархомчук В.П. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ ПРОГРАМНИХ БІБЛІОТЕК .....	68
Копішинська О.П., Гуйва О.О. КРИПТОГРАФІЧНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ .....	71
Блотницька Д.В., Фесенко А.О. ВРАЗЛИВОСТІ У ВИКОРИСТАННІ КРИПТОГРАМАНЦІВ В КРИПТОВАЛЮТНІЙ ІНДУСТРІЇ .....	74
Шовкун М.І., Фесенко А.О. ПОТОКОВІ ШИФРИ SNOW .....	77
Matvienko L.H. PROTECTION OF INFORMATION DURING THE WORK OF FUTURE TRANSLATORS WITH SPECIAL INTERNET RESOURCES .....	80
Gnatyuk S., Ryabyi M., Dorozhynskyi S., Yubuzova K. ABOUT THE COMBINATION OF QUANTUM KEY DISTRIBUTION AND LIGHTWEIGHT CRYPTOGRAPHY FOR DATA PRIVACY .....	82

Одарченко Р.С., Дика Т.В. ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ БЕЗПЕКИ СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖ 5G	86
Дячков Д.В. КОНЦЕПТУАЛЬНА СУТНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА	90

#### **СЕКЦІЯ 4. АГРОКУЛЬТУРА 4.0 ТА ІНДУСТРІЯ 4.0. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ**

Пилипенко В.О., Слюсар І.І., Слюсар В.І., Маруженко В.М. ВАРІАНТ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ В СИСТЕМІ «SMART HOME»	93
Слюсар І.І., Слюсар В.І., Пілюгін В.А., Павленко А.А., Блажко В.С. ВАРІАНТ РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ WEBNMI	97
Федорченко М.Б., Слюсар ГЕ, Уткін Ю.В. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЧНОГО ПІДРАХУНКУ ПАСАЖИРІВ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДЕОПОТОКУ	99
Бородатий Д.Г., Кольвах Д.В., Муравльов В.В. ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНИЙ ГАЛУЗІ	104

#### **СЕКЦІЯ 5. ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВЕЛИКИХ ДАНИХ. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ**

Бігун Н.С. КЛАСИФІКАЦІЯ НАДВОДНИХ ЦІЛЕЙ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	107
Шишацький А.В, Налапко О.Л., Одарущенко О.Б. ОСНОВНІ БІОІНСПІРОВАНІ АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ РІЗНОТИПНИХ ДАНИХ	109
Слюсар В.И. ТЕНЗОРНО-МАТРИЧНАЯ ВЕРСИЯ LENET5	114
Слюсар В.І., Проценко М.М. МОДЕЛЬ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	119
Сенаторов В.М., Колотухін Є.А. ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ В ТЕХПРОЦЕСІ РЕМОНТУ БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ	122
Журавський Ю.В., Сова О.Я., Дегтярьова Л.М. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	127

Животовський Р.М., Романов О.М., Яковлева О.С. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ РАДІОРЕСУРСОМ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	133
Гаценко С.С., Салієв А.Ю., Протає Н.М. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ОЦІНКИ АЛЬТЕРНАТИВ РІШЕНЬ .....	137
Науменко С.С., Слюсарь І.І., Слюсар В.І. НЕЙРОННА МЕРЕЖА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ЦИФР .....	141



**СЕКЦІЯ 1**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В УПРАВЛІННІ**  
**ПІДПРИЄМСТВАМИ ТА БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ**

**КОМП'ЮТЕРІЗАЦІЯ АУДИТОРСЬКОЇ ПРАКТИКИ В УКРАЇНІ**

Дугар Т.Є., Гаркавенко Є.С.  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Сучасні інформаційні технології відкривають нові можливості у сфері державного фінансового контролю, збільшуючи його ефективність та зменшуючи затрати людських ресурсів. Загальною тенденцією сучасного суспільства є небачена раніше за своїми масштабами трансформація інформації у цифровий формат, що дозволяє автоматизувати безліч процесів обробки інформації, зробити роботу з нею зручною та на порядки підвищити її ефективність.

Переваги цих процесів, напевно, найширше використовується у фінансово-економічній сфері, де вони можуть бути перетворені на конкретні суми додаткових надходжень або отриманої економії. Інформатизація процесів фінансово-господарської діяльності підприємств відкриває нові можливості й для сфери фінансового контролю [2].

Наприкінці ХХ ст. американський математик Марк Дж. Нігріні дійшов висновку, що закон Бенфорда повинен поширюватися і на цифри у податкових деклараціях, а, отже, невідповідність із законом першої цифри вказує на перекручування даних у них. Після аналізу більш ніж 200000 податкових декларацій Нігріні розробив комп'ютерну програму для перевірки числових масивів на відповідність закону Бенфорда, яка була протестована у 1995 р. Під час цього випробовування нью-йоркська податкова поліція зуміла встановити сім недоброякісних платників податків, дана програма отримала назву DigitalAnalysis.

В останні роки зріс інтерес до застосування комп'ютерних технологій в процесі аудиту. Комп'ютеризація аудиту дає можливість збільшити ефективність аудиторської роботи, розширити сферу аудиторської перевірки, знижує ризик аудитора, надає можливість працювати з багатьма документами одночасно. Застосування комп'ютерної техніки суттєво впливає на методологію аудиту, але не змінює мети проведення аудиту [1].

В економіці України спостерігаються кризові явища, що супроводжуються погіршенням економічного стану суб'єктів

господарювання. В зв'язку з цим, зростає роль і значення удосконалення організації аудиту підприємств з метою забезпечення більш раціонального використання їх власних фінансових ресурсів.

Завданням дослідження є розглянути та проаналізувати існуючі спеціалізовані програми для проведення аудиту, визначити переваги та проблеми автоматизації аудиту суб'єктів господарювання [3].

Питання автоматизації аудиту досліджували у своїх працях такі вчені: А.В. Кузнецов, Є.А. Богданова, Б.В. Кудрицький, Л.М. Макарова та ін. Проте не всі аспекти проблемних моментів процесу комп'ютеризації аудиту є дослідженими. У світовій практиці цьому питанню приділяють більше уваги, про що свідчить постійне оновлення Міжнародних стандартів аудиту, які видаються Міжнародною федерацією бухгалтерів та аудиторів.

Перш ніж розглянути спеціалізовані програми для проведення аудиту, необхідно визначити вимоги до них, основними з яких є: нормативна інформація повинна підбиратися фахівцями-методологами і постійно оновлюватися; програма повинна бути простою у використанні, підходити різним аудиторським компаніям; повинно бути розмежування прав доступу; можливість автоматизованої обробки великого обсягу інформації; забезпечення безпеки інформації [2].

Для використання аудиторами при проведенні перевірок найпоширенішими вітчизняними програмами є: Prime Expert, Audit Expert, Project Expert, AuditXP «Комплекс Аудит», «ІНЕК:АФСП», Audit NET та інші.

Провівши аналіз ринку комп'ютерних програм для проведення аудиту, можемо зробити висновок щодо переваг і недоліків деяких програм [4]:

1. Audit Expert:

- переваги: формування порівняльних даних для вирішення аналітичних завдань; отримання основних фінансових показників; проведення порівняльного аналізу з підприємствами конкурентами.

- недоліки: більше підходить для проведення економічного аналізу, визначення кореляційних залежностей.

2. IT Аудит:

- переваги: може використовуватися при проведенні внутрішнього аудиту підприємства.

- недоліки: відсутня прив'язка до змін в законодавстві.

3. Аудит-Майстер «ДАСО», «Аудит-Інформ»:

- переваги: можливість використовувати власну методологію; пошук за реквізитами; дослідження роботи аудитора.

– недоліки: не визначається розмір вибірки, аудиторський ризик; при повторній перевірці фірми в картотеці формується новий запис.

#### 4. Audit NET:

– переваги: максимальна відповідність системи з прийнятою з прийнятою в аудиторській фірмі методологією; робота у віддаленому режимі; розмежування прав доступу до інформації; автоматизація процесу аудиту та діяльності аудиторської фірми.

– недоліки: є виключно мережною системою, відсутній класифікатор помилок і нормативна база.

В результаті проведення аналізу ринку комп'ютерних технологій, виявлено, що недостатньо програм, які б дозволяли повною мірою автоматизувати процес аудиту. Варто звернути увагу на спеціалізовану програму «КІТ-Аудит», яка була розроблена українською командою розробників КІТ-ХХІ.

Дана програма забезпечує контроль якості і включає узгоджений набір робочих документів, методичних вказівок з проведення аудиту. Перевагами застосування «КІТ-Аудит» є:

- зменшення собівартості аудиторської перевірки;
- підвищення якості та прозорості робіт аудиторської фірми;
- повна відповідність ведення аудиторської діяльності міжнародним і національним стандартам;
- можливість роботи без наявності інтернету (автономний модуль);
- повний узгоджений набір робочих документів та методичних вказівок;
- автоматизація значної частини трудомістких робіт.

В програмі реалізована підсистема, яка дозволяє автоматично синхронізувати всі відкриті з «КІТ-Аудит» документи Word s Excel без необхідності ручного додавання цих документів до бази. Існує можливість імпортувати та експортувати базу даних, переглядати видалені і заблоковані документи тощо. Якість та прозорість роботи аудиторської фірми досягається за допомогою таких методів: систематизація обліку перевірок, централізоване збереження даних віх аудиторських процедур в одній базі, оперативна підтримка користувачів, можливість від слідкувати всі внесені зміни та їх авторів та інші. Містить близько 300 вбудованих робочих документів, кожен документ прикріплено до відповідного розділу аудиту. Основним недоліками застосування даної програми є недостатній набір автоматичних аналітичних процедур. В цілому, програма «КІТ-Аудит» створює умови для надання повного та ефективного висновку щодо аудиту економічного стану суб'єкта господарювання [3].

Отже, основним перевагами комп'ютеризації аудиторської діяльності

е:

- якісне планування аудиторської перевірки;
- зменшення трудомісткості робіт і скорочення термінів перевірки;
- підвищення якості проведення аудиту;
- можливість поглибленого дослідження стану обліку суб'єкта господарювання і можливість оцінки системи внутрішнього контролю.

На основі вивчення праць дослідників, можна визначити такі основні причини, які перешкоджають комп'ютеризації аудиту:

- загальногалузеві причини: низький рівень розвитку аудиторського ринку; низький рівень комп'ютерної грамотності користувачів; висока вартість комп'ютерних програм; специфіка аудиторської діяльності, яка полягає в неможливості повної формалізації процесу аудиту.
- технологічні причини: виїзний характер роботи аудиторів; застосування клієнтом-замовником різного програмного забезпечення; різна галузева спеціалізація клієнта аудиторських фірм; необхідність забезпечення інформаційної безпеки.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що використання інформаційних технологій є актуальним завданням, важливим фактором успішної роботи аудитора, але сучасні програмні аудиторські продукти потребують вдосконалення. Вибір оптимального програмного забезпечення є основним напрямом ефективної автоматизації аудиту. Освоєння аудиторськими фірмами інформаційних технологій, дозволить їм отримати конкурентні переваги на вітчизняному і міжнародному ринку.

### Список літератури

1. Білецька Г.М., Ковтунович Н. Л. Щодо особливостей світових тенденцій запровадження та здійснення е-аудиту. *Порівняльно-аналітичне право*. 2017. № 3. С. 107–110.
2. Віремейчик А.М., Вітер С.А., Онешко С.В. Стратегія розвитку в умовах цифрової економіки. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 15. С. 64–69. URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/15\\_2021/12.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/15_2021/12.pdf).
3. Електронний аудит: світові надбання та вітчизняні реалії: *збірник матеріалів науково-практичного круглого столу*, 26 жовтня 2018 р. Ірпінь: НДІ фіскальної політики, 2018. 64 с.
4. Подік І. І., Живко М. О., Вольних А. І. Електронний аудит на основі податкового аудиторського файлу: світовий досвід та українські перспективи. *Соціально-правові студії*. 2018. Вип. 1. С. 158–166. URL: [http://www2.lvduvs.edu.ua/documents\\_pdf/biblioteka/sps/SPS\\_2018\\_1/24.pdf](http://www2.lvduvs.edu.ua/documents_pdf/biblioteka/sps/SPS_2018_1/24.pdf).

## МОДЕЛЮВАННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ПІДСИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗАСОБАМИ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ

Флегантов Л.О., Вакуленко Ю.В., Кравченко І.В.  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Питання, пов'язані з використанням електронних таблиць для реалізації обчислювальних алгоритмів та дослідження математичних моделей різних процесів, розглядались, зокрема у роботах [1, 2, 6, 7]. Дане дослідження присвячене вивченню реалізації математичної моделі процесу прийняття рішень, в основу якої покладено відомий метод аналізу ієрархій [8, 9].

**Основні етапи процесу прийняття рішення.** Рішення, як вибір з кількох альтернатив є результатом процесу прийняття рішення, що є складним інтелектуальним процесом, який відбувається у декілька етапів [1, 3, 4]. Основні етапи прийняття рішень процесу полягають у наступному.

Спочатку особа, яка приймає рішення (ОПР) (індивідуальна особа, яка приймає рішення (ІОПР) або група осіб (ГОПР), які далі у процесі прийняття рішення виступають, як експерти), ознайомлюється з проблемою, усвідомлює необхідність прийняття рішення, здійснює аналіз проблеми. Результатом даного етапу є список альтернативних рішень (альтернатив), який залежить від особистого досвіду та уподобань ОПР, а також наскільки узгоджені між собою та погоджені думки експертів (у випадку (ГОПР)). Цей список представимо, як множину  $n$  альтернатив  $A = \{A_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Далі ОПР на власний розсуд формулює критерії, за якими визначатиме найкращу альтернативу. Цей етап також є суб'єктивним – результатом має бути список з  $m$  визначених критеріїв вибору  $K = \{K_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

На наступному етапі визначаються вагові коефіцієнти критеріїв – ОПР визначає, які з критеріїв  $K$  є більш або менш важливими один порівняно з іншим. При цьому можна діяти так: загальна вага критеріїв – сума їх вагових коефіцієнтів – приймається за 1 (або 100%), ОПР розподіляє її між усіма критеріями  $K_j$  у різних долях пропорційно їх вазі на власний розсуд. В результаті одержується набір чисел  $w_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,

$\sum_{j=1}^m w_j = 1$ , який можна записати, як вектор вагових коефіцієнтів критеріїв

$$w = (w_j)_{1 \times m}.$$

На четвертому етапі визначаються оцінки всіх альтернатив  $A$  за кожним з критеріїв  $K$ . Приймаючи загальну оцінку всіх альтернатив за окремим критерієм за 1, ОПР так само розподіляє її між альтернативами у різних долях на власний розсуд. Результатом цього етапу буде формування матриці оцінок альтернатив за визначеними критеріями:  $P = (p_{ij})_{m \times n}$ , де  $p_{ij}$  – оцінки (вагові коефіцієнти) альтернатив  $A_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  за критеріями  $K_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ . При цьому,  $\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$ ,  $i = \overline{1, m}$ .

На заключному етапі виконується розрахунок комбінованих вагових коефіцієнтів альтернатив, як елементів матриці  $W = w \cdot P$ , і на його основі приймається рішення: кращою альтернативою вважається та, що має найбільший комбінований ваговий коефіцієнт (максимальний елемент матриці  $W$ ).

На практиці, визначення  $w_j$  та  $p_{ij}$  у такий «ручний» спосіб є найбільш складною частиною процесу прийняття рішення [8]: для ГОПР, великої кількості критеріїв та альтернатив ( $\geq 4$ ) це є достатньо складною процедурою; до того ж, цей спосіб не дозволяє побудувати ефективний алгоритм для аналітичної підсистеми інформаційної системи підтримки прийняття рішень.

**Розрахунковий підхід до прийняття рішень.** В якості альтернативи розглянемо розрахунковий алгоритм, що ґрунтується на використанні матриць парних порівнянь, і застосовується до прийняття рішень в умовах визначеності [8]. Згідно з цим підходом, для розрахунку вагових коефіцієнтів критеріїв  $w_j$  ОПР утворює матрицю парних порівнянь  $C = (c_{ij})_{m \times m}$ , елементи якої є порівняльними оцінками критеріїв  $K_i$  та  $K_j$  за шкалою цілих чисел від 1 до 9, де  $c_{ij} = 1$  означає рівнозначність ваги критеріїв  $K_i$  та  $K_j$ ;  $c_{ij} = 5$  – відповідає думці ОПР, що  $K_i$  значно важливіший, ніж  $K_j$ ;  $c_{ij} = 9$  – означає, що  $K_i$  надзвичайно важливіший, ніж  $K_j$ . Проміжні оцінки ОПР визначає на власний розсуд, враховуючи при цьому, що  $c_{ii} = 1$ ,  $c_{ij} c_{ji} = 1$ . Незважаючи на те, що одержані таким чином порівняльні оцінки  $c_{ij}$  теж є суб'єктивними, оскільки вони, як і раніше, відображають особисту думку ОПР щодо важливості того чи іншого критерію, таке парне порівняння елементів множини  $K$  за порядковою шкалою є достатньо простою процедурою, подібною до ранжування, що легко алгоритмізується й може бути використана для

комп'ютерного моделювання.

Наступним кроком розрахунків є обчислення нормалізованої матриці  $N$ , що відповідає даній матриці  $C$ :

$$N = (n_{ij})_{m \times m}, \quad n_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^m c_{ij}}.$$

Вагові коефіцієнти критеріїв визначаються, як:

$$w_j = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m n_{ij}, \quad j = \overline{1, m}.$$

Розрахунок числових оцінок альтернатив  $p_{ij}$  виконується аналогічно. Спочатку необхідно виконати попарне порівняння всіх  $n$  альтернатив за  $m$  критеріями за допомогою матриць парних порівнянь. Для цього ОПР має сформувати  $m$  матриць  $C_i = (c_{jk}^i)_{n \times n}$ ,  $i = \overline{1, m}$ , де елементи  $c_{jk}^i$  є порівняльними оцінками альтернатив  $A_j$  та  $A_k$  за шкалою від 1 до 9, що відображають думку ОПР стосовно переваги альтернативи  $A_j$  відносно  $A_k$  за критерієм  $K_i$ . При цьому враховується, що  $c_{jj}^i = 1$  та  $c_{jk}^i c_{kj}^i = 1$ . Кожній матриці  $C_i$  відповідає нормалізована матриця:

$$N_i = (n_{jk}^i)_{n \times n}, \quad n_{jk}^i = \frac{c_{jk}^i}{\sum_{j=1}^n c_{jk}^i}, \quad i = \overline{1, m}.$$

Оцінки альтернатив  $A_j$  критеріями  $K_i$  визначаються, як:

$$p_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n n_{jk}^i, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}.$$

**Перевірка узгодженості матриць парних порівнянь.** Зауважимо, що на практиці в процесі прийняття рішення на етапі формування матриць парних порівнянь можлива проявитись суперечливість думок ОПР, що призводить до явища неузгодженості матриць парних порівнянь  $C$ . Якщо матриця  $C$  є ідеально узгодженою, то відповідна їй

нормалізована матриця  $N$  складається з однакових стовпців, рядки матриці  $C$  пов'язані співвідношенням  $c_{ij} \cdot c_{jk} = c_{ik}$ . Якщо ж матриця  $C$  є неузгодженою, то її використання у розрахунках автоматично приводить до прийняття хибного рішення.

На практиці користуються домовленістю про «прийнятний» рівень неузгодженості, при якому рішення, прийняте на підставі наведених вище розрахунків, вважається допустимим [5, 8, 9]. Для оцінки рівня узгодженості матриць парних порівнянь використовуються показник [12]:

$$CR = \frac{CI}{RI},$$

де  $CI = \frac{n_{\max} - n}{n - 1}$ ,  $RI = \frac{1.98 \cdot (n - 2)}{n}$ ,  $n$  – кількість об'єктів порівняння, а  $n_{\max}$

визначається з матричного рівняння  $C \cdot w^T = n_{\max} \cdot w^T$ , що еквівалентне системі лінійних алгебраїчних рівнянь  $\sum_{j=1}^n c_{ij} w_j = n_{\max} w_i, i = \overline{1, n}$ , як

$$n_{\max} \sum_{i=1}^n (C \cdot w^T)_i \cdot$$

При  $CR \leq 0,1$  неузгодженість матриці  $C$  вважається прийнятною (допустимою). Якщо  $CR > 0,1$ , то матриця вважається  $C$  неузгодженою, що свідчить про суперечливість думок ОПР, а прийняте рішення є хибним. В такому випадку ОПР має переглянути відповідну матрицю  $C$  з тим, щоб досягнути її узгодженості.

**Підтримка прийняття рішень засобами електронних таблиць.** Описаний вище розрахунковий алгоритм процесу прийняття рішень можна реалізувати засобами електронних таблиць. Покажемо це на числовому прикладі, що демонструє виконання відповідних розрахунків у середовищі електронних таблиць MS Excel.

Нехай необхідно прийняти рішення за наявності з трьох альтернатив  $A_1, A_2$  і  $A_3$ , використовуючи критерії  $K_1, K_2$  і  $K_3$ . Вхідними даними моделі є матриці парних порівнянь для критеріїв  $C$  та альтернатив  $C_1, C_2$  і  $C_3$ , елементи яких були визначені ОПР на власний розсуд. Вихідні дані та результати розрахунків представлені на рис. 1-4.

Для виконання розрахунків і автоматичного формування висновків тут були використані стандартні можливості Excel, як-то: виконання елементарних арифметичних операцій, послуга «Умовне форматування», а також формули: =СУММ(), =СРЗНАЧ(), {=ТРАНСП()}, {=МУМНОЖ( ; )}, =МАКС(), =ГПР( ; ; ; ), =ЕСЛИ( ; ; ; ).



**Неузгодженість матриць парних порівнянь ті її усунення.** Як показують розрахунки, матриці парних порівнянь альтернатив  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$  є неузгодженими (рис. 4). Отже, прийняте вище рішення (рис. 3) є хибним.

Дійсно, аналізуючи задані матриці  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$  (рис. 2), можна встановити, що вони містять логічні суперечності.

Зокрема, у матриці  $C_1$  елемент  $c_{13}^1 = 4$  означає, що ОНР вважає за критерієм  $K_1$  альтернативу  $A_1$  кращою, ніж  $A_3$  (умовно – «у 4 рази»).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	1. Вагові коефіцієнти критеріїв										
2											
3			1	2	1/4						
4	C=		1/2	1	1/5	N=	0.182	0.250	0.172		0.201 w1
5			4	5	1		0.091	0.125	0.138		0.118 w2
6	SUM=		5.50	8.00	1.45		0.727	0.625	0.690		0.681 w3
7										SUM=	1.000
8	w=		0.201	0.118	0.681						
9											

Рис. 1. Розрахунок вектору вагових коефіцієнтів критеріїв  $w$ .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
10	2. Оцінки альтернатив										
11											
12			1	3	4						
13	C1=		1/3	1	1/5	N1=	0.632	0.333	0.769		0.578 p11
14			1/4	5	1		0.211	0.111	0.038		0.120 p12
15			1.58	9.00	5.20		0.158	0.556	0.192		0.302 p13
16											1.000
17			1	1/3	2						
18	C2=		3	1	1/2	N2=	0.222	0.100	0.571		0.298 p21
19			1/2	2	1		0.667	0.300	0.143		0.370 p22
20			4.50	3.33	3.50		0.111	0.600	0.286		0.332 p23
21											1.000
22			1	1/2	1						
23	C3=		2	1	1/2	N3=	0.250	0.143	0.400		0.264 p31
24			1	2	1		0.500	0.286	0.200		0.329 p32
25			4.00	3.50	2.50		0.250	0.571	0.400		0.407 p33
26											1.000
27	P=		0.578	0.120	0.302						
28			0.298	0.370	0.332						
29			0.264	0.329	0.407						

Рис. 2. Розрахунок матриці оцінок альтернатив  $P$ .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
31	3. Комбіновані вагові коефіцієнти альтернатив										
32											
33	W=		0.331	0.291	0.377						
34		A1	A2	A3							
35											
36	4. Формування рішення										
37											
38	maxW=		0.377								
39											
40	Рішення:	A3	найкраща альтернатива								

Рис. 3. Розрахунок матриці комбінованих вагових коефіцієнтів альтернатив  $W$  і автоматичне формування рішення.

При цьому, елемент  $c_{12}^1 = 3$ , тобто за критерієм  $K_1$  альтернатива  $A_1$  краща, ніж  $A_2$  («у 3 рази»). З цього слідує, що  $A_2$  дещо переважає  $A_3$  за критерієм  $K_1$ . У той же час,  $c_{32}^1 = 5$ , а це означає, що за критерієм  $K_1$  альтернатива  $A_3$  навпаки значно переважає  $A_2$  («у 5 разів»), відповідне симетричне значення  $c_{23}^1 = 5^{-1}$  означає, що  $A_2$  поступається  $A_3$ .

Отже, маємо логічне протиріччя, що спричиняє неузгодженість матриці  $C_1$ . Усунути дане протиріччя можна, якщо, наприклад, послідовно дотримуватися думки про те, що  $A_2$  переважає  $A_3$ . В такому випадку, значення  $c_{23}^1$  має бути більшим, ніж 1. Тоді, встановивши  $c_{23}^1 = 2$ , автоматично одержимо  $c_{32}^1 = 2^{-1}$ , і матриця  $C_1$  автоматично стає узгодженою (рис. 5).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
42	6. Перевірка узгодженості матриць парних порівнянь										
43											
44		0,607		2,146		1,086		0,836			
45	C*wT=	0,355	C1*wT1=	0,373	C2*wT2=	1,430	C3*wT3=	1,061			
46		2,076		1,047		1,221		1,329			
47	n_max=	3,038	n1_max=	3,566	n2_max=	3,736	n3_max=	3,225			
48											
49	Матриця=	C	C1	C2	C3						
50	CI=	0,019	0,283	0,368	0,113						
51	RI=	0,66									
52	CR=	0,029	0,428	0,558	0,170						
53	Узгоджена:	ТАК	НІ	НІ	НІ						

Рис. 4. Перевірка узгодженості матриць парних порівнянь  $C$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$ .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Вихідні дані - матриці парних порівнянь:					Результати розрахунків та рішення:					
2											
3		1	2	1/4		w=	0,201	0,118	0,681		
4	C=	1/2	1	1/5			0,623	0,239	0,137		
5		4	5	1		P=	0,490	0,198	0,312		
6							0,250	0,500	0,250		
7											
8		1	3	4		W=	0,354	0,412	0,235		
9	C1=	1/3	1	2							
10		1/4	1/2	1		maxW=	0,412				
11											
12		1	2	2		Матриця	C	C1	C2	C3	
13	C2=	1/2	1	1/2		CI=	0,019	0,013	0,030	0,000	
14		1/2	2	1		RI=	0,66				
15						CR=	0,029	0,019	0,046	0,000	
16						Узгоджена:	ТАК	ТАК	ТАК	ТАК	
17											
18		1	1/2	1							
19	C3=	2	1	2		Рішення:	A2	найкраща альтернатива			
20		1	1/2	1							

Рис. 5. Прийняття рішення з використанням узгоджених матриць парних порівнянь.

Аналогічно, аналізуючи матрицю  $C_2$ , приходимо до висновку, що за критерієм  $K_2$  альтернатива  $A_1$  дещо переважає  $A_3$  ( $c_{13}^2 = 2$ ). У той же час,  $A_1$  поступається альтернативі  $A_2$  ( $c_{12}^2 = 3^{-1}$ ), а  $A_3$  поступається  $A_2$  ( $c_{23}^2 = 2^{-1}$ ). Звідси слідує, що  $A_1$  поступається  $A_3$ . Подолати це протиріччя можна встановивши, наприклад,  $c_{12}^2 = 2$ , що підтримує думку про те, що за критерієм  $K_2$  альтернатива  $A_1$  дещо переважає  $A_2$ . Тоді, автоматично одержуємо  $c_{21}^2 = 2^{-1}$ , і матриця  $C_2$  стає узгодженою (див. рис. 5).

Так само, можна досягти й узгодженості матриці  $C_3$ , де логічна суперечність полягає в тому, що за критерієм  $K_3$  альтернатива  $A_1$  рівнозначна  $A_3$  ( $c_{13}^3 = 1$ ), але при цьому  $A_1$  значно поступається  $A_2$  ( $c_{12}^3 = 2^{-1}$ ), й одночасно  $A_2$  так само суттєво поступається альтернативі  $A_3$  ( $c_{23}^3 = 2^{-1}$ ). Отже,  $A_1$  не може бути рівнозначною  $A_3$ . Це протиріччя долається, якщо, наприклад, ОПр змінить свою думку, встановивши, що  $A_2$  дещо переважає  $A_3$ . Тоді,  $c_{23}^3 = 2$  і  $c_{32}^3 = 2^{-1}$ , і матриця  $C_3$  також стає узгодженою (див. рис. 5).

Очевидно, що зміна вихідних даних у розрахунку змінює й рішення, що формується автоматично. Рішення, одержане розрахунковим шляхом з використанням узгоджених матриць парних порівнянь, що відповідають умові  $CR \leq 0,1$ , вважається вірним (див. рис. 5).

Ієрархічна модель прийняття рішень в умовах визначеності, може бути ефективно реалізована з використанням стандартних можливостей електронних таблиць, що дозволяє змоделювати аналітичну підсистему інформаційної системи підтримки прийняття рішень у середовищі електронних таблиць. Перспективою подальших досліджень є вивчення можливостей комп'ютерної реалізації математичної моделі прийняття групових рішень засобами електронних таблиць.

### Список літератури

1. Бутко І.М., Машенко В.П. та ін. Теорія прийняття рішень. К. : «Центр учбової літератури», 2015.
2. Горда І.М., Флегантов Л.О. Комп'ютерне моделювання процесу механічного руху тіла засобами MS Excel. *Інформаційні технології і засоби навчання: електронне фахове видання*. Ін-т інформ. технологій і засобів навчання НАПН України, Ун-т менеджменту освіти НАПН України: 2015. № 3 (47). URL: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1245>.
3. Кушлик-Дивульська О.І., Кушлик Б.Р. Основи теорії прийняття рішень. К., 2014.
4. Присяжнюк-Кропивницький О.В. Практикум з теорії прийняття рішень. ЦДПУ імені В.Винниченка, 2018.
5. Ус С.А., Коряшкіна Л.С. Моделі й методи прийняття рішень. Д.: НГУ, 2014.
6. Флегантов Л.О., Канівець І.М. Моделювання руху тіла у щільному середовищі засобами MS Excel. *Актуальні питання природно-математичної освіти : збірник наукових праць*. Вип. 7-8. 2016. С. 242-250.
7. Флегантов Л.О., Овсієнко Ю.І. Диференційований підхід у навчанні студентів аграрних вузів основам математичного моделювання з використанням MS Excel. *Інформаційні технології і засоби навчання: електронне фахове видання*. 2016. № 4 (54). С. 165-182. URL: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php>

/itlt/article/view/1407.

8. Hamdy A. Taha Operations Research. An Introduction. 10th Ed. Pearson, 2017.

9. Sven Ove Hansson. Decision Theory: A Brief Introduction Department of Philosophy and the History of Technology Royal Institute of Technology (KTH). Stockholm, 2015. URL: [https://www.researchgate.net/publication/210642121\\_Decision\\_Theory\\_A\\_Brief\\_Introduction](https://www.researchgate.net/publication/210642121_Decision_Theory_A_Brief_Introduction).

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПРОГРАМУВАННЯ НА СТОРОНІ WEB-СЕРВЕРА**

Москаленко А.О., Івко С.О., Дунькович Є.А.

Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет  
імені академіка Юрія Бугая»

Київ, Україна

Івко С.О.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Дунькович Є.А.

Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет  
імені академіка Юрія Бугая»

Київ, Україна

Одним із напрямів формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів вищої освіти Закладу вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» є процедура вибору вибірових освітніх компонент здобувачами вищої освіти. Процедура вибору регулюється положенням «Про вибірові дисципліни у Закладі вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»» [1].

З метою забезпечення анонімності та автоматизації процесу вибору вибірових освітніх компонент здобувачами вищої освіти Закладу вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» розпочата розробка відповідного програмного забезпечення.

На першому етапі розробки здійснено обґрунтування вибору засобів програмування на стороні WEB-сервера. Проведено аналіз найбільш розповсюджених мов програмування, що використовуються для backend розробки:

- JavaScript – мова програмування, підтримує об'єктно-орієнтований, імперативний і функціональний стилі. Є реалізацією специфікації ECMAScript;

- Python – мова програмування високого рівня загального

призначення з динамічною строгою типізацією і автоматичним управлінням пам'яттю, орієнтована на підвищення продуктивності розробника, читання коду і його якості, а також на забезпечення сумісності написаних програм;

- Ruby – динамічна, рефлексивна, мова програмування високого рівня. Має незалежну від операційної системи реалізацію багатопотоковості, сильну динамічну типізацію. За особливостями синтаксису близька до мов Perl і Eiffel, по об'єктно-орієнтованого підходу – до Smalltalk, деякі риси мови взяті з Python, Lisp, Dylan і Клу;

- PHP – скриптова мова загального призначення, досить часто застосовується для розробки веб-додатків;

- Java – строго типізована об'єктно-орієнтована мова програмування загального призначення, розроблена компанією Sun Microsystems;

- C# (.Net) – об'єктно-орієнтована мова програмування. Розроблена в 1998-2001 роках групою інженерів компанії Microsoft під керівництвом Андерса Хейлсберга і Скотта Вільяма як мова розробки додатків для платформи Microsoft .NET Framework;

- Perl – динамічна мова програмування високого рівня загального призначення, створена Ларрі Уоллом, лінгвістом за освітою. Основною особливістю мови вважаються великі можливості для роботи з текстом, в тому числі робота з регулярними виразами, вбудованими в синтаксис;

- Scala – мова програмування, спроектована для простого і швидкого створення компонентного програмного забезпечення, що поєднує можливості функціонального і об'єктно-орієнтованого програмування;

- Kotlin – статично типізована, об'єктно-орієнтована мова програмування, що працює на Java Virtual Machine, розробляється компанією JetBrains.

За результатами проведеного аналізу, для подальшого розгляду було обрано мови JavaScript та PHP.

До основних переваг PHP можна віднести [2]:

1. Орієнтація на веб-розробку – PHP створювалася, розвивалася і підтримується як мова для створення веб-сайтів. Багато конструкцій створені для зручності роботи в веб-середовищі.

2. Кросплатформеність – PHP підтримується сучасними операційними системами: можна розробляти сайт в Windows, Mac OS, а експлуатувати на Linux-сервері. Складнощі перенесення будуть мінімальні і нівелюватися мовою.

3. Безкоштовність – PHP є вільним програмним забезпеченням, не потрібно платити ні за саму мову, ні за більшість відповідних програм

(редактори, веб-сервери, бази даних).

4. Низький поріг входу – вивчити PHP і почати створювати на ньому готові програми багато простіше, ніж з використанням конкуруючих технологій (.NET, Python, Ruby, Go).

Основними недоліками PHP є [2]:

1. Відсутність лідера – багато технологій і мов програмування мають лідера, архітектора, який визначає вигляд технології, задає вектор розвитку, приймає рішення про те, що повинно бути обов'язково, а чого не буде ніколи (Linux, Python, Ruby і т.д.). У PHP лідера немає, багато рішень і конструкцій – компроміс зацікавлених груп і історично сформованих реалій.

2. Непослідовний синтаксис – при вивченні мови PHP, особливо старої частини, заснованої на функціях, можна помітити, що частина функцій має префікси `array_`, `str_`, частина не має.

3. Довгий життєвий цикл – коли мова тільки з'являється, вона досить елегантна і внутрішньо узгоджена. У міру життєвого циклу мова обростає додатковими ключовими словами, артефактами, застарілими конструкціями, які начебто працюють, але якими не рекомендується користуватися.

4. Роз'єднаність розробників – це одна з перших технологій для розробки веб-проектів, половина Інтернету створена з її участю. У розробку PHP одночасно було залучено величезну кількість програмістів по всьому світу. Все це породило велике число самих різних підходів, фреймворків і несумісних одна з одної екосистем.

До основних переваг JavaScript відносяться [3]:

1. Швидкість – оскільки JavaScript є інтерпретованою мовою, вона скорочує час, котрий необхідний для компіляції іншими мовами програмування. JavaScript є клієнтським скриптом, яка пришвидшує виконання програми, оскільки вона економить час, необхідний для підключення до сервера.

2. Легкість – JavaScript легко зрозуміти і вивчити. Структура проста як для користувачів, так і для розробників.

3. Популярність – оскільки всі сучасні браузери підтримують JavaScript, її можна побачити практично скрізь. Всі відомі компанії використовують JavaScript в якості інструменту, включаючи Google, Amazon, PayPal і т.д.

4. Взаємодія – JavaScript відмінно працює з іншими мовами програмування, тому багато розробників віддають перевагу JavaScript при розробці додатків. Існує можливість вбудувати її в будь-яку веб-сторінку або в скрипт іншої мови програмування.

5. Зменшення навантаження сервера – оскільки JavaScript працює на

стороні клієнта, можлива перевірка даних в самому браузері, а не на сервері. У разі будь-яких розбіжностей весь сайт не потрібно перезавантажувати, браузер має можливість оновити тільки певний сегмент сторінки.

6. Багаті інтерфейси – JavaScript надає розробникам різні інтерфейси для створення унікальних веб-сторінок.

7. Розширена функціональність – сторонні надбудови, такі як Greasemonkey (розширення Mozilla Firefox) дозволяють розробникам додавати фрагменти зумовленого коду в свій код, щоб заощадити час і гроші. Ці доповнення допомагають розробникам створювати JavaScript-додатки набагато швидше і з більшою легкістю, ніж інші мови програмування.

8. Менше накладних витрат – JavaScript підвищує продуктивність веб-сайтів і веб-додатків за рахунок скорочення довжини коду. Код містить менше накладних витрат завдяки використанню різних вбудованих функцій для циклів, доступу до DOM і т.д.

До недоліків JavaScript належать [3]:

1. Безпека на стороні клієнта – оскільки код JavaScript доступний для перегляду користувачем, його можуть використовувати в зловмисних цілях, наприклад для несанкціонованого доступу до серверу.

2. Підтримка браузера – браузері по-різному інтерпретують JavaScript. Таким чином, код повинен бути запущений на різних платформах перед публікацією. Старі браузері не підтримують деякі нові функції, і є потреба їх перевірити.

3. Відсутність засобів налагодження – хоча деякі редактори HTML підтримують налагодження, вони не такі ефективні, як редактори C/C++. Крім того, оскільки браузер не відображає ніяких помилок, розробнику важко виявити проблему.

4. Одиночне спадкування – JavaScript підтримує лише одиночне спадкування. Деякі програми можуть вимагати цієї об'єктно-орієнтованої характеристики.

5. Погана побітова функція – JavaScript зберігає число як 64-бітове число з плаваючою комою, оператори працюють з 32-бітними бітовими операндами. Таким чином, JavaScript перетворює число в 32-розрядні цілі числа зі знаком, оперує ними і перетворює їх назад в 64-розрядні числа JavaScript. Таке безперервне перетворення збільшує час, необхідний для запуску скрипта, і знижує швидкість виконання.

6. Зупинка рендеру – одна помилка коду може зупинити рендеринг всього коду JavaScript на веб-сторінці. Для користувача це виглядає так, як ніби JavaScript відсутній. На сьогодні браузері надзвичайно терпимі до цих помилок.

Таким чином, в роботі проведено аналіз сучасних мов програмування на стороні WEB-сервера. За результатами аналізу, у якості мови програмування на стороні WEB-сервера, при розробці програмного забезпечення автоматизації процедури вибору вибіркових освітніх компонент здобувачами вищої освіти у Закладі вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая», було обрано JavaScript, технології node.js і typescript.

### Список літератури

1. Положення про вибіркові дисципліни у Закладі вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» ухвалене рішенням Вченої ради ЗВО «МНТУ» протокол №07/2021 від 24.06.2021.
2. Кузнецов М. В. Самоучитель PHP 7 / М. В. Кузнецов, И. В. Симдянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 448 с.: ил.
3. Javascript плюсы и минусы: JavaScript — лучший язык программирования для начинающих. Так это или нет? URL: [https://xn--90abhc7b.xn--p1ai/raznoe/javascript-plyusy-i-minusy-javascript-luchshij-yazyk-programmirovaniya-dlya-nachinayushhix-tak-eto-ili-net.html#\\_JavaScript-15](https://xn--90abhc7b.xn--p1ai/raznoe/javascript-plyusy-i-minusy-javascript-luchshij-yazyk-programmirovaniya-dlya-nachinayushhix-tak-eto-ili-net.html#_JavaScript-15).

## GOOGLE OPTIONS AS DISTANCE LEARNING TOOLS

Krasota O.

Poltava State Agrarian University  
Poltava, Ukraine

In modern conditions of latent quarantine and periodic COVID-outbreaks of teaching general and professional disciplines in higher education institutions are carried out both directly in classrooms, and remotely. Therefore, the use of distance learning is particularly relevant.

The aim of this thesis is to describe the advantages and disadvantages, as well as the skills of working in a distance learning environment.

There are some advantages of distance education. They are:

Distance education is distinguished from traditional forms by the following characteristics.

1. Flexibility. It is the possibility to study at a convenient time and place. Time for mastering the discipline is not regulated.
2. Modularity. The possibility to form a curriculum to meet individual or group needs from a set of independent training courses-modules.
3. Parallelism. You can education in parallel to vocational training, i.e. in-service training.
4. Coverage. Multiple sources of learning information (digital libraries, databases, knowledge bases, etc.) are accessed simultaneously by a large



number of learners.

5. Cost-effectiveness. Efficient use of space, technology and vehicles, concentrated and unified presentation of educational information, and multiple access to information reduce the cost of training.

6. Technological efficiency. Using of the latest information technologies in the educational process.

7. Social equity. Equal opportunities for education regardless of place of residence, health status, elitism and material security of the student (in most cases, obtaining education in a distance mode is much cheaper than in traditional mode).

8. Internationality. You can export and import of world achievements in the market of educational services [2].

MOODLE learning environment is used for distance learning. This environment contains all courses of disciplines, and each student can «log in» and work with one or another course. MOODLE is distributed free of charge as an Open Source project [1].

This system implements the philosophy of «social constructivism pedagogy» and focuses on the organization of interaction between teachers and students, is also suitable for traditional distance courses and distance learning support.

The mentioned environment has the following advantages (from the author's point of view):

1. It allows placing educational and methodological support of a discipline in a structured form.

2. It is equipped with convenient tools for accounting and monitoring of students' work.

3. It is possible to set the required deadlines for students' assignments.

4. It has ample opportunities for modifying, extending, supplementing and adjusting the teaching and learning materials of the discipline.

5. It allows you to create tests to monitor the knowledge of students with different types of questions.

6. Teaching materials are protected from unauthorized access, modification and damage (destruction) [1].

Along with this, the described environment has a number of disadvantages, and the main one is the lack of opportunity to teach disciplines in video-conference mode, which greatly complicates the conduct of lectures and practical classes, in addition the organizational elements of distance learning (from last year's experience) takes a lot of time.

Consequently, each HEI tries to organize distance learning courses in a way that is as close as possible to classroom teaching. The use of such Google options as Google calendar and Google-meet helps a lot in this. These options,

in our opinion, are complementary for the organization of learning activities. They allow you to allocate teacher time according to the timetable, to «link» student groups via corporate mailboxes to the appropriate class. This option also allows you to set or rotate the timetable if it changes periodically.

The Google calendar option is linked to another Google option, Google meet (video conferencing mode). In this option, pre-connected students can «attend» a video lesson. This option allows you to use the «whiteboard» and take notes on it. But in my opinion, it is more convenient to use the «notes» function for this purpose.

Conclusions. Thus, the use of modern IT achievements allows bringing the learning process as close to reality as possible.

#### Reference:

1. Educational environmental MOODLE: it's advantages and disadvantages <https://knowledge.allbest.ru/programming/d2c0b65635a2ac78a5c43b89421316c27>.
2. Методика викладання у вищій школі. URL: <https://pidru4niki.com>.

## ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЗОРОСТІ ТА ВІДКРИТОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНУ ВЛАДИ

Сердюк О.І., Денисенко О.С.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Тернова Т.І.

Херсонська державна морська академія

Херсон, Україна

Цифрова трансформація суспільства і викликані нею зміни в організації влади суттєво впливають на розвиток територіальних громад, що утворились у процесі децентралізації влади в Україні. Одним із сучасних трендів є активне впровадження в діяльність органів влади системи цифрового урядування. Більш активно це відбувається в містах, але останнім часом набуло поширення і в новостворених територіальних громадах.

Мова йде про впровадження нових, цифрових процесів та сучасних технологічних рішень, поширення мережевих комунікацій, незалежних від впливу Центру, оволодіння цифровими інструментами реалізації розширених повноважень територіальних громад у сферах освіти, охорони здоров'я, соціального захисту, енергетики, громадського транспорту, питань громадської безпеки тощо.

Здійснена спроба визначити кількісні та якісні характеристики прозорості та відкритості діяльності Миргородської міської ради та

виконавчого комітету шляхом моніторингу структури сайту міста Миргорода та спектру його е-сервісів, що забезпечують розвиток е-демократії на місцевому рівні.

Згідно Методології оцінки рівня забезпечення доступу до публічної інформації суб'єктами владних повноважень, розробленої в рамках проєкту «Зміцнення потенціалу Секретаріату Уповноваженого Верховної Ради України з прав людини» (Програма розвитку ООН в Україні), якісні характеристики інформаційної відкритості були визначені за допомогою таких критеріїв: повноти, актуальності, навігаційної доступності та доступності форматів розміщено на офіційних сайтах інформації [1].

В процесі моніторингу сайту міста Миргорода як офіційного сайту Миргородської міської ради та виконавчого комітету [2] проведено контент-аналіз наявності необхідної публічної інформації відповідно до затверджених інформаційним законодавством вимог. Цей метод являв собою онлайн-перевірку вмісту офіційного сайту в Інтернеті в режимі онлайн для встановлення наявності чи відсутності певних кількісних та якісних характеристик. Параметри аналізу запозичені з вищезазначеної методології, оцінка здійснювалася з врахуванням рівня наповнюваності (0-100 %).

За результатами моніторингу офіційного сайту Миргородської міської ради та виконавчого комітету найбільший рівень відкритості мають: відомості про надання послуг (в тому числі адміністративних – 100 %), інформація про закупівлю товарів, робіт, послуг за бюджетні кошти (100 %), бюджетна інформація (100 %); інформація про роботу ради (83 %), інформація щодо кадрового забезпечення (80 %); загальна інформація (63 %), інформація про структуру органу влади (63 %). Досить високу оцінку сайт отримав за критеріями зручності сприйняття інформації (63 %). Разом з тим, відсутні: загальна інформація про орган влади; відомості про постійні та тимчасові депутатські комісії; відкриті дані (реєстри, паспорти, набори відкритих даних); інформація про громадські обговорення та слухання; відомості про оскарження рішень, дій (бездіяльності).

За рядом параметрів інформація на офіційному сайті подається не систематизовано, для неї не створено спеціальних розділів, знайти її можна лише за пошуком. Пошук офіційних документів громади, що оприлюднюються (розпоряджень, рішень, проєктів рішень) ускладнений. Відсутній повний спектр інформації про звернення громадян. Однак, використовується такий компонент офіційного сайту як публічні консультації за допомогою анкет (зокрема, опитування підприємців, щодо їх поточних потреб і проблем, а також перспектив співпраці з громадою).

В цілому, офіційний сайт Миргородської міської ради та виконавчого комітету функції щодо забезпечення доступу до публічної інформації виконує досить якісно. Цифровізація громади, яку визначено пріоритетним напрямом діяльності Миргородської міської ради та виконавчого комітету, означає впровадження різного роду електронних сервісів, які спрощували б надання послуг для жителів міста.

В Україні існує цілий ряд єдиних платформ е-сервісів, що дозволяють створити дієві механізми використання сучасних інструментів е-демократії на рівні територіальних громад. Офіційний сайт Миргородської міської ради та виконавчого комітету спирається на такі платформи спільного користування як Система візуалізацій «Відкритий бюджет», Бюджет громади (open budget), Єдиний веб-портал використання публічних коштів.

Крім того, на офіційному сайті Миргородської міської ради та виконавчого комітету працює і оновлюється платформа Smart City, що означає безпосереднє впровадження електронної демократії. На цій платформі зібрано всі е-напрацювання, які є на сьогодні в місті у різних напрямках та галузях. Насамперед, це можливість подання звернення чи петиції («Місцеві петиції»); отримання пропозицій, обговорення актуальних питань, тощо («Консультації з громадськістю»); впровадження цифрових технологій в освіті і медицині (можна записатися на прийом до лікаря, перевірити успішність дитини через систему «Моя школа»); інформація для бізнесу та інвестування («Як відкрити бізнес»); послуги ЦНАПу; проекти громадського бюджету; розділ «Транспорт онлайн»; відео з камер («Веб-камери міста»). Сервісами платформи Smart City є також «Транспорт онлайн», «Записати дитину в дитячий садок», «Віртуальний тур», «Публічна кадастрова карта», «Бюджет громади», «Відкриті дані», «Відкрите місто», «Карта ремонтів».

Офіційний сайт Миргородської міської ради та виконавчого комітету пропонує також такі власні сервіси як «Миргородський відділ поліції» та «Миргородводоканал».

З офіційного сайту пропонується вихід на зовнішні е-сервіси, платформи та корисні для бізнесу і громадян сайти, більшість з яких важливі для отримання публічної інформації. Зокрема, це е-сервіс «Я маю право», освітній портал Полтавський обласний центр зайнятості, сайт Асоціації міст України, портали Полтавської обласної ради та Полтавської обласної державної адміністрації.

З метою створення добрих умов для розвитку Миргородської міської територіальної громади, ефективної реалізації функцій органів місцевого самоврядування, підвищення комунікативної та суспільно-корисної

активності громадян, посилення їх участі у вирішенні питань місцевого значення запропоновано розширити пакет е-сервісів сайту міста Миргорода. До цього пакету доцільно віднести онлайн-платформу «Єдина системи електронних публічних закупівель» (ProZorro), що дозволить використати аналітичні інструменти для контролю та моніторингу публічних закупівель (DOZORRO), та «Консультації з громадськістю». Крім того, на офіційному сайті має з'явитися е-сервіс «Онлайн звернення». Доцільно реалізувати плани по цифровізації житлово-комунальної сфери, насамперед, сплати комунальних послуг. Цифровізація туристичних маршрутів стане підтримкою важливого напрямку соціально-економічного та культурного розвитку даної території.

Очікується, що вищезгадані е-сервіси сприятимуть діяльності територіальної громади та Миргородської міської ради за напрямками: залучення населення до участі у вирішенні питань місцевого та загальнодержавного значення; володіння, використання та управління комунальною власністю; забезпечення комплексного соціально-економічного та культурного розвитку території; надання соціальних послуг населенню, соціальний захист населення, сприяння працевлаштуванню громадян; забезпечення законності, громадської безпеки, правопорядку, охорона прав, свобод і законних інтересів громадян; захист інтересів і прав місцевого самоврядування.

Сайт міста Миргорода має бути доступним для людей з вадами зору. Питання стандартів або методичних рекомендацій щодо розробки адаптованих веб-сайтів в Україні залишається не вирішеним. Єдиним варіантом на сьогодні є використання рекомендацій інших країн та міжнародних методичних рекомендацій.

Рекомендовано реалізувати такий основний принцип закладений у зарубіжних стандартах та рекомендаціях доступності веб-сайтів для людей з обмеженими можливостями (The Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0); Розділ 508 Закону про Реабілітацію США) – максимальна адаптація веб-сайтів до інструментів доступності, таких як текстове озвучування або використання без прив'язки до кольору. Він включає в себе: заповнення атрибутів альтернативного тексту (alt) для всіх графічних елементів, що мають не декоративну функцію, з чітким описом зображення та його функції; додання окремих файлів субтитрів для всіх аудіо та відео-матеріалів; спрощення та коректне створення таблиць, з чітким зазначенням рядків та стовпчиків заголовків та відповідності комірок таблиці заголовкам; адаптація для перегляду сторінки без прив'язки до кольорів; створення форм внесення інформації з послідовними логічними переходами між полями, наявністю всіх

підписів та підказок щодо заповнення [3].

Обґрунтовані вище кроки нарощування цифрового потенціалу територіальної громади міста Миргород сприятимуть таким соціальним результатам: досягненню необхідного рівня ефективності та результативності діяльності Миргородської міської ради та виконавчого комітету; здатності приймати ефективні управлінські рішення (збирати та зберігати статистику протягом багатьох років, аналізувати інформацію, яка може планувати негайні дії та швидко реагувати на виклики суспільства); визначенню найкращої практики (врахування даних за попередні роки, наявність прогнозів на майбутні періоди дозволяє розробити план дій для досягнення найбільш ефективного результату); можливості обміну уніфікованими документами; зменшенню ризику корупції на всіх рівнях та у всіх сферах (громадяни не спілкуються безпосередньо з представниками влади, а отримують послуги в Інтернеті); вдосконаленню процесу контролю та прозорості (у сфері управління та аналізу рішень); доступу до адміністративних послуг під час карантину (ЦНАП онлайн).

#### Список літератури

1. Методологія оцінки рівня забезпечення доступу до публічної інформації суб'єктами владних повноважень. К.: ЦПСА «Ейдос», 2016. 76 с.
2. Місто курорт Миргород. URL: <http://myrgorod.pl.ua>.
3. Як державні установи мають адаптувати свої сайти для людей із вадами зору. *Egap*. URL: <https://egap.in.ua/novyny/yak-derzhavni-ustanovy-mayut-adaptuvaty-svoyi-sajty-dlya-lyudej-iz-vadamy-zoru>.

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ І АРХІТЕКТУРИ ВЕБ-СЕРВІСІВ

Копішинська О.П., Уткін Ю.В., Скриль В.К.  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Автоматизована обробка інформації засобами інформаційних систем (ІС) була і залишається важливим фактором підвищення ефективності діяльності будь-якої організації. Інформаційна система включає обов'язкові компоненти обробки інформації, зовнішні та внутрішні канали передавання. Способи та ефективність реалізації завдань ІС в значній мірі залежать від її архітектури. За визначенням IEEE архітектура – це базова організація системи, що знайшла втілення в її компонентах, їхній взаємодії між собою та оточенням, а також принципи, що визначають проєктування і розвиток системи [1].

Сьогодні існують доволі регламентовані вимоги до архітектури і складу ІС, у відповідності до яких системі необхідно: мати розподілену

модульну архітектуру; централізований доступ до інформації та забезпечувати централізоване управління; оптимізувати вартість утримання елементів системи (обслуговування серверів, налаштування конфігурації робочих станцій, оновлення версій тощо); підтримувати інтерфейси взаємодії з іншими системами; мати мінімальні вимоги до робочих місць користувача; відповідати високим показникам якості, надійності, стабільності, безпеки, швидкодії.

Сучасний стан розвитку ІТ вимагає знання та вміння застосовувати засоби сервіс-орієнтованого підходу при розробці інформаційних систем розподіленої обробки інформації, що забезпечуються використанням технологій вебсервісів та організації їх узгодженого виконання.

Архітектура вебдодатків або архітектура вебсервісів передбачає надання деякого сервісу, доступного в мережі інтернет, через спеціальний додаток.

Останніми роками дедалі частіше застосовується гнучка парадигма для розробки вебдодатків з великою кількістю даних, що спираються на вибір та повторне використання сторонніх компонентів. Паралельно з'явилася веб-орієнтована архітектура (WOA), яка включила поняття, що лежать в основі сервіс-орієнтованої архітектури (SOA), передачі стану повторної презентації (REST) та веб-додатків [2]. Зокрема, WOA сприяла успіху служб RESTful для доступу до даних із вебджерел; публічних сховищ, де ці послуги з надання даних у вигляді веб-API надаються спільноті розробників.

За визначенням Gartner Glossary веборієнтована архітектура (WOA) – це підтип архітектури, орієнтованої на обслуговування (SOA), яка використовує вебархітектуру. Він підкреслює загальність інтерфейсів (користувальницькі інтерфейси та API) через п'ять основних загальних обмежень інтерфейсу: ідентифікація ресурсу (наприклад, єдиний ідентифікатор ресурсу [URI]), маніпулювання ресурсами через представлення (наприклад, HTTP), самоописні повідомлення (наприклад, багатоцільові розширення інтернет -повідомлень [MIME] типів, гіпермедіа як двигун стану програми (наприклад, посилання) та нейтральність додатків [3].

Веб-орієнтована архітектура – це новий архітектурний стиль, заснований на архітектурі, орієнтованій на обслуговування. У цій новій парадигмі кожна функціональність прив'язана до служби. Кожна служба спілкується з іншими службами за допомогою полегшеного протоколу зв'язку, найчастіше це REST. Нік Галл, аналітик Gartner, який ввів термін WOA, запропонував просту формулу для опису WOA:

$$\text{WOA} = \text{SOA} + \text{WWW} + \text{REST}. \quad (1)$$

Існує два основних типи вебсервісів: сервісно-орієнтований протокол архітектури (SOAP) та репрезентативна передача стану (REST). Вони обидва забезпечують такі ресурси, як обробка, бази даних, сховище тощо, а також підтримують взаємодію та нещільно пов'язані архітектури. Вебслужби REST – це вебслужби, які надають ресурси в інтернеті, такі як вебслужби SOAP.

За призначенням, REST API – це прикладний програмний інтерфейс (API), який використовує HTTP-запити для отримання, вилучення, розміщення і видалення даних. Абревіатура REST в контексті API розшифровується як «передача стану уявлення» (Representational State Transfer) [4]. Певні аспекти даного визначення потребують більш детального роз'яснення.

API (від англ. Application programming interface – «інтерфейс програмування додатків») – набір готових класів, процедур, функцій, структур і констант, що надаються додатком (бібліотекою, сервісом) для використання в зовнішніх програмних продуктах. API визначає, як одна програма повинна взаємодіяти з цією іншою, діє як інтерфейс між ними, дозволяє їм спілкуватися.

Перед застосуванням API варто враховувати: усі вебсервіси це API, але не всі API є вебсервісами.

Вебсервіси можуть не містити всіх специфікацій, на відміну від API, та не можуть виконувати всі завдання, які виконуватимуть API.

Вебсервіс використовує тільки три стилі використання: SOAP, REST і XML-RPC для зв'язку, тоді як API може використовувати будь-який стиль для зв'язку, наприклад, DLL файлів в C/C++, Jar файли/RMI в Java, переривання в Linux ядро API тощо.

Вебсервісу завжди потрібен вхід до мережі для роботи, тоді як API працюють без мережі.

API спрощує взаємодію з додатком, тоді як вебсервіс не має засобів, безпосередньо пов'язаних з будь-яким додатком.

Веб-API базується на чотирьох основних архітектурних стилях: HTTP для забезпечення зв'язку клієнт-сервер; XML/JSON для форматування; простий URI як адреса для сервісів; комунікація без зазначення статусу.

API REST (або RESTful) заснований на передачі стану уявлень, архітектурному стилі і підході до комунікацій, які часто використовуються при розробці вебслужб. Деякі вебпрограмісти віддають перевагу технології SOAP, яка вважається більш надійною, але вона програв по швидкості.

Основні принципи REST API визначені в дисертації його творця Роя Філдінга. Основні з них є: єдиний інтерфейс; розмежування клієнта і сервера; відсутність збереження стану; кешування завжди дозволено;



система має бути багаторівневою; код за запитом. Детальніше, ці принципи означають наступне.

Ресурси мають бути однозначно ідентифіковані за допомогою однієї URL-адреси і тільки за допомогою базових методів мережевого протоколу (DELETE, PUT, GET, HTTP).

Всі клієнт-серверні операції повинні відбуватись без збереження стану. Будь-яке необхідне управління станом повинно здійснюватися на боці клієнта, а не на сервері.

REST API допускає архітектуру, яка складається з декількох рівнів серверів. У більшості випадків сервер відправляє назад статичні уявлення ресурсів в форматі XML або JSON. Однак при необхідності сервери можуть відправляти виконуваний код безпосередньо клієнтові.

Стандарти. До REST API розробники використовували SOAP. Їм доводилося вручну писати документ XML з віддаленим викликом процедур (RPC) в тілі. У 2000 р. Роєм Філдіном було створено такий стандарт, щоб один сервер міг спілкуватися з будь-яким іншим, незалежно від його типу. Він визначив REST і архітектурні обмеження для API, які описав у своїй докторській дисертації. Ці універсальні правила полегшують розробникам інтеграцію програмного забезпечення [5].

API-інтерфейси RESTful використовують для додавання функціональності на свої вебсайти і додатки. Сьогодні такі інтерфейси вважаються «основою інтернету». Аутентифікація REST API залежить від контексту використання. У деяких випадках сторонній додаток вважається іншим зареєстрованим користувачем з певними правами та дозволами. Наприклад, при створенні напрямків з API-карти. В інших випадках сторонній додаток використовується зареєстрованим користувачем і може отримати доступ тільки до його даних. Суттєвий недолік REST API – слабка стійкість до злому. Щоб забезпечити ресурси, потрібно дотримуватися наступних рекомендацій: використовувати HTTPS; застосовувати надійний метод автентифікації; користуватися CORS для обмеження викликів на стороні клієнта конкретними доменами; забезпечити мінімальну функціональність - не створювати опції DELETE, які не потрібні; перевірити всі URL кінцевої точки і дані тіла (body); уникати виставлення токенів API в клієнтському JavaScript; заблокувати доступ з невідомих доменів або IP-адрес; блокувати несподівано великі корисні навантаження; обмежувати швидкість для запитів, що використовують один і той же токен REST API або IP-адреса; налаштовувати відповіді у відповідності до коду стану HTTP і кешування заголовка; реєструвати запити і моніторити збої.

Архітектура REST API найкраще відображується в запиті вебслужби.

Архітектура включає: URL-адресу кінцевої точки; метод HTTP; заголовки HTTP; дані тіла (body), зазвичай передаються в тілі HTTP ідентично HTML-поданням або шляхом відправки одного рядка даних в кодуванні JSON; URL-адресу кінцевої точки.

Додаток з REST API буде визначати одну або кілька URL-адрес кінцевих точок з доменом, портом, шляхом, рядком запиту. Різні методи HTTP можна використовувати на будь-якій кінцевій точці, яка зіставляється з операціями створення, читання, оновлення та видалення (CRUD) додатку. Основні методи HTTP включають основні запити: GET; POST; PUT; DELETE. Токени автентифікації або файли cookie, можуть бути в заголовку HTTP-запиту.

Отже, REST API розбиває послідовність обміну інформацією, створюючи серію невеликих модулів. Кожен модуль, в свою чергу, звертається до певної базової частини транзакції (послідовності). Така система дає розробникам величезні можливості, але з одним застереженням: фахівець повинен вміти розробляти власний REST API з нуля.

Веб-API може використовуватись будь-якими клієнтами, які підтримують HTTP-методи, такі як GET, PUT, DELETE, POST. Оскільки послуги веб-API не вимагають підключення до інтернет, їх може легко використовувати будь-який клієнт. Значною перевагою цієї технології є те, що навіть портативні пристрої, такі як смартфони, планшети можуть легко використовувати веб-API.

### **Список літератури**

1. Web-сайт Інституту розробки програмного забезпечення (SEI). URL: <http://www.sei.cmu.edu/architecture/definitions.html>.
2. Florent Devin. Web-Oriented Architecture – How to design a RESTFull API. URL: <https://doi.org/10.1002/9781119720492.ch14>.
3. Web-oriented architecture (WOA). Gartner Glossary. URL: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/web-oriented-architecture-woa>
4. QAinfo. URL: <https://www.quality-assurance-group.com/category/testuвання-pz/api-testing/>

## **ГНУЧКІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ ПІДПРИЄМСТВ**

Чернікова Н.М.

Полтавський державний аграрний університет,  
Полтава, Україна

В умовах мінливого зовнішнього середовища та невизначеності, класичні усталені методи управління втрачають свою актуальність, і на їх зміну приходять гнучкі та адаптивні Agile-технології (серед яких найбільш поширеними та сучасними є Scrum та Kanban). Розповсюджена думка, що дані технології використовуються переважно при розробці програмного забезпечення, але зарубіжна та вітчизняна практика свідчить, про більш широке застосування даних технологій в різних сферах та галузях, а також при виконанні різних бізнес-процесів підприємств (в торгівлі, будівництві, фінансовій сфері, інноваційній та маркетинговій діяльності, в проектному менеджменті тощо). Agile-технології беруть початок у 1992 році з появи методології Crystal, яка призвела до появи поняття гнучких технологій. Але широкого розповсюдження, не тільки як спосіб розробки програмного забезпечення, а і як сучасний та прогресивний метод управління й загалом як філософія, дані технології набули після підписання Маніфесту розробки програмного забезпечення у 2001 році. Авторами даного маніфесту є 17 розробників різних гнучких методологій, які впродовж багатьох років працювали над пошуком більш досконалих методів розробки програмного забезпечення, втілюючи їх в практичну діяльність. Даним маніфестом було закладено 4 цінності та 12 принципів Agile-технологій. До найбільших цінностей автори віднесли людей та їх взаємодію, продукт, який працює, співробітництво з замовником та готовність до змін. І цьому не можуть перешкоджати «ні усталені процеси та інструменти, ні вичерпна документація, ні погоджені умови контракту та попередньо розроблений план» [1].

Згідно встановлених в Agile-маніфесті принципів, пріоритетними завданнями в роботі компаній є: по-перше, задоволення потреб клієнтів, у зв'язку з чим цілком допустимим є зміна плану на будь-якому етапі проекту і для чого ведеться постійний діалог з замовником; по-друге, забезпечення для команди професіоналів належних умов (матеріально-технічна база, психо-емоційний клімат, атмосфера довіри, можливість самоорганізації, самоаналізу, саморозвитку та самовдосконалення); по-третє, створення готового працюючого продукту та постійне

удосконалення якості проектування, що буде основним показником прогресу та приваблювати інвесторів.

Науковці та практики в галузі менеджменту зацікавившись даними підходами почали активно впроваджувати Agile-технології не тільки в управлінні проектами з розробки програмного забезпечення, а й у інші сфери діяльності з метою підвищення ефективності управління.

Такі популярні Agile-технології як Scrum та Kanban детально описали в своїй роботі В. Приймак та Б. Корж [2], де вони визначають гнучкі методи управління як технології, орієнтовані на продукт та замовника і які дозволяють виконати значні обсяги роботи з високою якістю й за короткі терміни. А проведений авторами порівняльний аналіз традиційних та гнучких методів управління показав, що другі мають переваги завдяки можливостям зміни вимог та виправлення помилок, неформального спілкування та обговорення деталей тощо. Традиційні методи відстають як у відношенні до людей та продукту, так і в організації роботи.

Не дивлячись на всі переваги гнучких технологій та підтверджену світовим досвідом їх ефективність, у практиків все ж таки виникає занепокоєння щодо перетворення роботи з використанням гнучких методів управління на хаос та безвідповідальність. Але це залежить від майстерності та лідерських якостей вищого керівництва, рівня готовності до застосування інноваційних та креативних стилів управління, вміння створювати команду професіоналів налаштованих на досягнення цілей бізнесу.

Перехід від традиційних форм та методів управління бізнес-процесами підприємств на гнучкі може бути поступовим та впроваджуватись локально (наприклад, для того, щоб досягти високого рівня компетенції в Agile всієї компанії, необхідно спочатку випробувати їх на окремих структурних підрозділах або на окремих бізнес-процесах), а також має враховувати складові, що потребують розвитку та без яких неможливо здійснення бізнес-процесів, а саме: гнучкість умов праці та мобільність персоналу; мобільність технологічного обладнання та забезпечення запасами; залученість персоналу до інноваційної діяльності; прибутковість діяльності підприємства тощо [3, 4].

Цілі використання гнучких технологій в управлінні бізнес-процесами: підвищити якість продукції та прискорити його вихід на ринок; підвищити рівень оперативності управління пріоритетами, що змінюються; збільшити продуктивність праці та мотивацію кожного працівника та команд в цілому; зменшити проектні ризики та покращити прозорість ведення бізнесу; знизити витрати на утримання адміністративного персоналу за рахунок розподіленого лідерства;

унікнути дублювання функцій, максимально орієнтуватись при створенні продукту або виконанні послуги на мінливі запити споживачів.

Для досягнення даних цілей, керівництву підприємств, які впроваджують або планують розпочати впровадження Agile-технологій в управління бізнес-процесами, пропонуємо запровадити наступні заходи:

- максимально використовувати технології автоматизації та цифровізації у здійсненні бізнес-процесів, залишаючи для працівників лише інтелектуальні види робіт, а також розширити можливості та способи надбання працівниками нових знань та вмінь;

- забезпечити виконання кожного бізнес-процесу на підприємстві ресурсами в кількості, достатній для повноцінного та безперебійного функціонування. Для цього керівництво повинно мати альтернативні джерела надходження необхідних запасів, виконання робіт та послуг (шляхом використання внутрішніх резервів, за рахунок спроможності працівниками суміщення декількох професій, або ж сторонніми організаціями, наприклад, на умовах аутсорсингу);

- ефективно управляти часом не створюючи напруги в команді по принципу “терміни горять”, закладати час на виконання бізнес-процесів враховуючи можливі непередбачувані обставини й попередній досвід (ретроспективний аналіз), вести пошук шляхів та способів скорочення часу на виконання того чи іншого бізнес-процесу;

- постійно працювати над вивченням індивідуальних потреб клієнтів та масових уподобань шляхом опитування та/або аналізу Великих даних (Big Data), удосконалювати продукт відповідно запитам споживачів, що в результаті сприятиме покращенню фінансових результатів підприємства.

### Список літератури

1. Agile-маніфест розробки програмного забезпечення / перек. з англ. О. Солнцев та ін. URL: <https://agilemanifesto.org/iso/ru/principles.html>
2. Приймак В., Корж Б. Гнучкі моделі управління командною роботою інжинірингових проектів: Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2019. С. 21-27. URL: <http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2020/06/207-21-27.pdf>.
3. Шуляр Р.В. Механізми гнучкості та адаптивності систем управління якістю бізнес-процесів підприємств. *Проблеми системного підходу в економіці*. № 5, 2018. С. 145-150. URL: [http://www.psae-jrnl.nau.in.ua/journal/5\\_67\\_2018\\_ukr/24.pdf](http://www.psae-jrnl.nau.in.ua/journal/5_67_2018_ukr/24.pdf).
4. Лепейко Т.І., Пантелєєв М.С. Розрахунок індексів гнучкості бізнес-процесів промислових підприємств. *Бізнес Інформ*. № 12. 2012. С. 180-183. URL: [https://www.business-inform.net/export\\_pdf/business-inform-2012-12\\_0-pages-180\\_183.pdf](https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2012-12_0-pages-180_183.pdf).

## **ANALYSIS OF SEMANTIC MEANINGS OF PROGRAM CODE ELEMENTS IN THE CONTEXT OF WEB APPLICATION OPTIMIZATION**

Golub V.

St. Augustine College, Chicago, Illinois, USA

Kopishynska O.

Poltava State Agrarian University

Poltava, Ukraine

The purpose of this work is to identify ways to achieve the perfection of program code by taking into account and applying the semantic meanings of names that are most common to different programming languages. Examples given from the authors experience in the field of web application development and SEO optimization. Elements of program code that have a certain semantic meaning, which can be perceived and remembered by the programmer as a meaningful name, value, are found in most programming languages, and especially in the markup codes of web pages HTML.

When it comes to names, names are not just assign to files and folders that store information and are easy to navigate if those names are in some way related to the structure of management business. Names are also assign to variables, classes, identifiers, user functions, forms, and so on. Thus, they have a significant role, so it is worth paying special attention to naming and demonstrate a systematic approach. Many scientific papers and blogs are devoted to the issue of purity of program code, for example, the book by Robert Martin [1], where the rules of name creation have considered from the point of view of their semantic similarity to words of ordinary developer language. The basic rules for creating the names of program elements in different languages are set out in the following paragraphs.

1) False associations should be avoided (the name leads to a misunderstanding of the essence and purpose of the variable).

2) Differences in names must be meaningful. For example, the names of the ProductInfo and ProductData classes are almost indistinguishable because they carry almost the same information; the names Work and TheWork in the code will be difficult to distinguish, and therefore use correctly (the prefix-article has no additional meaning); the same story with the names CustomerInfo vs. Customer.

3) Often when discussing the nuances of the program, the names are pronounced aloud, and therefore they should be convenient to pronounce. A person who utters some incomprehensible abbreviation looks ignorant, and the program is unrepresentable. For comparison, you can say out loud: Private

Date grdnrht or Private Date generation, Private Date Modulation.

4) It's a good idea to use names that are easy to find in the code: `NUMBER_DAYS`, `Night_Temperature`, `season_Summer`. One-letter names are difficult to recognize in code; search engines also do not focus on meaningless words.

5) In modern programming languages, the so-called Hungarian record is no longer relevant, so data type prefixes are outdated: compilers memorize types and ensure their maintenance.

6) It is important to avoid mental transformations: formulations used in terms of the problem and its solutions. One-letter names always need to turn this pronoun into a real concept. The exceptions are array element counters - traditionally `i`, `j`, `k`.

7) Class names should use a range of nouns and their combinations. Method names are always verbs or verb combinations, and according to the language standard. For example, according to JavaBean standards, `read/write` methods form from the value and prefix `get`, `set` and `is` [2].

8) Clarity should be preferred to entertaining value.

9) It is important to find a balance between names in terms of the solution and names in terms of the problem. Programmers write code, and programmers read code, so the terms computer science, algorithms, and patterns use at first, followed by subject area terms. Purely technical concepts should be given technical names. By the way, many of them, on the contrary, migrate to the dictionaries of a wide range of users such as `Account`, `Login`, etc.

10) When creating web pages, if possible, you should use semantic layout. HTML5 has a large set of semantic tags that make it easy to mark blocks and access the appropriate property classes. Instead of the typical block element `<DIV>` it is more progressive to use `<HEADER>`, `<ARTICAL>`, `<FOOTER>` `<NAVBAR>` and others. They not only serve as containers for content and child blocks, but also allow you to navigate the structure of the web page.

11) It is easy to fulfill the conditions of providing elementary indexing of a web page: write a meaningful title in the `<H1>` tag, form a set of keywords, place important text ion the first page and do not overload it with secondary text.

### References

- 1) Martin R. Clean Code: a handbook of agile software crafttsmanship. *Pearson Education, Inc. Prentice Hall*. 2009. P. 448.
- 2) JavaBeans. URL: <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/javabeans-spec.html>.

## **СЕКЦІЯ 2**

### **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

#### **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ**

Борохвостов І.В.

Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України

Київ, Україна

Білокур О.М., Мельник Я.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Київ, Україна

Дослідження авторів спрямоване на запровадження регулятивного інструменту, який здатний визначати належну цільову функцію за критерієм вартості та технічної досконалості, а також здійснювати ефективне управління фінансовими ресурсами враховуючи у досліджуваних об'єктах витрати на стадіях їх життєвого циклу використовуючи апарат нечіткої логіки [1]. Обрання математичного апарату для вирішення таких завдань ґрунтувалося на припущенні, що наявність якісних нечітких описів щодо об'єктів, які досліджуються, можливе за рахунок використання, саме моделей нечіткої логіки, що дозволить забезпечити оцінювання з наступними перевагами:

система на основі нечіткої логіки може апроксимувати будь-яку неперервну функцію з довільною точністю, якщо використовувати набір з  $n(n \rightarrow \infty)$  правил виду «якщо-то», функції належності (ФН), композиції, імплікації та методи приведення до чіткості;

будь-яка математична система може бути апроксимована системою, заснованою на нечіткій логіці за допомогою правил «якщо-то» з подальшою формалізацією засобами теорії нечітких множин;

застосування систем з нечіткою логікою для складних процесів є доцільним, коли немає простої математичної моделі, а знання про процес можна сформулювати тільки в лінгвістичній формі.

Наступним кроком при існуванні альтернатив на ринку під час придбання певних товарів (об'єктів) та отримавши результат щодо оптимальних витрат фінансових ресурсів, запропоновано використовувати імітаційні засоби для кінцевого прийняття рішення щодо їх ефективності таких об'єктів.

Виходячи з вищезазначеного, вирішення багатокритеріальних задач під час прийняття рішення, застосовуючи розроблені авторами моделі



дозволяє зменшити невизначеність. Апробацію таких моделей та використання імітаційних засобів здійснено під час заходів оборонного менеджменту в Міністерстві оборони України на прикладі 4-ох зразків озброєння, які планувалися до закупівлі.

Перша частина дослідження складається з отримання результату в досліджуваних об'єктах щодо балансування ефективності-вартості, який розраховується в вихідному R-шарі, що схематично відображено штучною нейронною мережею (ШНМ) прямого поширення (рис. 1), шляхом згортки часткових результатів в прихованому A- шарі в моделях представлених окремими 3-шаровими пресептронами подача сигналів на які здійснюється нейронами рецепторного S-шару.

Моделі A-слою розроблені на основі теорії нечітких множин використовуючи математичний апарат нечіткої логіки (рис. 2) за алгоритмом Мамдані в середовищі MatLab модуля Fuzzy Logic Toolbox.

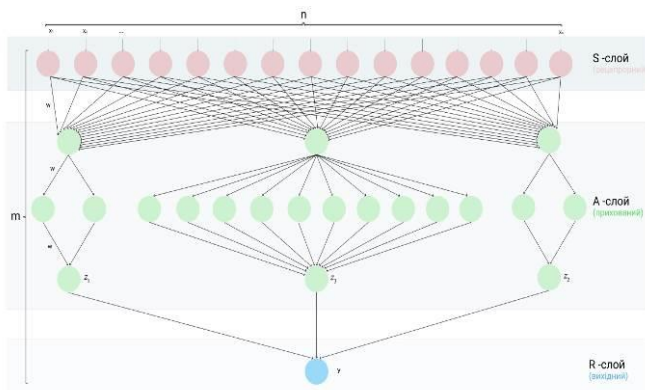


Рис. 1. ШНМ визначення єдиного об'єкта з альтернативних.

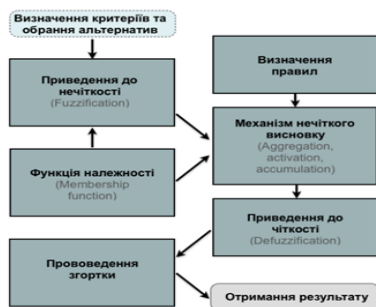


Рис. 2. Загальна схема нечіткого висновку моделей A-шару ШНМ.

Так, перша модель стосується витрат під час розробки, друга під час закупівлі, третя під час використання. Вхідними індикаторами в моделях є множина лінгвістичних змінних « $\beta$ » з відповідними термами « $\alpha$ », а за вихідну лінгвістичну змінну взято Корисність, як міру забезпечення, яку отримує суб'єкт-споживач в постачанні матеріальних засобів (об'єктів, які досліджувалися), що залежить від потреби.

Вхідні лінгвістичні змінні є значення, які представлені:

– в першій моделі, витратами на розробку з межами ФН, які відповідають максимальним та мінімальним їх значенням та потребою з межами ФН, які відповідають значенням коефіцієнта важливості розробки (табл. 1);

– в другій моделі, відношенням ринкової вартості об'єкта до його ефективності (за ефективність об'єкту взято коеф. технічної досконалості – КТД) з межами ФН від 0 до 2 та ресурсом зразка з межами ФН, які відповідають значенням гарантійного напручування (табл. 2);

– в третій, моделі множиною витрат під час використання об'єкта та його підтримкою. Межі ФН встановлюються нормативно-правовими актами та обліковою документацією під час етапу життєвого циклу використання та підтримки. Змінні в третій моделі, а також отримані результати приведені в [2].

Результати досліджень частково вже були опубліковані в [3], де приведено базу продукційних правил, фазифікацію вхідних змінних, агрегування, активацію, акумулювання, дефазифікацію. Побудову ФН здійснено кусочно-лінійними і S-, Z-образними функціями (рис. 3).

Під час моделювання отримання кінцевих результатів було здійснено з допомогою S-моделі (SimuLink середовища MatLab) використовуючи технологію Drag-and-Drop результати, яких відносно 4-ох досліджуваних об'єктів щодо розробки, закупівлі і використання представлено в табл. 3.

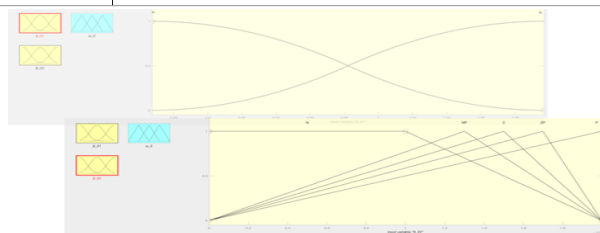
Таблиця 1

Змінні, які стосуються 1-ої моделі.

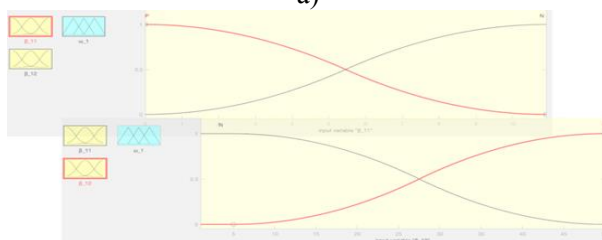
Множина вхідних лінгвістичних змінних	Терм-множина вхідної лінгвістичної змінної
$\beta_{11}$ – витрати на розробку (модернізацію) зразка	$\alpha_1$ – без витрачання (часткова витрата) державних коштів за кошти підприємства в ініціативному порядку, офсету, воєнно-технічного співробітництва, і ін. заходів «Positive» $\alpha_2$ – за кошти державного оборонного замовлення, «Negative»
$\beta_{12}$ – потреба	$\alpha_1$ – значна кількість, «Positive» $\alpha_2$ – незначна кількість, «Negative»
Вихідна лінгвістична змінна	Терм-множина вихідної лінгвістичної змінної
$\omega_1$ – корисність розробки	$\alpha_1$ – max асигнувань «Negative» $\alpha_2$ – min асигнувань «Positive» $\alpha_3$ – посередні значення асигнувань «Zero»

Змінні, які стосуються 2-ої моделі.

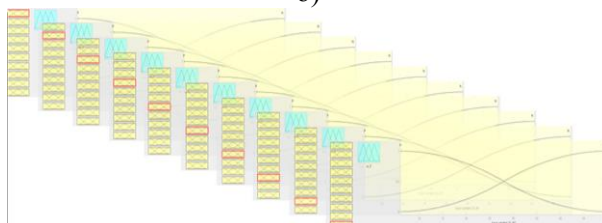
Множина вхідних лінгвістичних змінних	Терм-множина вхідної лінгвістичної змінної
$\beta_{21}$ – відносна вартість	$\alpha_1$ – відношення ринкової вартості до КТД менше 1, «Positive» $\alpha_2$ – відношення ринкової вартості до КТД більше 1, «Negative»
$\beta_{22}$ – ресурс зразка	$\alpha_1$ – новітній зразок відповідає гарантійному ресурсу, «Positive» $\alpha_2$ – новий зразок з частково-відновленим ресурсом (85%), «Zero Positive» $\alpha_3$ – новий зразок з частково-відновленим ресурсом (75%), «Zero» $\alpha_4$ – новий зразок з частково-відновленим ресурсом (65%), «Zero Negative» $\alpha_5$ – бувший у використанні з витраченом ресурсом (більше 50%), «Negative»
Вихідна лінгвістична змінна	Терм-множина вихідної лінгвістичної змінної
$\omega_2$ – корисність (ринкова вартість-ефективність-ресурс)	$\alpha_1$ – достатній рівень «Positive» $\alpha_2$ – не достатній рівень «Negative»



а)



б)



в)

Рис. 3. Масив функцій належності у додатку Fuzzy Logic Designer (а - перша модель, б - друга модель, в – третя модель).

На другому етапі дослідження отримані результати моделювання з першого етапу, що дозволили сформулювати альтернативні спроможності та використовуючи систему імітаційного моделювання мати різні кількісні характеристики спроможностей, які сформовані за рахунок різних 4-ох дослідних об'єктів.

Таблиця 3

Отримані значення корисності за критерієм «ефективність-вартість»

	Об'єкт 1	Об'єкт 2	Об'єкт 3	Об'єкт 4
Розробка	0,33	0,33	0,33	0,5
Закупівля	0,288;	0,4554;	0,4987	0,5
Використання	0,3313	0,2998	0,3519	0,7107
Інтегральна оцінка	0,5293	0,5643	0,5481	0,7112

Закладені в засіб імітаційного моделювання бойових дій JCATS [4] характеристики технічної досконалості та ймовірнісні характеристики дослідних об'єктів за однакових умов обстановки при детермінованих часових значеннях дало змогу зафіксувати показники втрат, що відповідало ефективності однієї спроможності по відношенню до іншої. Перевага у спроможності складала 15,6% підрозділу оснащеного 3 – ім об'єктом, якій зазнав втрат у 41,9 %, в порівнянні з підрозділом, який був оснащений 4 – ім об'єктом. У зв'язку з низькими значеннями КТД 1 – ий та 2 – ий об'єкт участі в моделюванні з використанням засобу JCATS не приймали.

### Список літератури

1. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница, 1999. – 320 с.

2. Білокур М. Вибір зразка озброєння на основі нечіткої логіки в заходах оборонного менеджменту // Journal of Scientific Papers «Social development & Security» 10, (6), 2020. – Pp.78-92 DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2020.10.6.8>.

Kuprinenko O., Borokhvostov I. Fuzzy Logic in Defense Management Activities – Amsterdam 2020. Pp. 15-23. DOI 10.36074/11.12.2020.v2.05.

Система імітаційного моделювання JCATS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sim.nuou.org.ua/index.php/ua/programi-programni-kompleksi/jcats-sistema-imitatsijnogo-modelyuvannya>.

## ПОРІВНЯННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ ПЕРЕВІРКИ ПРАВИЛ ПРАВОПИСУ ДЛЯ НАУКОВИХ ТЕКСТІВ

Поночовний Ю.Л., Авдошин Ю.А., Кириченко Ю.В., Сазонова Н.А.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

В процесі навчання здобувачі вищої освіти поступово опановують правила оформлення наукових текстів у вигляді тез конференцій, тексту доповідей, публікацій у науково-популярних, фахових наукових виданнях (журналах, збірниках наукових праць, виданнях, що індексуються у науково-метричних базах даних). Заключним етапом є оформлення кваліфікаційної роботи для відповідного ступеня вищої освіти. К кожним наступним етапом обсяг наукового тексту збільшується, що підвищує ймовірність помилок в ньому і вимагає використання додаткових етапів перевірки.

Метою доповіді є зіставлення інтелектуальних систем перевірки правопису для обґрунтування їх використання при перевірці наукових текстів.

На сьогодні існує декілька сценаріїв перевірки текстів на помилки правопису із залученням різних інтелектуальних систем. Найпоширенішим є використання вбудованих засобів перевірки текстового редактора (MS Word, Open Office [1], Libre Office [2] та ін.). Для використання даного варіанту необхідно встановити відповідне доповнення текстового процесора (рис.1) для відповідної мови (як правило, відповідні словники вже встановлені для локалізованих пакетів). Для пакетів Open Office, Libre Office необхідно скачати та встановити словники як розширення [4].

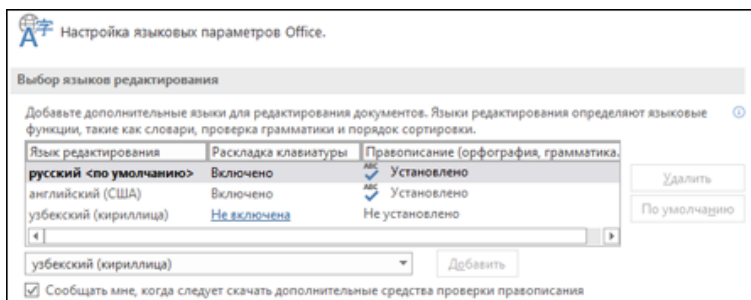


Рис. 1. Вибір мовного пакету для перевірки правопису в MS Office [3].

Окрім стандартних засобів перевірки правопису, на сьогодні розроблені та функціонують розширені інтелектуальні сервіси, які мають різні кінцеві інтерфейси для задоволення потреб не тільки звичайних користувачів, а й інших сервісів та автоматизованих систем. Прикладами таких сервісів є Grammarly [5] та languagetool [6]. Сервіс Grammarly був започаткований у 2009 році в Україні (Київ), та згодом змінив головну локацію на Сан-Франциско та Нью-Йорк [5]. LanguageTool був розроблений Данієлом Набером у 2003 р. і відтоді постійно розвивається як відкритий програмний засіб. Порівняння основних можливостей цих сервісів наведено у табл. 1.

Таблиця 1

## Порівняння сервісів інтелектуальної перевірки правопису.

Характеристика	Grammarly	languagetool
Наявність API	Так	Так
Десктопний додаток	Так/потрібний аккаунт	Так/потрібний аккаунт Так/офлайн
Кількість мов, що підтримуються	-	30
Кількість правил (EN/UA/RU)	>250	5084/848/987

Варто зазначити, що сервіс Grammarly автоматично визначає мову тексту для перевірки і доступ до прямих налаштувань для визначення мов, що підтримуються відсутній.

Оскільки робота над науковими текстами передбачає їх наступну перевірку на плагіат, однією з вимог їх опрацювання є офлайн обробка для упередження випадкового витоку інформації на сервіси. Тому автори рекомендують утриматися від варіантів перевірки, які передбачають передачу інформації на веб-сервери, адже через випадкову помилку створений текст може бути розміщений на тимчасовій веб-сторінці сервісу і проіндексований пошуковою системою. Рекомендовано послідовне використання засобів перевірки текстового редактора та наступна перевірка у офлайн додатку типу languagetool.

## Список літератури

1. Apache OpenOffice - Official Site - The Free and Open Productivity Suite. URL: <https://www.openoffice.org>.
2. LibreOffice - Free Office Suite - Based on OpenOffice - Compatible with Microsoft. URL: <https://www.libreoffice.org>.
3. Language Accessory Pack для Office. URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/language-accessory-pack-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-office-82ee1236-0f9a-45ee-9c72-05b026ee809f>.

4. Ukrainian Dictionary. URL: <https://extensions.openoffice.org/en/project/ukrainian-dictionary>.

5. Grammarly: Free Online Writing Assistant. URL: <https://www.grammarly.com>.

6. LanguageTool - Online Grammar, Style & Spell Checker. URL: <https://languageTool.org>.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ФОРСАЙТУ

Блокур М.О., Слюсар В.І., Сотник В.В., Купчин А.В.

Центральний НДІ озброєння та військової техніки Збройних Сил України  
Київ, Україна

Метою роботи є розробка комп'ютерної моделі технологічного форсайту на основі апарату нечіткої логіки.

Комп'ютерна модель відображає процес прийняття рішення щодо визначення проривних технологій відповідно до розробленої ієрархічної структури показників критичності (рис. 1) [1-2].

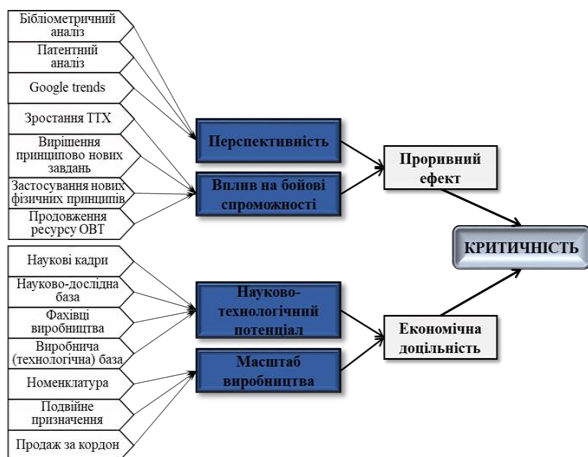


Рис. 1. Ієрархічна структура показників критичності технологій.

Виходячи з дедуктивного підходу формування структури показників, умовно кажучи, треба врахувати два системних показники, які відображають бажання та спроможність. Відповідно застосовані системні показники «Проривний ефект» та «Економічна доцільність». Перший показує оцінку проривності технології та відображає бажання держави в її розробці. Другий показує чи доцільно з економічної точки

зору витратити ресурси на наукові дослідження і розробки у певному напрямі. Виходячи з балансу оцінок за системними показниками, розроблена модель визначає рівень критичності оцінюваної технології.

Подальша декомпозиція показників не буде описана у цій роботі, оскільки цей процес є досить змістовним дослідженням, результати якого наведені у [2].

Математичною основою розробленої моделі є апарат нечіткої логіки. Комп'ютерна модель створена у програмному середовищі MATLAB та наведена на рис. 2.

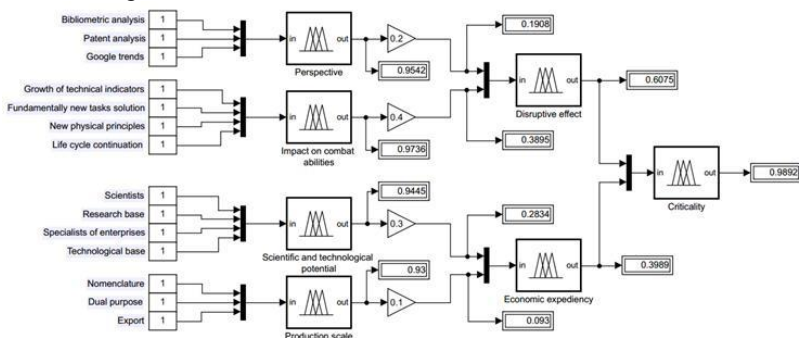


Рис. 2. Модель технологічного форсайту у середовищі SIMULINK MATLAB.

Модель складається з семи систем нечіткого висновку (FIS). Кожна FIS є самостійною та представляє окремий показник. Структура моделі має порядок 4-2-1, відповідно до чотирьох групових показників, двох системних та одного інтегрального. Інтегральна FIS визначає рівень критичності.

Вхід FIS є виходом від попереднього порядку FIS.

На вхід моделі подаються дискретні оцінки за вхідними показниками (бінарні або тернарні варіації).

Вхідні функції належності (ФН) мають вигляд сіглонних, оскільки входи є дискретними. Під час розроблення моделі були використані різного роду вхідні функції з точки зору наукового інтересу. В результаті встановлено, що не зважаючи на вид ФН, ступінь належності не змінювався.

Вихідні ФН представлені у вигляді функції Гауса або Z(S)-подібні.

База правил кожної FIS формувалася індивідуально, виходячи з кількості вхідних лінгвістичних змінних (ЛЗ), їх терм-множин та вагомості [3].

Налаштування моделі відбувалось на основі відомих ознак та



властивостей об'єкту моделювання. FIS мають показати на виході максимальну оцінку при максимальному вході і навпаки.

При максимальних вхідних оцінках FIS групових та інтегрального показників на виході мають видати одиницю. FIS системних показників мають видати число, яке максимально наближене до значень відповідних вагових коефіцієнтів. При цьому, має зберігатись умова відношення значень вагових коефіцієнтів. В даному випадку це 0,6/0,4.

На рис. 2 показано результат моделювання налаштованої моделі при максимальних вхідних оцінках, коли всі вхідні показники оцінені як 1. Зауважимо, що застосування науково-методичного апарату нечіткої логіки не дозволяє виконати умову, коли на виході FIS видає 1. Варто налаштувати модель таким чином, щоб на виході отримати число, яке максимально наближене до одиниці.

В ході налаштування було здійснено близько 100 ітерацій, під час яких були поступово змінені кількості та вид ФН, кількість правил та термів для кожної окремо взятої FIS та моделі загалом.

Похибка налаштування склала 1,09 %, що задовольняє умови до прогностичних моделей [4].

Адекватність моделі була перевірена шляхом паралельного моделювання. В ході дослідження була спроектована штучна нейромережа (НМ), яка здійснює оцінювання технологій на предмет їх критичності. Результати, які отримані від НМ, порівнювались з нечіткою моделлю, та визначалась відповідна похибка.

Експериментальним шляхом на основі результатів самонавчання була підбрана найкраща архітектура НМ. При цьому, здійснено більше двадцяти ітерацій та по 200 епох самонавчання для кожного проекту НМ. В ході підбору змінювалась архітектура НМ та функції активації нейронів. Проектування НМ відбувалось у програмному середовищі STATISTICA [5].

Для визначення точності моделювання розраховувалась середня квадратична похибка. Аналіз подібних наукових робіт показав, що точність моделювання має бути не нижчою за 95 %.

В результаті дослідження встановлено, що похибка моделювання складає 3,165%, що свідчить про адекватність розробленої моделі.

#### Список літератури

1. Слюсар В.І., Сотник В.В., Купчин А.В., Шостак В.Г. Проривні технології в оборонній сфері України. *Озброєння та військова техніка*. 2020. № 4 (28). С. 13-23. DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.4\(28\).13-23](https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.4(28).13-23).
2. Kupchyn A., Sotnyk. V. A model of disruptive technologies determination for defense sphere. *Issues of Armament Technology*. 2021. № 156 (1). С. 65-83. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2529>.
3. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.:

Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.

4. Дубовой В.М., Кветний Р.Н., Михальов О.І., Усов А.В. Моделивання та оптимізація систем. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс», 2017. 804 с.

5. Субботін С.О. Нейронні мережі: теорія та практика. Житомир: вид. О.О. Євенок, 2020. 184 с.

## **БАГАТОФРАГМЕНТНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДМОВАХ ТА АТАКАХ НА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ**

Поночовний Ю.Л.,

Полтавський державний аграрний університет,

Полтава, Україна

Пряда О.В.

Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет

імені академіка Юрія Бугая»

Київ, Україна

Метою доповіді є розроблення аналітичної моделі для оцінювання ймовірності відмови інформаційної системи (ІС) при атаках на її програмні компоненти.

Архітектура ІС побудована з використанням технології «клієнт-сервер» [1]. Це спосіб взаємодії, при якому є певний клієнтський процес, що вимагає певних ресурсів, а також серверний процес, який ці ресурси надає. На серверну частину ІС покладаються функції управління базою даних (БД): постачальників-замовників, замовлень-заявок, товарів, договорів, накладних, а також підтримки цілісності даних, обробка запитів, управління транзакціями, правами доступу до різних даних [2]. На ринку сьогодні існує багато платформ для організації хмарних обчислень та реалізації серверів БД, як комерційні (пропрієтарні), так і вільні (відкриті). На основі відкритих платформ, таких як OpenStack [3], CloudFoundry [4] багато компаній створюють свої інфраструктури та пропонують засоби для їх управління, зокрема, надають комплекси для перетворення наявних ресурсів в хмари [2].

Багатофрагментна модель оцінювання ризиків безпеки при відмовах та атаках на програмні засоби зображена на рис. 1.

На графі (рис. 1) позначено:

- працездатні стани 0, 7, 14, 21, 28 (зелений колір);
- стани відмови ІС через прояв відмови однієї з чотирьох сервісних компонент: 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32 (червоний колір);
- стани відмови через атаки на сервер БД: 5, 12, 19, 26 (фіолетовий

колір);

– стани обслуговування ІС з можливим усуненням виявлених дефектів: 6, 13, 20, 27 (жовтий колір).

Результати моделювання представлені на рис. 2. Своєчасне усунення виявлених дефектів та вразливостей дозволяє зменшити ризик відмови ІС з 0,0034 до 0,00084 впродовж 10000 годин експлуатації.

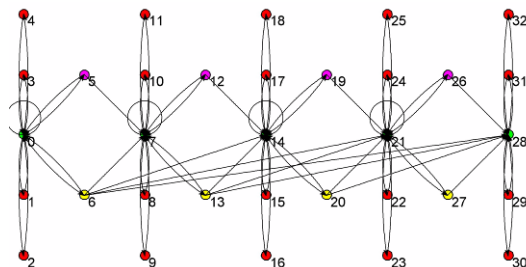


Рис. 1. Розмічений граф багатوافрагментної моделі.

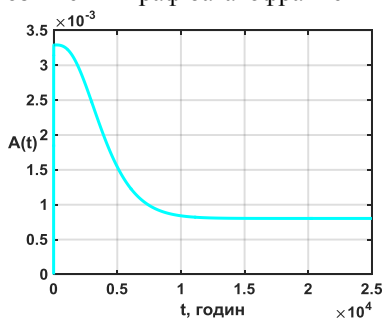


Рис. 2. Результати оцінювання функції ризику.

### Список літератури

1. Поняття моделі даних, бази даних (БД), система управління базами даних (СУБД). URL: <https://vseosvita.ua/library/prezentacia-ponatta-modeli-danih-bazi-danih-bd-sistema-upravlinna-bazami-danih-subd-9-klas-68079.html>.
2. Адміністрування даних та адміністрування БД. URL: <http://sun.vtei.com.ua/mod/resource/view.php?id=54482>.
3. OpenStack: Open Source Cloud Computing Infrastructure. URL: <https://www.openstack.org>.
4. Cloud Foundry – Open Source Cloud Native Application. URL: <https://www.cloudfoundry.org>.

## ОПТИМІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Калініченко А.В.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Опольський університет

Ополе, Польща

Застосування методів математичного моделювання в сільському господарстві є досить перспективним і практично-ефективним. Саме у цій галузі економіки дуже часто стикаються з проблемою вибору оптимальних варіантів використання виробничих ресурсів. Дослідження ведуться за такими основними напрямками: загальна економіка сільського господарства, раціональне використання виробничих ресурсів підприємств, організація виробництва, планування та управління [1-3]. Із загальних проблем сільського господарства за допомогою математичних методів можна успішно розв'язувати наступні еколого-економічні задачі: розміщення і спеціалізація виробництва, раціональні межі концентрації на кожному етапі його розвитку, оптимальні розміри господарств та їх виробничих підрозділів по зонах, планування матеріально-технічного забезпечення, моделювання оптимального природокористування на територіях сільськогосподарського призначення, моделювання сталого розвитку агроєкосистем та прогнозування їх стійкості та здатності до самовідтворення та ін.

У масштабах сільськогосподарського підприємства моделювання використовують за двома основними напрямками: регулювання технологічних процесів, оптимізація управління та регіональне (локальне) моделювання збалансованості території та прогнозування її стійкості. Досвід показує, що на цьому рівні найрізноманітніші еколого-економічні питання можна звести до розв'язання так званих екстремальних задач, що дозволить з багатьох ймовірних варіантів відібрати оптимальний. Розв'язання таких задач допомагає якнайвигодніше використати наявні обмежені ресурси; знайти найефективніші засоби організації виробництва з метою забезпечення його ефективності при умові забезпечення екологічнобезпечного стану екосистеми; забезпечити раціональне використання земельних фондів з урахуванням критеріїв їх якості, родючості, здатності до самовідновлення та припинення деградації; забезпечення еколого-економічно доцільного використання робочої сили, засобів виробництва; відібрати типи сівозмін; розрахувати найдешевші та найкорисніші кормові раціони для тварин та ін.

Процес моделювання – від побудови моделі до перевірки передбачених на її основі явищ і втілення отриманих результатів у практику – повинен бути пов'язаний із ретельно відпрацьованою стратегією дослідження та суворою перевіркою використаних в аналізі даних. Складність агроєкосистем посилюється через мінливість самих живих організмів, яка може виявлятися при взаємодії організмів один з одним, і в реакції організму на зміни навколишнього середовища. Ця реакція може виражатися у зміні швидкості росту і відтворення і у різноманітній здатності до виживання у мінливих умовах. До цього додаються такі незалежні зміни як зміни навколишнього середовища як клімат і характер місць розповсюдження. Тому дослідження і регулювання екологічних процесів являє собою виключно складну задачу.

Експериментальне та натурне спостереження екологічних процесів у сільськогосподарському виробництві ускладнюється їх тривалістю. Дослідження у цій галузі пов'язані головним чином із визначенням врожайності, а врожай збирають один раз на рік, так що один цикл експерименту займає рік чи навіть більше. Щоб знайти оптимальну кількість добрив і провести інші можливі заходи по окультурюванню, потрібно кілька років, особливо коли необхідно розглядати взаємодію між експериментальними результатами і погодою. Те саме стосується процесів, що відбуваються у аквакультури, наприклад, при розробці оптимальних режимів утримання риболовецьких водоймищ. У лісництві через тривалість кругообігу врожаїв деревини самий нетривалий експеримент займає 25 років, а тривалі експерименти можуть проходити від 40 до 120 років. Аналогічні часові рамки необхідні для проведення досліджень з іншими природними ресурсами. Саме тому математичне і комп'ютерне моделювання є необхідним інструментом в агроєкології, природокористуванні і управлінні природними ресурсами.

#### Список літератури

1. Васильєва Н.К. Економіко-математичне моделювання в сільському господарстві: навч. посібн. Дніпропетровськ: Біла К.О., 2015. 155 с.
2. Самарська Д.О., Домаскіна М.А. Застосування економіко-математичного моделювання для визначення раціональної галузевої структури аграрних підприємств. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 2015. Вип. 7. С. 472-477.
3. Лобода О.М., Кавун Г.М. Економіко-математичні моделі для розрахунку оптимальної спеціалізації аграрних підприємств. *Бізнес-навігатор*, 2019. – Вип. 5-2 (54). С. 141-145.

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОГРАМНО- ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Одарущенко О.М.

ТОВ «НВП «Радікс»

Кропивницький, Україна

Одарущенко О.Б., Кай С.О.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Розвиток суспільства, перетворення економіки, рішення проблем забезпечення безпеки держави неможливо без розробки і реалізації проектів складних технічних систем. До таких систем повною мірою відносяться технічні комплекси критичного використання (ТККВ), які застосовуються в атомній енергетиці, ракетно-космічній, авіаційній галузях та інших галузях [1]. Прикладом таких комплексів є автоматизовані системи управління технологічними процесами, до складу яких входять інформаційні-керуючі системи (скорочено ІКС), ядром яких є програмно-технічні комплекси (ПТК) [2]. Вартість відмов апаратних, програмних засобів ПТК ІКС, є надзвичайно високою. Так відмови технічних засобів програмно-технічних комплексів АЕС складають від 46%, відмови систем керування ракетно-космічної техніки на сьогодні складають від 23% та одним із домінуючих факторів помилок пілотів та технічних несправностей, що призводить до загибелі літаків є відмови наземних та бортових ІКС (частка таких відмов від загальної кількості перевищує 50%) [3-5].

Найважливішою характеристикою критичних ІКС є функційна безпечність, яка відповідно до міжнародних і національних стандартів визначає здатність систем мінімізувати ризики переходу в аварійний (небезпечний) стан та/або його наслідки. Для України актуальність нормування, моніторингу, оцінювання та забезпечення функційної безпечності підтверджується наявністю великої кількості аварійно небезпечних об'єктів, перш за все, АЕС, енергетичних систем, промислових виробництв, авіаційних та ракетно-космічних комплексів.

Сьогодні відбуваються процеси модернізації існуючих та розробки перспективних ІКС, які ґрунтуються на використанні нової елементної бази, сучасних технологій розробки їх апаратної та програмної компонент. Це розширює можливості ІКС, але призводить до зростання ризиків, які супроводжують процес підвищення залежності функціональності, надійності і безпеки ІКС від якості проектних рішень.

Також свій вклад у ризики модернізації та розробки нових систем додає тенденція їх цифровізації. Цифровізація має свої переваги але призводить до появ нових дефіцитів безпеки за рахунок ускладнення життєвого циклу системи [6-8].

Системи державних та міжнародних стандартів для вказаних галузей формують систему досить жорстких вимог до компонент розроблюваних систем на протязі всього їх життєвого циклу [9]. Впровадження систем такого класу потребує реалізації процедур ліцензування та сертифікації, які є досить тривалими та вартісними. Весь цей перелік питань став обґрунтуванням необхідності розроблення методології оцінювання і забезпечення надійності і функційної безпечності ПТК ІКС критичного використання. Структуру методології наведено на рис. 1.

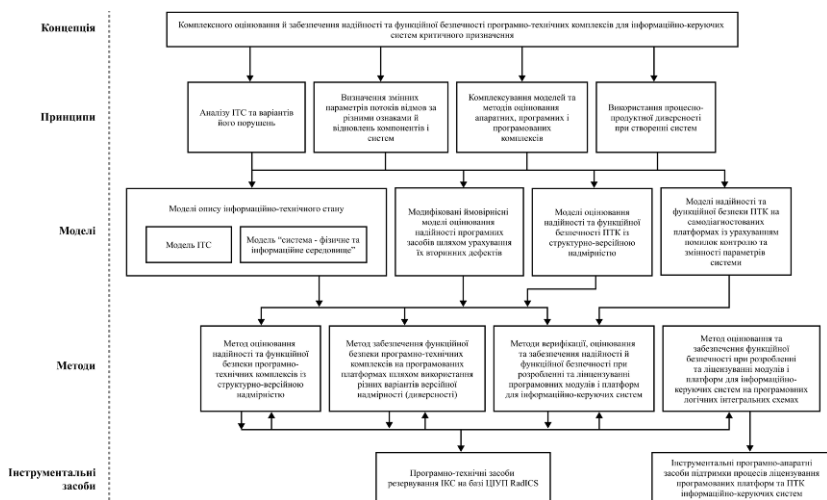


Рис. 1. Структура методології оцінювання і забезпечення надійності та функційної безпечності програмно-технічних комплексів.

Ця структура ієрархічно поєднує обрану концепцію, обґрунтовані принципи, моделі, методи та інструментальні засоби. Методологія базується на концепції комплексного оцінювання й забезпечення надійності і функційної безпечності програмно-технічних комплексів для інформаційно-керуючих систем критичного призначення. Запропонована методологія визначила основну послідовність та зміст досліджень, порядок формулювання завдань та одержання наукових результатів.

Розроблені структурні елементи методології доведено до прикладних інженерних методик та процедур, рекомендацій щодо побудови архітектур ПТК. Використання розроблених інструментальних засобів оцінювання, програмно-апаратних засобів забезпечення надійності та функційної безпечності ПТК ІКС в організаціях, які займаються розробленням, виробництвом, модернізацією експлуатацією, сертифікацією та ліцензуванням інформаційно-керуючих систем, важливих для безпеки, дозволило зменшити відповідно часові і фінансові затрати на ці процеси до 10 % та підвищити ефективність тестування (збільшити число виявлених дефектів в ході розроблення систем і тестування) до 10 %.

### Список літератури

1. Скляр В. В. Методология и информационные технологии обеспечения функциональной безопасности информационно-управляющих систем: дис. д-ра техн. наук: 05.13.06 / Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «ХАИ». Харьков, 2011. 444 с.
2. НП 306.5.02/2.068-2000. Требования к порядку и содержанию работ по продлению срока эксплуатации информационных и вычислительных систем, важных для безопасности атомных станций. Киев.: Гос. администрация ядерного регулирования, 2000.
3. Бабешко С., Ілляшенко О., Харченко В. Функційна безпека індустріальних систем:біла книга. Стандарт IEC 61508. Технічний комітет 185 «Промислова автоматизація», Київ. 2019. с.37. URL: <https://tk185.appau.org.ua/functional-safety>.
4. Phillip A. Laplante. Requirements Engineering for Software and Systems. CRC Press. Taylor&Francis Group, LLC. 2018. 399 p.
5. Safety Classification for I&C Systems in Nuclear Power Plants – Current Status and Difficulties. World Nuclear Association. Registered in England and Wales. Report No. 2020/001. 2020. P. 36. URL: <https://www.world-nuclear.org/getmedia/966eb51-d109-49ab-8c9f-a12f5d8e7b06/CORDEL-Current-Status-2020.pdf.aspx>.
6. Безопасность атомных станций: Информационные и управляющие системы / Ястребенецкий М.А. и др.; под ред. М.А. Ястребенецкого. Київ, Техніка, 2004. 472 с.
7. Системы управления и защиты ядерных реакторов / Ястребенецкий М.А. и др.; под ред. М.А. Ястребенецкого. Киев, Основа-Принт, 2011. 768 с.
8. Ястребенецкий М.А. Автоматика АЭС Украины после Чернобыльской аварии. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2011. Т. 14, № 1. С. 47-52.
9. IEC 61508:2010. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. Published. 2010 – 04. IEC Standards, 2010. 594 p.



## **СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Смірнова Т.В., Смірнов О.А., Буравченко К.О.  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кропивницький, Україна

Сучасні високотехнологічні підприємства можуть сягати дуже великих розмірів, а й відповідно технологічні процеси, які на них забезпечуються, можуть мати дуже складні розгалужені структури. В залежності від типу виробництва, наявної інфраструктури, використовуваних методів тощо комплексний опис, реалізація та моніторинг технологічних процесів може бути дуже складною задачею, для вирішення якої необхідно застосовувати різноманітні методи дослідження [1]. Зважаючи на це, можна виділити дуже перспективний напрям щодо оптимізації високотехнологічних процесів, а саме використання хмарних інформаційних технологій для оптимізації виробничих процесів підприємств різного масштабу [1-3]. Проте все одно залишається ряд невирішених проблем під час використання хмарних технологій для оптимізації виробничих процесів, що пов'язані із формалізацією самих виробничих процесів, вибором методів оптимізації, моніторингом всіх процесів, захистом даних щодо виробничих процесів тощо [4].

Тому метою даної доповіді є розробка моделі системи підтримки технологічних процесів з використанням хмарних технологій. Для досягнення поставленої мети в даній роботі вирішувались наступні задачі:

1. Формалізація узагальненої проблеми підтримки технологічних процесів.
2. Удосконалення моделі реалізації структури технологічного процесу.
3. Удосконалення структурної моделі інформаційної системи підтримки технологічних процесів.
4. Побудова структурної системи підтримки прийняття рішень технологічного процесу та її прикладне застосування.

У процесі автоматизації проектування технологічних процесів відбувається переробка великих обсягів інформації. Ефективність процесу проектування багато в чому залежить від раціонального подання вихідної інформації, і, в першу чергу, з точки зору її повноти і надмірності [5].

Вихідну інформацію для проектування технологічних процесів

поділено на базову, керівну і довідкову.

Базова інформація для проектування технологічних процесів включає:

- дані, що містяться в конструкторській документації на виріб;
- програму випуску, що визначає тип виробництва;
- відомості про наявність технологічного оснащення, виробничих площ і т.п. (при проектуванні технологічних процесів для діючих заводів і цехів).

Керівна інформація включає дані, які містяться в наступних джерелах:

- відповідних галузевих стандартах і стандартах підприємства на технологічні процеси, методи управління ними, технологічне оснащення (обладнання, пристосування та ін.);

- документації на перспективні технологічні процеси;
- виробничих інструкціях.

Довідкова інформація включає дані, які містяться в:

- документації на діючі типові технологічні процеси по даному виду обробки;

- описах прогресивних методів обробки;
- каталогах, номенклатурних довідниках прогресивного технологічного обладнання і оснастки;

- матеріалах щодо вибору технологічних нормативів (режимів обробки, припусків, норм витрати матеріалів та ін.);

- планах підвищення технічного рівня виробництва;
- методичних матеріалах по керівництву розрахунками точності процесів обробки;

- матеріалах і трудових нормативах (в тому числі машинобудівний і галузевих нормативах часу для нормування технологічної трудомісткості, тарифно-кваліфікаційних довідниках тощо).

Труднощі автоматизації проектування технологічних процесів (ПТП) пов'язані головним чином з тим, що завдання ПТП не мають в даний час формальних методів вирішення. Так, завдання вибору маршрутного технологічного процесу при її описовому викладі не містить даних про методи проектування процесів виготовлення складних деталей, які могли б бути представлені математичними операціями, реалізованими у вигляді програмного забезпечення. Крім того, вибір послідовності дій і засобів для виготовлення деталі не може бути виведений математичним чином на основі вихідних даних [6].

Для сучасних розробок технологічних процесів характерно [1-4]:

- відсутність строгих аналітичних залежностей;
- складна логіка суджень, складний взаємозв'язок і взаємний вплив окремих завдань;
- наявність величезних інформаційних потоків і великої кількості складових елементів технології (верстати, пристосування, інструмент, режими обробки та ін.).

Процес «ручного» проектування технологічних процесів є послідовністю дій, за допомогою яких інженер-технолог виробляє вибір елементів з розглянутих масивів різних технологічних предметів, встановлює між ними відповідності, формує переходи і технологічні операції. Вибір оптимального процесу проводиться технологом шляхом порівняння варіантів процесів при введенні оцінок на елементи, його складові.

Рішення будь-якої задачі за допомогою комп'ютерної техніки вимагає наявності аналітичних або інших видів залежностей, що відображають кількісний, а не якісний бік процесу проектування. Тому для здійснення технологічного проектування необхідно провести формалізацію технології (або її частини), тобто провести заміну (перетворення) змістовних пропозицій математичним апаратом.

Метою формалізації є забезпечення можливості створення універсальних алгоритмів і програм щодо початкових і кінцевих умов, тобто щодо форми і розмірів деталей, характеру виробництва, характеристик устаткування і оснащення, проектуванні різних технологічних процесів для деталей різних класів і будь-якої складності.

Дослідження, проведені авторами, дозволили провести розробку моделі системи підтримки технологічних процесів з використанням хмарних інформаційних технологій. В рамках цього були отримані наступні результати.

1. Було проаналізовано труднощі автоматизації проектування технологічних процесів, пов'язані головним чином з тим, що завдання проектування технологічних процесів не мають в даний час формальних методів вирішення. Тому для здійснення технологічного проектування було проведено розробку формалізації технології (або її частини), тобто провести заміну (перетворення) змістовних пропозицій математичним апаратом. В результаті даною формалізації було запропоновано схему руху інформації в процесі оптимізації технологічного процесу.

2. Було розроблено модель реалізації структури технологічного процесу, для якої було визначено основні вхідні параметри: перелік параметрів, які впливають на процес; перелік параметрів, які є результатом процесу; перелік керованих параметрів; перелік некерованих

параметрів; перелік невідомих параметрів; деталізована структура технологічного процесу з розділенням параметрів та результатів. Також була запропонована структура експертної системи для оптимізації технологічних процесів, проаналізовані методи представлення знань та відповідно розроблено схему потоків інформації під час реалізації даної експертної системи.

3. На основі розглянутих та розроблених методів та механізмів, які використовують для розробки технологічних процесів розроблено структуру інформаційної системи підтримки прийняття рішень для автоматизації створення оптимізованих технологічних процесів.

4. За допомогою використання розроблених методів та моделей, в результаті проведення процесу оптимізації технологічного процесу по допустимим евристичними правилами, вдається отримати множину ланцюгів окремо оптимізованих технологічних процесів, з якої проведеться багатокритеріальний відбір, що відповідає поставленим вимогам оптимізації. Користувач системи може отримувати у відповідь як і одну картку технологічного процесу, так і декілька найкращих.

5. Розроблені підходи оптимізації технологічних процесів були застосовані до вирішення задачі оптимізації технологічного процесу електродугової обробки. Спочатку було проведено формалізацію технологічного процесу електродугової обробки. Після цього, було проведено формування евристичних правил та бази знань структури технологічного процесу електродугового напилення та відповідно розроблено структури бази знань даного технологічного процесу та діаграма використання розробленої інформаційної системи.

### Список літератури

1. Смирнов А.А., Смирнова Т.В., Дреев А.Н., Дудан А.В. Оптимизация технологического процесса восстановления и упрочнения поверхностей с заданными характеристиками в виде облачного сервиса. *Вестник Полоцкого государственного университета*. № 3, 2020. С. 50-61.

2. Попов М.Е., Абухарб М. Система поддержка принятия решения при выборе метода упрочняющей обработки деталей машин в интегрированных САПР. *Вестник Донского государственного технического университета*. № 11 (3), 2011. С. 333-342.

3. Павлова А.Н., Кузнецова О.В. Проектирование группового технологического процесса механической обработки деталей на основе применения инструментов математического моделирования. *Современные наукоемкие технологии*. Региональное приложение. № 61 (1), 2020. С. 98-108.

4. Смірнова Т.В., Минайленко Р.М., Доренський О.П., Сисоєнко С.В., Смірнов С.А. Хмарна автоматизована система інтелектуальної підтримки прийняття рішень для технологічних процесів. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. № 4, 2021. С. 84-92.

5. Хох В.Д., Мелешко Е.В., Якименко М.С. Исследование методов построения экспертных систем. *Системы управления, навигации и связи*. № 4, 2016. С. 48-52.
6. Вереск О.М. Технологии поддержки принятия решений. Львов: Изд-во Львов. политехники, 2013.

## СЕКЦІЯ 3 БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ

### АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ CMS JOOMLA

Воронянський В.С., Сторожун М.О.

Полтавський фаховий коледж нафти і газу Національного університету  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Полтава, Україна

Метою доповіді є визначення тенденцій виявлення критичних вразливостей системи управління контентом Joomla у розрізі її версіонування. У процесі аналізу використано інструментарій NVD [1]. Загальна кількість зареєстрованих у репозитарії вразливостей станом на жовтень 2021 р. склала 898 записів (рис. 1), причому перші записи створено у 2005 році для версії Joomla 1.0.4.

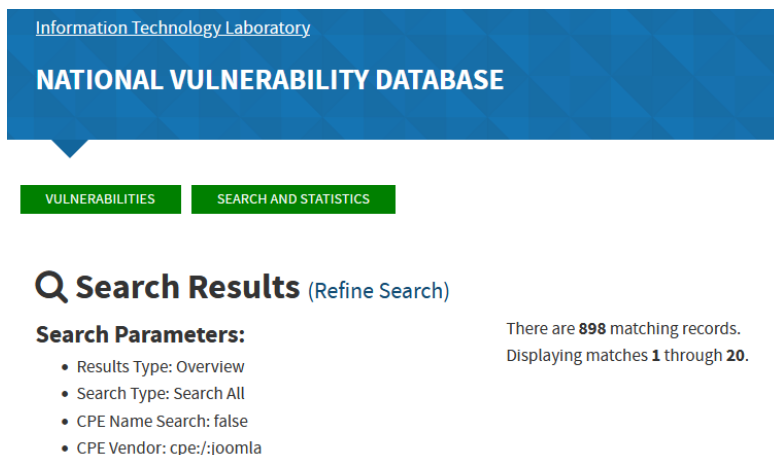


Рис. 1. Результати аналізу репозиторію NVD за запитом «joomla».

За зведеними результатами аналізу, розподіл кількості зареєстрованих вразливостей за роками наведено на рис. 2. Враховуючи історичний аналіз, на пік популярності CMS припадає і найбільша кількість зареєстрованих вразливостей (213 у 2010 р.).

Починаючи з 2016 р. була введена система оцінок вразливостей CVSS V3 [2]. У табл. 1 представлені результати аналізу вибірок вразливостей CMS Joomla з оцінками CVSS V3 Severity: High (7-8.9) та Critical (9.0-10).

Очевидних тенденцій збільшення, або зменшення кількості критичних вразливостей CMS Joomla не виявлено.

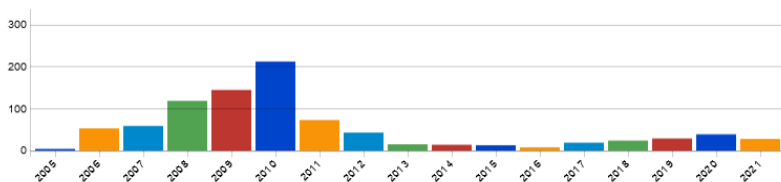


Рис. 2. Результати розподілу вразливостей CMS Joomla за роками спостережень.

Таблиця 2

Аналіз критичних вразливостей CMS Joomla  
за оцінками CVSS V3 Severity

Рік	High (7-8.9)	Critical (9.0-10)	Всього
2016	4	4	8
2017	2	4	19
2018	8	3	24
2019	4	5	29
2020	15	3	39
2021	6	5	28

Останньою версією системи з вразливостями, зареєстрованою у репозиторії є Joomla! 4.0.0 (а актуальна версія на сайті [3] є Joomla! 4.0.3). за винятком 2016 року, в наступних роках кількість критичних вразливостей не перевищувала 46% від загальної кількості.

#### Список літератури

1. NVD – Search and Statistics. URL: <https://nvd.nist.gov/vuln/search>.
2. Поночовний Ю.Л., Рогочий С.Ю., Шапай О.І., Кнуренко В.О. та Воронянський В.С. Дослідження баз вразливостей для параметризації марковських моделей оцінювання доступності веб-ресурсів. *Системи та технології*. № 1, 2019. С. 68-80. DOI: <https://10.32836/2521-6643-2019-1-57-5>.
3. Joomla! Downloads. URL: <https://downloads.joomla.org>.

## РЕАЛІЗАЦІЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ АЛГОРИТМІВ НА JAVA

Івко С.О., Єгуньков О.О.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Надійна безпека для веб-додатків є і завжди буде обов'язковою. Але площа безпеки швидко змінюється протягом останніх кількох років, а API REST стає переважаючим напрямком, та найпопулярнішим методом зв'язування компонентів в мікросервісних архітектурах реалізуючі переваги OAuth 2.0, односторінкові додатки (SPAs), двофакторну аутентифікацію (2FA) та багато інших вимог з безпеки.

В сучасному інформаційному просторі засоби захисту перетворюються в один з основних інструментів, оскільки вони забезпечують довіру, конфіденційність, таємність, авторизацію, корпоративну безпеку, можливість здійснення електронних платежів та інших важливих атрибутів сучасного життя. Відповідно не маючи твердого, глибокого розуміння поточного стану технологій безпеки не можливо створити якісний конкурентоспроможний продукт.

Належний рівень захисту інформації може бути забезпечений за допомогою криптографічних методів. Одним з яких є Castle Crypto. Будь-яка сучасна криптосистема працює за певною процедурою і використовує такі компоненти:

- алгоритм шифрування (один або більше), який можна виразити у вигляді математичних формул;
- ключі, використовувані зазначеними алгоритмами шифрування;
- система управління ключами;
- незашифрований (відкритий) текст;
- зашифрований текст (шифротекст).

Бібліотека Bouncy Castle Crypto є Java реалізацією криптографічних алгоритмів, що розроблений Legion of the Bouncy Castle. У Bouncy Castle представлена велика кількість криптографічних примітивів. Бібліотека підтримує як стандартні високорівневі криптографічні API відповідних платформ, так і низькорівневі API для більш гнучкого й ефективного доступу до функціоналу. З 2016 р. програмне забезпечення Bouncy Castle, сертифіковано FIPS. На відміну від попередніх розробок, у сертифікованих версіях бібліотеки контролюється виконання вимог FIPS щодо алгоритмів, які підтримують низькорівневі API [1].

Пакет організовано так, що він містить легкий API, придатний для використання в будь-якому середовищі (включаючи J2ME).

Програмне забезпечення розповсюджується за ліцензією на основі



ліцензії MIT X Consortium. Бібліотека OpenPGP також містить модифіковану бібліотеку BZIP2, яка ліцензована Apache, v1.1.

Пакет Bouncy Castle, має наступні основні характеристики: містить криптографічні API для мов Java і C#; містить провайдер для JCE і JCA; містить реалізації JCE 1.2.1; підтримує специфікації ASN.1 кодування об'єктів; підтримка сертифікатів X.509 різних версій; підтримка стандартів Open PGP, OCSP, TSP та ін.

Але щоб використовувати BouncyCastle в повному обсязі його можливостей як то для виконання криптографічних операцій, таких як шифрування та підпис необхідно виконати певні процедурні операції. Стандартна установка Java обмежена з точки зору стійкості криптографічних функцій, це пов'язано з політикою, що забороняє використання ключа з розміром, що перевищує певні значення, наприклад, 128 для AES.

Щоб подолати це обмеження, необхідно налаштувати політику безпеки файлів. Для цього потрібно встановити пакет – Розширення криптографії Java (JCE) який містить: local\_policy.jar; US\_export\_policy.jar.

Наступний крок перевірка конфігурації налаштування політики безпеки:

```
int maxKeySize = javax.crypto.Cipher.getMaxAllowedKeyLength("AES");
System.out.println("Max Key Size for AES : " + maxKeySize);
```

Результат перевірки:

Max Key Size for AES : 2147483647

Виходячи з розміру ключа, повернутого методом getMaxAllowedKeyLength, робимо висновок що файли політики безпеки встановлені.

Перш ніж перейти до реалізації криптографічних функцій, потрібно створити сертифікат і закритий ключ. Для цього можливо використати наступні ресурси:

- Baeldung.cer;
- Baeldung.p12 (password = "password").

Baeldung.cer – цифровий сертифікат, що використовує міжнародний стандарт відкритого ключа X.509, Baeldung.p12 – закритий ключ захищений паролем PKCS12 Keystore.

Завантаження сертифікатів в Java:

```
Security.addProvider(new BouncyCastleProvider());
CertificateFactory certFactory= CertificateFactory
.getInstance("X.509", "BC");
X509Certificate certificate = (X509Certificate) certFactory
.generateCertificate(new FileInputStream("Baeldung.cer"));
char[] keystorePassword = "password".toCharArray();
```

```
char[] keyPassword = "password".toCharArray();
KeyStore keystore = KeyStore.getInstance("PKCS12");
keystore.load(new FileInputStream("Baeldung.p12"), keyPassword);
PrivateKey key = (PrivateKey) keystore.getKey("baeldung",
keyPassword);
```

В даному прикладі додано BouncyCastleProvider як постачальника безпеки, динамічно використовуючи метод `addProvider()`.

Це також можливо зробити статично, відредагувавши файл `{JAVA_HOME}/jre/lib/security/java.security` і додавши:

```
security.provider.N = org.bouncycastle.jce.provider.BouncyCastleProvider
```

Після інсталяції сертифікатів, необхідно створити об'єкт `CertificateFactory` за допомогою методу `getInstance()`. Метод `getInstance()` приймає два аргументи; тип сертифіката «X.509», а також постачальник безпеки «BC». `CertificateFactory` екземпляр згодом використовується для створення об'єкта `X509Certificate`, за допомогою методу `generateCertificate()`. Таким же чином, створюється об'єкт `PKCS12KeyStore`, з методом `load()`. Метод `getKey()` повертає закритий ключ, пов'язаний із заданим псевдонімом. Треба пам'ятати що `PKCS12KeyStore` містить набір закритих ключів, кожен з яких має свій пароль, тому бажано мати глобальний пароль, щоб відкрити `keystore`, і конкретний для отримання закритого ключа.

Сертифікат і пара закритих ключів використовуються в асиметричних криптографічних операціях: шифрування; дешифрування; підпис; верифікація.

В роботі розглянуто основи використання бібліотеки BouncyCastle для виконання основних криптографічних операцій, таких як шифрування та підпис. У реальних умовах користувачам необхідно підписатися, а потім зашифрувати дані, таким чином, тільки одержувач може розшифрувати їх за допомогою закритого ключа і перевірити їх справжність на основі цифрового підпису [2].

### Список літератури

1. The Bouncy Castle Crypto APIs: URL: <https://www.bouncycastle.org>.
2. Івко С.О. Спеціальні мови програмування: робоча програма навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти для спеціальності 126 Інформаційні системи та технології денної та заочної форм навчання / МОН України, Полтавський державний аграрний університет; – Полтава: ПДАУ, 2021. 20 с.

## **ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ КОМПЛЕКСИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ЗАБОРОНЕНОЇ ЗОНИ УСТАНОВ ВИКОНАННЯ ПОКАРАНЬ**

Москаленко А.О., Ігнатович Д.А.

Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет  
імені академіка Юрія Бугая»  
Київ, Україна

Для забезпечення надійної охорони та безпеки на об'єктах установ виконання покарань необхідно вирішувати комплексне завдання щодо вибору, розгортання та експлуатації не лише інженерних, а й технічних засобів охорони.

Швидкий технічний прогрес у світі, який спостерігався в останні роки, не обминув і ринок розвитку охоронних споруд. Комп'ютерна техніка увійшла у наше повсякденне життя і все більше місце займає і в питаннях забезпечення охорони, нагляду та безпеки об'єктів. З'являються все більше нових не тільки техн. засобів охорони, а і цілих охоронних комплексів [1].

Під технічними засобами охорони розуміють спеціальні електронні вироби, що призначені для підвищення рівня охорони, нагляду та безпеки об'єктів. Технічні засоби охорони повинні надійно спрацьовувати в різноманітних умовах. Зміна погодних умов, температурного режиму, рельєф місцевості, коливання напруги електроживлення – параметри, які можуть впливати на надійність роботи технічних засобів охорони. Переліченим вимогам повинні відповідати комплекси технічних засобів охорони, що забезпечують охорону та безпеку на об'єктах установ виконання покарань України. Технічні засоби охорони поділяються на [2]:

1. За сферою використання: пожежні; охоронно-пожежні.
2. За функціональним призначенням: охоронна система сигналізації призначена для попередження про несанкціоноване проникнення на приватну територію чи в саму будівлю, що відбувається завдяки спеціальним датчикам; система периметральної охоронної сигналізації дозволяє точно визначити місцезнаходження зловмисника, від попереднього виду відрізняється тим, що датчик встановлюють поза приміщенням, що охороняється; система контролю та управління доступом допомагає слідкувати за доступом на об'єкт, контролювати його; система відеоспостереження забезпечує візуальне стеження за всіма приміщеннями об'єкта, що охороняється; система пожежогасіння за певних обставин запускається автоматично.

3. За технічним станом: несправні; справні.
4. За призначенням до об'єктів: мобільні; стаціонарні.

В роботі проведено порівняльний аналіз вітчизняних комплексів та комплексів іноземного виробництва: «Ніч-12», «Заграва», Система охорони ємнісна СОЕ та ін.

За результатами порівняльного аналізу існуючих комплексів, було обрано комплекс технічних засобів охорони «Заграва» [3] вітчизняного виробника Інженерний центр «Імпульс».

Комплекс призначений для збору, обробки, відображення та документування інформації про стан рубежів охорони об'єкту, який охороняється, забезпечення оперативного телефонного та гучномовного зв'язку, контролю за пильністю несення служби чатовими на ділянках, що охороняються, та здійснення відеоспостереження за периметром.

Комплекс технічних засобів охорони «Заграва» забезпечує: прийом сигналів про порушення від датчиків типу «сухий контакт» та від інтелектуальних датчиків; можливість довільної розбивки периметра об'єкту на ділянки та рубежі; автоматичну та ручну подачу сигналу тривоги на периметр, в вартове та інші службові приміщення; видачу команд по системі гучномовного зв'язку на периметр та (або) в службові приміщення; індикацію на моніторі сигналу тривоги з вказанням номеру ділянки, рубежу та датчика, з якого надійшов сигнал, а також на світлових табло, встановлених в службових приміщеннях із зазначенням номеру ділянки, на якій відбулося порушення; відеоспостереження за периметром та відеореєстрацію подій в разі спрацювання датчика, детектора руху або по команді оператора; реєстрацію загального числа спрацювань датчиків; оперативний телефонний зв'язок; формування та видачу сигналу на включення охоронного освітлення; реєстрацію на магнітні носії подій, що відбулися зі зберіганням цієї інформації в протоколі подій; документування всіх дій оператора; контроль блокування (розкриття) дверей столу оператора комплексу; автоматичний контроль за пильністю несення служби чатовими на постах.

Таким чином, в роботі проведено аналіз сучасних підходів забезпечення охорони забороненої зони (у тому числі установ виконання покарань). За результатами порівняльного аналізу для забезпечення охорони забороненої зони установ виконання покарань було обрано комплекс технічних засобів охорони «Заграва» вітчизняного виробника Інженерний центр «Імпульс».

#### Список літератури

1. Пазиніч В.І. ІТЗО УВП: посібн: URL: [https://itzo-book.at.ua/load/disciplina/lekcijni\\_zanjattja/2](https://itzo-book.at.ua/load/disciplina/lekcijni_zanjattja/2).
2. Технічні засоби охорони. URL: <https://ok-kardinal.com.ua/ua/tehnichni->

3. Комплекс технічних засобів охорони об'єкта «ЗАГРАВА»: пат. 40270 Україна: МПК (2009), G08B 25/00, G08B 26/00. № u200813849; заявл. 02.12.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6. 4 с.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ ПРОГРАМНИХ БІБЛІОТЕК**

Москаленко А.О., Пархомчук В.П.

Заклад вищої освіти «Міжнародний науково-технічний університет  
імені академіка Юрія Бугая»  
Київ, Україна

Швидкі темпи зростання ринку інформаційних технологій, є головною причиною збільшення попиту на фахівців ІТ-галузі. На думку авторів, невід'ємною складовою у системі підготовки сучасних ІТ-фахівців усіх спеціальностей та напрямів є надання фахових компетентностей з кібербезпеки.

У відповідності до стандартів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за галуззю знань 12 «Інформаційні технології» спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення» [1] та 122 «Комп'ютерні науки» [2] визначені наступні компетентності:

- 121 «Інженерія програмного забезпечення» – здатність аналізувати, вибирати і застосовувати методи і засоби для забезпечення інформаційної безпеки (в тому числі кібербезпеки);

- 122 «Комп'ютерні науки» – здатність застосовувати методи та засоби забезпечення інформаційної безпеки, розробляти й експлуатувати спеціальне програмне забезпечення захисту інформаційних ресурсів об'єктів критичної інформаційної інфраструктури;

- та результати навчання:

- 121 «Інженерія програмного забезпечення» – знати, аналізувати, вибирати, кваліфіковано застосовувати засоби забезпечення інформаційної безпеки (в тому числі кібербезпеки) і цілісності даних відповідно до розв'язуваних прикладних завдань створюваних програмних систем;

- 122 «Комп'ютерні науки» – розуміти концепцію інформаційної безпеки, принципи безпечного проектування програмного забезпечення, забезпечувати безпеку комп'ютерних мереж в умовах неповноти та невизначеності вихідних даних.

Проведено аналіз структури курсів з кібербезпеки університетів України та світу, зокрема: Університету Пердью (США), Королівського технологічного інституту (Швеція), Національного технічного

університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Вінницького національного технічного університету.

За результатами проведеного аналізу запропоновано структуру базового курсу з кібербезпеки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за галуззю знань 12 «Інформаційні технології» спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки».

До складу навчальної дисципліни «Безпека інформаційних систем» [3, 4] запропоновано включити чотири змістовних модуля: основи безпеки, основи криптографії, безпека програм та даних, мережева та Веб безпека.

На підставі аналізу та узагальнення сучасних курсів з кібербезпеки вітчизняних та іноземних університетів, враховуючи побажання та рекомендації провідних фахівців галузі, в рамках змістовного модулю «Основи криптографії» запропоновано розглядати універсальну бібліотеку OpenSSL та програмну бібліотеку Bouncy Castle.

OpenSSL [5] – відкритий програмний продукт, розроблений як універсальна бібліотека для криптографії, що використовує протоколи Secure Sockets Layer і Transport Layer Security.

Використовується, зокрема, в бібліотеці cUrl для реалізації роботи за протоколом https. Доступна для більшості UNIX-подібних операційних систем (включаючи Solaris/OpenSolaris, Linux, Mac OS X, QNX4, QNX6 і чотирьох операційних систем BSD з відкритим початковим кодом), а також для OpenVMS і Microsoft Windows.

Розроблено комплекс практичних занять по дослідженню можливостей універсальної бібліотеки OpenSSL в рамках змістовного модулю «Основи криптографії» навчальної дисципліни «Безпека інформаційних систем»:

1. Основи роботи з інструментами OpenSSL.
2. Симетричне шифрування інформації з використанням бібліотеки OpenSSL.
3. Асиметричне шифрування інформації з використанням бібліотеки OpenSSL.
4. Формування сертифікатів ключів та хешування даних з використанням бібліотеки OpenSSL.

Bouncy Castle [6] – це програмна бібліотека, в якій представлений великий функціонал з області криптографії. Існують реалізації бібліотеки мови програмування Java та C#.

Бібліотека включає в себе як реалізації великого числа криптографічних функцій, так і підтримку стандартних високорівневих криптографічних API відповідних платформ, а також містить

низькорівневі пропріетарні API для більш гнучкого та ефективного доступу до функціоналу. Bouncy Castle був створений в Австралії і американські обмеження на експорт криптографічних алгоритмів на нього не поширюються.

В основі архітектури лежить набір низькорівневих API, які реалізують всі криптографічні алгоритми. Причина, з якої використовується саме низькорівневий API, полягає в тому, що в деяких пристроях, що працюють на платформі JavaME, дуже обмежені ресурси пам'яті, або коли доступ до бібліотеки JCE неможливий.

Можливості програмної бібліотеки Bouncy Castle розглядаються на лекційному занятті «Практичне застосування криптографії» в рамках змістовного модулю «Основи криптографії» навчальної дисципліни «Безпека інформаційних систем».

Таким чином, в роботі запропоновані підходи щодо викладання змістовного модулю «Основи криптографії» навчальної дисципліни «Безпека інформаційних систем» із використанням можливостей сучасних криптографічних програмних бібліотек OpenSSL та Bouncy Castle.

#### Список літератури

1. Стандарт вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня ступеня «бакалавр» за галуззю знань 12 «Інформаційні технології» спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення». Затверджено та введено в дію наказом МОН України від 29.10.2018 р. № 1166.
2. Стандарт вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня ступеня «бакалавр» за галуззю знань 12 «Інформаційні технології» спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Затверджено та введено в дію наказом МОН України від 10.07.2019 р. № 962.
3. Москаленко А.О. Робоча програма навчальної дисципліни «Безпека інформаційних систем» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення» / МОН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»;– Київ: ЗВО «МНТУ», 2021. 42 с.
4. Москаленко А.О. Робоча програма навчальної дисципліни «Безпека інформаційних систем» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньої програми «Комп'ютерні науки» / МОН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая»;– Київ: ЗВО «МНТУ», 2021. 42 с.
5. OpenSSL. URL: <https://www.openssl.org/>.
6. Bouncy Castle URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Bouncy\\_Castle](https://uk.wikipedia.org/wiki/Bouncy_Castle).

## КРИПТОГРАФІЧНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Копішинська О.П., Гуйва О.О.  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Метою доповіді є визначення критеріїв вибору криптографічних елементів, які варто використовувати для захисту інформаційних систем, визначення надійності захисту інформаційної системи за допомогою криптографічних алгоритмів.

Криптографічний захист використовується для збереження конфіденційності інформації, яка знаходиться в інформаційній системі. Термін криптографія означає сукупність методів які спрямовані на захист інформаційного змісту документів [1].

Криптографічна система захисту інформації – це об'єднання криптографічних алгоритмів, процедур та протоколів (рис. 1), які спрямовані на використання криптографічних ключів [1].

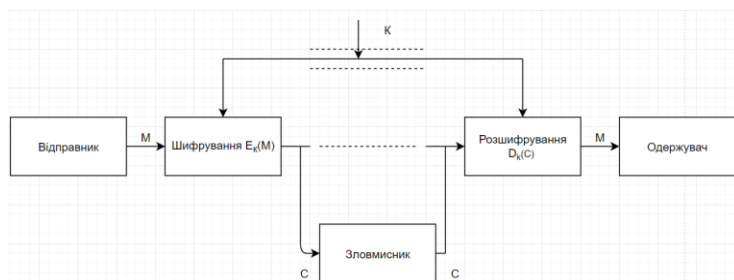


Рис. 1. Схема криптосистеми.

Розділи прикладної математики, що вивчають моделі та алгоритми як програмні так і апаратні можна назвати криптоаналізом. Система криптографії й криптоаналізу утворює криптографію.

Криптографічний алгоритм, також називаний шифром, являє собою математичну функцію, яка використовується для шифрування й розшифрування. Якщо безпека алгоритму заснована на збереженні самого алгоритму в таємниці, це обмежений алгоритм [2]. Криптографічні елементи загалом поділяються на такі класи: безключові; одноключові; двоключові.

Обмежені алгоритми являють тільки історичний інтерес, але вони зовсім не відповідають сьогодишнім стандартам. Велика або непотійна



група користувачів не може використати такі алгоритми, оскільки коли користувач залишає групу, її члени мають переходити на інший алгоритм. Алгоритм також має бути замінений, якщо будь-хто ззовні випадково довідається таємницю [2].

Ключ – це набір певних параметрів криптографічного алгоритму, за допомогою якого відбувається перетворення зашифрованого тексту в єдиний вірний варіант з усіх можливих.

Одним із найпопулярніших методів шифрування є блочне. Цей метод передбачає шифрування тексту за допомогою блоків інформації.

Криптографічний шифр, який використовується для захисту інформації, повинен відповідати таким вимогам: легкість у шифруванні та розшифруванні; легкість у використанні на різних апаратних засобах; надійність бази алгоритмів.

Таким вимогам відповідають шифри: зміни; гамування; перестановки; шифри які роблять аналітичне перетворення інформації.

При аналізі криптографічних систем перевіряють саме здатність системи протистояти атакам на систему, які здійснюються з цілю отримати інформацію. При перевірці криптографічних алгоритмів зсуваються на принцип Керкхофа, система повинна забезпечувати захист інформації навіть тоді коли зловмисникам відомо повний її опис.

Криптографічні системи класифікуються за допомогою таких параметрів: кількість ключів, що використовують; схема обробки відкритої інформації; алгоритми за допомогою яких відбувається перетворення відкритого тексту.

Криптографічна система може бути оцінена як: безумовно стійка; умовно стійка.

На сьогоднішній день можна відмітити декілька популярних криптоалгоритмів для шифрування інформації (табл. 1).

Таблиця 1

Популярні криптоалгоритми

№	Назва	Довжина в бітах	Тип
1	MARS	128-400	Симетричний
2	SNOW	128-256	Симетричний
3	RSA	1024-4096+	Асиметричний
4	EPOC	1024-4096+	Асиметричний
5	TWOFISH	128-256	Симетричний

Криптоалгоритми наведені на (рис/ 2) здатні захистити від:

- диференційного криптоаналізу;
- лінійного аналізу;

- вгадування ключа захисту;
- злом з застосуванням апаратних помилок;

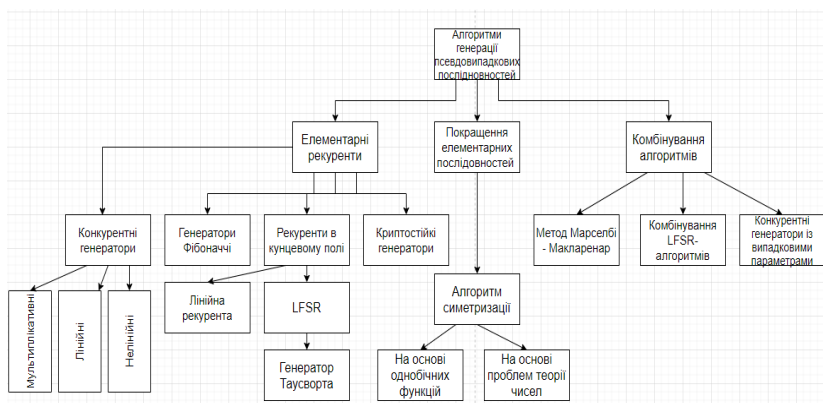


Рис. 2. Класифікація програмних генераторів псевдовипадкових послідовностей [3].

Для контролю цілісності інформації, яка передається в мережі й оброблюється елементами мережі, може бути використано механізм створення цифрових відбитків повідомлень (message digesting). Відбитки генеруються в результаті перетворення інформації за допомогою криптографічних хеш-функцій [3]. Хешування (або гешування, від англ. hashing) – перетворення вхідного масиву даних довільної довжини в вихідну бітову послідовність фіксованої довжини, яку можна використати для порівняння даних.

Серед величезної кількості існуючих хеш-функцій прийнято виділяти криптографічно стійкі, які застосовуються в криптографії. Для того, щоб хеш-функція  $F(h)$  вважалася криптографічно стійкою, вона має задовольняти трьом основним вимогам, на яких базується більшість застосувань хеш-функцій в криптографії:

1. Незворотність: для заданого значення хеш-функції  $m$  повинно бути не можливо обчислити блок даних  $X$ , для якого  $H(X) = m$ .
2. Стійкість до колізій першого роду: для заданого повідомлення  $M$  повинно бути неможливо підібрати шляхом обчислень інше повідомлення  $N$ , для якого  $H(N) = H(M)$ .
3. Стійкість до колізій другого роду: неможливість шляхом обчислень підібрати пару повідомлень  $(M, M')$ , що мають однаковий хеш.

Наприклад, для зберігання паролів практично в усіх операційних

системах та інших програмних продуктах і інтернет-ресурсах сьогодні використовуються хеш. Найпоширенішими алгоритми хешування в таких системах є: LM, NTLM, MD5, SHA1, MYSQLSHA1, HALFLMCHALL, NTLMCHALL, ORACLE-SYSTEM, MD5-HALF. Перші два з наведених алгоритми використовуються операційною системою Windows для зберігання паролів користувача. MD5, SHA1 є найстійкішими криптографічними алгоритмами і можуть використовуватися в різноманітних системах доступу. Назви інших алгоритмів вказують на їхню область застосування.

У підсумку можна зазначити, що захист інформації потрібен не лише великим організаціям, а й звичайному користувачеві, який турбується про захист власної конфіденційної інформації. Використовуючи відповідні алгоритми шифрування, можна забезпечити захист інформації майже від будь-яких варіантів злому.

#### Список літератури

1. Криптографічний захист інформації. URL: <https://www.znanius.com/3851.html>.
2. Криптографічний захист інформації. URL: [https://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=1575](https://esu.com.ua/search_articles.php?id=1575).
3. Поповський В.В. та ін. Телекомунікаційні системи та мережі. Т. 1. Структура й основні функції: електронний підручник. / Друге видання. Харків. 2018.

### ВРАЗЛИВОСТІ У ВИКОРИСТАННІ КРИПТОГАМАНЦІВ В КРИПТОВАЛЮТНІЙ ІНДУСТРІЇ

Блотницька Д.В., Фесенко А.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Київ, Україна

Метою доповіді є науково-теоретичне обґрунтування питань стосовно децентралізованих систем, побудованих на блокчейні, а також онлайн-гаманців окремо; питань щодо потенційних небезпек та вразливостей таких систем.

Актуальність проблеми. Криптовалютні гаманці широко розповсюджені та лише набирають свою популярність. На 10 жовтня 2021 р. було налічено близько 77 млн. користувачів криптогаманців [1]. Наряду із використанням уже розповсюджених валют, одним із факторів швидкого зростання популярності онлайн-гаманців є можливість швидких грошових переказів, у тому числі між резидентами різних країн. Коли інші банківські перекази можуть займати декілька робочих днів, онлайн-гаманці можуть провести транзакцію майже миттєво.

Оскільки кількість користувачів віртуальних грошей постійно зростає, ми маємо справу із численними спробами використати вразливості існуючої системи у зловмисних цілях. На відміну від фізичних коштів, віртуальні схильні до ризику набагато більш масових атак, через що можлива значна зміна цінності криптовалют та економічного стану світу. Беручи до уваги усі вищезазначені фактори, захист криптовалютних систем має досить велике значення для особистої безпеки їхніх користувачів та економічної ситуації у світі, отже, захист усієї криптовалютної індустрії, зокрема криптогаманців, є критичним [2].

Методи дослідження. У цьому дослідженні було використано такі методи як аналітичний, метод узагальнення, порівняння, синтетичний метод.

**Результати досліджень.** У криптовалютній індустрії уже однією із основних проблем є несанкціонований доступ та не добросчесне використання коштів. Так, транзакції можуть бути надіслані та отримані анонімно, тому їх важко відстежувати, тому є висока імовірність залучення нелегальних продажів, хоча це і захищає особистість людей, що можуть ними користуватися.

Коли ж ми кажемо про технічну безпеку переказів, то йдеться про блокчейн та те, як ми доводимо валідність кожної транзакції, а також їхню черговість. Використовують різні схеми відмітки часу, щоб довести правильність транзакцій, доданих до книги блокчейну, без необхідності довіреної третьої сторони.

Зараз ми маємо такі дві схеми, що це підтверджують:

- Першою винайденою схемою відмітки часу була схема proof-of-work. Найбільш широко використовувані схеми підтвердження роботи базуються на SHA-256 та ес-крипт. З того часу було відкрито деякі інші алгоритми хешування, які використовуються для підтвердження роботи. Серед них CryptoNight, Blake, SHA-3 та X11.

- Proof-of-stake – це метод забезпечення безпеки криптовалютної мережі та досягнення розподіленого консенсусу шляхом вимоги до користувачів показати право власності на певну суму валюти. Він відрізняється від попередньої системи, де використовують складні алгоритми хешування для перевірки електронних транзакцій. Наразі стандартної форми цього методу немає, він використовується у деяких валютах у декількох відмінних одна від одної формах.

Можливо використовувати обидві системи для забезпечення більшої надійності системи. Однією із найрозповсюдженіших систем забезпечення безпеки цього кроку є майнинг, який полягає у фіксуванні, засвідченні та генеруванні хешів для транзакцій [3].

Одним із найслабших місць у захисті є не механізм передачі та

узгодження транзакцій, а приватний ключ кожного користувача, який було згенеровано індивідуально для кожного криптогаманця. Приватний ключ має повний контроль над криптовалютами, і найважливішим завданням користувача є безпека їхніх приватних ключів. Це одна з істотних проблем у криптовалютах. Існуючі системи вимагають наявності певного програмного або апаратного забезпечення для зберігання приватних ключів та підписання транзакцій. Криптогаманці мають широкий спектр від онлайн-гаманця до холодного (cold wallet). Отже, захист приватного ключа від потенційних хакерів дійсно важливий. Ніхто не може скасувати транзакцію, зроблену з вкраденим ключем, як тільки мережа це підтвердить. Технічним рішенням для захисту приватних ключів є гаманець криптовалюти, програмне забезпечення, обладнання або комбінація для управління ключами.

У питанні вразливостей приватних ключів можна побачити такі проблеми:

- По-перше, майже всі криптовалютні гаманці страждають від відсутності безпечного та зручного процесу резервного копіювання та відновлення.

- По-друге, часто відбувається втрата ключів користувачами, що призводить до недоступності використання криптовалюти для користувача [4].

Однією з найбільших небезпек використання криптовалютних рахунків з точки зору користувача є доступ до гаманців. Це Проблема безпеки як технології блокчейн, так і кінцевих одиниць, таких як криптогаманці, потребує подальшого вивчення задля забезпечення безпеки криптогаманців. У подальшому планується дослідження на тему безпечного використання криптогаманців взагалі та, зокрема, онлайн-гаманців в криптовалютній індустрії. Вразливість саме приватних ключів та гаманців вбачається авторам розповсюдженою загрозою, що може призводити до значних втрат, що вже було розглянуто в цій роботі.

#### Список літератури

1. Number of Blockchain wallet users worldwide. URL: <https://www.statista.com/statistics/647374/worldwide-blockchain-wallet-users>.
2. Ткаченко В., Гуменюк В. Блокчейн та криптовалюта: сутність та перспективи розвитку. *Підприємство та підприємництво: реалії та перспективи розвитку*. Зб. матеріалів III студ. Наук. Інтернет-конф., м. Київ, 13-15 березня 2019. С. 86-91.
3. Скічко Д., Гріненко Т., Нарезній О. Безпека технології блокчейн для децентралізованих систем. Харків: 2019.
4. Hossein R. Improving Security of Crypto Wallets in Blockchain Technologies. Florida 2020.

## ПОТОКОВІ ШИФРИ SNOW

Шовкун М.І., Фесенко А.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Київ, Україна

Метою доповіді є дослідження, порівняння сімейства поточкових шифрів з регістром зсуву з лінійним зворотним зв'язком SNOW. У ній розглянуто 4 версії шифру SNOW – SNOW 1.0, SNOW 2.0, SNOW-3G, SNOW-V.

SNOW 1.0, спочатку просто SNOW, був розроблений у 2000 р. у Лундському університеті (Швеція). [3]. На рисунку представлена схема шифру (рис. 1).

У 2003 р. було створена нова версія шифру SNOW 2.0. На рис. 2 [4] представлена схема шифру. SNOW 2.0 був внесений в ISO/IEC 18033-4. На його основі створено такий шифр як STRUMOK [6] (використовується для генератора).

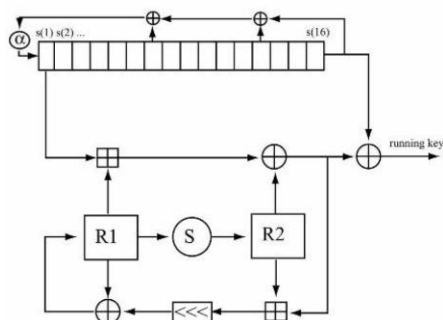


Рис. 1. SNOW 1.0.

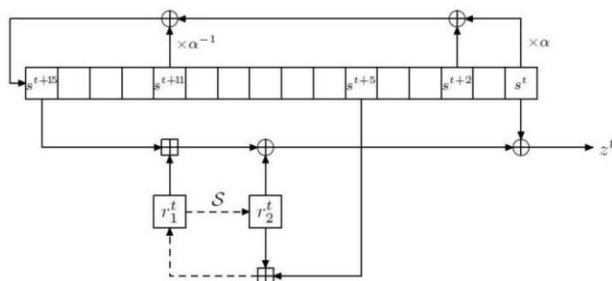


Рис. 2. SNOW 2.0.

У 2006 р. було удосконалена попередня версія шифру і вийшов новий шифр під назвою SNOW-3G. На рис. 3 представлена схема шифру. SNOW-3G використовується за основу генератора поточкових ключів в шифрах 3GPP UEA2 і UIA2 [5]. В основному використовується для захищеної передачі мобільних даних.

У 2019 р. вийшов новий шифр SNOW-V (рис. 4). Через збільшення швидкодії, він може використовуватись для передачі даних технології 5G.

Генератор усіх SNOW шифрів складається з регістра зсуву з лінійної зворотним зв'язком довжини 16 над полем  $F_{232}$ . Вихід регістра подається на вхід кінцевого автомата. Спочатку виконується ініціалізація ключа. Ця процедура забезпечує початкові значення для РЗЛЗЗ (регістр зсуву з лінійним зворотним зв'язком), а також для регістрів  $R_i$  в кінцевому автоматі.

У лютому 2002 р. Філіпп Хоукс і Грегорі Роуз описали атаку на SNOW 1.0 [7]. Вразливістю шифру є наявність лише одного входу  $s(1)$ , що може дати зловмиснику інвертувати операції у кінцевому автоматі, а також невдалий вибір полінома зворотного зв'язку [7]. У серпні 2003 р. Бірюков, Ватанабе та Каньєр описали атаку на SNOW 2.0 методом лінійного маскування [8].

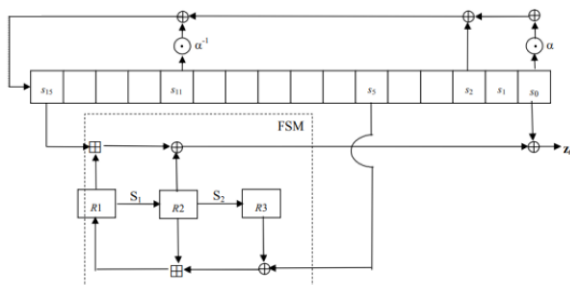


Рис. 3. SNOW-3G.

У 2010 р. був описаний механізм ресинхронізації SNOW 3G з використанням атак із колізією кількох наборів.

У 2020 р. Лін Цзяо, Юнцян Лі та Юнлін Хао здійснили атаку на SNOW-V під назвою «Вгадай і визнач атаку» [3].

Отже кожна версія поточкового шифру SNOW мала свої вразливості. На практиці найбільше застосовується SNOW 2.0 є як основа для регістру зсуву з лінійним зворотним зв'язком в інших поточкових шифрах.

В подальших дослідженнях планується удосконалення поточкового шифру з регістром зсуву з лінійним зворотним зв'язком, враховуючи

здійснені атаки і наявні вразливості.

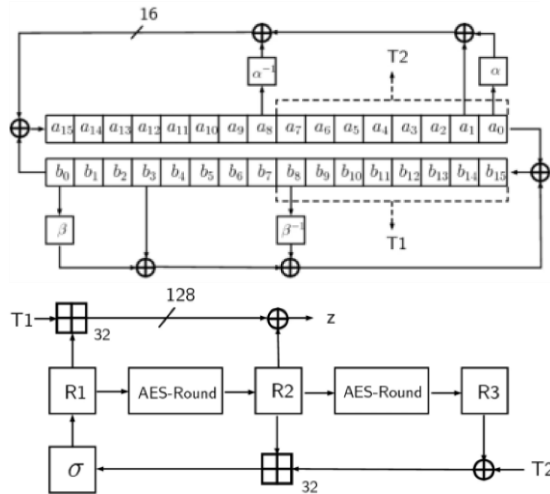


Рис. 4. SNOW-V.

### Список літератури

1. Поремський М. Методи обґрунтування стійкості snow2.0-подібних поточкових шифрів відносно кореляційних атак над скінченними полями порядку  $r^2$ : дис. докт. техн. наук: 12. Київ, 2020. 150 с.
2. Олексійчук А. Достатня умова стійкості snow2.0-подібних поточкових шифрів відносно певних атак зі зв'язаними ключами. *Захист інформації*. 2016. № 18. С. 261-268.
3. Поточный шифр SNOW. Хабр. 2020. URL: <https://habr.com/ru/post/532476/>.
4. Ekdahl P. and Johansson T. A New Version of the Stream Cipher SNOW. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 2003. URL: [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F3-540-36492-7\\_5.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F3-540-36492-7_5.pdf).
5. 3GPP Confidentiality and Integrity Algorithms UEA2 & UIA2. SNOW 3G Algorithm Specification. GSMA. 2006. URL: <https://www.gsma.com/security/wpcontent/uploads/2019/05/snow3gspec.pdf>.
6. Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Алгоритм симетричного поточкового перетворення. ДСТУ 8845:2019. 2019.
7. Alex Biryukov, Guang Gong, Douglas R. Stinson Guess-and-Determine Attacks on SNOW. *Selected Areas in Cryptography*. 2003. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36492-7\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-36492-7_4).
8. Alex Biryukov, Guang Gong, Douglas R. Stinson A Distinguishing Attack of SNOW 2.0 with Linear Masking Method. *Selected Areas in Cryptography*. 2003. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24654-1\\_16](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24654-1_16).



## **PROTECTION OF INFORMATION DURING THE WORK OF FUTURE TRANSLATORS WITH SPECIAL INTERNET RESOURCES**

Matvienko L.H.  
Poltava State Agrarian University  
Poltava, Ukraine

The problem of information security is relevant for all spheres of activity in modern society. Information and communication technologies are widely used in the training of future translators and in their further professional activity. Therefore, it becomes necessary to monitor the safe interaction of students with electronic means of translation, electronic resources for obtaining and processing information in the information environment. This issue is also important both for the professional activities of individual private translators who use Internet resources in their work, and for companies engaged in commercial activities in the field of translation (translation agencies).

Usually, for large companies, the issue of commercial data protection is one of the key. But today, even in small translation agencies, all employees work in a local area network, and public resources are connected to it – dictionaries, office programs, specialized software. Even a short-term disruption of the corporate network, the loss of valuable files can cause serious problems [2].

Comprehensive information security of translation activities during the training of future translators in higher education includes several key points. First of all, anti-virus security is provided and effective protection of the network from external and internal threats is built.

It often happens that valuable information for the employees of the translation company is lost, destroyed not as a result of malicious actions of competitors in the business, but due to a common virus picked up by one of the users on the Internet. That is why when future translators work with information on the Internet, download educational materials, work with online translators, the internal network of the higher education institution must be reliably protected from various external and internal threats. To solve this problem, experts install firewalls, antivirus, proxy.

Another integral component of information protection during the work of future translators with Internet resources is encryption and protection of data from unauthorized access. In order to provide them, it is necessary to configure the system so that outsiders could not use important information. Access to this data should also be closed to future translators themselves, as this information is not required for their own tasks.

Experience shows that in most cases, the theft of valuable data occurs due to weak protection and simple passwords to personal and corporate mailboxes, which are easy to guess and select [3]. To ensure the confidentiality of valuable information, a higher education institution may use a special security system. It usually includes special hardware, supplemented by software products. In this synergy, these two components provide a fairly high level of security for both the entire system and for individual work computers with Internet access. This system facilitates the comprehensive verification of information downloaded from the Internet and stored on local computers and servers.

An important component of information security in working on the Internet is the formation of information literacy of future translators. It is the control and systematization of information used for educational activities that provides students with access to useful electronic resources [1]. Filtering of educational sites and e-learning tools by the teacher ensures the professional orientation of the information obtained on the Internet and its proper use to improve the quality of learning.

The current stage of informatization of society is associated with the using of information and communication technologies, telecommunications systems, the creation of computer networks in translation. However, non-compliance of information security rules can lead to a negative impact of Internet resources for the work of future professionals and difficulties in translation activities associated with the loss of important information. Although there is a growing need to develop and implement effective solutions in the information industry, information security is one of the most important components of the interaction of higher education students with electronic resources that facilitate the work of the translator.

The severity of the problem of information security will increase with the further expansion of modern information and communication technologies, which are the technological basis of globalization, in all spheres of modern society, the development of electronic systems for government, education, business, etc.

### References

1. Ilchenko V.V. Informatsiino-tekhnologichna kompetentsiia yak komponent profesiinoi pidgotovky perekladacha. *Visnyk KhNU*. № 897. 2019. P. 181-185.
2. Matviienko L.H. Zastosuvannia kraudsorsynhu pid chas vykladannia filolohichnykh dystsyplin u systemi vyshchoi osvity. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia. innovatsiini tekhnologii*. № 5-6 (99-100). Sumy. 2020. P. 117-126.
3. Partyka T.L. Informatsiina bezpeka: navchalnyi posibnyk. 5-e vyd., pererob. i dop.: Forum, NDTs YNFRA, 2016. 432 p.

## **ABOUT THE COMBINATION OF QUANTUM KEY DISTRIBUTION AND LIGHTWEIGHT CRYPTOGRAPHY FOR DATA PRIVACY**

Gnatyuk S., Ryabyi M., Dorozhynskiy S.

National Aviation University

Kyiv, Ukraine

Yubuzova K.

Satbayev University

Almaty, Kazakhstan

The main features of information security are confidentiality, integrity and availability (CIA-Triad). Only providing these all gives availability for development secure ICT [1]:

- Confidentiality is the basic feature of information security, which ensures that information is accessible only to authorized users who have an access.

- Integrity is the basic feature of information security indicating its property to resist unauthorized modification.

- Availability is the basic feature of information security that indicates accessible and usable upon demand by an authorized entity.

One of the most effective ways to ensure confidentiality and data integrity during transmission is cryptographic systems. The purpose of such systems is to provide key distribution, authentication, legitimate users authorisation, and encryption. Key distribution is one of the most important problems of cryptography. This problem can be solved with the help of the following approaches [2]:

- Classical information-theoretic schemes.
- Classical public-key cryptography schemes.
- Classical computationally secure symmetric-key cryptographic schemes.

- Quantum key distribution.

- Trusted Couriers Key Distribution.

- The first of all quantum technologies of information security consist of [2]: Quantum key distribution; Quantum secure direct communication; Quantum steganography; Quantum secret sharing; Quantum stream cipher; Quantum digital signature etc.

QKD includes the following protocols:

- protocols using single (non-entangled) qubits (two-level quantum systems) and qudits (d-level quantum systems,  $d > 2$ );

- protocols using phase coding;

- protocols using entangled states;

– decoy states protocols and some other protocols.

The main task of QKD protocols is encryption key generation and distribution between two users connecting via quantum and classical channels. The first QKD protocol is called *BB84* and it refers to QKD protocols using single qubits. The states of these qubits are the polarisation states of single photons. The BB84 protocol uses four polarisation states of photons ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ). These states refer to two mutually unbiased bases. The efficiency of the BB84 protocol equals 50%.

*Six-state protocol* requires the usage of four states, which are the same as in the BB84 protocol, and two additional directions of polarization: right circular and left circular. Such changes decrease the amount of information, which can be intercepted. But on the other hand, the efficiency of the protocol decreases to 33%.

Next, the *4+2 protocol* is intermediate between the BB84 and B92 protocol. There are four different states used in this protocol for encryption:  $|0\rangle$  and  $|1\rangle$  in two bases. States in each base are selected non-orthogonal. Moreover, states in different bases must also be pairwise non-orthogonal. This protocol has a higher information security level than the BB84 protocol, when weak coherent pulses, but not a single photon source, are used by sender. But the efficiency of the 4+2 protocol is lower than efficiency of BB84 protocol.

In the *Goldenberg-Vaidman protocol*, encryption of “0” and “1” is performed using two orthogonal states. Each of these two states is the superposition of two localised normalised wave packets. For protection against intercept-resend attack, packets are sent at random times.

A modified type of Goldenberg-Vaidman protocol is called the *Koashi-Imoto protocol*. This protocol does not use a random time for sending packets, but it uses an interferometer’s non-symmetrisation (the light is broken in equal proportions between both long and short interferometer arms).

Another type of QKD protocol is a protocol using phase coding: for example, the B92 protocol using strong reference pulses. An eavesdropper can obtain more information about the encryption key in the B92 protocol than in the BB84 protocol for the given error level, however. Thus, the security of the B92 protocol is lower than the security of the BB84 protocol. The efficiency of the B92 protocol is 25%.

The *Ekert protocol (E91)* (Ekert, 1991) refers to QKD protocols using entangled states. Entangled pairs of qubits that are in a singlet state  $|\psi^-\rangle = 1/\sqrt{2}(|0\rangle|1\rangle - |1\rangle|0\rangle)$  are used in this protocol.

The *SARG04 protocol* does not differ much from the original BB84 protocol. The main difference does not refer to the ‘quantum’ part of the protocol; it refers to the “classical” procedure of key sifting, which goes after quantum transfer. Such improvement allows increasing security against

photon number splitting attack. The SARG04 protocol in practice has a higher key rate than the BB84 protocol.

Another way of protecting against photon number splitting attack is the use of *decoy states QKD protocols*, which are also advanced types of BB84 protocol. In such protocols, besides information signals Alice's source also emits additional pulses (decoys) in which the average photon number differs from the average photon number in the information signal.

*Advantages of QKD protocols* [2-4]:

1) These protocols always allow eavesdropping to be detected because Eve's connection brings much more error level to the quantum channel.

2) The information-theoretic security of QKD allows using an absolutely secret key for further encryption using well-known classical symmetrical algorithms

*Disadvantages of quantum key distribution protocols* [2-4]:

1) A system based only on QKD protocols cannot serve as a complete solution for key distribution in open networks.

2) The limitation of quantum channel length.

3) Need for using weak coherent pulses instead of single photon pulses.

4) The data transfer rate decreases rapidly with the increase in the channel length.

5) Photon registration problem which leads to key rate decreasing in practice.

6) Photon depolarization in the quantum channel.

7) Difficulty of the practical realisation of QKD protocols for  $d$ -level quantum systems.

8) The high price of commercial QKD systems (€ 120K +).

**IoT Cybersecurity and Lightweight Cryptography.** It was defined a lot of QKD challenges as well as many advantages for modern ICT. Most of all advantages relate to the only key distribution part and the security of encryption process is open question that depends on encryption algorithm [5]. Up to date secret key ciphers have key length of 256 bit (min) and cannot be implemented effective for example in IoT systems to ensure its security and privacy.

Encryption is an effective countermeasure, and the IoT is now required to apply encryption to sensor devices in environments with various restrictions that have not previously been subject to encryption. Lightweight cryptography is a technology researched and developed to respond to this issue. The biggest security-related threat of IoT systems from the traditional IT systems is that even using devices for data collection from the real world can become a target of cyberattacks. For example, the purpose of applying IoT to a plant is to significantly improve the productivity and maintainability by collecting data

from a large number of sensors installed in production equipment, by analyzing it and performing autonomous control in real time. If sensor data should be falsified during this process, incorrect analysis results would be induced and erroneous control would result due to such an occurrence having the potential of leading to major damage. Moreover, since measurement data and control commands are trade secrets associated with the know-how of production and management, preventing leakages is also important from the viewpoint of competitiveness. Even if there is no problem at present, it is necessary to consider the effect of threats that might become evident in the future [6].

Encryption is already applied as standard on the data link layer of communication systems such as the cellphone. Even in such a case, encryption in the application layer is effective in providing end-to-end data protection from the device to the server and to ensure security independently from the communication system. Then encryption must be applied at the processor processing the application and on unused resources and hence should desirably be as lightweight as possible.

The symmetric key cryptography uses the same secret key for encryption and decryption. With the processing that is relatively lightweight, it is used in data encryption and authentication. On the other hand, public key cryptography uses a secret key in decryption and a public key different from the secret key in encryption, and it is quite difficult to guess the secret key from the public key. The computational complexity of the public key cryptography is typically as high as more than 1,000 times that of the symmetric key cryptography, but this technology is used in sharing the secret key used in symmetric key cryptography and the digital signature, thanks to the asymmetrical property. With a system such as a plant or car- control system, it may be possible to embed the secret keys shared by the devices in advance. In such a case, secure and efficient data protection can be implemented using symmetric key cryptography alone. On the other hand, with a system that performs encrypted communications dynamically with unspecified parties such as an inter-vehicle communication system, the use of public key cryptography is effective. Symmetric key cryptography can be widely applied to devices that are subject to severe resource restrictions. The symmetric key cryptography consists of core functions such as block or stream ciphers (cryptographic primitives) and methods to apply the core function to a packet called the block cipher mode of operation for encryption and/or authentication. Today there are many standardized algorithms of lightweight cryptography, that can be viewed freely on [iso.org](http://iso.org).

In this paper the analysis of quantum technologies was carried out. It was declared that QKD is most implemented quantum technology in both

laboratory (experimental) and commercial sector. Modern QKD protocols were analyzed as well as advantages / disadvantages were defined.

Also it was declared, that QKD protocols can be used in complex with lightweight encryption for data privacy in modern information and communication systems (for example, IoT). To provide high security level lightweight algorithms can be changed on secure post-quantum algorithms [7].

### References

1. Howard Shrobe; David L. Shrier; Alex Pentland, "New Solutions for Cybersecurity," in New Solutions for Cybersecurity, MIT Press, 2018.
2. Gnatyuk S. "Advanced Technologies of Quantum Key Distribution", Monograph, London, Great Britain : InTech, 2018, 227 p. DOI: <https://10.5772/65232>.
3. I. B. Djordjevic, "Joint QKD-Post-Quantum Cryptosystems," in IEEE Access, vol. 8, pp. 154708-154712, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3018909.
4. F. Hou, Q. Zhou, Z. Jin and Y. Li, "Authenticated QKD Protocol Based on Single-Photon Interference," in IEEE Access, vol. 8, pp. 135357-135370, 2020, DOI: <https://10.1109/ACCESS.2020.3009090>.
5. M. A. Latif, M. B. Ahmad and M. K. Khan, "A Review on Key Management and Lightweight Cryptography for IoT," 2020 Global Conference on Wireless and Optical Technologies (GCWOT), 2020, pp. 1-7, DOI: <https://10.1109/GCWOT49901.2020.9391613>.
6. S. T. Patel and N. H. Mistry, "A survey: Lightweight cryptography in WSN," 2015 International Conference on Communication Networks (ICCN), 2015, pp. 11-15, doi: 10.1109/ICCN.2015.3.
7. Labadze G., Ivach M., Iashvili G., Gagnidze A., Gnatyuk S. "Post-quantum digital signature scheme with BB84 protocol", CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2915, pp. 35-44, 2021.

## ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РІВНЯ БЕЗПЕКИ СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖ 5G

Одарченко Р.С., Дика Т.В.

Національний авіаційний університет  
Київ, Україна

Стільникові мережі зв'язку стали буденністю [1]. Кожен із громадян сучасного суспільства вже не може себе повноцінно відчувати, не користуючись мобільними пристроями зв'язку. Наразі світ перебуває на етапі розгортання стільникових мереж 5G [2, 3]. Україна також не стоїть осторонь цього процесу, а саме вже наступного року планується продаж ліцензій та повноцінне розгортання мереж 5G на теренах нашої держави. Мережі 5G мають велику кількість переваг в порівнянні з іншими вже давно існуючими (наприклад, 3G чи LTE). Крім того, з точки зору

спеціальних користувачів (військові, поліція, пожежники тощо), висока пропускна здатність 5G, низька затримка та висока надійність представляють значний інтерес для виконання важливих місій. Технологія 5G дозволяє спеціальним користувачам забезпечувати дуже високий наднадійного зв'язку.

У поєднанні з новими технологіями, такими як штучний інтелект та машинне навчання, потенціал 5G стає справді вражаючим. Він може бути використаний для забезпечення спеціальних користувачів покращеною обізнаністю про ситуацію та дозволяє цілим підрозділам та платформам швидше та точніше реагувати на загрози в динамічному середовищі. Затримка та надійність 5G нижче мілісекунд, а це означає, що вона може вписуватися у різноманітні військові та інші урядові випадки використання.

Проблема в тому, що існуючі системи зв'язку 5G не здатні повністю забезпечити необхідну якість обслуговування та безпеку переданих даних урядових ліній у широкому використанні концепції Інтернету речей, а також у контексті бойових дій, гібридних та кібервійн [5]. Існує можливість перехоплювати текстові повідомлення, слухати розмови, а потім використовувати отримані дані як проти окремих осіб, так і проти військових, уряду тощо. Також протягом останнього десятиліття відбувається значне розширення ландшафту кіберзагроз [1, 4]. 5G покращує різноманітність та масштабованість різних послуг, а тим часом стикається з різними загрозами безпеки та конфіденційності як з боку внутрішніх, так і зовнішніх зловмисників. Тридцять 5 типів кібератак були визначені як основні загрози конфіденційності, автентифікації, цілісності та доступності в мережі 5G, що створює серйозні ризики для безпеки та конфіденційності її послуг. Все це свідчить про низьку ефективність застосовуваних методів планування мереж 5G та недосконалість застосовуваних технологій безпеки для найбільш безпечної передачі даних та відсутність можливості оперативно реагувати на кіберінциденти тощо.

Отже, науково обгрунтоване планування та оптимізація систем безпеки стільникових мереж, які надають запитувані послуги з визначеними показниками продуктивності для спеціальних груп абонентів (швидкість передачі, затримка, безпека переданих даних) - дуже складна науково-технічна та економічна проблема, без якої неможливо створити інформаційну інфраструктуру, яка б відповідала потребам розвиненого інформаційного суспільства світового рівня.

Тому необхідно розробляти принципово нові рішення для забезпечення необхідного рівня захищеності різних груп абонентів стільникових мереж.



Метою роботи є розробка програмного забезпечення для виявлення та запобігання кібератакам в стільникових мережах 5G на основі штучного інтелекту.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати:

- вдосконалення архітектури системи безпеки мереж 5G;
- вдосконалення мережевого методу моніторингу кіберінцидентів для використання в стільникових мережах;
- реалізація концепції автономної системи безпеки мережі для управління функціями безпеки;
- розробка відповідного програмного забезпечення та його тестування у реальній стільниковій мережі.

Для цього повинні бути розроблені та впроваджені IDS та IPS на основі AI/ML.

Основною метою проекту є розробка нової платформи кібербезпеки 5G з новими актуальними для сучасного та майбутнього суспільства моделями довіри, криптографічними алгоритмами, посиленою безпекою критичної інформаційної інфраструктури тощо. Така платформа повинна включати: постійний комп'ютерний моніторинг потенційно небезпечних місць та об'єктів з метою визначення необхідних заходів щодо усунення наслідків кожного типу можливих кіберінцидентів; вжиття необхідних заходів для підготовки до боротьби з наслідками можливих кіберінцидентів; формування цілей для паралельного усунення можливих видів кіберінцидентів, їх синхронізації, узгодження та ранжування; реалізація паралельних цільових стратегій, їх синхронізація та взаємодія використаних ресурсів; формування можливої сукупності паралельних оперативних впливів, їх диспетчеризація, синхронізація та маневрування ресурсами в динаміці управління.

Схема проведення експериментальних досліджень може бути представлена в наступному вигляді (рис. 1).

Розроблене програмне забезпечення буде встановлено на високопродуктивний сервер. Як емулятора мережі 5G буде використаний програмно-апаратний комплекс Amarisoft. З смартфонів і плат Arduino будуть створені бот-нети, які стануть джерелом різномірних шкідливих атак, які будуть детектуватись розробленим ПЗ. Після їх виявлення, вони будуть ідентифікуватись і буде відбуватись протидія. Результати безперервного моніторингу будуть виводитися на РК монітор і зберігатися в спеціалізовану базу даних. Після цього ці дані будуть піддаватися обробці і аналізу.



Рис. 1. Схема експериментальних досліджень.

### Список літератури

1. Одарченко Р.С., Гнатюк В.О. Концептуальні засади підвищення рівня кібербезпеки сучасних стільникових мереж. *Захист інформації*. 2016. Вип. 22 (2). С. 143-149.
2. 3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security architecture 3GPP TS 33.401.
3. 3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security aspects of non-3GPP accesses 3GPP TS 33.402.
4. Одарченко Р.С., Гнатюк В.О., Коберник А.Ю., Федюра Т.В. Розробка системи управління кіберінцидентами в мережах LTE. *Безпека інформації*. 2018. № 2. Т.24. С. 84-90.
5. Одарченко Р.С. Зростання вимог до забезпечення інформаційної безпеки новітніх інформаційно-комунікаційних мереж. *ITSEC: матеріали доп. учасн. V Міжнародної науково-технічної конференції*, 15-16 травня 2015 р. Київ, 2015. С. 103-105.

## КОНЦЕПТУАЛЬНА СУТНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

Дячков Д.В.

Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Через посилення ролі інформації сформувався інформаційний простір, який необхідно захищати від несанкціонованого або ненавмисного впливу на рівні держави, регіону і навіть на рівні окремих підприємств.

В економічній діяльності захист інформації дає можливість отримувати високі доходи, укладати вигідні контракти з контрагентами, істотно підвищує рівень конкурентоспроможності підприємства, а також дозволяє значно підвищити ефективність діяльності організації загалом. У зв'язку з цим інформаційна безпека є невід'ємним елементом системи безпеки на різних рівнях управління [1; 2].

У працях, присвячених захисту інформації вищезазначених та інших фахівців, найчастіше виявляється, що погляди і термінологія в цій сфері суттєво різняться, іноді вони майже протилежні. Так, різні автори для визначення інформаційної безпеки застосовують різнорівневі терміни: «захист даних», «безпека інформації», «комп'ютерна безпека», «контроль використання», «боротьба з хакерами», «мережева безпека», «безпека телекомунікацій», «безпека даних» тощо [4].

Перш ніж перейти до розгляду сутності поняття «інформаційна безпека», пропонується розглянути основні терміни, які характеризують це поняття і можуть бути об'єднані в чотири групи:

- ті, що визначають наукову основу інформаційної безпеки;
- ті, що визначають предметну область інформаційної безпеки;
- ті, що визначають основи діяльності щодо забезпечення інформаційної безпеки;
- ті, що визначають основу ризику інформаційної безпеки [2] (рис. 1).

До першої групи зараховані терміни, які використовуються в декількох галузях знань, є однозначними, семантично уніфікованими та стилістично нейтральними. Терміни цієї групи відповідають вимогам однозначності та стійкості, тобто вони однозначно вживаються в одній галузі знань і зберігають свій основний зміст в інших галузях знань, а також є загальноновизнаними. До цієї групи належать терміни «інформація» та «безпека».

Другу групу становлять терміни, які утворюють предметне поле, в

якому формується поняття «інформаційна безпека».

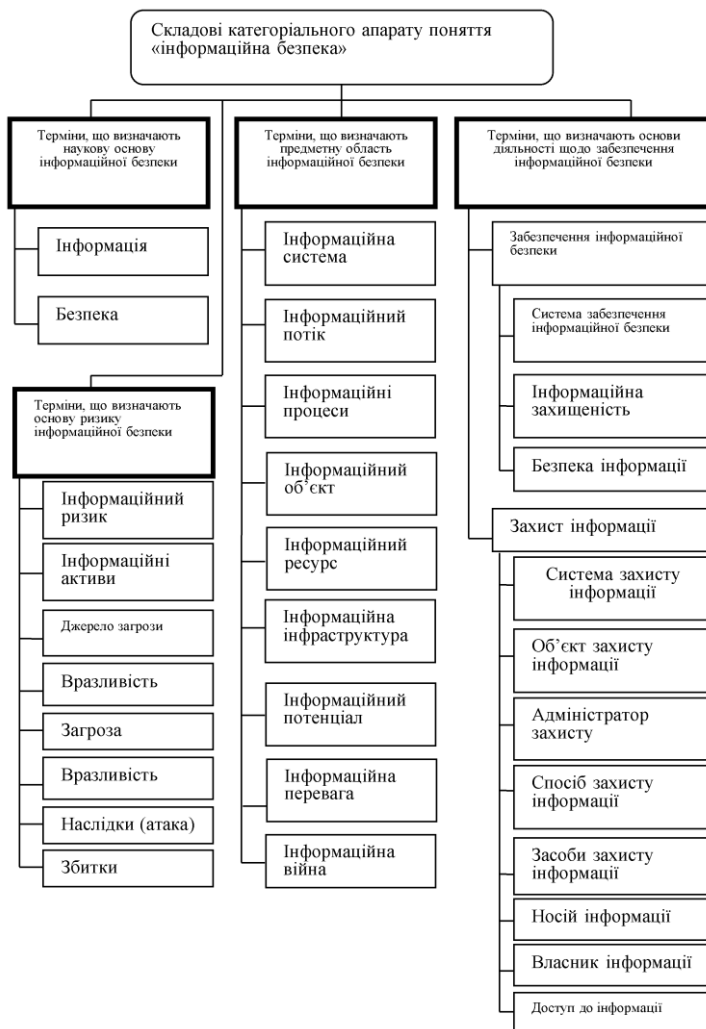


Рис. 1. Логіко-понятійна структура категоріального апарату поняття інформаційної безпеки.

До третьої групи термінів належать терміни, характерні для діяльності у сфері забезпечення інформаційної безпеки. Така діяльність є багатоплановою. Терміни цієї групи окреслюють широке коло понять

різного рівня – від сигнального до системного.

Терміни четвертої групи є загальними. Застосування їх до предметної області дослідження дозволяє визначити основні етапи настання інформаційного ризику: від виникнення джерела загрози до наслідків від її настання.

Найбільш узагальненим і широкоживаним трактуванням поняття «інформаційна безпека» вважається її визначення як стану захищеності інформаційного середовища суспільства, яке забезпечує формування, використання і розвиток останнього для задоволення потреб і дотримання гармонії інтересів громадян, організацій і держави. Інформаційне середовище, в свою чергу, включає сферу діяльності суб'єктів щодо створення, перетворення і споживання інформації та розподіляється на три основні предметні та дві забезпечувальні предметні частини (рис. 1.7, [51]).

На макрорівні інформація, інформаційна система та новітні інформаційні технології є одним із основних факторів забезпечення національної безпеки та умовою її соціально-економічного розвитку. Відповідно, макрорівень передбачає ефективність дій управлінського персоналу суб'єкта господарювання щодо виконання процесів роботи з інформаційними ресурсами, інформаційними системами та інформаційними технологіями підприємства, які не тільки дозволяють автоматизувати та інформаційно забезпечити основні види діяльності, а й створити інформаційні продукти та надати інформаційні послуги.

### Список літератури

1. Арєф'єва О.В., Кузенко Т.Б. Планування економічної безпеки підприємств. К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2004. 170 с.
2. Баранов Н. Понятійний апарат інформаційної безпеки. 2018. URL: <https://www.nicbar.ru/politology/study/56-kurs-informatsionnaya-bezopasnost-v-mezhdunarodnykh-otnosheniyakh/582-tema-2-ponyatijnyj-apparat-informatsionnoj-bezopasnosti>.
3. Кіт В.В., Дячков Д.В. Сутність та роль інформаційної безпеки підприємства в умовах ринку. *Розвиток агропродовольчого ринку в умовах глобалізації економіки* : матер. III Всеукр. наук.-практ. конфер., 31 Жовтня 2018 р. Полтава : ПДАА, 2018. С. 135-137.
4. Дячков Д.В. Теоретичні основи дослідження сутності інформаційної безпеки. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Полтава: ПДАА, 2016. Вип. 2 (13). С. 69-75.
5. Кормич Б.А. Організаційно-правові засади політики інформаційної безпеки України: мон. Одеса: Юридична література, 2003. 472 с.

## **СЕКЦІЯ 4** **АГРОКУЛЬТУРА 4.0 ТА ІНДУСТРІЯ 4.0. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ**

### **ВАРІАНТ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ В СИСТЕМІ «SMART HOME»**

Пилипенко В.О., Слюсарь І.І.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Слюсар В.І.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України

Київ, Україна

Маруженко В.М.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

В роботі розглянутий варіант використання нейронної мережі для розпізнавання голосових команд системи «Smart Home» [1]. На даний час, досить актуальним є розширення номенклатури інтелектуальних функцій [2] подібних систем.

В будинку, де мешкають дві людини, розташовані мікрофони та є програмне керування електроприладами і освітленням. Задача полягає в тому, щоб система «Smart Home» реагувала на їх команди та не приймала команди від інших людей. Крім того, необхідно реалізувати розпізнавання десяти аудіокоманд, наприклад: увімкнути світло, вимкнути світло, увімкнути кондиціонер, вимкнути кондиціонер, нагріти чайник, закрити двері, увімкнути музику, увімкнути телевізор, вимкнути телевізор тощо.

В даному випадку використання нейронних мереж передбачає наявність навчальної вибірки. Для цього дві людини повинні проговорити десять команд по сто разів кожен. Окремо записується фонова розмова власників будинку та сторонніх людей. Це і буде навчальною вибіркою. Зазвичай, 20 % початкової вибірки відводиться для формування тестової вибірки. Завдяки їй можна перевірити працездатність та адекватність роботи системи.

З цією метою, для роботи з аудіозаписами потрібно сформувати так звані спектрограми (по горизонталі відкладається час, а по вертикалі - спектр сигналу). Надалі береться розмова однієї людини, з якої формуються малі фрагменти по 100 мс. Таким чином, проводиться формування необхідної аудіобазы. В процесі роботи нейронна мережа

безперервно аналізує розмову людей на інтервалі 100 мс (для розпізнавання фонові розмови та імовірної команди). Якщо інтервалу у 100 мс замало, тоді виконується повторний аналіз кілька разів на предмет наявності команди.

Для реалізації даного підходу можна використати існуючі фреймворки (інфраструктура програмних рішень, що полегшує розробку складних систем), наприклад, Тегга AI. Для цього спочатку треба завантажити базу голосових команд для системи «Smart Home». Наприклад береться команда «Кондиціонер» (рис. 1). Далі проводиться параметризація та нормалізація аудіо-файлу для даної команди (рис. 2), з якого формується спектрограма (рис. 3).

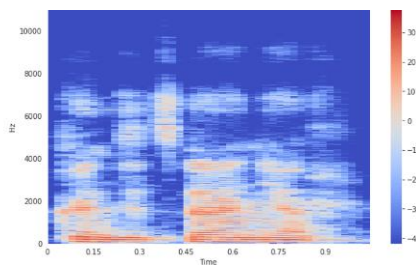


Рис. 1. Спектрограма команди «Кондиціонер».

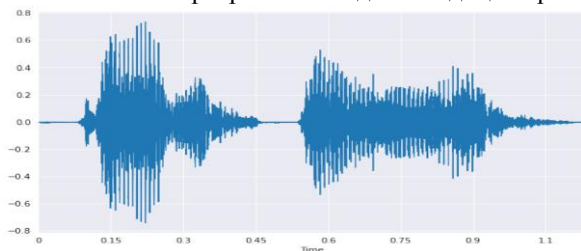


Рис. 2. Аудіосигнал команди «Кондиціонер».

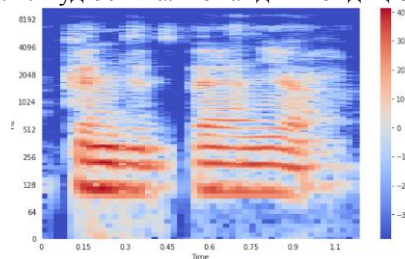


Рис. 3. Спектрограма аудіосигналу.

Надалі проводиться операція ділення спектрограм, результатом якої є набір mel-частотних коефіцієнтів (MFCC) (рис. 4). Mel-шкала – це емпірична шкала, що ґрунтується на людському відчутті частоти звуку. На їх основі розраховуються ознаки кольоровості для конкретної команди (рис. 5). Таким чином, створюється навчальна і перевірна вибірки (вказується довжина аудіо-відрізка при формуванні вибірки, а також крок вибірки). Далі в системі за командами зберігаються відповідні вектори, наприклад, 4-ох класів: кондиціонер, світло, телевизор, фон, - і завантажуються дані обробки аудіозаписів.

Архітектура створеної нейронної мережі містить кілька шарів: згортковий 2D, проріджувальний, вирівнюючий, повнозв'язний. Модель мережі у фреймворці Тегга AI наведена на рис. 6.

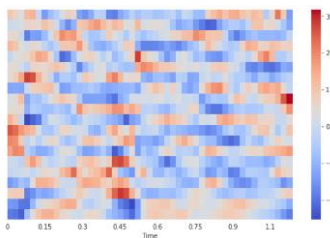


Рис.4. Mel-частотні коефіцієнти.

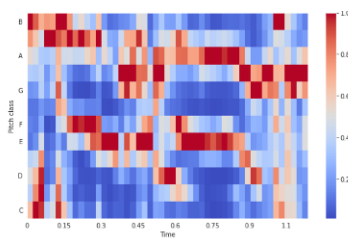


Рис. 5. Ознаки кольоровості.

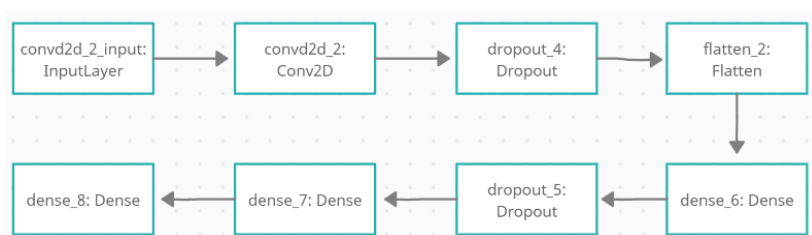


Рис. 6. Модель нейронної мережі.

Навчання мережі виконувалось з наступними параметрами: розмір пакету даних – 256, кількість епох – 15. Кожна з епох характеризується часом навчання, точністю розпізнавання по навчальній вибірці та точністю розпізнавання по тестовій вибірці. Далі вибирається епоха, що має найвищу точність. В ході досліджень була синтезована нейронна мережа, яка забезпечила точність розпізнавання не нижче 95 % (рис. 7).

Для перевірки адекватності моделі мережі проведено її тестування за допомогою аудіо-файлу, що містить команду «кондиціонер» на тлі так званого фону. Результати її розпізнавання наведено на рис. 8 (команда



IV Міжнародна науково-практична конференція «Інтеграція інформаційних систем і «кондиціонер» розпізнана з імовірністю 96,76 %). Подальші дослідження спрямовані на удосконалення даної моделі нейронної мережі [3].

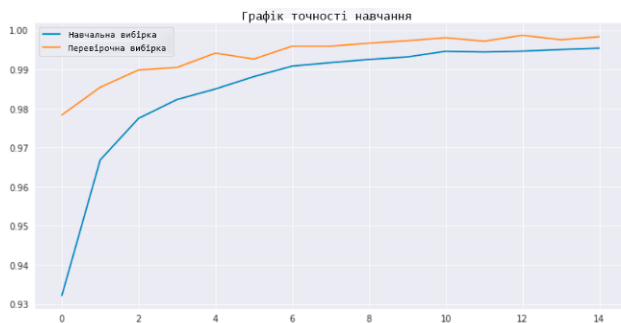


Рис. 7. Графік точності навчання.

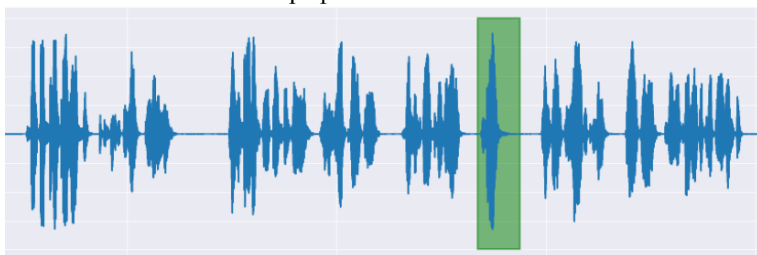


Рис. 8. Розпізнання команди «Кондиціонер».

### Список літератури

1. Слюсарь И., Слюсар В. Особенности интеграции объектов дополненной реальности и smart house. *Modern Science, Practice, Society: abstracts of XVIII International Scientific and Practical Conference*, Boston, USA, 25-26 May 2020. — Boston: Bookwire, 2020. — Pp. 434-437. — URL: [http://www.slyusar.kiev.ua/SLYUSAR\\_Boston\\_2020.pdf](http://www.slyusar.kiev.ua/SLYUSAR_Boston_2020.pdf).
2. Слюсарь І., Слюсар В., Уткін Ю. та ін. Пріоритети використання штучного інтелекту в аграрному секторі. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: Тези доп. 11-ої міжнар. наук.-техн. конф., м. Харків, 8, 9 квітня 2021 р. Т. 2. С. 8.
3. Слюсар В.І. Тензорно-матрична модель нейросетей. *Всеукраїнська наук.-практ. Інтернет-конференція “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку”*, м. Черкаси, 15-21 березня 2021 року. С. 283-285.

## ВАРІАНТ РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ WEBHMI

Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Пілюгін В.А., Павленко А.А.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна,

Блажко В.С.

IT Grand

Полтава, Україна

Згідно [1], реалізація концепції «Індустрія 4.0» передбачає дотримання кількох принципів побудови цифрових екосистем: сумісність і прозорість взаємодії через IoT, технічна підтримка і децентралізація управлінських рішень. Як наслідок, досить актуальним є питання забезпечення збору даних з сенсорів і датчиків і обліку контексту, в якому вони генеруються, для отримання повної інформації про всі процеси, які відбуваються з обладнанням, «розумними» продуктами, виробництвом в цілому та ін. На сьогодні зазначені фактори призвели до зростання попиту на різні варіанти SCADA. Їх впровадження стає особливо актуальними в ситуаціях відсутності єдиної технічної політики щодо приладів обліку і витрат енергоресурсів; їх різних типів, відсутності комунікаційних інтерфейсів або доступу до них; відокремленого розміщення вузлів обліку на об'єктах або значної відстані розміщення один від одного.

Одним з вдалих прикладів подібного роду систем є вітчизняний продукт – WebHMI [2]. Це система SCADA з вбудованим веб-сервером, що дозволяє керувати будь-якими засобами автоматизації по локальній мережі і через Інтернет з комп'ютера і мобільних пристроїв. Система поставляється у вигляді готового пристрою з усім необхідним програмним забезпеченням. WebHMI містить всі необхідні засоби для вирішення більшості типових задач збору і візуалізації даних, а також віддаленого доступу до них. Система збирає, накопичує і обробляє ці дані, дозволяє експортувати їх в сторонні програми через API, відображати історичні графіки та тренди. Вбудоване середовище розробки дозволяє швидко створити інтерфейс для відображення технологічного процесу.

Таким чином, в системі управління на базі WebHMI оператор, який обслуговує, персонал або розробник може легко організувати віддалену роботу або обслуговування через Інтернет. Це дозволяє отримати доступ до системи, переглянути графіки та статистику, занести зміни у проект з будь-якого місця. Один з варіантів використання WebHMI реалізується на базі бездротових модулів збору даних і хмарної системи диспетчеризації

та аналітики (Level2 WebHMI). Використовуючи стандартні промислові протоколи на основі ModBus, автономні модулі зчитують дані з приладів обліку і відправляють їх через шлюзи по радіоканалу в мережу LoRa. Дані від шлюзів передаються через Інтернет на сервер WebHMI по протоколу MQTT. Сервер як набір готових сервісів забезпечує роботу з цими даними, їх зберігання, побудову звітів і аналітику.

Як відомо [3], до переваг протоколу MQTT слід віднести наступні фактори.

1. Протокол нейтральний до змісту пакета. Приймач повинен вміти інтерпретувати та декодувати повідомлення відповідно до формату, що використовується передавачем.

2. Пакет даних має невеликий розмір і може використовуватися для додатків з низькою пропускну здатністю.

3. Протокол забезпечує низьке енергоспоживання батареї.

4. MQTT використовує параметри QoS для забезпечення гарантованої доставки та може бути призначений для доставки повідомлень відповідно до шаблонів: «максимум один раз», «мінімум один раз» і «рівно один раз».

5. Масштабованість завдяки моделі «публікації / підписки».

6. Протокол пропонує незв'язану конструкцію, в якій легко розділити пристрій і сервер (вдало підходить для розподілених комунікацій «один до багатьох» і для окремих додатків).

7. Пристрій публікації може відправляти дані на сервер в будь-який час, незалежно від його стану.

8. Має функцію LWT («Остання воля» і «Заповіт») для повідомлення сторін про ненормальне відключення клієнта.

9. Для основних завдань зв'язку використовує TCP/IP.

Разом з тим, MQTT має такі недоліки: не підтримує потокову передачу відео; має проблеми з затримкою (у MQTT можуть бути повільні цикли передачі); відсутні вбудовані механізми безпеки (MQTT використовує TLS/SSL); централізований брокер може привести до збою, оскільки клієнтські з'єднання з брокерами постійно відкриті. Як наслідок, доцільно розширити функціонал WebHMI за рахунок інтеграції альтернатив протоколу MQTT [4]. Одним з кандидатів є MQTT-SN (версія для сенсорних мереж) Він має деякі переваги у порівнянні з MQTT, особливо для вбудованих пристроїв. До них відносяться такі положення. MQTT-SN використовує тему ID замість імені теми. Перший клієнт відправляє брокеру запит на реєстрацію з ім'ям теми і темою ID (два октети). Після того, як реєстрація прийнята, клієнт використовує тему ID для посилання на ім'я теми. Це економить пропускну здатність і пам'ять пристрою. Ім'я для теми ID можна налаштувати в шлюзі MQTT-

SN, щоб повідомлення про реєстрацію теми можна було пропустити перед публікацією. MQTT-SN не вимагає стека TCP/IP. Його можна використовувати по послідовному каналу, де за допомогою простого протоколу зв'язку (для ідентифікації різних пристроїв на лінії) накладні витрати дійсно невеликі. В якості альтернативи його можна використовувати над UDP. Ще одним варіантом є застосування Data Distribution Service (DDS) [5]. Він використовується у мережах реального часу за принципом видавець/підписник. У комбінації з протоколом MQTT або MQTT-SN сервіс DDS може бути використаний для IoT. До того ж, впровадження DDS дозволить розширити сфери використання WebHMI на архітектури транспортних засобів NGVA, забезпечення обміну даними з бортовими мережами транспортних засобів і групове управління кількома роботами. Особливої уваги заслуговує версія DDS-TSN (застосування DDS у чутливих до часу мережах).

Подальший розвиток даної тематики може бути розширений за рахунок використання ZeroMQ (ZMQ) [6].

#### Список літератури

1. Цифровая Индустрия 4.0. URL: <https://www.forbes.ru/brandvoice/sap/345779-chetyre-nol-v-nashu-polzu>.
2. WebHMI. URL: <http://webhmi.com.ua>.
3. MQTT. URL: <https://www.navixy.com/ru/docs/academy/besprovodnije-technologii/mqtt>.
4. Слюсар В.И., Слюсарь И.И. Дрон-ретранслятор как элемент системы сбора данных сенсорных сетей. *Застосування Сухопутних військ ЗС України у конфліктах сучасності*: зб. тез доп. наук.-практ. конф., Львів, Україна, листопад 2020 р. С. 63, 64.
5. DDS. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Data\\_Distribution\\_Service](https://uk.wikipedia.org/wiki/Data_Distribution_Service).
6. ZeroMQ. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki>.

### РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЧНОГО ПІДРАХУНКУ ПАСАЖИРІВ В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДЕОПОТОКУ

Федорченко М.Б., Слюсарь І.І., Уткін Ю.В.  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Дослідження пасажиропотоків є одним із пунктів програм оптимізації мережі маршрутів громадського транспорту, або дане дослідження може бути використане для оцінки ефективності функціонування окремих маршрутів. Для оптимізації цього процесу представлено алгоритм розрахунку пасажирів у відео потоці, який дозволяє автоматизувати

трудомісткий процес та покращити ефективність роботи пасажирського транспорту.

Для реалізації алгоритму вирішуються три завдання: виявлення об'єктів, визначення траєкторії руху і аналіз траєкторії руху.

Автоматичний розрахунок та аналіз пасажиропотоку має багато переваг, а саме:

- поєднання поточних значень вимірів та даних минулого періоду дозволяє чіткіше уявити собі пасажиропотік. Тому, на основі даних, автоматично розрахованих пасажирами, частоту транспортних засобів, що проходять по всіх мережах, можна планувати частоту та гнучко регулювати її за потреби;

- завдяки постійному підрахунку пасажирів, транспортні компанії можуть оптимізувати та координувати свої транспортні засоби залежно від кількості пасажирів. Рациональне використання великих зчленованих та міні-автобусів, розрахунок кількості вагонів на тій чи іншій лінії. Таким чином, постачальники транспортних послуг можуть швидко та гнучко реагувати на мінливі потреби та забезпечити відповідну потужність відповідно до фактичних потреб;

- сучасна автоматична система підрахунку пасажирів працює цілодобово, вона економічна та дуже точна.

Для того, щоб вести облік пасажирів, оптимізувати розклади руху, маршрутні мережі, тарифну політику, контролювати виручку, що здається персоналом та забезпечувати контроль оплати проїзду, необхідно створити автоматичну систему автоматичного підрахунку кількості пасажирів. Для реалізації системи автоматичного розрахунку пасажиропотоку громадського транспорту необхідно вирішити три основні завдання:

1. Виявлення об'єктів (людей),
2. Визначення траєкторії руху,
3. Аналіз траєкторії руху.

Перший крок – визначити правильне розташування камери в автобусі. Спосіб виявлення залежить від варіантів установки камери. Тільки коли фон відеопотоку є статичним, умови стабільними, а обсяг трафіку низьким, метод виділення рухомих об'єктів буде ефективним [3]. Існує багато способів виділення рухомих об'єктів у кадрі. Наприклад, визначення зміщення областей пікселів між кадрами, попіксельне визначення зміни кадрів (піксель, колір, яскравість) тощо.

Камеру рекомендовано встановити над виходом з об'єктивом, розташованим вертикально вниз. Це може вирішити відразу кілька проблем та покращити точність виявлення, що в свою чергу вплине на підведення статистики кількості пасажирів.

Проаналізувавши різні алгоритми виявлення об'єктів [4], зроблено такий висновок: за існуючого кута зйомки, коли камера спрямована на дверний отвір, нейронна мережа, придатна для будь-якої з вищезгаданих архітектур, може бути використана для виявлення людей в кадрі. Однак, щоб підвищити точність виявлення, кожену камеру необхідно встановити над дверима, що вирішує проблему виявлення небажаних об'єктів та їх перекриття. У цьому випадку може бути використаний метод Віоли-Джонса, оскільки особа в кадрі буде обличчям до камери з тієї ж сторони, що дозволить навчити каскад Хаара, а процес виявлення буде в кілька разів швидшим [2]. Встановивши камеру, також можна скористатися методом вибору рухомих об'єктів, оскільки вона добре працює при відсутності накладання.

Визначення траєкторію руху. В рамках цього завдання потрібно обробити дані, отримані в першому завданні. Траєкторія руху – це впорядкований набір точок. Коли пасажир входить або виходить з автобуса, виділяється прямокутною рамкою в кадрі. Коли людина рухається, координати кадру змінюються.

Для цього буде потрібно алгоритм відстеження центроїдів на основі OpenCV [1].

Він використовує евклідову відстань між центроїдом об'єкта в існуючому кадрі та попередньому кадрі. Він складається з декількох етапів:

- визначення координати рамки об'єкта та обчислення Центроїд;
- обчислення евклідової відстані між новими координатами центроїда та попередньо обчисленими координатами центроїда;
- оновлення координат існуючих об'єктів;
- виявлення нових об'єктів;
- скасування виявлення об'єктів, які вийшли з поля зору.

Щоб використати відстеження центроїдів для створення простого алгоритму відстеження об'єктів, першим кроком є отримання координат прямокутника від детектора об'єктів і використання їх для обчислення центроїда. Алгоритм полягає в окремому перенесенні крайніх прямокутних координат (x, y) кожного об'єкта в кожному кадрі. Рамки створюється будь-яким типом детектора (каскад Хаара, нейронна мережа тощо). Після того, як відомо координати прямокутника, можна обчислити центральні координати прямокутника. Також потрібно призначити унікальний ідентифікатор об'єкта.

Другий крок – обчислення евклідової відстані між новими обмежувальними рамками та існуючими об'єктами. Після того, як у кадрі з'являться два або більше об'єктів, було обчислено евклідову відстань між парою існуючих центроїдів та центроїдів вхідних об'єктів.

Потім розраховано евклідову відстань між кожною парою вихідних центроїдів та нових центроїдів.

Третій крок – оновлення координат прямокутної рамки існуючого об'єкта. Об'єкт може переміщатися між послідовними кадрами, але відстань між центроїдами існуючих та наступних кадрів буде меншою, ніж усі інші відстані між об'єктами. Далі алгоритм вибирає центроїд, що зближається, який мінімізує евклідову відстань. Але, наприклад, жоден об'єкт поблизу об'єкта не має нічого спільного. Потрібно його зареєструвати.

Якщо виявлень на вході більше, ніж існуючих об'єктів, що відстежуються, необхідно зареєструвати новий об'єкт. Це четвертий крок. Реєстрація полягає у призначенні ідентифікатора та збереженні центроїда прямокутної рамки. Також можна повернутися до другого кроку і повторити вищезазначені кроки для кожного кадру відеопотоку.

П'ятий крок – скасувати реєстрацію старих об'єктів. Коли об'єкт втрачається або перекривається в кадрі, алгоритм повинен вміти обробляти його. Цей алгоритм можна використовувати для розрахунку траєкторії руху пасажирів, щоб в подальшому мати змогу визначити напрямок руху під час підрахунку кількості пасажирів у майбутньому.

Аналіз траєкторії руху. Після отримання траєкторії руху її потрібно проаналізувати, щоб визначити напрямок руху. Це можна зробити, додавши вектори траєкторії. У напрямку вектору підсумовування можна розрізнити вхідних і вихідних пасажирів. Метод порівняння векторів залежить від кута установки камери. Якщо об'єкт рухається зліва направо та справа наліво, вектор має відрізнятися символом координати X. Якщо об'єкт рухається зверху вниз, знизу вгору - через символ координати Y. Якщо камера встановлена на кут, під яким об'єкт рухається під кутом, потрібно порівняти символи двох координат.

Для програмної реалізації алгоритму було прийнято використати мову програмування Python та бібліотеку OpenCV. Приклад роботи програми наведено на рис. 1.

У першому завданні було розглянуто кілька варіантів виявлення пасажирів та різні архітектури нейронної мережі. Залежно від того, як встановлено камеру, для виявлення пасажирів можна використовувати різні методи. Але для того, щоб покращити точність розпізнавання, камеру необхідно розмістити над входом (виходом), щоб націлити на пасажирів, що входять і виходять зверху вниз, оскільки в цьому випадку вирішується проблема перекриття людей та проблема виявлення додаткових об'єктів у кадрі.

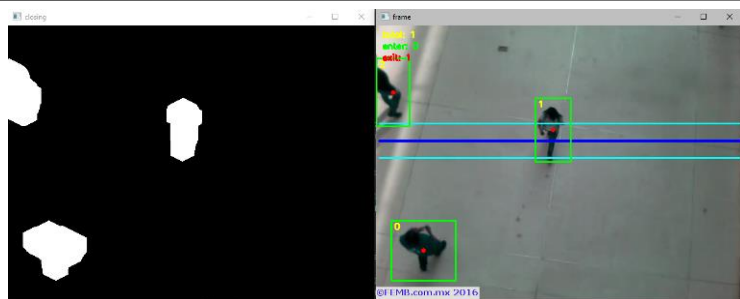


Рис. 1. Скріншот монітору з робочою програмою.

Друге питання пропонує алгоритм визначення траєкторії пасажирів, тобто необхідно розрізняти «вхідних» та «вихідних» пасажирів у громадському транспорті.

Третє завдання аналізує траєкторію методу шляхом порівняння підсумкових векторів. Найцікавіший і перспективний варіант на даний момент - використання різних методів комп'ютерного зору для розрахунку пасажиропотоку в громадському транспорті, оскільки цей метод працює автоматично і не вимагає участі людини.

В результаті проведеного аналізу та дослідження було розроблено скрипт для автоматичного підрахунку пасажирів в громадському транспорті з використанням відеопотоку з використанням нейронної мережі, мови програмування Python та бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV.

### Список літератури

1. Буров Є. Комп'ютерні мережі. Львів: БАК, 2001. 468 с.
2. Єрьоміна Н.В. Комп'ютерні мережі: навч. посібн. К: КНЕУ, 2005. 230 с.
3. Уолренд Дж. Телекомунікаційні та комп'ютерні мережі: Вступний курс / Пер. з англ. М.: Постмаркет, 2003. 480 с.
4. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей І.Р. Структуровані кабельні системи: 4-е вид. М.: ДМК Пресс, 2002. 640 с.



## ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНИЙ ГАЛУЗІ

Бородатий Д.Г., Кольвах Д.В., Муравльов В.В.  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Метою доповіді є огляд впровадження інформаційних технологій (ІТ) в аграрній галузі. З урахуванням прогнозів ООН чисельність населення світу до 2050 року перетне межу 9 мільярдів. Відповідно і потреби у харчових ресурсах в світі зростуть майже вдвічі до того часу. Тому на сьогодні однією з найбільш перспективних сфер бізнесу є саме аграрна галузь. А з урахуванням технічного прогресу, а саме технології Industry 4.0 сільське господарство ідеальне середовище для застосування ІТ.

На сьогодні інноваційний потенціал агропромислового комплексу України використовується в межах 4-5%, в порівнянні в США – 50%. За експертними оцінками, загальний рівень інформатизації підприємств в сучасних умовах є недостатнім, що пояснюється такими причинами:

- низькою ефективністю господарюючих суб'єктів в умовах недостатнього і державного впливу на процеси становлення матеріально-технічної бази та організаційно-економічної ситуації системної інформатизації;
- відсутністю розвиненої інфраструктури інформатизації сучасного вітчизняного АПК;
- низькою зацікавленістю господарюючих суб'єктів у розвитку систем інформатизації та використанні її продуктів в силу недостатнього стимулювання продукції інформаційних технологічних систем.

Найбільш відомі на сьогодні ІТ реалізовані в рамках прикладних комп'ютерних програм. Зокрема, це програми по:

- оптимізації розміщення сільськогосподарських культур у зональних системах сівозміни за розрахунками доз добрив;
- проведенню комплексу землевпорядних робіт і керуванню земельними ресурсами;
- веденню державного земельного кадастру;
- забрудненню ґрунтів;
- оцінці економічної ефективності виробництва;
- розробці технологічних карт обробки сільськогосподарських культур;
- регулюванню режиму живлення рослин і мікроклімату в теплицях;
- контролю процесу зберігання зернопродуктів, якості продукції й

кормів, що вирощуються,

- керуванню технологічними процесами в переробці й зберіганні продукції зерна.

За останні роки ми можемо сформувати короткий перелік основних ІТ-інновацій в аграрній галузі [1].

Картографія – саме застосування сучасних електронних картографічних рішень має ключове значення в агробізнесі і допомагає вирішувати багато типових проблем агрокомпаній. Ефективним та корисним рішенням є також цифрові моделі рельєфу.

Логістичні рішення – дозволяють розв'язати проблеми пов'язані з питанням транспортування та збереження продукції. Ще одна прикладна сфера застосування логістичних рішень – це інтеграція з системами електронного документообігу, складського обліку та ефективного планування закупок, що значно спрощує обмін інформацією між суміжними підрозділами агрокомпаній.

Моніторинг технопарку – важливий з точки зору оптимізації планування капітальних та поточних ремонтів, для попередження передчасного зношення конкретних деталей чи техніки в цілому шляхом ведення обліку та системи нотифікацій. Для розробки даних рішень використовується GPS-трекінг техніки. Кожен кілометр фіксується і записується в базу даних, обчислюється кількість подоланих кілометрів за звітні періоди (день, місяць, рік). Також відстежується кількість відпрацьованих годин по кожній одиниці техніки шляхом введення так званих лог-буків.

Аналітика та планування – аналітичні системи вирішують такі питання, як планування оптимального сусідства рослин, чергування насаджень з року в рік, планування можливості змішаних посадок, на основі ведення архіву посівів і зборів та застосування визначених правил оптимізації даних процесів. Ефективні системи планування дозволяють максимально зменшити залежність від кліматичних умов, використовувати особливості погоди на свою користь, автоматизувати систему поливу, планувати внесення добрив на основі аналізу стану полів, моніторити наявність шкідників та планувати внесення пестицидів лише тоді, коли це насправді необхідно.

Спеціалізовані CRM та HRM системи – дозволяють спростити процес управління взаємовідносинами з персоналом, клієнтами, партнерами. Можливість в онлайн режимі видавати інструкції працівникам та реагувати на їх запити. В свою чергу працівник може формувати польові звіти із прикріпленням фото- чи відеоматеріалів, є також можливість відстежувати діяльність та ефективність роботи кожного працівника.

Аналітика та прийняття раціональних рішень – аналітичні системи

дають можливість автоматичного прорахунку потреби в насінні, добривах та засобах захисту рослин, а також забезпечують функцію ефективного управління бюджетом компанії.

Моніторинг здоров'я та якості – важливий для агрокомпаній, що займаються тваринництвом. Можливості сучасних інформаційних систем дозволяють: підтримувати оптимальний мікроклімат у приміщеннях із тваринами відстежувати динаміку здоров'я, приросту маси тіла та відповідності даних показників критеріям автоматизувати планування структури стада враховувати генеологію та біологічні цикли при плануванні розмноження автоматизовано формувати раціон харчування автоматизувати план ветеринарних заходів (щеплень, оглядів, зважувань тощо).

Мобільність – застосування мобільних додатків та смартфонів дозволяє проводити відстеження та контроль транспортних засобів, контроль водіїв, нагадування, попередження, супровід та підтримка. За допомогою мобільних додатків, уся необхідна інформація знаходиться прямо в руках у працівника у будь-якому місці, будь-якої миті. Такі програми допомагають миттєво вносити дані в систему та ділитись ними із іншими працівниками.

І це далеко не повний перелік інновацій які з'являються останнім часом. На державному рівні підтримка подібних процесів проводиться шляхом створення в регіонах Центрів Індустрії 4.0. Це стало можливим після прийняття постанови КМУ № 750 від 21.07.2021 «Щодо сприяння впровадженню технологічного підходу «Індустрія 4.0» в Україні».

І тому з 1 вересня 2021 р. в ПДАУ створено «Центр впровадження Індустрії 4.0». Його метою є розроблення та впровадження перспективних ІТ, ефективної підготовки відповідних спеціалістів для аграрної галузі Полтавського регіону, організації та проведення інформаційно-просвітницьких заходів, організація навчання, формування зв'язків між підприємствами - розробниками технологій, виробничими підприємствами, закладами вищої освіти, науковими установами, органами державної влади, об'єднаннями громадян. Перші кроки цього центру – це розроблення нових методів і технологій, які орієнтовані на впровадження Індустрії 4.0 на агропідприємствах Полтавського регіону.

Як ми бачимо, використання новітніх ІТ у аграрній галузі дозволяє збільшити продуктивність сільськогосподарського виробництва та має потужний позитивний ефект для його розвитку.

#### **Список літератури**

1. Шубравська О.В., Молдован Л.В., Пасхавер Б.Й. Інноваційні трансформації аграрного сектора економіки: мон. К., 2012. 496 с.

## СЕКЦІЯ 5 ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВЕЛИКИХ ДАНИХ. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

### КЛАСИФІКАЦІЯ НАДВОДНИХ ЦІЛЕЙ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Бігун Н.С.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України  
Київ, Україна

Метою дослідження є розкриття потенціалу використання нейронної мережі (NN) для класифікації надводних цілей на основі аналізу радіосигналів, що вони розповсюджують. При цьому для класифікації надводних цілей пропонується застосовувати лише одну класифікаційну ознаку - «свій» або «ворожий».

Як відомо, нейронні мережі на сьогодні залишаються перспективною технологією радіо- та радіолокаційного спостереження, побудованого на інтелектуальних методах обробки інформації від радіолокаційних, радіотехнічних та радіо- (КХ/УКХ) засобів (рис. 1) [1].

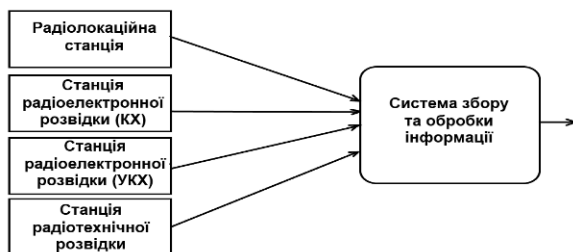


Рис. 1. Пост збору та обробки інформації на надводному кораблі

Система збору та обробки інформації (рис. 2) [2] дає можливість реалізувати завдання класифікації цілей з використанням нейронних мереж, що є важливим етапом у видачі цілевказівки ракетному комплексу з визначенням головної цілі.

На етапі попередньої обробки даних відбувається упорядкування цілей з подальшим їх співставленням з сигналами, отриманими від радіозасобів. Далі, спираючись на попередньо сформовану базу даних, що включає в себе інформацію про «ворожі» засоби зв'язку та діапазони, в яких вони працюють, проводиться навчання нейронної мережі (рис. 3).

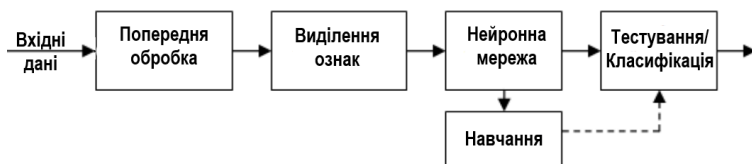


Рис. 2. Структурна схема системи збору та обробки інформації

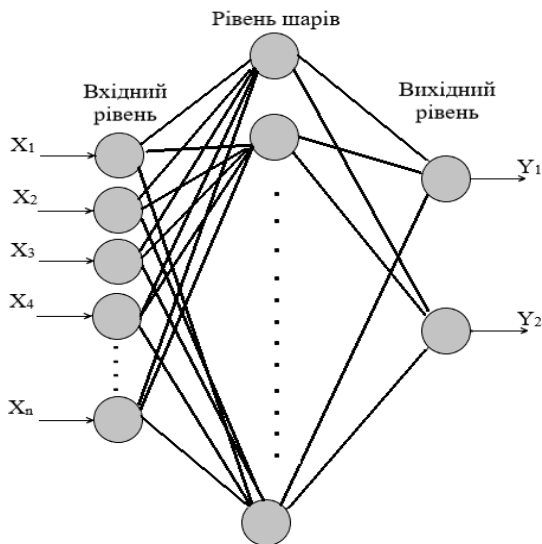


Рис. 3. Структура багатошарової нейронної мережі

Запропоноване рішення свідчить, що нейронні мережі можна ефективно використовувати як автоматичний класифікатор. Структура нейронної мережі дає багатообіцяючі результати у подальшому розпізнаванні надводних засобів та їх класифікації.

#### Список літератури

1. Ibrahim N., Abdullah R. and Saripan M. Artificial Neural Network Approach In Radar Target Classification. *Journal Of Computer Science*, 2009. Vol. 5. No. 1. P. 23.
2. M. E. A. Kanona, A. G. Elsid, M. K. A. H.M, And Y. A. Hamdalla, "Enhanced Neural Network Based Ground Target Classification", *Technology Horizons Journal*, Vol. 1, No. 1, 2018.

## ОСНОВНІ БІОІНСПІРОВАНІ АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ РІЗНОТИПНИХ ДАНИХ

Шишацький А.В, Налапко О.Л.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України

Київ, Україна

Одарущенко О.Б.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

В останні десятиліття розробляється багато методів і алгоритмів у різних галузях, таких як штучні нейронні мережі, генетичні, еволюційні алгоритми та нечіткі алгоритми. Більшість названих вище класів алгоритмів можна віднести до так званих “біоінспірованих алгоритмів”. Очевидними переваги біоінспірованих алгоритмів, крім можливості вирішення завдань великої розмірності, також можна виділити врахування досвіду рішення завдання попередніми агентами. Для розробки біоінспірованих алгоритмів використовувалася поведінка реальних тварин та рослин. Зокрема, відомими на даний момент біоінспірованими алгоритмами є алгоритм оптимізації мурашиної колонії (Ant Colony Optimization, ACO), алгоритм штучної бджолоїної колонії (Artificial Bee Colony, ABC), алгоритм оптимізації сірих вовків (Grey Wolf Optimization, GWO), алгоритм оптимізації зграї кішок (Cat Swarm Optimization, CSO), метод імітації поведінки жаб, метод імітації поведінки зозуль, метод імітації поведінки світляків та метод імітації поширення бур’янів [1-14].

*Алгоритм оптимізації мурашиної колонії* (Ant Colony Optimization, ACO) – один з алгоритмів пошуку шляхів та вирішення завдань на графах. В основі алгоритму покладена поведінка мурашиної колонії – пошук найкоротшого шляху від колонії до джерела харчування та маркування найбільш вдалих шляхів більшою кількістю феромону:

1. Перша мураха («бліц») знаходить джерело їжі будь-яким способом.
2. Потім повертається в мурашник, залишивши за собою тропу з феромонів.
3. Інші мурахи обирають один з можливих шляхів, і підсилюють його своїми феромонами. Даний алгоритм здатний згодом оптимізувати довжину маршруту, сходячись до найбільш короткого (оптимальному) варіанту.
4. Мурахи вибирають найкоротший маршрут, тому що феромони з більш довгих шляхів швидше випаровуються. Найбільш очевидною та

популярною галуззю застосування мурашиних алгоритмів є транспортна логістика, маршрутизація, що є *Np*-складними завданнями.

*Алгоритм штучної бджолоїної колонії* (Artificial Bee Colony, ABC) – заснований на імітації поведінки колонії медоносних бджіл при зборі нектару в природі. В алгоритмі ABC колонія штучних бджіл ділиться на три типи бджіл: робітники, спостерігачі та розвідники. На початковому етапі бджоли-розвідники шукають джерела їжі в заданих межах. Потім, при знаходженні, бджоли-робітники направляються до знайдених джерел. У випадку знаходження нових рішень в межах попереднього, бджола-робітник стає спостерігачем, і її нове завдання – повторний пошук уже на межах даних рішень. Якщо нові рішення в межах попередніх джерел їжі через певне число ітерацій не знайдені, то розвідники знову відправляються випадковим чином на пошук нових джерел їжі та алгоритм повторюється знову.

Найбільш популярними еволюційними біоінспірованими алгоритмами на сьогоднішній день є алгоритми оптимізації на основі *котячих зграй* (Cat Swarm Optimization, CSO). Алгоритм оптимізації зграї кішок, заснований на припущенні, що коти перебувають в одній із двох стадій – фазі пошуку/відпочинку та фазі вистежування/полювання. Згідно з даним алгоритмом, більшу частину часу коти перебувають у стадії відпочинку. Вони мало рухаються, коли шукають оптимальний маршрут для пересування, або іноді не рухаються зовсім. При цьому вони завжди пильні та стежать за оточенням у пошуках можливої жертви. Фаза пошуку залежить від таких факторів, як пошукова пам'ять, діапазон пошуку обраного вимірювання, кількість вимірювань для зміни та самооцінка. Коли кіт знаходить потенційну жертву, він переходить у фазу полювання, що має на меті використання високих затрат енергії. Кожний кіт має задане положення в просторі, коефіцієнт пристосованості/фітнесу, а також перебуває в одній із двох вищеописаних фаз.

*Алгоритм оптимізації сірих вовків* (Grey Wolf Optimization, GWO) алгоритм, орієнтований на оптимізацію функції в векторному просторі. У його основі лежить механізм полювання сірих вовків у природі. Усі агенти діляться на 4 ієрархічних типи: альфа, бета, дельта та омега. Процедура пошуку в алгоритмі GWO починається з випадкового створення популяції сірих вовків. Трьом найбільш близьким до точки пошуку вовкам присвоюються ранги альфа, бета та дельта, у міру убування їх пристосованості. Усі інші вовки одержують ранг омега. У процесі ітерації альфа-, бета- і дельта-вовки можуть оцінити положення жертви, а потім кожне рішення-кандидат може оновити свою відстань до жертви.

*Алгоритм, що імітує поведінку жаб* (Shuffled frog leaping algorithm), заснований на врахуванні поведінки стрибаючих жаб при пошуку їжі. У методі реалізується ітераційний перехід від однієї популяції до іншої. Популяція це множина з жаб (рішень), розділеним на непересічні підмножини, що містять однакове число жаб, які називаються зграями.

Усередині кожної зграї проводиться локальний пошук. При цьому всередині зграї на ходиться найкраще рішення і найгірше. Потім положення найгіршої жаби (з найгіршим значенням цільової функції) змінюється за відповідним правилом.

Якщо отримане рішення, краще, ніж найгірше, то воно замінює його. Якщо – ні, то знаходиться нове положення найгіршою жаби, де замість найкращого рішення всередині зграї використовується найкраще серед всіх жаб в популяції рішення. Якщо знову отримане рішення не краще найгіршого, то найгірше рішення замінюється отриманим випадковим чином з допомогою рівномірного розподілу на множині допустимих рішень. Усередині кожної зграї проводиться одна і та ж кількість ітерацій локального пошуку. Локальний пошук аналогічний вживаному в методі часток в зграї (прагнення найкращому варіанту з досягнутих в зграї або в популяції в цілому). Після завершення локального пошуку розподіл популяції на зграї проводиться заново. При цьому всі рішення упорядковуються по спадаючій значення цільової функції. Порядок формування зграй: найкраще рішення переміщується в першу зграю, наступне – у другу і т.д.

*Метод імітації поведінки світляків*. Стратегія пошуку рішення. Світлячки породжують світло з інтенсивністю, обернено пропорційною квадрату відстані. Ця обставина свідчить про те, що світлячок видно на обмеженій дистанції. Світло допомагає йому заманювати їжу і партнерів. Вводяться допущення: а) привабливість світляка пропорційна яскравості, тому в випадковій парі світлячків менш яскравий буде прагнути до більш яскравого; привабливість (або яскравість) зменшується зі збільшенням відстані. Якщо немає більш яскравого світляка, то він буде рухатися випадковим чином; б) яскравість ототожнюється з величиною цільової функції. Привабливість визначається двома факторами: величиною цільової функції і відстанню до світляка.

*Метод, що імітує поведінку зозул*. Зозулі належать до особливих птахам не тільки в силу специфічного співу, але й агресивної стратегії розмноження. Вони можуть відкладати яйця в чужі гнізда. Якщо господиня гнізда виявляє чужі яйця, вона може викинути їх з гнізда або покинути гніздо і звити його в іншому місці. Деякі види зозул здатні міняти колір яєць і їх форму так, щоб вони були схожі на яйця, відкладені господинею, що збільшує ймовірність їх збереження. Алгоритм, що



імітує поведінку зозуль (cuckoo search algorithm), використовує спостереження за поведінкою зозулі в процесі пошуку гнізд інших птахів, в які вона прагне відкласти свої яйця замість вже наявних.

Приймаються наступні допущення: а) кожна зозуля відкладає тільки одне яйце в випадково обране гніздо (при генерації нового покоління); б) найкращі гнізда з яйцями хорошої якості (рішення з найкращими значеннями цільової функції) зберігаються при переході до наступного покоління; в) число доступних зозулю гнізд фіксоване. Яйце, відкладене зозулею, досліджується господарем з певною ймовірністю. Кожне яйце в гнізді представляє рішення, а яйце зозулі – нове рішення.

*Метод, що імітує поширення бур'янів.* Алгоритм, що імітує поширення бур'янів, використовує спостереження за процесом поширення бур'янів на нових площах (Weed colonization). Бур'яни відносяться до рослин, чий здібності до зростання і поширенню завдають істотної шкоди культивованим рослинам. Вони розмножуються насінням. Передбачається, що на початку насіння розсіюються на множині допустимих рішень, утворюючи початкову популяцію. Кожне насіння (рішення) перетворюється в рослину, яке потім виробляє кількість насіння, пропорційне досягнутому стану (величиною цільової функції). Відпрацьовані насіння випадковим чином розсіюються на досліджуваній площі і виростають в нові рослини. Рослини з поганою пристосованістю, яким відповідають найгірші значення цільової функції, видаляються (гинуть в процесі відбору).

Кількість насіння, що розсіюється рослиною, необхідно визначати лінійною залежністю. Чим більше значення цільової функції, тим більше число насіння, що розсіюється. Ці насіння розсіюються навколо рослини згідно нормальному розподілу (положення рослини задає математичне очікування). Середньоквадратичне відхилення визначається числом до виконаних ітерацій, початковим і кінцевим значеннями. Вважається, що насіння народжують дочірні рослини. Разом з батьківськими рослинами вони утворюють нову популяцію. Якщо її розмір менше допустимої величини, то процес розсіювання триває. Якщо її розмір більше допустимого, то елементи популяції ранжуються за величиною цільової функції. З кращих рослин утворюють нову популяцію, а решта відкидаються (гинуть в процесі відбору). Процес пошуку закінчується після досягнення максимального числа ітерацій.

В дослідженні розглянуті алгоритми є одними з популярних на сьогоднішній день біоінспірованими алгоритмами. Вони застосовуються для вирішення завдань оптимізації. Розглянуті принципи роботи зазначених у дослідженні алгоритмів. Використання запропонованих алгоритмів доцільно для обробки великих масивів даних що мають різну

природу походження і відповідно одиниці виміру. Напрямами подальших досліджень слід вважати розробку модифікованих біоінспірованих алгоритмів для вирішення завдань підвищення ефективності телекомунікаційних систем спеціального призначення.

### Список літератури

1. Шишацький А.В., Башкиров О.М., Костина О.М. Розвиток інтегрованих систем зв'язку та передачі даних для потреб Збройних Сил. *Озброєння та військова техніка*. 2015. № 1. С. 35-40.
2. Pievtsov H., Turinskyi O., Zhyvotovskiy R., Sova O., Zvieriev O., Lanetskii B., Shyshatskyi A. Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2020. No. 4. P. 78-89. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.
3. Zuiev P., Zhyvotovskiy R., Zvieriev O., Hatsenko S., Kuprii V., Nakonechnyi O., Adamenko M., Shyshatskyi A., Neroznak Y., Velychko V. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 4. No. 9. P. 14-23. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>.
4. Nalapko O., Shyshatskyi A., Ostapchuk V., Mahdi Q., Zhyvotovskiy R., Petruk S., Lebed Y., Diachenko S., Velychko V. and Poliak I. Development of a method of adaptive control of military radio network parameters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 1. No. 9. P. 18-32. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225331>.
5. Родзин С.И. Применение биоинспирированных методов для задач многокритериальной оптимизации. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 8. URL: <https://research-journal.org/technical/primenenie-bioinspirirovannykh-metodov-dlya-zadach-mnogokriterialnoj-optimizacii>.
6. Частикова В., Жерлицын А. Исследование алгоритма серых волков. *Научные труды КубГТУ*. 2016. № 16. С. 136-142. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0038/1532.pdf>.
7. Shu-Chuan Chu, Tsai Pei-Wei, Pan Jeng-Shyang. Cat Swarm Optimization. *Lecture Notes in Computer Science*. 2006. Pp. 854-858. DOI: [https://doi.org/10.1007/11801603\\_94](https://doi.org/10.1007/11801603_94).
8. Darwish A. Bio-inspired computing: Algorithms review, deep analysis, and the scope of applications. *Future Computing and Informatics Journal*. 2018. No. 3. Pp. 231-246. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314728818300631>.
9. Karaboga D. Artificial bee colony algorithm. *Scholarpedia*. 2010. No. 5 (3). P. 6915. URL: [http://www.scholarpedia.org/article/Artificial\\_bee\\_colony\\_algorithm](http://www.scholarpedia.org/article/Artificial_bee_colony_algorithm).
10. Eusuff M.M., Lansey K.E. Optimization of water distribution network design using the shuffled frog leaping algorithm. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2003. No. 3. Pp. 210-225.
11. Elbeltagi E., Hegazy T., Grierson D. Comparison among five evolutionary-based optimization algorithms. *J. Advanced Engineering Informatics*. 2005, No. 19. Pp. 43-53.

12. Elbeltagi E., Hegazy T., Grierson D. A modified shuffled frog-leaping optimization algorithm: applications to project management. *Structure and Infrastructure Engineering*. 2007. No. 1. Pp. 53-60.

13. Гладков В.А., Курейчик В.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. М.: Физматлит, 2006. 384 с.

## ТЕНЗОРНО-МАТРИЧНАЯ ВЕРСИЯ LENET5

Слюсар В.И.

Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооружённых Сил Украины  
Киев, Украина

Тензорно-матричная теория нейросетей, развитая, например, в [1], позволяет упростить математическую формализацию процессов их функционирования и в ряде случаев обеспечивает повышение быстродействия глубоких сверточных нейронных сетей (DCNN). Вместе с тем реализация соответствующих возможностей требует определенных навыков, которые проще всего получить на примере несложных по структуре нейросетей. В этом смысле заслуживает внимания одна из первых сверточных сетей LeNet5 [2], достаточно неплохо зарекомендовавшая себя при решении задач распознавания рукописных текстов, в том числе известного обучающего набора изображений MNIST. Типовая структура LeNet5, впервые предложенная в [2], приведена на рис. 1.

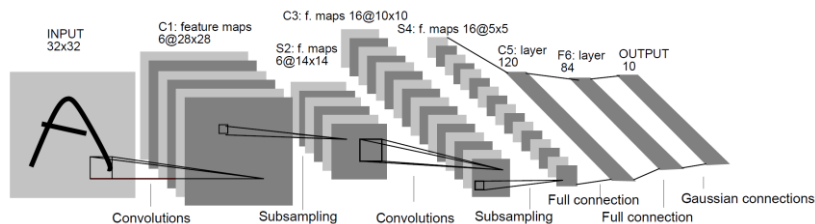


Рис. 1. Оригинальная архитектура LeNet5 [2].

Исходное изображение, подаваемое на вход сети, имеет размерность  $32 \times 32 \times 1$ . Для уменьшения времени обработки изображений в LeNet5 аналитическое описание операций, выполняемых в конкретном слое, целесообразно выполнить на основе семейства проникающих торцевых произведений матриц [1]. Оно показало высокую эффективность в приложениях тензорно-матричной теории. Согласно [1], результатом

проникаючого торцевого произведения  $p \times g$ -матрицы  $A$  и  $n$ -мерного тензора  $B$ , развёрнутого в блочную матрицу, содержащую  $p \times g$ -блоки ( $B=[B_n]$ ,  $n>1$ ), является матрица вида:

$$A \blacksquare B = [A \circ B_n], \quad (1)$$

где  $A \circ B_n$  – представляет собой произведение Адамара.

Если тензор  $B$  записан как блок-строка, получим [1]:

$$A \blacksquare B = [A \circ B_r] = [A \circ B_1 \ A \circ B_2 \ \dots \ A \circ B_r \ \dots]. \quad (2)$$

Применительно к первому слою LeNet5 матрицу  $A$  следует трактовать как набор весовых коэффициентов (ядро) скользящего фильтра, используемого для формирования свёртки по исходной матрице пикселей входного изображения. При этом матрица изображения на входе нейронной сети должна быть преобразована в блочную матрицу пикселей  $B$  с размерностью блоков, равной размерности фильтра свёртки. Пиксели в соседних блоках преобразованной матрицы повторяются с точностью до смещения, равного величине шага при сдвиге окна фильтрации.

Помимо матричной операции, указанной в (1), в рассматриваемом контексте заслуживает внимания её обобщение в виде прямого (кронекеровского) проникающего произведения [1]. Для тензоров  $A$  и  $B$ , развёрнутых в блочные матрицы с блоками одинаковой размерности, такой вариант матричного умножения позволяет получить поэлементное произведение каждого блока матрицы  $A$  на все блоки матрицы  $B$ :

$$A [\boxtimes] B = [A_{ij} \blacksquare B] = [A_{ij} \circ B_{mr}]. \quad (3)$$

Таким образом, функционирование *первого свёрточного слоя* в LeNet5 можно охарактеризовать следующим математическим выражением, описывающим процедуру обработки пикселей:

$$\mathbf{B}_2 = \text{sigmoid} (\mathbf{1}^T [\times] (A_1 [\boxtimes] B_1) [\times] \mathbf{1}), \quad (4)$$

где  $A_1$  – блок-матрица коэффициентов нейронов первого слоя, содержащая 6 блоков размерностью  $5 \times 5$  элементов каждый;  $B_1$  – блок-матрица, сформированная из исходной матрицы изображения путём нарезки в нём  $28 \times 28$  блоков формата  $5 \times 5$  с шагом в 1 пиксель;  $A_1 [\boxtimes] B_1$  – блок-матрица, состоящая из  $(28 \times 28) \times 6$  блоков размерностью  $5 \times 5$  каждый;  $\mathbf{1}^T$  – блок-строка, содержащая  $28 \times 6$  блоков по 5 единичных

елементов в кожному из них;  $\mathbf{1}$  – блок-вектор одиниць из  $28 \times 6$  блоків, що містить по 5 одиниць в блоці;  $[x]$  – символ блочного звичайного добутку матриць [1];  $T$  – символ операції транспонування.

В результаті описаних операцій кожен блок из  $5 \times 5$  елементов в аргументі функції  $\text{sigmoid}()$  в (4) перетворюється в скаляр.

В даному випадку передбачається, що один і той же набір вагових коефіцієнтів зв'язного фільтра  $5 \times 5$  використовується для всієї вихідної матриці зображення по всьому набору зміщень. Якщо ж для кожного зміщення повинен використовуватися свій набір фільтрів, то приходимо до узагальненому проникаючому добутку, що володіє ієрархічною структурою [1].

Слід зауважити, що застосування в виразі (4) операцій множення на блок-строку і блок-вектор одиниць є лише даною традицією використання звичайних матричних операцій. Формальне виконання таких множень суттєво збільшує кількість обчислень, тому щоб уникнути ускладнення обробки, пропонується використовувати зв'язний проникаючий (символ  $\boxtimes$  [3]) або зв'язний прямий проникаючий ( $[\boxtimes]$ ) добутку, в яких операція поблочного Адамарова множення доповнюється сумуванням всіх результатуючих елементів всередині окремого взятого блоку. З урахуванням такої модифікації вираз (4) можна переписати в вигляді:

$$\mathbf{B}_2 = \text{sigmoid}(\mathbf{A}_1 [\boxtimes] \mathbf{B}_1). \quad (5)$$

В цьому випадку загальне кількість операцій додавання і множення при використанні проникаючого добутку буде таким же, як і в випадку застосування традиційної матричної алгебри. Виграш же буде полягати в тому, що в випадку проникаючого добутку не потрібно попередньої операції векторизації масиву даних.

З виходу першого зв'язного шару на *перший maxpooling шар* подається тензор  $28 \times 28 \times 6$  пікселів. Математично даний шар може бути описано формулою:

$$\mathbf{B}_3 = \text{max pool}(\mathbf{B}_2), \quad (6)$$

де  $\mathbf{B}_2$  – блочна матриця пікселів, сформована з блочної матриці попереднього шару  $\mathbf{B}_2$  шляхом ковзаючої вибірки з неї  $14 \times 14 \times 6$  блоків розміром  $2 \times 2$  пікселів з дискретним кроком, рівним 2 пікселям; *max pool* – операція вибору локальних максимумів всередині кожного

блока  $2 \times 2$  из числа элементов, больше нуля;  $B_3$  – выходная матрица пикселей.

На выходе имеем матрицу размером  $14 \times 14 \times 6$  пикселей. Таким образом, в отличие от формирования скользящей свертки, операция *max pool* в данном случае осуществляется без перекрытия массива элементов, поскольку размер шага равен длине окна пула (размерность пула составляет  $2 \times 2$  квадрата, а размер шага пула равен 2). Пул без перекрытия позволяет снизить вероятность переобучения сети.

Далее, на *второй свёрточнй слой*, поступает блочная матрица  $B_3$  размером  $10 \times 10 \times 6$  пикселей, сформированная из тензора предыдущего слоя  $B_3$  размером  $14 \times 14 \times 6$  пикселей путём выборки в нём блоков формата  $5 \times 5$  с шагом в 1 пиксель. Соответственно далее выполняется скользящая свёртка фильтром  $5 \times 5$ . Математическое выражение для второго свёрточного слоя будет иметь вид:

$$B_4 = \text{sigmoid} (1^T [\times] (A_2 [\otimes] B_3) [\times] 1), \quad (7)$$

где  $A_2$  – блок-матрица коэффициентов нейронов второго свёрточного слоя, содержащая  $6 \times 16$  блоков размерностью  $5 \times 5$ ;  $A_2 [\otimes] B_3$  – блок-матрица, состоящая из  $(10 \times 10) \times 6 \times 16$  блоков размерностью  $5 \times 5$  каждый;  $1^T$  и  $1$  – блок-строка и блок-вектор единиц, содержащие  $10 \times 16$  блоков из  $6 \times 5$  единиц;  $B_4$  – выходная матрица второго свёрточного слоя.

На выходе второго свёрточного слоя формируется блочная матрица размерностью  $10 \times 10 \times 16$  пикселей. В данном случае структура формирования отклика слоя построена таким образом, чтобы каждый из 16 нейронов формировал одну матрицу из  $10 \times 10$  пикселей по всем 6 блокам матриц предыдущего слоя.

Указанная матрица размером  $10 \times 10 \times 16$  пикселей подаётся на *второй maxpooling слой*, который может быть описан формулой:

$$B_5 = \text{max pool} (B_4). \quad (8)$$

где  $B_4$  – подготовленная для операции *max pool* блочная матрица пикселей  $B_4$ , в которой аналогично сформированы  $5 \times 5 \times 16$  блоков размером  $2 \times 2$  пикселя с дискретным шагом, равным 2 пикселям;  $B_5$  – выходная блок-матрица *maxpooling* слоя.

На выходе данного слоя имеем матрицу размером  $5 \times 5 \times 16$  пикселей,

Следующий слой в оригинальной работе [1] представляет собой свёрточный слой со 120 ядрами свёртки размером  $5 \times 5$ . Вместе с тем, во многих практических реализациях он рассматривается как полносвязный слой, на вход которого подаётся развёрнутая в 400-элементный вектор  $B_5$

блок-матриця  $B_5$  предыдущего слоя. Указанный 400-элементный вектор обрабатывается по формуле:

$$B_6 = \text{sigmoid}(A_3 B_5), \quad (9)$$

где  $A_3$  – матрица из  $120 \times 400$  коэффициентов нейронов первого полносвязного слоя;  $B_6$  – выходной вектор первого полносвязного слоя размерностью 120 пикселей.

Второй полносвязный слой функционирует аналогично предыдущему, оперируя вектором данных размером 120 пикселей согласно формуле:

$$B_7 = \text{sigmoid}(A_4 B_6), \quad (10)$$

где  $A_4$  – матрица размерностью  $120 \times 84$  с коэффициентами нейронов второго полносвязного слоя;  $B_7$  – выходной вектор второго полносвязного слоя из 84 элементов.

Выходной полносвязный слой отличается использованием функции активации *Softmax*. Отклик рассматриваемого полносвязного слоя на входной вектор размером 84 элемента имеет вид:

$$B_8 = \text{Softmax}(A_5 B_7), \quad (11)$$

где  $A_5$  – матрица коэффициентов нейронов выходного полносвязного слоя, имеющая размерность  $84 \times 10$ ;  $B_8$  – выходной вектор признаков нейросети.

В итоге, на выходе сети получен вектор из 10 значений вероятности принадлежности объекта к определённому классу.

Рассмотренный подход к описанию функционирования LeNet5 может быть обобщён на другие версии этой структуры [4-6], а также более сложные нейросети.

#### Список литературы

1. Slyusar V. Neural Networks Models based on the tensor-matrix theory. *Problems of the development of promising micro- and nanoelectronic systems (MNS-2021)*. 2021. С. 23-28. DOI: <https://10.31114/2078-7707-2021-2-23-28>.
2. LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. and Haffner, P., Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 1998. 86(11). Pp. 2278-2324.
3. Vadym I. Slyusar. Key aspects of the tensor-matrix theory of analysis and processing of multichannel measuring signals in the classical and neural network approaches. *The 10th International Symposium on Precision Mechanical Measurement (ISPM '2021)*, 15-17 October, 2021, Qingdao, China. DOI:

<https://10.13140/RG.2.2.31722.64966/1>.

4. Guangfen Wei, Gang Li, Jie Zhao, and Aixiang He. Development of a LeNet-5 Gas Identification CNN Structure for Electronic Noses, *Sensors (MDPI)*. 2019. No. 19(1). P. 217. DOI: <https://10.3390/s19010217>.

5. Kayed M., Anter A. & Mohamed H. Classification of Garments from Fashion MNIST Dataset Using CNN LeNet-5 Architecture. *2020 International Conference on Innovative Trends in Communication and Computer Engineering (ITCE)*. Egypt. 8-9 Feb. 2020. P. 238-243. DOI: <https://10.1109/itce48509.2020.9047776>.

6. C.-C. Jay Kuo, Min Zhang, Siyang Li, Jiali Duan, and Yueru Chen. Interpretable Convolutional Neural Networks via Feedforward Design. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. March 2019. 36 p. DOI: <https://10.1016/j.jvcir.2019.03.010>.

## **МОДЕЛЬ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

Слюсар В.І., Проценко М.М.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України  
Київ, Україна

Аналіз відеопотоку в системах моніторингу – перспективний напрямок розвитку моделей, методів штучного інтелекту і машинного навчання [1-4]. Технології машинного навчання успішно застосовуються в багатьох галузях. За допомогою комп'ютерного зору проводять розвідку об'єктів моніторингу (ОМ) шляхом аналізу аерофотознімків і відеопотоків. На основі методів штучного інтелекту створюють безпілотні авіаційні комплекси (БПАК), системи безпілотного транспорту та управління роботами. Розвиток систем штучного інтелекту має супроводжуватися вдосконаленням моделей їх реалізації. Одним з таких варіантів може бути використання згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN). Однак тільки в останнє десятиліття CNN знайшли широке застосування в розпізнаванні об'єктів в потоковому відео [2, 3]. Невирішеним залишається завдання процесу автоматизації обробки відеоданих, особливо в БПАК. Пропонується використовувати CNN для детектування ОМ у відеопотоці, який отриманий з відеокамери, встановленої на безпілотний літальний апарат.

В роботі [5] описується відеосистема виявлення порушень правил дорожнього руху. Запропонована модель включає в себе кілька етапів: виявлення трьох класів ОМ на відеопослідовності (пішохідний перехід, автомобіль і людина на пішохідному переході); відстеження траєкторій руху транспортного засобу і людини на пішохідному переході; визначення, чи було порушення правил дорожнього руху за певний



період часу. Недоліком даної моделі є її велика обчислювальна складність, неадаптованість до детектування об'єктів у відеопотоці, отриманому з безпілотного літального апарату (БПЛА).

В роботі [6] запропонована система відеоспостереження за дорожнім рухом. Проект присвячений концепції виявлення транспортних засобів з підтримкою алгоритму комп'ютерного зору в режимі реального часу, але відповідна система не пристосована до детектування об'єктів у відеопотоці з борту БПЛА.

Таким чином, розвиток систем штучного інтелекту та комп'ютерного зору безпілотних систем (дронів, роботів) вимагає удосконалення моделей детектування (виявлення), розпізнавання ОМ у потоковому відео. Для вирішення цього завдання розроблена вдосконалена модель детектування ОМ у відеопотоці з БПЛА. Запропонована модель реалізована на основі нейронної мережі YOLOv4. Для навчання даної моделі використовується набір Microsoft COCO (США). Даний набір містить більше 200 000 зображень по 80 категоріях. Для автоматизації процесу виявлення ОМ у потоковому відео, що транслюється з БПЛА, проведено додаткове навчання нейронної мережі наборами зображень VisDrone (Китай), DroneVehicle (Китай).

Проведений аналіз літератури [1-6] показав, що доцільним є проведення дослідження, присвяченого удосконаленню моделі детектування об'єктів у відеопотоці. З огляду на це, актуальною є задача розробки нових і удосконалення існуючих моделей детектування об'єктів у відеопотоках з використанням CNN.

Розглянемо відеопотік, що передається з відеокамери на борту БПЛА через канал зв'язку на наземний пункт управління. Для спрощення розуміння і обробки кожен кадр відеопотоку розглядається як одне цифрове зображення (рис. 1).

Завдання детектування об'єктів полягає в тому, щоб кожному зображенню  $P$  поставити у відповідність один об'єкт (множину об'єктів)  $B$  певного класу:

$$\varphi: P \rightarrow B, \quad B = \{b_k, k = \overline{0, |B|-1}\}, \quad (1)$$

де  $b_k = ((x_l^k, y_l^k), (x_r^k, y_r^k), [s^k, c^k])$ ,  $s^k \in R$  – достовірність,  $c^k$  – клас об'єктів (танк, літак, вертоліт, автомобіль, автобус, пішохід і т.д.).

Планується:

– уточнити критерії і можливості застосування готової нейронної мережі для автоматизації процесу обробки потокового відео та особливості застосування торцевого добутку матриць в задачах

розпізнавання ОМ у кадрі відеопотоку [1];

- з'ясувати доцільність модифікації та додаткового навчання обраного типу нейромереж;
- організувати тестування розробленої моделі;
- удосконалити структуру нейронної мережі і методики її навчання за результатами тестування;
- застосувати штучну нейронну мережу для розпізнавання різних класів ОМ.

Очікується, що використання CNN дозволить покращити ефективність детектування ОМ у кадрі відеопотоку, отриманого з БПЛА.

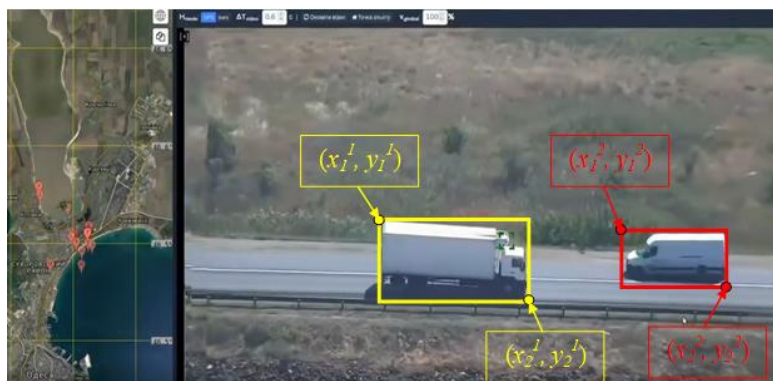


Рис. 1. Процес детектування об'єктів у кадрі відеопотоку.

### Список літератури

1. Слюсар В.И. Модели нейросетей на основе тензорно-матричной теории. *Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем* (МЭС-2021). Ноябрь 2021. С. 23-28. DOI: <https://10.31114/2078-7707-2021-2-23-28>.
2. Peng F., Zheng L., Cui X., Wang Z. Traffic flow statistics algorithm based on YOLOv3. *2021 Int. Conf. on Communications, Information System and Computer Engineering (CISCE)*, 2021, Pp. 627-630, DOI: <https://10.1109/CISCE52179.2021.9445932>.
3. Bin Zuraimi M.A., Kamaru Zaman F.H. Vehicle Detection and Tracking using YOLO and DeepSORT. *2021 IEEE 11th IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, 2021, pp. 23-29, DOI: <https://10.1109/ISCAIE51753.2021.9431784>.
4. Slyusar, V., Protsenko, M., Chernukha, A., Gornostal, S., Rudakov, S., Shevchenko, S., Chernikov, O., Kolpachenko, N., Timofeyev, V., & Artiukh, R. Construction of an advanced method for recognizing monitored objects by a convolutional neural network using a discrete wavelet transform. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. No. 9 (112). Pp. 65-77. DOI:

<https://10.15587/1729-4061.2021.238601>.

5. Fedosov V.P., Ibadov S.R., Ibadov R.R., Kucheryavenko S.V. Method For Detecting Violation at a Pedestrian Crossing Using a Convolutional Neural Network. *Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW)*. 2021. Pp. 451-454. DOI: <https://10.1109/RSEMW52378.2021.9494089>.

6. Sindhu V.S. Vehicle Identification from Traffic Video Surveillance Using YOLOv4. *5th Int. Conf. on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 2021. Pp. 1768-1775, DOI: <https://10.1109/ICICCS51141.2021.9432144>.

## **ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ В ТЕХПРОЦЕСІ РЕМОНТУ БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**

Сенаторов В.М., Колотухін Є.А.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України  
Київ, Україна

На сьогодні ремонт військової техніки, що вийшла з ладу в умовах бойових дій, як правило проводиться в нічний час задля скритності робіт. При цьому, як правило, використовується ремонтна документація (РД). Якщо при ремонті всередині танку чи БТР користування РД не викриває місце проведення ремонту, то користування РД і ремонт зовні будь-якого транспортного засобу в умовах низької освітленості потребує засобів підсвічування. Це пояснюється тим, що людське око не здатне розгледіти дрібні деталі при освітленості менше  $10^{-3}$  лк (зоряне небо) [1]. Однак при цьому зростає вірогідність виявлення і ураження цієї техніки та особового складу, який проводить ремонт. Тому при ремонті зовні транспортного засобу в умовах низької освітленості на перше місце висуваються заходи світломаскування – вибір місця для ремонту, яке не проглядається оптичними засобами супротивника, застосування маскувальних сіток і таке інше [2].

З цієї точки зору безумовну перевагу мають прилади нічного бачення (ПНБ), які кріпляться на голові оператора [3]. Сучасні ПНБ дозволяють спостерігати оточуючий простір в умовах низької освітленості, яку утворюють на Землі природні джерела – Місяць і зоряне небо. Зокрема, освітленість фону на площині, що нормальна до напрямку падіння світла, в залежності від кута сходження повного Місяця над горизонтом при ясній погоді змінюється від  $4 \cdot 10^{-4}$  до  $4 \cdot 10^{-1}$  лк. В ясну безмісячну ніч основним джерелом світлу є зорі, які утворюють на землі освітленість до  $2 \cdot 10^{-4}$  лк. Основу ПНБ складає електронно-оптичний перетворювач (ЕОП), який підсилює низький рівень яскравості. За прийнятою термінологією ОЕП класифікуються за трьома поколіннями з проміжними класами. В сучасних ПНБ використовуються ЕОП II+ і III

покоління (чутливість фотокатода до 2700 мА/лм, коефіцієнт підсилення до  $6 \cdot 10^4$ , роздільна здатність до 72 мм<sup>-1</sup>, діаметр фотокатода 18 мм, електронне збільшення  $\cdot 1^x$ ).

Вирішити проблему скритого користування РД зовні транспортного засобу, на думку авторів, можна за рахунок використання системи доповненої реальності.

Мета доповіді – аналіз сучасного стану засобів нічного бачення та систем доповненої реальності, оцінка можливості застосування їх при ремонті військової техніки в умовах бойових дій і низької освітленості та синтез допоміжної апаратури члена ремонтної бригади.

Окуляри нічного бачення (ОНБ як різновид ПНБ) в якості засобу нічного бачення, який кріпиться до голови оператора, з'явилися одними з перших. При цьому існують бінокулярні, псевдо-бінокулярні та монокулярні схеми побудови ОНБ. Усі типи приладів мають збільшення  $1^x$  для забезпечення нормальної просторової орієнтації. При однакових світлових діаметрах фотокатода і екрану це забезпечується при рівних фокусних відстанях об'єктиву та окуляру і електронному збільшенню ЕОП  $\cdot 1^x$ .

Система доповненої реальності (СДР) відноситься до особливого класу систем відображення інформації індивідуального користування [4]. Це пояснюється, в основному, задачами, що вирішуються за її допомогою, та ергономічними вимогами, пов'язаними з її розміщенням на захисному шоломі/голові оператора. Основні задачі СДР – відображати в полі зору оператора символну/графічну інформацію про стан систем транспортного засобу, прицільні мітки і таке інше, а також растрову відеоінформацію від оглядових телевізійних/тепловізійних систем для пошуку, виявлення та розпізнавання цілей. Основу СРД становить мініатюрний формувач зображення, розміщений в предметній поверхні окуляра.

Як видно з цього аналізу, допоміжна апаратура члена ремонтної бригади (оператора), який виконуватиме ремонтні роботи зовні транспортного засобу в нічних умовах, має містити два канали: канал спостереження місця пошкодження і канал вводу в поле зору оператора ремонтної документації. Перший канал являє собою монокуляр нічного бачення 1, другий – систему доповненої реальності 6 (рис. 1).

Для того, щоб апаратура могла використовуватись операторами з різною базою очей без додаткового юстування, необхідно, щоб відстань  $B$  між оптичними осями монокуляру і СДР дорівнювала середньому значенню бази очей людини, тобто  $B = 64$  мм [5], а діаметри вихідних зіниць окулярів 5 і 8 дорівнювали  $d_{\text{зіни}} = 8$  мм.

Для того, щоб оператор ясно бачив інформацію, що вводиться в поле

зору його очей, поле зору  $2\beta'$  окулярів 5 і 8 не повинно перевищувати зону ясного бачення ока людини, тобто  $2\beta' \leq 37^\circ$  [5]. При відомому діаметрі фотокатода, рівному 18 мм, і електронному збільшенні ЕОП  $-1^x$  – фокусна відстань  $f'_5$  окуляру 5 при цьому становить 27 мм.

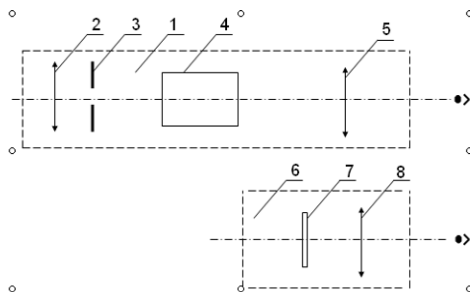


Рис. 1. Структурна схема апаратури: 1 – монокуляр в складі: 2 – об'єктива, 3 – ірисової діафрагми, 4 – ЕОП, 5 – окуляра; 6 – СДР в складі: 7 – дисплею, 8 – окуляра/

Для того, щоб оператор був в змозі користуватись протигазом під час ремонту, відстань  $l$  очей від останньої поверхні окулярів має перевищувати 20 мм (саме таке значення відстані вихідної зіниці в танкових прицілах).

З урахуванням цього визначимо світлові діаметри окулярів 5 і 8:

$$D_{5,8} = d_{\text{зіни}} + 2l \operatorname{tg} \beta' = 21,4 \text{ мм.}$$

Задля мінімізації габаритів СДР доцільно використовувати окуляр 8 з відносним отвором 1:1, тобто фокусна відстань  $f'_8$  окуляру 8 повинна перевищувати 21,4 мм.

Для забезпечення нормальної просторової орієнтації оператора фокусна відстань  $f'_2$  об'єктива 2 повинна дорівнювати фокусній відстані окуляра 5, тобто  $f'_2 = 27$  мм, а поле зору  $2\beta \leq 37^\circ$ .

Для того, щоб оператор розрізняв на екрані ЕОП дрібні деталі, кружок розсіювання  $d_{\text{розс}}$  на фотокатоді (з урахуванням електронного збільшення ЕОП) має корелювати з розрізнявальною здатністю ока при низькій яскравості фону, яка становить 0,00177 мрад [5]:  $d_{\text{розс}} = 0,00177 f'_2 = 0,048$  мм.

Відомо, що освітленість зображення  $E'$ , що створюється оптичною системою, визначається формулою:

$$E' = 0,25 E \tau (D_2 / f'_2)^2,$$

де  $E$  – освітленість предмету,  $\tau$  – світлопропускання оптичної системи,  $D_2$  – діаметр об'єктиву 2. Звідси витікає, що для збільшення освітленості зображення слід використовувати об'єктив 2 з великим відносним отвором. Можна використати об'єктив 2 з відносним отвором 1:1, тобто прийняти  $D_2 = f'_2 = 27$  мм, але це може хибно сказатись на глибині простору, що чітко відображається на фотокатоді ЕОП.

Перевіримо можливість реалізації об'єктиву з такими характеристиками, використовуючи показник добротності об'єктиву, введений проф. Д.С. Волосовим  $C_D$  [6]:

$$D_2 f'^{0.5}_2 \text{tg} \beta = C_D \leq 2,4.$$

При  $D_2 = f'_2 = 27$  мм і  $\beta = 18,5^\circ$   $C_D = 1,74$ , що свідчить про можливість створення об'єктиву високої якості.

З технічної літератури [7] добре відомі формули для розрахунку положення передньої  $P_{\text{пер}}$  і задньої  $P_{\text{зад}}$  межі простору, який чітко відображається в предметній площині оптичної системи:

$$P_{\text{пер}} = D_2 f'_2 P_{\text{нав}} / (D_2 f'_2 + P_{\text{нав}} d_{\text{розс}}), \quad (1)$$

$$P_{\text{зад}} = D_2 f'_2 P_{\text{нав}} / (D_2 f'_2 - P_{\text{нав}} d_{\text{розс}}), \quad (2)$$

де:  $P_{\text{нав}}$  – віддалення площини простору, яка оптично спряжена з предметною площиною.

Логічно прийняти в формулі (2), що  $P_{\text{зад}}$  дорівнює середній довжині руки чоловіка від плеча, тобто  $P_{\text{зад}} = 640$  мм [5]. З формули (2) знаходимо

$$P_{\text{нав}} = P_{\text{зад}} D_2 f'_2 / (D_2 f'_2 + P_{\text{зад}} d_{\text{розс}}). \quad (3)$$

Підставляючи в (3) відомі значення, знаходимо кінцевий вираз для  $P_{\text{нав}}$ :

$$P_{\text{нав}} = 17280 D_2 / (27 D_2 + 30,7).$$

Глибина простору  $G$ , що чітко відображається на фотокатоді ЕОП, знаходиться з формул (1) і (2):

$$G = P_{\text{зад}} - P_{\text{пер}} = 2 D_2 f'_2 d_{\text{розс}} P_{\text{нав}}^2 / [(D_2 f'_2)^2 - (d_{\text{розс}} P_{\text{нав}})^2]. \quad (4)$$

Якщо взяти до уваги, що  $d_{\text{розс}} P_{\text{нав}} \ll D_2 f'_2$ , врахувати (3) і підставити відомі значення в (4), то

$$G = 1063010 D_2 / (27 D_2 + 30,7)^2. \quad (5)$$

В табл. 1 наведено результати розрахунків  $G$  і  $P_{нав}$  для ряду значень  $D_2$ .

Таблиця 1

## Результати розрахунків

$D_2$ , мм	27	20	13,5	6,75
$G$ , мм	49,7	65,3	91,9	158,2
$P_{нав}$ , мм	614	605,6	590	547,7
$x'$ , мм	1,24	1,26	1,3	1,4

З аналізу таблиці витікають такі висновки. Для управління глибиною простору, що чітко відображається на фотокатоді ЕОП, в структурі допоміжної апаратури слід передбачити ірисову діафрагму 3 (рис.), яка використовується в залежності від необхідної глибини простору, в межах якого чітко спостерігається місце ремонту. Діафрагмування веде до необхідності перефокусування об'єктива 2. Відрізок  $x'$  (відстань фокуса від фотокатода) визначається відомою формулою Ньютона:

$$x' = f_2^2 / (P_{нав} - f_2). \quad (6)$$

В табл. 1 наведені результати розрахунків відрізка  $x'$ . При цьому можливі два підходи до проблеми перефокусування. По-перше, можна забезпечити кінематичний зв'язок діафрагми 3 з механізмом переміщення об'єктива 2, використовуючи формулу (6), але це ускладнює конструкцію апаратури. По-друге, можна використати середнє значення параметру  $P_{нав} = 580,85$  мм і оцінити глибина простору  $G$ , що чітко відображається на фотокатоді ЕОП, при різному значенні діафрагми  $D_2$ .

## Список літератури

1. Чиж І.Г., Сенаторов В.М., Голембовський О.О. Автоматизована об'єктивна рефрактометрія ока з визначенням обсягу псевдоакомодації. Мон. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2020. 120 с.
2. Білецька А.В. Ремонт та відновлення автомобільної і бронетанкової техніки в умовах бойових бій в нічний час. «Проблеми координації воєнно-технічної та оборонно-промислової політики в Україні. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки»: VIII Міжнародна науково-практична конф., ЦНДІ ОВТ ЗСУ, Київ, 13-16 жовтня 2020 р., С. 24-25.
3. Волков В.Г. Наголовные приборы ночного видения. *Специальная техника*. 2009. № 4. С. 45-57.
4. Slyusar V. Augmented reality in the interests of ESMRM and munitions safety. Coordination problems of military technical and defensive industrial policy in Ukraine.

*Weapons and military equipment development perspectives: VII Int. Scientific and Practical Conf.. Abstracts of reports. October 8-10, 2019. Kyiv. Pp. 193-194.*

5. Кругера М.Я., Панова В.А. Справочник конструктора оптико-механических приборов. М.: «Машиностроение», 1967. 760 с.

6. Волосов Д.С. Фотографическая оптика. М.: «Искусство», 1971. 670 с.

7. Кулагин С.В., Апарин Е.М. Проектирование фото- и кино-приборов. М.: «Машиностроение», 1986. 280 с.

## **МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Журавський Ю.В.

Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова

Сова О.Я.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України

Київ, Україна

Дегтярьова Л.М.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) активно використовуються в усіх сферах життєдіяльності людей. Особливого поширення вони отримали при обробці великих масивів даних, прогнозування процесів, забезпечення інформаційної підтримки процесу прийняття рішень особами, що приймають рішення.

Основою існуючих СППР становлять методи штучного інтелекту, які забезпечують збір, обробку, узагальнення інформації про стан об'єктів (процесів), а також прогнозування їх майбутнього стану.

Створення інтелектуальних СППР стало природним продовженням широкого застосування СППР класичного типу. Інтелектуальні СППР забезпечують інформаційну підтримку всіх виробничих процесів і служб підприємств (організацій, установ). За допомогою інтелектуальних СППР проводиться проектування, виготовлення і збут продукції, фінансово-економічний аналіз, планування, управління персоналом, маркетинг, супровід створення (експлуатації, ремонту) виробів та перспективне планування. Також зазначені інтелектуальні СППР знайшли широке використання для вирішення специфічних завдань військового призначення, а саме [1, 2]: планування розгортання, експлуатації систем зв'язку та передачі даних; автоматизація управління військами та зброєю; збір, обробка та узагальнення розвідувальних



відомостей про стан об'єктів розвідки та інш.

Аналіз досвіду створення інтелектуальних СППР показує, що найбільш перспективною для побудови є інформаційна технологія, заснована на нейромережевому моделюванні [1-8], зокрема на застосуванні еволюційного підходу до побудови штучних нейронних мереж (ШНМ) [4, 5].

Постає актуальне наукове завдання розробки методики оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень з використанням штучних нейронних мереж та нечітких когнітивних моделей.

Методика оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень складається з наступної послідовності дій:

1. *Введення вихідних даних.* На даному етапі вводяться вихідні дані що наявні про об'єкт, що підлягає аналізу. Проводиться ініціалізація базової моделі стану об'єкту.

2. *Виявлення факторів та зв'язків між ними.* У відомих роботах, наприклад [3, 8] не розглядається етап обробки вихідних даних і початкова невизначеність типу інформації, що підлягає моделюванню. Автори для спрощення процесу моделювання, обмежуються тим, що значення факторів представлені безрозмірними величинами, що представлені значення в інтервалі  $[0, 1]$  і значення зв'язків між ними, що перебувають в інтервалі  $[-1, 1]$ . Для рішення даної проблеми пропонується процедура обробки невизначених вихідних даних під час виявлення факторів та зв'язків між ними.

3. *Побудова НКМ (нечіткої когнітивної моделі).* НКМ полягає в завданні структурних взаємозв'язків (у вигляді відображаються часових

лагів) між концептами НКМ, зважених нечіткими значеннями  $w_{ij}^{(t-l_i^j)}$  їх впливу один на одного. В зазначеній роботі в якості НКМ  $FS_i$ , що реалізують нечіткі темпоральні перетворення  $F_i$ , пропонується модифіковані моделі ANFIS-типу (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). НКМ забезпечують формування, зберігання і виведення прогнозованих нечітких значень відповідних компонентів багатовимірного часового ряду з необхідними для НКМ часовими затримками.

Вхідні темпоральні нечіткі змінні моделі  $FS_i$  концепту  $C_i$  пов'язані з вихідними темпоральними нечіткими змінними тих концептів, які надають на концепт  $C_i$  безпосередній вплив. При цьому вхідні темпоральні нечіткі змінні  $C_i$  попередньо «зважуються» відповідними нечіткими ступенями впливу  $w_{ij}^{(t-l_i^j)}$ , на підставі чого здійснюється

наступне перетворення:

$$\tilde{s}_j^{(t-l^j)} = \left( w_{ij}^{(t-l^j)} T \tilde{s}_j^{(t-l^j)} \right), l_i^j = 0, \dots, L_i^j, \quad (1)$$

де  $T$  – операція Т-норми.

Вихідні ж темпоральні нечіткі змінні моделі  $FS_i$  концепту  $C_i$  призначені для формування, зберігання і виведення прогнозованих значень  $i$ -го компонента багатовимірного часового ряду, відповідних часовим лагам. Для побудови нечітких компонентних темпоральних моделей  $FS_i$  можуть бути використані як апріорні відомості про компоненти багатовимірного часового ряду, що є в базі знань, так і дані, отримані в результаті оцінювання або вимірювань.

$$\alpha_p = \min \mu_{\tilde{L}} \left( \tilde{s}_1^{(t-1)} \right), \mu_{\tilde{L}} \left( \tilde{s}_3^{(t-3)} \right), \mu_{\tilde{M}} \left( \tilde{s}_4^{(t-3)} \right), \mu_{\tilde{M}} \left( \tilde{s}_5^{(t-3)} \right), \mu_{\tilde{H}} \left( \tilde{s}_1^{(t-3)} \right). \quad (2)$$

Далі активізують укладення відповідних правил відповідно до ступеня істинності їх передумов на основі операції імплікації (тут, імплікації Мамдані – операції min-активації)

$$\mu_{\tilde{M}} \left( \tilde{s}_1^{(t)} \right) = \min \left( \alpha_p, \tilde{M} \right). \quad (3)$$

Після чого здійснюється операція max-диз'юнкції, акумулюючи активізовані укладення всіх правил моделі:

$$\tilde{s}_1^{(t)} = \max \left( \mu_{\tilde{M}} \left( \tilde{s}_1^{(t)} \right), \dots, \mu_{\tilde{M}} \left( \tilde{s}_1^{(t)} \right), \dots, \mu_{\tilde{H}} \left( \tilde{s}_1^{(t)} \right) \right). \quad (4)$$

Далі відбувається нормалізація, зберігання і виведення нечітких значень вихідних змінних моделі з необхідними для НКМ часовими затримками

$$\tilde{s}_{1(norm)}^{(t)} = Z^0 \left( \tilde{s}_1^{(t-1)} \right), \tilde{s}_{1(norm)}^{(t-2)} = Z^{-1} \left( \tilde{s}_1^{(t-1)} \right). \quad (5)$$

4. *Навчання штучних нейронних мереж(ШНМ).* В зазначеній процедурі відбувається навчання ШНМ за допомогою розробленого авторами в роботі [2] методу навчання ШНМ, що еволюціонують. Зазначений метод відрізняється від відомих тим, що дозволяє проводити навчання не тільки синаптичних ваг, але й параметрів функції

належності разом з архітектурою ШНМ. Також на даному етапі відбувається узгодження всіх нечітких компонентних темпоральних моделей НКМ.

Узгодження всіх нечітких компонентних темпоральних моделей  $FS_i$ ,  $i=1, \dots, N$  НКМ здійснюється після їх “персоніфікованої” параметричного налаштування. Узгодження полягає в такій зміні модальних значень і

ступенів розмитості нечітких ступенів впливу  $\left\{ w_{ij}^{(t-l_i^j)} \middle| l_i^j = 0, \dots, L_i^j \right\}$  між

концептами НКМ, що забезпечує максимальне підвищення точності прогнозування кожного з компонентами багатовимірного часового ряду без погіршення.

5. *Прогнозування стану об’єкту аналізу.* Багатовимірний аналіз і прогнозування стану складної системи/процесу виконується на основі структурно і параметрично налаштованої НКМ.

Висновки.

1. Проведено формалізований опис задачі аналізу та прогнозування стану об’єктів в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. Зазначена формалізація дозволяє описати процеси, що проходять в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень під час вирішення завдань аналізу та прогнозування стану об’єктів. В якості критерію ефективності зазначеної методики обрано оперативність процесу аналізу та прогнозування стану об’єкту.

2. В ході дослідження розроблено методику оцінки та прогнозування в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень, що дозволяє: провести багатовимірний аналіз і прогнозування стану об’єктів в умовах невизначеності; забезпечити прогнозну оцінку в умовах нестохастичної невизначеності, нелінійності взаємовпливу, часткової неузгодженості і суттєвою взаємозалежності компонентів багатовимірного часового ряду; врахувати початковий тип невизначеності вихідних даних при побудові НКМ; провести навчання штучних нейронних мереж для інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

3. Проведений приклад використання запропонованої методики на прикладі оцінки та прогнозування стану підприємства. Зазначений приклад показав підвищення ефективності оперативності обробки даних на рівні 15-25 % за рахунок використання додаткових удосконалених процедур.

### Список літератури

1. Шишацький А.В., Башкиров О.М., Костина О.М. Розвиток інтегрованих систем зв’язку та передачі даних для потреб Збройних Сил. *Озброєння та військова техніка*. 2015. № 1(5). С. 35-40.

2. Dudnyk V., Sinenko Y., Matsyk M., Demchenko Y., Zhyvotovskiy R., Repilo I., Zabolotnyi O., Simonenko A., Pozdniakov P., Shyshatskyi A. Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3. No. 2 (105). 2020. Pp. 37-47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>.

3. Бодянский Е.В., Струков В.М., Узлов Д.Ю. Обобщенная метрика в задаче анализа многомерных данных с разнотипными признаками. *Зб. наук. пр. Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. № 3 (52). С. 98-101.

4. Pievtsov H., Turinskyi O., Zhyvotovskiy R., Sova O., Zvieriev O., Lanetskii B., Shyshatskyi A. Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2020. No. 4. Pp. 78-89. URL: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.

5. Zuiev P., Zhyvotovskiy R., Zvieriev O., Hatsenko S., Kuprii V., Nakonechnyi O., Adamenko M., Shyshatskyi A., Neroznak Y., Velychko V. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020, Vol. 4, No. 9 (106). Pp. 1423. DOI: <https://10.15587/1729-4061.2020.208554>.

6. Shyshatskyi A., Zvieriev O., Salnikova O., Demchenko Y., Trotsko O., Neroznak Y.. Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. Vol. 9. No. 4. Pp. 5583-5590 DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>.

7. Bednář Z. Information Support of Human Resources Management in Sector of Defense. *Vojenské rozhledy*. 2018. Vol. 27. Pp. 45-68. DOI: <https://doi.org/10.3849/2336-2995.27.2018.01.45-68>.

8. Mir S., Padma T. Evaluation and prioritization of rice production practices and constraints under temperate climatic conditions using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol 14. No 4. Pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2016144-8699>.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ РАДІОРЕСУРСОМ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Животовський Р.М.

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України

Київ, Україна

Романов О.М.

Військова частина А 1906

Київ, Україна

Яковлєва О.С.

Полтавський державний аграрний університет

Полтава, Україна

Накопичений досвід практичної експлуатації безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) показав, що організація надійної і стійкої роботи каналів управління та передачі даних БпАК вимагає оперативного підстроювання параметрів прийомо-передавачів БпАК. Для забезпечення можливості здійснення інтелектуального управління параметрів каналів управління та передачі даних БпАК пропонується застосувати системний підхід для аналізу та прогнозування їх стану.

На рис. 1 представлена структурна схема інтелектуальної системи управління радіоресурсом каналів управління та передачі даних БпАК яка поділяється на [1–10]:

- 1) управляючу підсистему (суб'єкт управління,  $S$ );
- 2) управляєму підсистему (об'єкт управління,  $O$ );
- 3) модель об'єкта  $Y$ .

Наведемо пояснення змінних які наведені на рис. 1:  $W$  – зовнішня інформація;  $Q$  – ресурси системи необхідні для аналізу та прогнозування стану об'єкту;  $H$  – внутрішня інформація необхідна для побудови моделей;  $H^*$  – виправлена помилка;  $U$  – керуючий вплив (прийняття управлінських рішень, команди управління) (прямий зв'язок);  $Y_{Oy}$  – вихідна інформація (фактичні дані, параметри, показники), що характеризує стан каналів управління та передачі даних БпАК;  $Y_m$  – вихідні параметри моделі (бажані, очікувані параметри);  $\varepsilon$  – помилка (неузгодженість);  $\varepsilon_{доп}$  – фіксоване задане значення;  $L(Y_{Oy}, Y_m)$  – перевірка відповідності даних, отриманих на основі моделі каналів управління та передачі даних БпАК, реальним каналам управління та передачі даних БпАК, для опису якого вона будується;  $Y'$  – інформація про стан об'єкта (зворотний зв'язок);  $Y'_{кор}$  – коригування моделі каналів

управління та передачі даних БпАК (додавання нових факторів і зв'язків між ними);  $Y_a$  – адекватна модель каналів управління та передачі даних БпАК, що відповідає їх реальному стану;  $\epsilon_{\text{навч}}$  – оновлення бази знань.

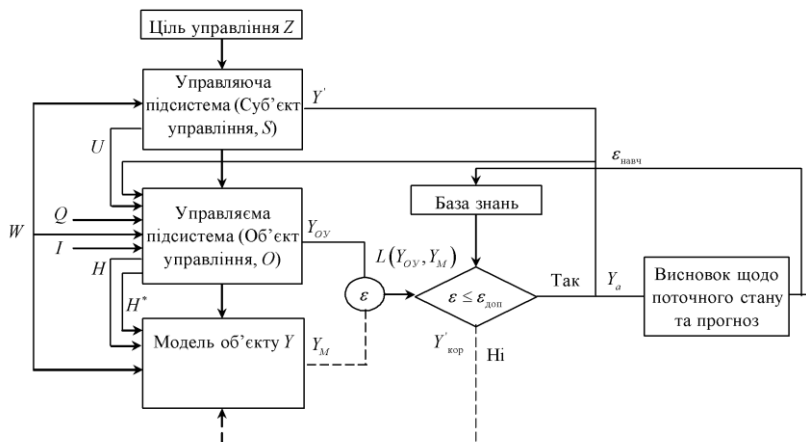


Рис. 1. Структурна схема системи інтелектуального управління радіоресурсом каналів управління та передачі даних БпАК.

Під управляємою підсистемою ( $O$ ) розглядаються канали управління та передачі даних БпАК (на які спрямовані управлінські впливи). Під моделлю каналів управління та передачі даних БпАК розуміється розробка і дослідження моделі каналів управління та передачі даних БпАК з використанням методології нечіткого когнітивного моделювання (НКМ).

Управляюча підсистема виробляє управляючий вплив  $U$  на основі мети управління, а також інформації, що надійшла з зовнішнього середовища  $W$ . Управляюча підсистема отримує інформацію ( $Q, I, U$ ), яка формує завдання по аналізу та прогнозуванню стану каналів управління та передачі даних БпАК.

На основі  $W, Q, I$  розробляються і досліджуються нечіткі когнітивні моделі з використанням методології нечіткого когнітивного моделювання каналів управління та передачі даних БпАК, що дозволяють досліджувати і аналізувати можливі сценарії розвитку каналів управління та передачі даних БпАК. Під сценаріями розвитку системи розуміються сценарії розвитку ситуацій, пов'язані з характером дій каналів управління та передачі даних БпАК.

Якщо отримані результати (розрахункові значення)  $Y_M$  не відповідають фактичними результатами, які характеризують стан  $Y_{OY}$

(умова  $\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{доп}}$  не виконується), то управляюча підсистема вносить коригування НКМ ( $Y_{\text{кор}}$ ). Якщо умова  $\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{доп}}$  виконується, то НКМ є адекватної  $Y_a$ . В результаті отримання адекватної НКМ можна передбачати поведінку каналів управління та передачі даних БпАК.

Для перевірки адекватності моделі пропонується “історичний метод”, який полягає в тому, що побудовані НКМ застосовуються до подібних ситуацій, якщо подібні ситуації відбувалися в минулому і динаміка їх відома. В цьому випадку НКМ виявляється працездатною (отримані результати збігаються з реальним ходом подій), вона визнається правильною.

Управління здійснюється з застосуванням зворотного зв'язку  $Y'$ . Управляюча підсистема отримує інформацію від управляємої підсистеми  $Y'$ , а також від зовнішнього середовища  $W$ . Управляюча підсистема обробляє і зіставляє її з бажаними характеристиками каналів управління та передачі даних БпАК, а потім приймає нове рішення, виробляє наступне керуючий вплив  $U$  на її основі. Керована підсистема також сприймає інформацію  $Y'$ , обробляє і зіставляє її з бажаними характеристиками каналів управління та передачі даних БпАК і на її підставі виправляє помилку  $H^*$ .

Систему управління процесом аналізу та прогнозування стану каналів управління та передачі даних БпАК можна представити у вигляді кортежу:

$$S_{\text{упр}} = \langle S, O, Y, Z, W, Q, Y_a, D \rangle, \quad (1)$$

де  $Z$  – мета управління;  $D = \langle I, H, U, Y_{\text{ОУ}}, Y_m, Y', H^*, Y'_{\text{кор}} \rangle$  – внутрішнє середовище каналів управління та передачі даних БпАК  $S_{\text{упр}}$ ;  $Y = \langle W, H, H^*, Y_m \rangle$  – модель каналів управління та передачі даних БпАК, результатом  $Y_m$  якого є НКМ. де  $S$  – багатовимірний часовий ряд;  $S_t = (s_1^{(t)}, s_2^{(t)}, \dots, s_N^{(t)})$  – часовий зріз стану каналів управління та передачі даних БпАК представлений у вигляді багатовимірного часового ряду на  $t$ -й момент часу;  $s_j^{(t)}$  – значення  $j$ -го компонента багатовимірного часового ряду, що є описом стану каналів управління та передачі даних БпАК на  $t$ -й момент часу;  $L_j^i$  – максимальне значення часової затримки  $i$ -го компоненту відносно  $j$ -го;  $\phi_{ij}$  – оператор для врахування взаємовпливу між  $i$ -им та  $j$ -им компонентом багатовимірного часового ряду;  $F_i$  – перетворення для отримання  $s^{(i)}$ ,  $i = 1, \dots, N$ ;  $N$  – число компонентів багатовимірного часового ряду;  $t$  – оператор для врахування ступеню інформованості про стан об'єкту;  $\chi$  – оператор для врахування ступеню

зашумленості даних про стан каналів управління та передачі даних БпАК. Запишемо вираз (1) для динамічної системи:

$$\forall t \in \{1, \dots, T, \dots\} S_t = \begin{cases} s_1^{(t)} F_1 \left( \begin{pmatrix} \Phi_{1,1} \left( s_1^{(t-1)}, \dots, s_1^{(t-L_1^1)} \right), \\ \Phi_{1,N} \left( s_N^{(t-1)}, \dots, s_N^{(t-L_N^1)} \right) \end{pmatrix} \times \mathbf{1}_1 \right) \times \chi_1, \\ s_2^{(t)} F_2 \left( \begin{pmatrix} \Phi_{2,1} \left( s_1^{(t-1)}, \dots, s_1^{(t-L_2^1)} \right), \\ \Phi_{2,N} \left( s_N^{(t-1)}, \dots, s_N^{(t-L_N^2)} \right) \end{pmatrix} \times \mathbf{1}_2 \right) \times \chi_2, \\ \dots \\ s_N^{(t)} F_N \left( \begin{pmatrix} \Phi_{N,1} \left( s_1^{(t-1)}, \dots, s_1^{(t-L_N^1)} \right), \\ \Phi_{N,N} \left( s_N^{(t-1)}, \dots, s_N^{(t-L_N^N)} \right) \end{pmatrix} \times \mathbf{1}_N \right) \times \chi_N, \end{cases} \quad (2)$$

З виразу (2) можна зробити висновок, що вираз дозволяє описати процеси в каналах управління та передачі даних БпАК з урахуванням запізнення у часі. Затримки необхідні на збір, обробку та узагальнення інформації, враховує ступеню інформованості про стан каналів управління та передачі даних БпАК та зашумленості даних. Також зазначений вираз (2) дозволяє описати процеси, що мають як кількісні так і якісні одиниці виміру, а також процеси що протікають в інтелектуальній системі управління радіоресурсом БпАК.

**Висновки.** Математична модель інтелектуального управління радіоресурсом каналів управління та передачі даних безпілотних авіаційних комплексів дозволяє враховувати інтелектуальні властивості прийомо-передавачів БпАК, без яких неможливо успішне функціонування в умовах випадкового характеру змін задовоюї обстановки. Новизна розробленої моделі інтелектуального управління радіоресурсом БпАК полягає в тому, що запропонована модель дозволяє описати процеси в каналах управління та передачі даних БпАК з урахуванням запізнення у часі. Затримки необхідні на збір, обробку та узагальнення інформації, враховує ступеню інформованості про стан каналів управління та передачі даних БпАК та зашумленості даних. Також модель дозволяє описати процеси, що мають як кількісні так і якісні одиниці виміру, а також процеси що протікають в інтелектуальній



системі управління радіоресурсом БпАК. Крім того, на кожному циклі управління спочатку вибирається режим роботи прийомо-передавачів БпАК, а потім параметри сигналу для цього режиму.

### Список літератури

1. Шишацький А.В., Башкиров О.М., Костина О.М. Розвиток інтегрованих систем зв'язку та передачі даних для потреб Збройних Сил. *Озброєння та військова техніка*. 2015. № 1(5). С. 35-40.
2. Pievtsov H., Turinskyi O., Zhyvotovskiy R., Sova O., Zvieriev O., Lanetskii B., Shyshatskyi A. Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2020. No. 4. Pp. 78-89. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.
3. Zuiev P., Zhyvotovskiy R., Zvieriev O., Hatsenko S., Kuprii V., Nakonechnyi O., Adamenko M., Shyshatskyi A., Neroznak Y., Velychko V. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. No. 4, 9 (106). Pp. 14-23. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>.
4. Nalapko O., Shyshatskyi A., Ostapchuk V., Mahdi Q., Zhyvotovskiy R., Petruk S., Lebed Y., Diachenko S., Velychko V. and Poliak I. Development of a method of adaptive control of military radio network parameters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. No. 1, 9 (109). Pp. 18-32. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225331>.
5. Сервинский Е.Г. Оптимизация систем передачи дискретной информации. М.: Связь, 1974. 336 с.
7. Shu-Chuan Chu, Pei-Wei Tsai, Jeng-Shyang Pan. Cat Swarm Optimization. *Trends in Artificial Intelligence, 9th Pacific Rim Int. Conf. on Artificial Intelligence*. Gullin: Lecture Notes in Computer Science, 2006. Pp. 854-858. URL: [https://www.researchgate.net/publication/221419703\\_Cat\\_Swarm\\_Optimization](https://www.researchgate.net/publication/221419703_Cat_Swarm_Optimization).
8. Шишацький А.В., Жук О.Г. Концепція розвитку засобів радіозв'язку збройних сил провідних країн світу. *Новітні технології – для захисту повітряного простору*: зб. тези доп. 12 наукової конф. Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 13-14 квітня 2016 р. С. 213.
9. Shyshatskyi A., Zvieriev O., Salnikova O., Demchenko Y., Trotsko O., Neroznak Y. Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. Vol. 9, No. 4. Pp. 5583-5590. DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatce/2020/206942020>.
10. Onykiy A., Artamonov A., Tretyakov E., Pronicheva L., Ionkina K., Suslina A. Agent Technologies for Polythematic Organizations Information-Analytical Support. *Procedia Computer Science*. 2016. Vol. 88. Pp. 336-340. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.445>.

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ОЦІНКИ АЛЬТЕРНАТИВ РІШЕНЬ**

Гаценко С.С.

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського  
Київ, Україна,  
Салієв А.Ю.

Військова частина А 2923

Ірпінь, Україна,  
Протас Н.М.

Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна

Прийняття рішень є однією з найважливіших функцій управління. Процес прийняття рішень є досить складним і складається з ряду стадій (етапів). На початковому етапі необхідно виявити проблему, проблемну ситуацію або певну предметну область, в яких потрібне прийняття рішень.

Термін «рішення» має багато смислових значень. Це можуть бути дії щодо вирішення проблем, що призводять до якогось результату, наслідки яких необхідно оцінити. Під рішенням розуміють також деякі об'єкти, системи, що вимагають оцінювання. Рішення це також різні варіанти, альтернативи, можливості щодо дій і об'єктів.

На наступному етапі необхідно змістовно описати предметну область, виявити цілі прийняття рішень і обмеження.

Далі потрібно здійснити збір та аналіз детальної інформації про предметну область. У ряді випадків необхідно побудувати модель, визначити область альтернатив (варіантів) рішень, виконати генерацію рішень, сформулювати завдання прийняття рішень.

На наступному етапі здійснюється прийняття рішень на основі обраних (розроблених) методів. Виконується оцінка варіантів рішення, їх порівняння, класифікація, ранжування, вибір найкращого.

І, нарешті, заключна фаза пов'язана з реалізацією рішення й оцінки його наслідків.

Залежно від повноти і вихідних даних завдання вибору рішень можуть бути добре структурованими, слабо структурованими і неструктурованими [1-4]. Для добре структурованих задач дані формуються в кількісному вигляді, для слабо структурованих задач вони містять кількісні описи з домінуванням якісних і невизначених факторів, для неструктурованих завдань дані представляються у вигляді якісного опису вихідних факторів і взаємозалежностей між ними.

Вибір рішень може здійснюватися в умовах визначеності, ризику або невизначеності [3, 4]. В умовах визначеності відомі вихідні дані і наслідки кожної альтернативи рішень.

Умови ризику мають місце, якщо відомі ймовірності альтернатив рішень або відомий закон розподілу їх ймовірностей. Тоді задача зводиться до вибору статистичних рішень. У свою чергу, умови ризику можна визначити як умови стохастичної невизначеності, породжені випадковими факторами, які при їх масовій появі мають властивість статистичної стійкості і описуються будь-яким законом розподілу ймовірності.

Умови невизначеності, при яких закон розподілу ймовірностей для невизначених факторів невідомий, визначаються як умови статистичної невизначеності. Умови статистичної невизначеності діляться на два види: з відомими параметрами розподілу (математичне очікування, дисперсія та інші характеристики випадкової величини); з невідомими параметрами розподілу.

До основних завдань оцінки і вибору альтернатив рішень можна віднести такі: оцінка альтернатив рішень; порівняльна оцінка і ранжування безлічі альтернатив рішень; визначення стратегій оцінювання альтернатив рішень; визначення значень часткових показників рішень по заданих значенням узагальненого показника; пошук значень часткових показників, що забезпечують необхідні значення узагальненого показника; пошук найкращих рішень (значень часткових показників), що забезпечують необхідні значення узагальненого показника.

Можна виділити одно- і багатокритеріальні методи оцінки і вибору альтернатив рішень.

В однокритеріальному випадку вважаються відомими: безліч альтернатив рішень (об'єктів, варіантів дій); оцінка альтернатив за обраним критерієм (показником) та правило вибору найкращого варіанту.

Іншим випадком завдання вибору є ранжування варіантів рішень відповідно до безлічі оцінок альтернатив. Найбільш значним для практичного використання є випадок оцінки і вибору альтернатив за багатьма критеріями.

У багатокритеріальному випадку кожному варіанту можна поставити в відповідність вектор, що представляє оцінки варіанту за критеріями (показниками).

Далі підходи до порівняння і вибору варіантів рішень можуть бути розділені на дві великі групи: зведення і не зведення багатьох критеріїв до одного.

Методи, засновані на незведенні багатокритеріальних задач оцінки і вибору варіантів рішень до одного критерію, ставлять своїм завданням порівняння варіантів на основі векторів оцінки за всіма критеріями. Серед важливих факторів, що враховуються при вирішенні цього завдання, можна вказати вагу (важливість) критеріїв. Часто ці методи використовуються в іншій постановці: пошук оптимальних рішень на безлічі параметрів, що визначають умови прийняття рішень.

Серед методів цієї групи можна виділити: метод домінування, метод на основі глобальних критеріїв, лексикографічне упорядкування, методи математичного програмування, методи порогів, методи теорії мультимножин [1-6] та ін.

Застосування цих методів обумовлено, як правило, незалежністю критеріїв, їх повною визначеністю.

У разі використання методів, заснованих на зведенні багатокритеріальних завдань оцінки і вибору варіантів рішень до одного критерію, завдання вибору вирішується на основі побудови інтегрального (узагальненого) критерію.

Для цього використовуються різноманітні способи агрегування, «згортки» показників, тобто побудови різних узагальнюючих показників, перш за все, адитивних і мультиплікативних. Адитивний узагальнюючий критерій (показник) виходить як зважена сума оцінок за частковими критеріями (показниками).

Однак наведені методи не завжди адекватно відображають особливості завдань оцінки і вибору, зокрема, взаємозалежність, суперечливість окремих показників.

Підхід, заснований на згортці багатьох критеріїв в один, використовується у багатьох методах теорії прийняття рішень, серед яких можна виділити наступні: методи, засновані на теорії цінності, корисності, методи аналізу ієрархій, методи нелінійної згортки, методи теорії нечітких множин та інші.

Підхід до багатокритеріального оцінювання складних об'єктів, заснований на зведенні багатьох критеріїв до одного, привабливий тим, що він знижує трудомісткість таких процедур теорії прийняття рішень, як порівняння, ранжування, класифікація і вибір варіантів (альтернатив).

Аналіз існуючих методів дозволяє зробити висновок про те, що вони не повною мірою відображають особливості предметної області, які полягають в невизначеності, розвиненій системі сильно взаємодіючих різноякісних показників, складності оцінюваних об'єктів.

Загальним обмеженням використання розглянутих методів багатокритеріального оцінювання альтернатив є складність формування

багаторівневої структури оцінювання, а також вибору і налаштування операцій згортки показників.

### Список літератури

1. Шишацький А.В., Башкиров О.М., Костина О.М. Розвиток інтегрованих систем зв'язку та передачі даних для потреб Збройних Сил. *Озброєння та військова техніка*. 2015. № 1(5). С. 35-40.
2. Dudnyk V., Sinenko Y., Matsyk M., Demchenko Y., Zhyvotovskiy R., Repilo I., Zabolotnyi O., Simonenko A., Pozdniakov P., Shyshatskyi A. Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3. No. 2 (105). Pp. 37-47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>.
3. Бодянский Е. В., Струков В.М., Узлов Д.Ю. Обобщенная метрика в задаче анализа многомерных данных с разнотипными. *Зб. наук. пр. Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. № 3 (52). С. 98-101.
4. Pievtsov H., Turinskyi O., Zhyvotovskiy R., Sova O., Zvieriev O., Lanetskii B., Shyshatskyi A. Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2020. No. (4). Pp. 78-89. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.
5. Zuiev P., Zhyvotovskiy R., Zvieriev O., Hatsenko S., Kuprii V., Nakonechnyi O., Adamenko M., Shyshatskyi A., Neroznak Y., Velychko V. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 4, No. 9 (106). Pp. 14-23. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208554>.
6. Shyshatskyi A., Zvieriev O., Salnikova O., Demchenko Y., Trotsko O., Neroznak Y. Complex Methods of Processing Different Data in Intellectual Systems for Decision Support System. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. Vol. 9, No. 4. Pp. 5583-5590. DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/206942020>.
7. Bednář Z. Information Support of Human Resources Management in Sector of Defense. *Vojenské rozhledy*. 2018. Vol. 27(1). Pp. 45–68. DOI: 10.3849/2336-2995.27.2018.01.45-68.
8. Mir S., Padma T. Evaluation and prioritization of rice production practices and constraints under temperate climatic conditions using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol 14. No. 4. Pp. 1-13. DOI: 10.5424/sjar/2016144-8699.

## НЕЙРОННА МЕРЕЖА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ЦИФР

Науменко С.С., Слюсарь І.І.,  
Полтавський державний аграрний університет,  
Полтава, Україна,  
Слюсар В.І.,  
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних сил України,  
Київ, Україна

Згідно [1], у сфері штучного інтелекту (ШІ) використовується багато мов програмування, одною з яких є Java. Враховуючи властивості ШІ-проектів, наприклад, об'єктна-орієнтованість і масштабованість, Java застосовують при створенні рішень для машинного навчання (МН), нейронних мереж (НМ), алгоритмів пошуку, генетичного програмування і мульти-робототехнічних систем та ін. Можливості Java дозволяють створити кросплатформенні продукти. На даний час існує багато відкритих Java-бібліотек, які допоможуть реалізувати складні функції в найбільш популярних нішах ШІ (обробка природної мови, МН, НМ та ін.) [2].

Як наслідок, досить актуальним є використання Java для реалізації розпізнавання рукописних цифр на основі НМ. З цією метою в роботі запропоновано використовувати для навчання і тестування НС базу даних MNIST (Modified National Institute of Standards and Technology), яка запропонована Національним інститутом стандартів і технологій США з метою калібрування та зіставлення методів розпізнавання зображень за допомогою машинного навчання. Один з простих варіантів даної БД містить 60 000 зображень для навчання і 10 000 зображень для тестування, які не перетинаються. В процесі синтезу НМ була використана бібліотека з відкритим вихідним кодом – deepLearning4j, а для взаємодії з НМ реалізований інтерфейс на основі web-додатку, який також має відкритий вихідний код (рис. 1). Основою моделі є глибока нейронна мережа прямого поширення. Вона містить вхідний шар, на який надходить  $28 \times 28 = 784$  вхідних параметрів. Кількість вихідних параметрів даного шару дорівнює 100. Відповідно, стільки ж входів має прихований шар, що складається з 100 нейронів та містить 10 виходів (за кількістю шуканих елементів). Для успішної роботи НМ необхідно мати завантажену і розпаковану вибірку з MNIST. Якщо в наявності вже є присутнім розпакований архів вибірки, що знаходиться в тому ж каталозі де й додаток, робити повторне скачування і розпаковування

немає необхідності. У web-додатку доступний демонстраційний стенд, що дозволяє візуалізувати представлення зображень для НМ. Візуалізація реалізується набором градієнтів від 0 до 1, де 0 – це чорний колір, всі наступні значення є градієнтом сірого (1 – білий колір).

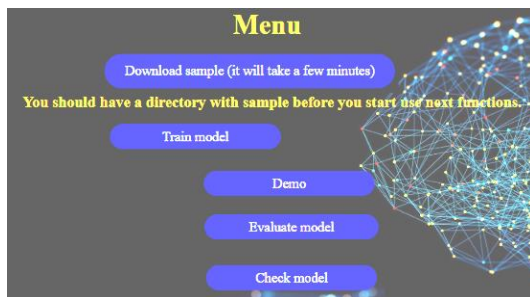


Рис. 1. Меню web-додатку.



Рис. 2. Приклад роботи НМ.

Наступним етапом роботи з розробленою НМ є процес її навчання. Для цього необхідно перейти за посиланням «Train model» у web-додатку. Після навчання модель зберігається в zip-архіві, який можна використовувати для завантаження в інші мікросервіси або НМ. У додатку доступна можливість оцінки навчання НМ (посилання «Evaluate model»), що дозволяє визначити точність розпізнавання зображень. Варто мати на увазі, що налаштування параметрів проводиться при зборці НМ (початковий код розміщений на GitHub та доступний за відповідним посиланням у додатку) і не підлягає змінам в остаточно зібраному артефакті. Для безпосередньої оцінки вхідного зображення використовується посилання «Check model». При переході за цим посиланням на задньому плані браузера (його необхідно згорнути) відкриється діалогове вікно, що дозволяє вибрати файл для розпізнавання. Приклад функціонування розробленої НМ наведений на рис. 2. Для розпізнавання була обрана цифра «5». Отриманий результат свідчить, що НМ розпізнала зображення як «5» з ймовірністю 86%.

Подальші дослідження спрямовані на підвищення ймовірності розпізнавання зображень. Для цього доцільно орієнтуватись на мережі CNN з урахуванням тензорно-матричних моделей їх реалізації [3].

### Список літератури

1. Керри Э. Java и AI. Можно ли написать искусственный интеллект на Java? // URL: <https://javarush.ru/groups/posts/2558-java-i-ai-mozhno-li-napisatjh-iskusstvennihy-intellekt-na-java>.
2. Слюсарь І., Слюсар В., Уткін Ю. та ін. Пріоритети використання штучного інтелекту в аграрному секторі. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: Тези доп. 11-ої міжнар. наук.-техн. конф., м. Харків, 8, 9 квітня 2021 р. Т. 2. С. 8.
3. Слюсар В.И. Тензорно-матричная модель нейросетей. *Всеукраїнська наук.-практ. Інтернет-конференція "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку"*, м. Черкаси, 15-21 березня 2021 року. С. 283-285.



Збірник розміщений на постійній сторінці Кафедри інформаційних систем та технологій Полтавського державного аграрного університету:



НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ІНТЕГРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ  
ТРАНСФОРМАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА**

**Тези доповідей**

**IV Міжнародної науково-практичної конференції, що присвячена  
50-ій річниці кафедри інформаційних систем та технологій  
(21-22 жовтня 2021 року)**

Адреса оргкомітету: 36003, м. Полтава, вул. Сковороди, 1/3, Україна,  
Кафедра інформаційних систем та технологій Полтавського державного  
аграрного університету, тел.: +380(53) 260 82 31



Підписано до друку 18.10.2021 р.  
Формат 60х84/16. Папір офсетний.  
Цифровий друк. Гарнітура Times.  
Ум. друк. арк. 8.37.  
Наклад 300. Замовлення № 1021-406.

Видавництво та друк: ОЛДІ-ПЛЮС  
вул. Паровозна, 46а, м. Херсон, 73034  
Свідоцтво ДК № 6532 від 13.12.2018 р.

Тел.: +38 (0552) 399-580, +38 (098) 559-45-45,  
+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45  
Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021  
E-mail: office@oldiplus.ua

