

**МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ
КОНФЕРЕНЦІЙ ЧОРНОМОРСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

№ 1(1), 2025

**Матеріали XXII Міжнародної наукової конференції
«ОЛЬВІЙСЬКИЙ ФОРУМ – 2025: стратегії країн
Причорноморського регіону в геополітичному просторі»**

16-22 червня 2025 р., м. Миколаїв, Україна

СЕРІЇ: ДИЗАЙН, КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЗБІРНИК

Заснований у 2025 році

Виходить 2 рази на рік



Миколаїв-2025

Засновано у 2025 році. Виходить 2 рази на рік.

Засновник і видавець:

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Голова редакційної ради:

Леонід Клименко – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор, в.о. ректора університету, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна).

Заступники голови:

Юрій Котляр – доктор історичних наук, професор, перший проректор, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Роман Дінжос – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Володимир Ємельянов – доктор наук з державного управління, заслужений діяч науки і техніки України, професор, директор Навчально-наукового інституту публічного управління та адміністрування, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна).

Члени редакційної ради:

Світлана Белінська – доктор економічних наук, професор, декан факультету економічних наук, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Ангела Бойко – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, декан факультету комп'ютерних наук, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Віталій Вербицький – кандидат історичних наук, доцент, в.о. декана факультету фізичного виховання і спорту, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Олена Кузнецова – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри соціальної роботи, управління і педагогіки, в.о. директора Навчально-наукового медичного інституту, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Ганна Норд – доктор економічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту післядипломної освіти, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Дмитро Січко – кандидат юридичних наук, доцент, декан юридичного факультету, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Анастасія Хмель – кандидат історичних наук, доцент, декан факультету політичних наук, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Людмила Шерстюк – кандидат педагогічних наук, доцент, в.о. декана факультету філології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна).

**Свідоцтво про реєстрацію
друкованого засобу масової
інформації:**

Серія, номер R30-05946
від 27.03.2025 року

*Рекомендовано до друку та
поширення мережею
рішенням Вченої ради ЧНУ
№ 5 від 29.05.2025 р.*

Мови видання:
українська, англійська,
мови ЄС

Електронна версія:
//mspc.mk.ua

Адреса редакції:
м. Миколаїв,
вул. 68 Десантників, 10,
54003
Тел.: 8 (0512) 76-55-99,
8 (0512) 76-55-81.
факс 50-00-69, 50-03-33
E-mail: rrvv@chmnu.edu.ua

М 32 Матеріали науково-практичних конференцій Чорноморського національного університету імені Петра Могили. Серії : Дизайн, Комп'ютерні технології : Ольвійський форум – 2025 : стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі : XXII Міжнар. наук. конф. 16-22 черв. 2025 р., м. Миколаїв : наук. зб. / М-во освіти і науки України ; ЧНУ імені Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2025. – № 1 (1). – 200 с.

УДК 004+3+62+7/9]:001.891](477)(06)

**MATERIALS OF THE SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE
OF PETRO MOHYLA BLACK SEA
NATIONAL UNIVERSITY**

№ 1(1), 2025

**Materials of the XXII International Scientific Conference
«Olbia Forum – 2025: strategies of the countries of the
Black Sea region in the geopolitical space»**

June 16-22, 2025, Mykolaiv, Ukraine

SERIES: DESIGN, COMPUTER TECHNOLOGIES

SCIENTIFIC COLLECTION

Founded in 2025

Published 2 times a year



Mykolaiv-2025

Founded in 2025. It is published 2 times a year.

Founder and publisher:

Petro Mohyla Black Sea National University

EDITORIAL COUNCIL

Chairman of the Editorial Board:

Leonid Klymenko - Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Professor, Acting Rector of the University, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine).

Deputy Chairmen:

Yurii Kotliar - Doctor of History, Professor, First Vice-Rector, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Roman Dinzhos - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Volodymyr Yemelianov - Doctor of Science in Public Administration, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Professor, Director of the Educational and Research Institute of Public Administration and Management, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine).

Members of the Editorial Board:

Svitlana Belinska - Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of Economics, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Anzhela Boyko - PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Dean of the Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Vitalii Verbytskyi - PhD in History, Associate Professor, Acting Dean of the Faculty of Physical Education and Sports, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Olena Kuznetsova - PhD in Pedagogy, Associate Professor of the Department of Social Work, Management and Pedagogy, Acting Director of the Educational and Research Medical Institute, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Hanna Nord - Doctor of Economics, Professor, Director of the Educational and Research Institute of Postgraduate Education, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Dmytro Sichko - PhD in Law, Associate Professor, Dean of the Faculty of Law, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Anastasiia Khmel - PhD in History, Associate Professor, Dean of the Faculty of Political Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Liudmyla Sherstiuk - PhD in Pedagogy, Associate Professor, Acting Dean of the Faculty of Philology, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine).

The conference is registered in the catalog of international conferences in Academic Resource Index / Research Bib.

The conference is registered in UkrNTI №358 dated April 07, 2025.

Identifier in the Register of Subjects in the Media Sector:
R30-05946 (Decision of the National Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting No. 656 dated March 27, 2025).

Recommended for publication by the decision of the Academic Council of Petro Mohyla Black Sea National University (protocol № 5, 29.05.2025).

Languages of the publication:
Ukrainian, English,
EU languages

Electronic version:
[//mspc.mk.ua](https://mspc.mk.ua)

Editorial address:
Mykolaiv,
10 Desantnykov St., 68, 54003
tel.: 8 (0512) 76-55-99,
8 (0512) 76-55-81.
fax: 50-00-69, 50-03-33
e-mail: rvv@chmnu.edu.ua

M 32 Materials of scientific and practical conferences of Petro Mohyla Black Sea National University. Series : Design, Computer technologies : Olbia Forum – 2025 : strategies of the countries of the Black Sea region in the geopolitical space : XXII int. scientific conf. June 16-22, 2025, Mykolaiv : scientific col. / Ministry of Education and Science of Ukraine ; Petro Mohyla Black Sea National University. – Mykolaiv : Publishing house of Petro Mohyla Black Sea National University, 2025. – № 1 (1). – 200 p.

UDC 004+3+62+7/9]:001.891](477)(06)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ
СЕРІЇ: ДИЗАЙН, КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Головний редактор:

Анжела Бойко кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Заступники головного редактора:

Ірина Журавська доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Олександр Трунов доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Члени редакційної колегії:

Генадій Чуйко доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Юрій Одробінський кандидат мистецтвознавства, доцент, завідувач кафедри дизайну, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Олена Тригуб доктор філософії, старший викладач кафедри дизайну факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Олег Прищепов кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Олег Щесюк кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

Відповідальний секретар:

Катерина Обухова старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

EDITORIAL BOARD
SERIES: DESIGN, COMPUTER TECHNOLOGIES

Editor-in-Chief:

Anzhela Boiko PhD. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Deputy editors-in-chief:

Iryna Zhuravska DSc (Techn.), Professor, Head of the Computer Engineering Department of Petro Mohyla Black Sea

Oleksandr Trunov Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Members of the editorial board:

Henadii Chuiko Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of Computer Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Yurii Odrobinskyi PhD in Art Studies, Associate Professor of the Department of Design, Petro Mohyla Black Sea National University Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Olena Tryhub PhD, Senior Lecturer, Department of Design, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Oleh Pryshchepov PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine

Oleh Shchesiuk PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine

Executive Secretary:

Kateryna Obukhova Senior Lecturer of the Computer Engineering Department, Petro Mohyla Black Sea National

ЗМІСТ

ДИЗАЙН.....	14
Валерій Атланов PROMPT ENGINEERING: КЛЮЧОВА КОМПЕТЕНЦІЯ СУЧАСНОГО ДИЗАЙНЕРА.....	15
Олена Жидких СТАЛИЙ РОЗВИТОК У ДИЗАЙНІ ОДЯГУ: РОЛЬ ЕКОМАТЕРІАЛІВ	19
Юрій Корнюков КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ЯК ЗАСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРАДИЦІЙНИХ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ КНИЖКОВОЇ ІЛЮСТРАЦІЇ.....	23
Юрій Одробінський СИМВОЛІЗМ НЕЗЛАМНОСТІ: ХУДОЖНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИЗАЙНУ МОНЕТ УКРАЇНИ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ	27
Олена Тригуб ОСОБЛИВОСТІ ДИЗАЙНУ ПОШТОВИХ ХУДОЖНІХ МАРОК УКРАЇНИ ВОЄННОГО ЧАСУ	33
КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	37
Анжела Бойко ЗАСТОСУВАННЯ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ІНЖЕНЕРІЇ	38
Владислав Бондар, Ігор Бадерко, Валерій Ситніков ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРИЦІЛЬНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ	43
Ілля Бондаренко, Катерина Обухова РЕАЛІЗАЦІЯ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ RASPBERRY PI ТА ANDROID ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ	47
Володимир Буренко МОДЕЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ТА ЗАВАНТАЖЕННЯ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ДАНИХ СИСТЕМИ «РОЗУМНЕ МІСТО».....	52

Андрій Войтасик, Максим Скороїд СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИМ НАДВОДНИМ КАТЕРОМ	56
Олександр Волчан, Олег Щесюк РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ	60
Станіслав Гануліч, Борис Салтовський РОЗРОБКА МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ КЛАВІАТУРИ НА БАЗІ ДАТЧИКА RAJ7620	64
Денис Гончаров МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я	68
Микита Гуленко , Олег Щесюк АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ БПЛА НА БАЗІ ЕЛЕМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	71
Нікіта Гюльмамедов, Іван Бурлаченко ОСОБЛИВОСТІ МУЛЬТИАГЕНТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ	74
Євген Дарнапук ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ БІБЛІОТЕК PANDAS, NUMPY ТА RUPTURE ДЛЯ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ МАСИВІВ ДАНИХ АМБУЛАТОРНОГО ДОБОВОГО МОНІТОРИНГУ ТИСКУ КРОВІ	80
Юрій Димитров, Руслан Костенко ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ НАСОСОМ ГІДРОАКУМУЛЯТОРА НА БАЗІ ПЧ INVT ТА ДАТЧИКА ТИСКУ	86
Дмитро Заворотній, Іван Бурлаченко КЛАСИФІКАЦІЯ КІБЕРАТАК З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ FASTTEXT	88
Нікіта Кім, Олег Щесюк АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ НА ОСНОВІ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	94
Поліна Кравченко, Віталій Нікольський, Ірина Журавська АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПОРУШЕНЬ У ТЕХНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЯХ.....	97
Ілля Кумпан, Олег Прищепов АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ У ПОРТУ	102

Віолетта Лежненко, Інесса Кулаковська ВЕБЗАСТОСУНОК ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ВОЛОНТЕРСЬКИМИ РЕСУРСАМИ ТА ВЗАЄМОДІЇ З БЛАГОДІЙНИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ	105
Дмитро Муржа МЕТРИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ДЛЯ МІКРОСЕРВІСНИХ АРХІТЕКТУР	111
Олександр Петренко, Ярослав Крайник GARDENSENS – АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ	116
Богдан Пилипчук, Ірина Журавська РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ВЕЛОКОМП'ЮТЕРА НА БАЗІ ESP32 LILYGO S3 T- DISPLAY ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ТА ЗБОРУ ПОКАЗНИКІВ СПОРТСМЕНА	119
Олег Прищепов, Олег Щесюк, Вячеслав Андреев ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ АВАРІЙНОЇ ДИЗЕЛЬНОЇ ГЕНЕРАТОРНОЇ СТАНЦІЇ.....	123
Микола Сіделєв, Дмитро Колода ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	127
Микола Сіделєв, Семен Сичов ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (IOT) ТА ЧАТ-БОТІВ У ВИРОБНИЧОМУ ПРОЦЕСІ	133
В'ячеслав Старченко ВИКОРИСТАННЯ JAVA SERVER PAGES ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО МОНИТОРИНГУ АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ ВЕБСЕРВЕРУ	137
Олексій Тогоєв ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ У WIFI-МЕРЕЖІ ЗА АНАЛІЗОМ CSI-ПАРАМЕТРІВ	142
Роберт Тоотс, Олена Шаповалова, Тетяна Наливайко ПОБУДОВА КРЕСЛЕНЬ ДЛЯ ДЕФОРМОВАНИХ АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ХМАРАМИ ТОЧОК	145
Олександр Трунов, Володимир Бойко ДИНАМІЧНЕ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПІДРАХУНОК ОБ'ЄМУ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПОВЕРХНЯХ РІЗНОГО ТИПУ	148
Олександр Трунов, Артем Малько, Максим Хейна АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ВИПРОБУВАНЬ НА БАЗІ МОБІЛЬНИХ РОБОТО- ТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ	151

Олександр Трунов, Володимир Митрохін ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАХВАТУ МАНІПУЛЯТОРА ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ	156
Олександр Трунов, Олексій Сільвейстров, Максим Скороїд РОЗРОБКА МОБІЛЬНИХ РОБОТО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ВИКОНАННЯ ПРОЦЕДУР ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ М'ЯЗОВОЇ АКТИВНОСТІ	162
Євгеній Худолій ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА ПЕРЕВАГ ВІД ПОЄДНАННЯ ПРИНЦИПІВ ZERO TRUST ТА ТЕХНОЛОГІЙ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ЗАХИСТУ ДАНИХ У БАГАТОХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	167
Геннадій Чуйко BIG DATA: ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РИНКОВОГО КОШИКУ	171
Володимир Шенкевич, Анастасія Єлагіна АВТОМАТИЗОВАНІ ЗАПИЛЮЮЧІ РОБОТИ	175
Володимир Шенкевич, Вікторія Пузаньова АВТОМАТИЗАЦІЯ АКУСТИЧНИХ ТЮНЕРІВ ДЛЯ СТРУННИХ МУЗИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ	178
Андрій Шилік, Сергій Пузирьов СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДОСТУПОМ НА БАЗІ RFID ТА SPRING BOOT	181
Шишкін Максим БЕЗПЕЧНЕ РОЗГОРТАННЯ: СТРАТЕГІЇ ТА НАЙКРАЩІ ПРАКТИКИ В SSDLC	186
Олег Щесюк, Олег Прищепов, Вячеслав Андреев ТОПОЛОГІЯ ВІДДАЛЕНОЇ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА	190
Vitalii Onatskyi, Volodymyr Savinov INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT AND RESOURCE ALLOCATION IN NEXT- GENERATION NETWORK INFRASTRUCTURES	194

CONTENTS

DESIGN.....	14
Valerii Atlanov PROMPT ENGINEERING: A KEY COMPETENCE OF A MODERN DESIGNER.....	15
Olena Zhydkykh SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN FASHION DESIGN: THE ROLE OF ECO-MATERIALS.....	19
Yurii Korniiukov COMPUTER GRAPHICS AS A MEANS OF MODERNIZATION TRADITIONAL METHODS OF CREATING BOOK ILLUSTRATIONS	23
Yurij Odrobinsky SYMBOLISM OF UNBREAKABILITY: ARTISTIC FEATURES OF THE DESIGN OF UKRAINIAN COINS OF MARTIAL LAW	27
Olena Tryhub FEATURES OF THE DESIGN OF UKRAINIAN POSTAL ART STAMPS DURING WARTIME	33
COMPUTER TECHNOLOGIES	37
Anzhela Boiko APPLICATION OF THREE-DIMENSIONAL MODELING IN ENGINEERING	38
Vladyslav Bondar, Igor Baderko, Valerii Sytnikov USE OF TECHNICAL VISION AND COMPUTER SYSTEM FOR TARGETED FIRE FIGHTING	43
Illia Bondarenko, Kateryna Obukhova IMPLEMENTATION OF A COMMUNICATION CHANNEL BETWEEN RASPBERRY PI AND ANDROID FOR REAL-TIME OBJECT DETECTION	47
Volodymyr Burenko MODELING OF URBAN TRANSPORT SUPPLY AND LOADING BASED ON DATA FROM THE SMART CITY SYSTEM.....	52

Andrii Voityasyk, Maksym Skoroid AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN UNMANNED SURFACE VESSEL	56
Oleksandr Volchan, Oleg Shchesiuk ROBOTIC CARGO TRANSPORTATION SYSTEM	60
Stanislav Hanulich, Borys Saltovskyi DEVELOPMENT OF A MULTIMEDIA KEYBOARD BASED ON THE PAJ7620 SENSOR	64
Denys Honcharov MODEL-ORIENTED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED HEALTH MONITORING SYSTEMS.....	68
Mykyta Gulenko, Oleg Shchesiuk AUTOMATED UAV CONTROL SYSTEM BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS.....	71
Nikita Hiulmamedov, Ivan Burlachenko FEATURES OF MULTI-AGENT ROBOTIC SYSTEMS.....	74
Yevhen Darnapuk UTILISING THE CAPABILITIES OF THE PANDAS, NUMPY, AND RUPTURES LIBRARIES FOR THE PROCESSING AND ANALYSIS OF AMBULATORY BLOOD PRESSURE MONITORING DATA ARRAY	80
Yurii Dymyrov, Ruslan Kostenko ENERGY EFFICIENT CONTROL OF THE HYDROACCUMULATER PUMP BASED ON THE INVT DRIVE AND PRESSURE SENSOR.....	86
Dmytro Zavorotnii, Ivan Burlachenko CLASSIFICATION OF CYBERATTACKS USING THE FASTTEXT MODEL.....	88
Nikita Kim, Oleg Shchesiuk DIGITAL AIR DISINFECTION AUTOMATION BASED ON ULTRAVIOLET RADIATION.....	94
Polina Kravchenko, Vitalii Nikolskyi, Iryna Zhuravska HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR DETECTION AND MODELING OF DEFECTS IN TECHNICAL CONSTRUCTIONS	97
Illia Kumpan, Oleg Pryshchepov AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR AN INDUSTRIAL ROBOT IN A PORT	102
Violetta Lezhenko, Inessa Kulakovska WEB APPLICATION FOR MANAGING VOLUNTEER RESOURCES AND INTERACTION WITH CHARITABLE ORGANIZATIONS	105

Dmytro Murzha EFFICIENCY METRICS FOR COMPUTATIONAL RESOURCES IN CLOUD ENVIRONMENTS FOR MICROSERVICE ARCHITECTURES.....	111
Oleksandr Petrenko, Yaroslav Krainyk GARDENSENS – AUTOMATED TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL	116
Bohdan Pylypchuk, Iryna Zhuravska DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A CYCLE COMPUTER BASED ON ESP32 LILYGO S3 T-DISPLAY FOR MONITORING AND COLLECTING ATHLETE'S INDICATORS	119
Oleg Pryshchepov, Oleg Shchesiuk, Viacheslav Andrieiev INCREASING THE FUNCTIONALITY OF THE OF THE EMERGENCY DIESEL GENERATOR STATION	123
Mykola Sidelev, Dmytro Koloda WAYS TO IMPROVE AND OPTIMIZE CONVEYOR SYSTEMS IN THE FOOD INDUSTRY	127
Mykola Sidelev, Semen Sychov USE OF INTERNET OF THINGS (IOT) TECHNOLOGIES AND CHAT-BOTS IN THE PRODUCTION PROCESS	133
Viacheslav Starchenko USING JAVA SERVER PAGES FOR REMOTE MONITORING OF WEB SERVER HARDWARE.....	137
Oleksii Tohoiev DETECTION OF OBJECTS IN A WIFI NETWORK BY ANALYSIS OF CSI PARAMETERS.....	142
Robert Toots, Olena Shapovalova, Tetiana Nalyvaiko DRAWING GENERATION FOR DEFORMED ARCHITECTURAL OBJECTS BASED ON POINT CLOUDS.....	145
Alexander Trunov, Volodymyr Boiko DYNAMIC 3D MODELING AND CALCULATION OF VOLUME OF BULK MATERIALS ON SURFACES OF VARIOUS TYPES	148
Alexander Trunov, Artem Malko, Maxim Heyna AUTOMATIC TESTING SYSTEMS BASED ON MOBILE ROBOTIC PLATFORMS.....	151
Alexander Trunov, Volodymyr Mytrokhin FORMATION OF DESIGN FEATURES OF THE MANIPULATOR GRIP FOR HARVESTING	156

Alexander Trunov, Oleksii Silveistrov, Maksym Skoroid DEVELOPMENT OF MOBILE ROBOTIC SYSTEMS FOR PERFORMING PROCEDURES FOR RESTORING MUSCLE ACTIVITY	162
Yevhenii Khudolii ASSESSMENT OF RISKS AND BENEFITS OF COMBINING ZERO TRUST PRINCIPLES AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGY FOR DATA PROTECTION IN MULTI-CLOUD ENVIRONMENTS	167
Gennady Chuiko BIG DATA: INTELLIGENT MARKET BASKET ANALYSIS	171
Volodymyr Shenkevych, Anastasiia Yelagina AUTOMATED POLLINATION ROBOTS	175
Volodymyr Shenkevych, Viktoria Puzaneva AUTOMATION OF ACOUSTIC TUNERS FOR STRING MUSICAL INSTRUMENTS	178
Andrii Shylik, Serhii Puzyrov ACCESS CONTROL SYSTEM BASED ON RFID AND SPRING BOOT	181
Maksym Shyshkin SECURING DEPLOYMENT: STRATEGIES AND BEST PRACTICES IN THE SSDLC	186
Oleg Shchesiuk, Oleg Pryshchepov, Viacheslav Andrieiev TOPOLOGY OF REMOTE DISPATCHING AND AUTOMATION TOOLS FOR WATER MANAGEMENT FACILITIES	190
Vitalii Onatskyi, Volodymyr Savinov INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT AND RESOURCE ALLOCATION IN NEXT- GENERATION NETWORK INFRASTRUCTURES	194

Розділ ДИЗАЙН

Section DESIGN

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.01

Валерій Атланов

PROMPT ENGINEERING: КЛЮЧОВА КОМПЕТЕНЦІЯ СУЧАСНОГО ДИЗАЙНЕРА

Тези присвячено дослідженню промпт-інжинірингу як ключової компетенції сучасного дизайнера. Розглядаються принципи та техніки ефективного формулювання запитів до ШІ, приклади застосування в різних сферах дизайну, а також виклики й перспективи розвитку промпт-інжинірингу. Особлива увага приділяється етичним аспектам та впливу ШІ на роль дизайнера.

Ключові слова: промпт-інжиніринг, ключова компетенція, сучасний дизайнер, штучний інтелект, генеративні моделі, формулювання запитів, принципи, техніки, чіткість запиту, конкретність запиту.

Ми живемо в епоху, коли штучний інтелект (ШІ) вже не є чимось з області фантастики, а стає потужним інструментом, що змінює різні індустрії, і дизайн не є винятком. Генеративні моделі, такі як Midjourney, Stable Diffusion та DALL-E 2, відкрили перед дизайнерами безмежні можливості для творчості та експериментів. Ці інструменти здатні створювати вражаючі візуалізації, генерувати унікальні концепції та автоматизувати рутинні завдання, які раніше займали багато часу та зусиль. Але щоб ефективно використовувати ці інструменти, дизайнерам потрібно навчитися «спілкуватися» з ШІ, тобто опанувати мистецтво промпт-інжинірингу.

Промпт-інжиніринг – це не просто написання інструкцій для ШІ. Це складний процес, що вимагає глибокого розуміння можливостей та обмежень ШІ, творчого підходу та вміння мислити концептуально. Це вміння формулювати запити таким чином, щоб отримати від ШІ саме той результат, який вам потрібен.

Отже, метою даної роботи є довести, що промпт-інжиніринг є ключовою компетенцією сучасного дизайнера. В роботі проаналізуємо основні принципи та техніки промпт-інжинірингу, наведемо практичні приклади його застосування в різних галузях дизайну, а також розглянемо виклики та перспективи цієї компетенції.

Промпт-інжиніринг – це процес створення та оптимізації текстових запитів, або промптів, для отримання бажаного результату від ШІ-моделі. Промпт – це, по суті, інструкція, яку ми даємо ШІ, щоб він згенерував зображення, текст, код або інший контент. Це може бути простий запит, наприклад, «намалюй червоний квадрат», або складний опис, що включає безліч деталей, стилів та концепцій.

На відміну від традиційних методів роботи, де дизайнер сам створює кожен елемент дизайну з нуля, промпт-інжиніринг дозволяє використовувати ШІ як творчого партнера. Замість того, щоб малювати кожную деталь, дизайнер описує те, що він хоче бачити, і ШІ генерує відповідні візуалізації. Це значно прискорює процес створення дизайну та відкриває нові можливості для експериментів та творчих пошуків.

Дизайнерам потрібен промпт-інжиніринг, тому що він:

- **Розширює їхні можливості:** ШІ може генерувати нескінченну кількість варіантів дизайну, які людина ніколи б не змогла створити самостійно. Це дозволяє дизайнерам досліджувати різні стилі, концепції та підходи, знаходити несподівані рішення та розширювати межі своєї творчості.
- **Прискорює робочий процес:** ШІ може автоматизувати рутинні завдання, такі як створення мокапів або підбір кольорових схем, звільняючи час дизайнера для більш творчої роботи. Це дозволяє дизайнерам зосередитися на концептуальній розробці, стратегічному плануванні та спілкуванні з клієнтами.
- **Допомагає генерувати нові ідеї:** ШІ може запропонувати несподівані та інноваційні рішення, надихаючи дизайнера на нові творчі пошуки. Співпраця з ШІ може допомогти дизайнерам подолати творчі блоки, знайти нові джерела натхнення та створити дійсно оригінальні та унікальні дизайни.
- **Створює унікальні візуальні рішення:** Промпт-інжиніринг дозволяє дизайнерам створювати абсолютно нові стилі та напрями в дизайні, які раніше були неможливі. Завдяки здатності ШІ генерувати складні та абстрактні образи, дизайнери можуть досліджувати нові візуальні мови та створювати дизайни, які виходять за межі традиційних уявлень про прекрасне.

Щоб створювати ефективні промпти, дизайнерам потрібно дотримуватися певних принципів і використовувати різні техніки. Ось деякі з них:

- **Чіткість та конкретність запиту:** Чим чіткіше описане те, що необхідно отримати, тим кращим буде результат. Важливо уникнути розмитих формулювань і необхідно використовувати конкретні деталі. Наприклад, замість «намалюй пейзаж» краще написати «намалюй гірський пейзаж на заході сонця з сосновим лісом на передньому плані, у стилі імпресіонізму».
- **Надання контексту та специфікацій:** Важливо вказати стиль, формат, технічні вимоги та інші параметри, які необхідні для певного дизайну. Наприклад, якщо потрібно створити логотип, необхідно вказати назву компанії, її цільову аудиторію, цінності та бажаний стиль логотипу.
- **Використання ключових слів та фраз:** важливо застосовувати слова, які точно описують об'єкт, колір, текстуру, стиль та інші характеристики дизайну. Бажано використовувати синоніми та варіації ключових слів, щоб розширити область пошуку ШІ та отримати більш різноманітні результати.
- **Ітеративний підхід та експерименти:** Корисно пробувати різні варіанти промптів і аналізувати результати. Поступово вдосконалювати запити, щоб отримати бажаний результат. Позитивно впливають на результат експерименти з різною довжиною промптів, порядком слів та використанням різних стилістичних прийомів.
- **Використання негативних промптів:** Важливо вказувати, чого не повинно бути в дизайні. Це допоможе ШІ звужити область пошуку та уникнути небажаних елементів. Наприклад, якщо ви не хочете бачити у своєму дизайні людей, вкажіть «без людей» у своєму промпті.

Крім того, існують різні техніки промпт-інжинірингу, які можуть допомогти дизайнерам отримати більш точні та креативні результати:

- **Zero-shot, one-shot, few-shot learning:** Це підходи, при яких ви або не надаєте ШІ жодних прикладів, або надаєте один або кілька прикладів бажаного результату. Zero-shot learning означає, що ви просите ШІ згенерувати дизайн, не надаючи йому жодних прикладів. One-shot learning передбачає надання одного прикладу, а few-shot learning – надання кількох прикладів.
- **Chain of Thought Prompting:** Ця техніка спонукає ШІ до роздумів та логічних висновків, що може бути корисним для створення складних та концептуальних дизайнів. Замість того, щоб просто попросити ШІ згенерувати кінцевий результат, ви просите його пояснити свій процес мислення та обґрунтувати свої рішення.
- **Role Prompting:** Примусьте ШІ генерувати дизайн, «прикидаючись» дизайнером, ілюстратором. Наприклад, «Згенеруй дизайн плакату як професійний графічний дизайнер».
- **Compositional Prompting:** Розбийте складний промпт на декілька простіших. Це може допомогти ШІ краще зрозуміти ваші наміри та згенерувати більш точний результат. Наприклад, замість того, щоб писати один довгий промпт, ви можете розбити його на кілька коротких, кожен з яких описує окремий аспект вашого дизайну.

Промпт-інжиніринг може бути застосований у різних галузях дизайну. Ось декілька прикладів:

- **Логотипи та брендинг:** За допомогою промптів дизайнери можуть швидко генерувати безліч варіантів логотипів, експериментувати з різними стилями та концепціями, та знаходити найбільш вдале рішення для бренду. Промпт-інжиніринг дозволяє дизайнерам досліджувати різні типографічні рішення, колірні схеми та символічні образи, щоб створити унікальний та запам'ятовуваний логотип.
- **Веб-дизайн та інтерфейси:** Промпт-інжиніринг дозволяє створювати макети веб-сторінок, генерувати іконки та інші елементи інтерфейсу, а також автоматично адаптувати дизайн під різні пристрої. Дизайнери можуть використовувати промпти для визначення структури сторінки, розташування елементів, стилів кнопок та інших інтерактивних елементів.
- **Ілюстрації та графічний дизайн:** Дизайнери можуть використовувати промпти для створення унікальних ілюстрацій, плакатів, обкладинок книг та інших графічних матеріалів. Промпт-інжиніринг дозволяє експериментувати з різними художніми стилями, композиціями та колірними палітрами, створюючи візуально вражаючі та емоційно виразні роботи.
- **Промисловий дизайн та моделювання:** Промпт-інжиніринг може допомогти дизайнерам у створенні 3D-моделей, прототипів та візуалізацій промислових виробів. Дизайнери можуть використовувати промпти для опису форми, матеріалів, текстур та функціональних характеристик об'єкта, отримуючи реалістичні та деталізовані 3D-моделі.

Крім того, промпт-інжиніринг можна використовувати для:

- **Створення варіацій та адаптації існуючих дизайнів:** Замість того, щоб створювати кожен варіант дизайну з нуля, дизайнери можуть використовувати промпти для внесення невеликих змін у вже існуючий дизайн, наприклад, змінити колірну схему, типографіку або композицію.
- **Автоматизації рутинних задач:** Промпт-інжиніринг може бути використаний для автоматизації таких рутинних задач, як генерація мокапів, створення презентацій або підготовка матеріалів для друку.
- **Дослідження нових стилів та напрямів у дизайні:** Промпт-інжиніринг дозволяє дизайнерам експериментувати з новими стилями та напрямками, які ще не отримали широкого поширення. Це може допомогти дизайнерам відкрити для себе нові творчі горизонти та створити унікальні та інноваційні дизайни.

Звичайно, промпт-інжиніринг має і певні виклики. Сучасні ШІ-моделі все ще мають обмеження, і не завжди можуть точно зрозуміти запит дизайнера. Іноді вони можуть генерувати непередбачувані або небажані результати, що вимагає від дизайнера додаткових зусиль для коригування та редагування. Крім того, існують етичні питання, пов'язані з використанням ШІ в дизайні, такі як:

- **Авторство:** Хто є автором дизайну, створеного за допомогою ШІ - людина, яка написала промпт, чи ШІ, який згенерував зображення?
- **Плагіат:** Чи може ШІ ненавмисно скопіювати існуючий дизайн, порушуючи авторські права?
- **Втрата робочих місць:** Чи призведе широке використання ШІ в дизайні до скорочення робочих місць для дизайнерів-людей?

Проте, незважаючи на ці виклики, перспективи промпт-інжинірингу в дизайні є величезними. Ця технологія трансформує роль дизайнера, перетворюючи його з виконавця на диригента, який керує творчим процесом за допомогою ШІ. Дизайнери майбутнього повинні будуть володіти не тільки традиційними навичками, але й вміти ефективно «спілкуватися» з ШІ, розуміти його можливості та обмеження, а також критично оцінювати згенеровані ним результати.

З'являються нові спеціалізації, такі як «промпт-інженер дизайну», і відкриваються можливості для творчої співпраці між людиною та ШІ. У майбутньому ми можемо побачити появу гібридних творчих колективів, що складаються з дизайнерів-людей та ШІ-асистентів, які працюють разом для створення інноваційних та вражаючих дизайнів.

Висновок.

Промпт-інжиніринг є не просто корисним інструментом, а ключовою компетенцією сучасного дизайнера. Вміння ефективно «спілкуватися» з ШІ, створювати точні та креативні промпти, стає необхідною умовою для успішної роботи в умовах розвитку ШІ та генеративних моделей.

Дизайнери, які опанують промпт-інжиніринг, отримають значну конкурентну перевагу на ринку праці. Вони зможуть швидше та ефективніше створювати дизайни, досліджувати нові творчі горизонти та пропонувати своїм клієнтам інноваційні та унікальні рішення.

References

1. Liu, Y., Chilton, L. B., & Pirolli, P. (2022). Design recommendations for prompt engineering in natural language processing. *arXiv preprint arXiv:2203.00824*.
2. Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Patel, R., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems*, 33, 1877-1901.
3. White, J., Fu, Q., Hays, S., Kissin, M., Scialom, T., Stashchuk, S., ... & Genzel, I. (2023). A Prompt Engineering Guide for LLMs. *arXiv preprint arXiv:2310.03757*.
4. Jain, A. (2023). *Prompt Engineering for Beginners: Learn to create ChatGPT prompts that generate amazing results*. Apress.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.01

Valerii Atlanov

PROMPT ENGINEERING: A KEY COMPETENCE OF A MODERN DESIGNER.

The thesis is devoted to the study of prompt engineering as a key competency of a modern designer. The principles and techniques of effective formulation of queries to AI are considered, examples of application in various areas of design,

as well as challenges and prospects for the development of prompt engineering. Special attention is paid to ethical aspects and the impact of AI on the role of the designer.

Keywords: *prompt engineering, key competency, modern designer, artificial intelligence, generative models, query formulation, principles, techniques, query clarity, query specificity.*

Відомості про автора / Information about the Author

Валерій Атланов, магістр дизайну, викладач ВПУ-21 міста Миколаєва, викладач кафедри дизайну Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: valery.atlanov@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2514-2200>.

Valerii Atlanov, Master of Design, Lecturer at VPU-21 of Mykolaiv, Lecturer at the Department of Design of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: valery.atlanov@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2514-2200>.

СТАЛИЙ РОЗВИТОК У ДИЗАЙНІ ОДЯГУ: РОЛЬ ЕКОМАТЕРІАЛІВ

У тезах висвітлюється зростаюча необхідність сталого розвитку в дизайні одягу у відповідь на значне руйнування природного середовища. Зазначається, що легка промисловість є одним з основних джерел відходів, які забруднюють навколишнє середовище. Підкреслено перехід до використання екоматеріалів та впровадження інноваційних технологій виробництва одягу, що мінімізують негативний вплив на природу. Розглядаються традиційні та новітні природні матеріали (рослинна шкіра з листя ананаса, апельсинова тканина), а також матеріали, створені за допомогою біоінженерії (соевий і «чайний» текстиль, матеріал із водоростей) та переробки відходів (з пластику, текстильних обрізків). Обговорюються перспективні розробки, такі як «живі тканини» з насіння чіа та коренів, а також матеріали, вирощені з грибів та за допомогою шовкопрядів, що керуються людиною. Акцентується, що, незважаючи на появу екологічних колекцій, їхнє широке виробництво все ще обмежене, але інтенсивні дослідження та експерименти тривають.

Ключові слова: сталий розвиток, дизайн одягу, екоматеріали, екологічні технології, вторинна переробка, натуральні волокна, біоінженерія, інновації, текстильна промисловість.

У наш час в світі суттєво відбувається руйнування природного середовища в різноманітних формах. Наслідки цих процесів призводять до необхідності радикальних змін в багатьох галузях людської діяльності. Стало необхідним людству формувати нові концепції, цінності, мислення щодо екологічності в діяльності людини. Серед галузей, що шкідливо впливають на навколишнє середовище значну частину займають процеси, пов'язані з виробництвом одягу.

Кожного року в світі сміттєзвалища збільшуються майже на 3 мільярди тон. Більша частина відходів не переробляється. Значну частину цих відходів складають використані або не розпродані речі легкої промисловості. Саме тому все більше сучасних брендів, науковців, виробників, дизайнерів переймаються проблемами довкілля та розробляють і впроваджують: нові способи переробки відходів; розробку нешкідливих для навколишнього середовища технологій виробництва; виготовлення альтернативних тканин та матеріалів з новими експлуатаційними характеристиками, що можуть саморозпадатися; виготовлення одягу тільки з екологічно чистої сировини, вирощеної без шкідливих для здоров'я компонентів; нові концепції дизайну в швейній галузі, що спрямовані не на вдосконалення форм, а скоріше на зменшення обсягу споживання (продовження терміну користування виробами, відмови від речей одноразового користування, споживання речей не тільки тривалого користування, а й багатофункціональних); диференціація проєктування, розрахованого на малу групу споживачів або на окрему людину [3].

У дизайні одягу ці проблеми вирішуються, по-перше, за рахунок відмови від шкідливих для здоров'я синтетичних матеріалів, виробництва та утилізації яких забруднює навколишнє середовище. Все частіше дизайнери взуття, одягу та аксесуарів звертають свій погляд на екологічні матеріали.

Екологічними матеріалами слід вважати такі, що нешкідливі для навколишнього середовища на всіх стадіях, від виробництва до утилізації. Екологічні матеріали – це матеріали які, як правило, зроблені з натурального, природного матеріалу, натурального волокна (натуральний шовк, бавовна та інші), вирощеного без шкідливих хімікатів. При цьому у виробництві натуральних екологічних тканин не повинні використовуватися речовини, що забруднюють довкілля не лише в процесі виробництва, але і після попадання на звалище [1].

На сьогодні людству відомі такі традиційні екоматеріали як нефарбовані, або забарвлені натуральними барвниками бавовна, льон, конопля. Є і менш традиційні, але вже дуже популярні природні натуральні матеріали, які пройшли, або проходять апробацію.

Це матеріали, вироблені з екологічної сировини – листя аракової пальми, так звана рослинна шкіра, що підходить для одягу, взуття, аксесуарів; листя бананової пальми, бренд Green Banana Paper (Дизайнер Кармен

Хієса). З бананової шкіри виготовляють колоритні сумочки, обкладинки, блокноти та гаманці для візитівок. Наступна сировина – міцні листки ананасів. З ананасових листків можна добути міцні волокна. Такий матеріал називають піна, «пінатекс» та застосовують для виробництва сумок та взуття. На дотик піна схожа на шорстку повсть. Для вирощування ананасів і, відповідно, ананасового листа, не використовуються пестициди та хімічні речовини. До того ж, ці рослини потребують значно менше води, ніж для вирощування традиційної бавовни. Виробляють такий матеріал і вироби з нього на Філіппінах.

Тканина з апельсинів – не вигадка, текстиль під назвою Orange Fiber вже активно виготовляють у Сицилії. Кожного року в цьому регіоні від апельсинової промисловості залишається близько 700 тисяч тон відходів. Студентка міланського Інституту Афола Адріанна Сантаносіто дала нове життя цим залишкам. Створення Orange Fiber відбувається так: залишки від апельсинів пресують, викручують та добувають целюлозу [1].

Крім екологічної сировини, екологічними можуть бути і технології.

Наприкінці 2007 року американські вчені Малькольм Браун та Девід Ноблс вивели штам бактерій, що виробляють целюлозу. Винаходом зацікавилась студентка лондонської St. Martin's School Сюзанна Лі. Вона «заселила» цих бактерій у посуд із зеленим чаєм. Бактерії створили, так званий, «чайний текстиль». З висушеного матеріалу студентка пошила куртку та назвала технологію Bio Couture.

Натуральний шовк – це матеріал, для виробництва якого потрібна сировина, що є продуктом життєдіяльності шовкопряду. Але для виробництва 450 грамів шовку вбивають 2600 шовкопрядів. Тому є і альтернативний матеріал – екологічний шовк. Для екологічного шовку використовують улюблений продукт вегетаріанців, в якому багато протеїнів та білків – сою. На виробництво їжі йде тільки частина рослини, з іншої роблять соєвий шовк. Процес видобування волокна із сої ґрунтується на технологіях біоінженерії та є абсолютно безпечним для довкілля. Що ж до самого матеріалу, то соєвий шовк міцний, легкий, а на дотик нагадує кашемір. Тканина стійка до ультрафіолету та шкідливих бактерій. Із соєвого шовку шують все – від суконь та спідниць до нижньої білизни та купальників [1].

Свій варіант шовку винайшла компанія Bolt Threads, з якою співпрацює завзята вегетаріанка – дизайнер Стелла Маккартні. Волокна матеріалу microsilks створені з ферментованих у цукрі дріжджів. Для виробництва тканини не потрібні водні чи земельні ресурси: сировину на основі протеїну готують у великих чанах, а згодом розтягують у нитки. Ця технологія існує вже з 2015 року.

Сучасні інноваційні технології дозволяють використовувати для виробництва екоматеріалів дуже різноманітну сировину: кукурудзу, кокос, молоко, водорості тощо.

З кукурудзяного крохмалю виробляють тонке, м'яке полотно, яке добре тягнеться, теплостійке і має низьку теплопровідність.

Німецька дизайнерка та мікробіолог Анке Домаске в результаті експериментів винайшла полотно з молока. Точніше з продукту бродіння, що супроводжується виділенням білка казеїну, до якого додають ще декілька натуральних компонентів і отримують волокно. Матеріал шовковистий на дотик, має антибактеріальні властивості. На перший погляд викликає сумніви екологічність використання саме молока, але при виробництві молочного полотна вдається значно зекономити воду. На один кілограм тканини йде близько 2-х літрів води, тоді як для виготовлення такого ж об'єму бавовни потрібно приблизно 10 тисяч літрів [1].

До екологічних технологій можна віднести виробництво одягу фінською компанією PureWasteTextiles повністю з відходів текстильного виробництва. При виготовленні будь-яких тканин обов'язково утворюються обрізки. Вони можуть бути різні за складом. Для виробництва нової тканини обрізки спочатку подрібнюють і отримують волокнисту масу, що нагадує вату. Це і є нова сировина для тканини. Потім з цієї маси роблять пряжу та тканину. Властивості нової тканини залежать від якості початкового матеріалу.

Вчені і виробники в наш час намагаються різними прийомами і технологіями зменшити негативний вплив виробництва традиційних матеріалів на навколишнє середовище. Так, при виробництві поліестеру – текстилю, який створюють з переробленої нафти зменшити негативний вплив від виробництва матеріалу дозволяє додавання кокосового вугілля. По-перше, кількість готового матеріалу через додачу кокосу збільшується, а використання нафти зменшується. По-друге, завдяки шкаралупі кокосу тканина здатна гарно поглинати запахи та протистояти ультрафіолетовому випромінюванню [1].

Цікавий матеріал SeaCell, винайдений у 2007 році фірмою Zimmer AG, складається з водоростей та деревної целюлози. Щоб отримати сировину, рослини подрібнюють, а потім варять у лужному розчині. Матеріал використовується, як наповнювач для подушок та ковдр, для пошиття нижньої білизни та наволочок. За міцністю полотно в декілька разів перевершує віскозу [1].

Однією з головних проблем, що забруднює навколишнє середовище, є пластик. Але завдяки спеціальній обробці з нього теж можна виробляти флокс – сировину для подальшого створення екополіестеру. Лінійку взуття з пластику у 2016 році розробила компанія Adidas. Колекція Adidas X Parley, створена спільно з організацією

Parley Ocean Plastic Program, виготовлена із океанічних відходів. На одну пару кросівок йде близько 11 перероблених пластикових пляшок. На додачу до взуття дизайнер Стелла Маккартні з того ж матеріалу випустила елементи екіпірування для занять бігом [1].

Альтернативні матеріали почали з'являтися на масовому ринку. Проте незважаючи на появу перших колекцій з екологічних тканин, їхнє широке виробництво все ще залишається обмеженим.

Дизайнери і вчені експериментують і створюють нові екоматеріали. Ідеї відпрацьовують на технічних пробах, одиничних виробках, малих партіях. Це можуть бути як комерційні, так і некомерційні проекти.

Даша Цапенко, випускниця Академії дизайну в Ейндховені (Нідерланди) з України, створила плащ із пророщеного насіння чіа. Створення «живої тканини» зайняло три місяці. Щоб проростити насіння чіа, необхідно десять днів. Технологія проста: замочене насіння чіа розподіляється на основі з марлі, де воно з часом проростає. З одного боку коріння, сплітаючись, створює живу підкладку, а із зовнішнього боку виробу паростки утворюють зелене «хутро». Наразі авторка винаходу пробує зробити матерію більш довговічною. Дівчина не планує робити плащі з чіа комерційним проектом [4].

Ще один схожий проект – текстиль на основі коренів. Нідерландська художниця Діана Шерер примушує корені трави рости так, як їй хочеться, витися візерунками, живими килимами, мереживом. За роки роботи вона довела техніку управління коренями майже до досконалості і зараз мріє про текстиль майбутнього на основі коренів [5].

Вчені по всьому світу вже багато років б'ються над створенням аналога шкіряного виробництва. Деякі компанії (наприклад Modern Meadow) намагаються вирощувати шкіру прямо з клітин, інші виробляють синтетичні аналоги. А ось художник Філ Росс запропонував вирішити цю ситуацію за допомогою грибів. Виростити і вигодувати тварину, яку потім відправлять на забій – це не тільки жорстоко, але й занадто дорого. Не варто забувати також і про те, що виробнича обробка шкіри дуже токсична. Синтетичні замінники шкіри дешевші натурального матеріалу, але у багато чому програють йому. Філ Росс, художник і засновник Mycoworks, вирощує шкіру з міцелію, щільної кореневої структури грибів. Росс і команда можуть створити матеріал, який виглядає як шкіра корови, змії, страуса. Маніпуляції з матеріалом можна виробляти прямо в процесі росту, а це означає, що додаткові елементи (блискавки, застібки, гудзики, гачки тощо) можна прирощувати прямо до грибних тканин, замість того, щоб використовувати нитки і клей. Завдяки цьому можна також маніпулювати текстурою матеріалу [2; 6].

Дизайнерка й архітекторка Нері Оксман очолює пошук шляхів взаємодії технологій цифрового виробництва з біологічним світом. Працюючи на перетині комп'ютерного дизайну, адитивного виробництва, матеріалознавства і синтетичної біології, її лабораторія відкриває нову еру симбіозу між мікроорганізмами, нашими тілами і нашими продуктами. Вона розробила нову технологію створення натурального нетканого шовкового матеріалу. Гусениця тутового шовкопряду не створює кокон навколо себе, а прокладає волокно за траєкторією, яку задає людина. Це стало можливим завдяки сучасному технологічному вивченню природних процесів. Це виходить спільне творіння людини, машини і природи. Вивчення поведінки гусениць дозволило створити неткану оболонку з величезної кількості шовкових волокон. Причому ці гусениці не на один раз, після закінчення роботи вони не обертаються в лялечку але залишають потомство. Так що цей «мікроскопічний робот», що виробляє «нановолокно» може сам відтворюватися необмежену кількість разів [7].

З розвитком цивілізації та науково-технічного прогресу зростає кількість населення Землі і відповідно обсяги виробництв та відходів. Загострюються стосунки між природою і суспільством. При боротьбі з глобальною екологічною кризою екологічність мислення повинно бути актуальним на всіх теренах людської діяльності.

Результати здійсненого аналізу дозволяють зробити висновки, що проблема руйнування природного середовища внаслідок діяльності легкої промисловості спонукає до пошуку та впровадження нових підходів у дизайні та виробництві одягу. Перехід до сталого розвитку стає не просто трендом, а нагальною потребою. Основними напрямками цього переходу є: відмова від шкідливих матеріалів, інновації в матеріалах, екологічні технології виробництва, перспективні розробки.

Незважаючи на значні досягнення та інновації, широке виробництво одягу з екоматеріалів все ще залишається обмеженим. Однак постійні дослідження та розробки вчених і дизайнерів з усього світу свідчать про те, що майбутнє легкої промисловості буде дедалі більше орієнтуватися на принципи сталого розвитку та використання екологічно безпечних матеріалів і технологій. Це дозволить зменшити негативний вплив на планету та забезпечити більш відповідальне споживання.

References

1. Alternatyvni tkanyny: z yakykh materialiv shyiut eko-odiah. Burda style.ua. URL: <https://burdastyle.ua/encyclopedia/gid-po-stylyu/trend/alternatyvni- tkanyny-z-yakyh-materialiv-shyyut-eko-odyag> (data zvernennia: 19.05.2025)
2. Bilous Ya. Shkirzaminnyk – zvuchyt hordo. Yak innovatory robliat shkiru z hrybiv, kvitiv i kaktusiv. Rubryka. URL: <https://rubryka.com/blog/shkirzaminnyk/>
3. Varyvonchuk A., Penchuk O., Paltun O. Innovatsiini tekhnolohii v dyzaini odiahu KhKhI st. Demiurh: idei, tekhnolohii, perspektyvy dyzainu. 2022. Tom 5, № 1. S. 106-118. DOI: <https://doi.org/10.31866/2617-7951.5.1.2022.257485>
4. Ukrainka stvoryla ekologichne «khutro» z proroshchenoho nasinnia. Khmarochos. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2020/01/17/ukrayinka-stvoryla-ekologichne-hutro-z-proroshhennogo-nasinnia/> (data zvernennia: 19.05.2025)
5. Diana Scherer. URL: <https://dianascherer.nl/>
6. Mycoworks. URL: <https://www.mycoworks.com/>
7. Oxman. URL: <https://oxman.com/>

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.02

Olena Zhydkykh

SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN FASHION DESIGN: THE ROLE OF ECO-MATERIALS

This paper highlights the growing need for sustainable development in fashion design in response to significant environmental degradation. It notes that the light industry is a major source of waste contributing to environmental pollution. The text emphasizes the shift towards using eco-materials and implementing innovative technologies in clothing production to minimize negative environmental impact. It discusses traditional and novel natural materials (plant-based leather from pineapple leaves, orange fiber), as well as bio-engineered materials (soy and «tea» textiles, algae-based fabric) and those derived from waste recycling (plastics, textile scraps). Promising developments such as «living fabrics» from chia seeds and roots, and materials grown from fungi and human-guided silkworms, are also explored. The paper stresses that despite the emergence of eco-friendly collections, their widespread production remains limited, though intensive research and experimentation are ongoing.

Keywords: sustainable development, fashion design, eco-materials, ecological technologies, recycling, natural fibers, bioengineering, innovations, textile industry.

Відомості про автора / Information about the Author

Олена Жидких, старший викладач кафедри дизайну факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: e.shamshyrina@gmail.com.

Olena Zhydkykh, Senior Lecturer, Department of Design, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: e.shamshyrina@gmail.com.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.03

Юрій Корнюков

КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ЯК ЗАСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРАДИЦІЙНИХ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ КНИЖКОВОЇ ІЛЮСТРАЦІЇ

Анотація. Комп'ютерна графіка є потужним інструментом у модернізації традиційних методів створення книжкової ілюстрації. Вона розширює можливості художника, дозволяючи легко маніпулювати кольором, формою та текстурою, інтегруючи цифрові технології у книжковий дизайн. Завдяки графічним редакторам ілюстратори можуть створювати складні композиції, покращуючи класичні техніки акварелі, пера та туші. Комп'ютерна графіка активно конкурує з традиційними методами, пропонуючи інноваційні рішення для оформлення друкованих видань.

Ключові слова: комп'ютерна графіка, книжкова ілюстрація, цифрові технології, модернізація, дизайн, художні техніки.

Сучасні комп'ютерні технології відіграють важливу роль у розвитку інновацій у сфері поліграфічного дизайну.

Однак, попри широке застосування комп'ютерної графіки в книжковому дизайні, пов'язані з цим питання недостатньо висвітлені в багатьох теоретичних джерелах. Винятком є навчальні видання, так звані самовчителі для користувачів. Проте, такі видання, як правило, не торкаються проблем книжкової ілюстрації та не приділяють належної уваги аналізу комп'ютерної графіки як виду мистецтва.

Комп'ютер є засобом моделювання та демонстрації принципів, що лежать в основі художньої, наукової та технічної творчості, а також інструментом для створення нових мистецьких творів. Він дозволяє швидко трансформувати форму об'єкта, підбирати колір і безліч відтінків, виконувати складні графічні побудови та імітувати різноманітні візуальні ефекти.

Таким чином, комп'ютерна графіка є важливим, цікавим та інноваційним засобом художньої творчості. Дослідження в цій галузі є актуальними та своєчасними, що й визначає інтерес до цієї проблеми. У межах цих тез спробуємо розкрити характеристики комп'ютерної графіки як специфічного виду образотворчого мистецтва, розглянути особливості так званої нефотореалістичної візуалізації та описати інструментарій для створення книжкових ілюстрацій з використанням комп'ютерних технологій.

Ілюстрація є основою книжкової графіки. Термін «ілюстрація» може розглядатися як у широкому, так і у вузькому розумінні.

У широкому сенсі це будь-яке зображення, що пояснює текст. У вузькому значенні ілюстрації – це твори, призначені для сприйняття в єдності з текстом, які в книзі беруть участь у процесі читання. Книжкові ілюстрації, вилучені з тексту, можуть стати невиразними та малозрозумілими. Ілюстрації не є самостійними за сюжетом, вони майже завжди відповідають змісту літературного твору. Від художника чи дизайнера вимагається стати співавтором книги, зробити зримими образи та ідеї письменника, допомагаючи тим самим краще зрозуміти зміст інформації, уявити епоху, побут та оточення героїв книги.

Використовуючи комп'ютерну графіку для художнього оформлення, необхідно чітко усвідомлювати, що комп'ютер тут виступає як інструмент художника, подібний до олівця, пера чи пензля, але зі своїми специфічними можливостями.

Унікальні властивості, якими оперує цей вид мистецтва, відрізняють його від усіх традиційних способів створення графічного образу. Це легкість маніпулювання зображенням, можливість не лише стирати його частини, але й додавати нові, замінювати один колір на інший, затемнювати, освітлювати, змінювати гаму. За допомогою графічного редактора на екрані комп'ютера можна створювати складні багатоколірні композиції, редагувати їх, змінюючи та покращуючи, вводити в композицію різні шрифтові елементи та отримувати на основі цього готову друковану продукцію.

Комп'ютерні технології дозволяють художникам реалізовувати ідеї, які при «ручній» роботі були б важко здійсненними. Але стверджувати, що класичні техніки графіки (туш, акварель, перо, темпера, акрил, олівець та інші) не потрібні, щонайменше, некоректно. Навпаки, сучасні тенденції дозволяють книжковим ілюстраторам поєднувати різні напрямки та техніки, вільно інтерпретуючи своє візуальне бачення тексту. Разом з тим, комп'ютерна графіка все щільніше інтегрується у сферу книжкової ілюстрації, дизайну друкованих видань, складаючи при цьому дуже потужну конкуренцію традиційним графічним технікам.

У чому ж полягає відмінність продукту комп'ютерної графіки від традиційної ілюстрації художника? При «ручній» роботі ілюстрація наділяється особливою експресією. Дійсно, використовуючи художні можливості традиційних графічних засобів, напрям руху олівця, пензля або іншого інструмента, художник визначає не тільки форму, але й наділяє зображення ритмом та енергією.

Слід визнати, що з моменту появи комп'ютерної графіки акцент робився на створенні фотореалістичних зображень. Методи створення таких зображень досить складні, але в результаті виходить зображення, яке виглядає неприродно, хоча деталі зображені дуже точно. Необхідність усунути цей недолік призвела до розвитку нового напрямку в комп'ютерній графіці, що широко застосовується у книжковій ілюстрації. Цей напрямок отримав назву нефотореалістичної візуалізації (НФР).

Нефотореалістичною візуалізацією називають будь-які методи, не пов'язані з фізичним моделюванням об'єктів на зображенні. У вузькому сенсі НФР включає в себе лише методи імітації традиційних художніх матеріалів, стилів та технік. При цьому значна частина методів НФР моделює традиційні художні форми: у живописі: акварель, темпера, гуаш, методи, що імітують мазки фарби; у малюванні: олівець, вугілля, чорнила, пастель, а також естампні техніки: гравюра, офорт, літографія.

Цифрові засоби, що використовуються для створення НФР-ілюстрацій, це графічні редактори Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Corel Draw, Painter, а також апаратні засоби – графічні планшети різних виробників.

Основне завдання НФР – поєднати красу та емоційність традиційної художньої образності зі швидкістю та гнучкістю комп'ютерної графіки. НФР надає художникам і дизайнерам нові можливості для творчості – вони можуть використовувати переваги комп'ютерної графіки, і при цьому ілюстрації, виконані, по суті, традиційними засобами, не втрачають візуальної привабливості та емоційної виразності. НФР-ілюстрації відрізняються синтезом особливої яскравості та соковитості кольорів, характерних для комп'ютерної графіки, з матеріальністю та жвавістю художніх технік, властивих традиційним видам графіки та живопису.

Ілюстрація як важливий елемент художнього видання являє собою певне сюжетне та композиційне рішення. Пошук оригінального композиційного рішення, використання засобів художньої виразності, найбільш придатних для втілення задуму художника, складають основу виразності композиції та мають основоположне значення і в комп'ютерній ілюстрації, при створенні якої з використанням планшета можна виділити кілька основних етапів:

1. Побудова малюнка зображення.
2. Заповнення кольором начерку.
3. Використання різноманітних фільтрів, ефектів, спеціальних програм – плагінів.
4. Корекція кольору та тону зображення.

Побудова малюнка зображення. Створюється новий документ заданого розміру із сірим кольором фону, який є оптимальним для подальшого заповнення кольором. У палітрі шарів створюється новий шар, якому присвоюється ім'я «Начерк». Вибирається інструмент «Пензель» чорного кольору, малого діаметра, 100%-вої жорсткості, 50%-вої прозорості. Ці параметри одночасно забезпечують ненав'язливість та достатню конкретність начерку, дозволяючи обійтися без надмірної кількості ліній. Після попереднього відтворення начерк коригується інструментами «Гумка» та «Пензель».

Заповнення кольором начерку. Після того, як ескіз набуває необхідного вигляду, в палітрі шарів під шаром «Начерк» створюється шар з ім'ям «Колір». Зазвичай при заповненні кольором документа досить обмежитися одним шаром з кольором, але вважаємо доцільним створювати до кожної ілюстрації кілька субшарів – шар з великими кольорними масивами, шар з дрібними деталями та декілька шарів з великими об'єктами. Кожному шару присвоюється відповідне ім'я. Ці дії покликані полегшити доопрацювання окремих областей та об'єктів зображення на третьому та четвертому етапах роботи над ілюстрацією.

Для заповнення кольором певного об'єкта вибирається відповідний шар та інструмент «Пензель» 100%-вої жорсткості досить великого розміру. Вибирається основний колір, яким ця область повинна бути заповнена. Далі вибирається пензель з м'якими краями, середнього ступеня прозорості, і на заповнену кольором область шару додаються додаткові кольори та відтінки. Для досягнення ефекту НФР-зображення слід використовувати пензлі різної фактурності. Якщо потрібно, щоб фарба не виходила за межі вже заповненої кольором області, то в палітрі шарів блокуються прозорі пікселі на даному шарі. Після заповнення кольором шару при необхідності проводиться коригування інструментом «Ластик».

Використання планшета дозволяє контролювати ширину пензля та плавні переходи між його різними діаметрами (натиск пера), не відриваючись від процесу відтворення. Тому при заповненні кольором зображення немає необхідності постійно регулювати повзунок у налаштуваннях діаметра. Це дозволяє економити час та додає малюнку ефект роботи, виконаної олівцем або пензлем.

Використання фільтрів і ефектів. Найчастіше, після заповнення кольором шар потребує фільтрового доопрацювання. Зазвичай в палітрі шарів створюється його дублікат, до якого застосовується необхідний фільтр із встановленими параметрами. Далі змінюється тип змішування шару або його прозорість.

Корекція кольору зображення. Якщо потрібно змінити колір або світло зображення в цілому – шари зливаються в один загальний. Якщо потрібно змінити колір або освітлення певного шару – робота проводиться з обраним шаром за допомогою коригувальних шарів.

Після того, як зображення набуває закінченого вигляду, всі шари зводяться в один загальний шар. Виходить готова картинка, на яку додаються ефекти освітлення з меню: Фільтр – Рендеринг – Ефекти освітлення, або накладаються текстури. Іноді використовуються спеціальні програми – плагіни, в яких відбувається додаткова доробка зображень. Готове зображення переводиться в колірну модель СМΥК, яка використовується при друці зображень. Далі проводиться запис зображення у форматі tiff.

Потім здійснюється верстка книги, що являє собою процес розміщення текстових і графічних матеріалів на сторінках або шпальтах видання заданого формату, який відповідає визначеним композиційним і стилізовим вимогам. Композиційні вимоги забезпечують єдність технічної та інформаційної сумісності – підпорядкованість компонентів, сталість форматів сторінок і смуг; приведення всіх смуг видання. Також існують вимоги, спрямовані на забезпечення зручності читання тексту: шрифтове оформлення, міжрядковий інтервал, розміри полів та інші. Єдність стилю надає виданню художньої завершеності: однаковість структурних елементів, основного та додаткового текстів, ілюстрацій і підписів до них.

Проблеми, пов'язані з процесом друку в поліграфії, мають численні особливості, і їхні характеристики вимагають окремого розгляду. У цих тезах було важливо не стільки описати технологію підготовки комп'ютерних книжкових ілюстрацій, скільки показати, що цей вид графічного мистецтва реалізується на основі складного та багатоаспектного синтезу законів традиційної художньої образності та можливостей комп'ютерних програм.

Висновок: Нефотореалістична візуалізація забезпечує поєднання високої якості книжкових ілюстрацій та оперативності їхньої підготовки. Цей вид графічного мистецтва є актуальним і перспективним та потребує подальшої розробки.

References

1. Valujenko, B.V. (1976). *Arkhitektura knyhy* [Architecture of the book]. Kyiv: Mystetstvo, 212 p., ill. [in Ukrainian].
2. Blyzniuk, M.M. (2001). Metod tvorchykh doslidnytskykh proektiv yak osnova formuvannia informatsiinoi kultury fakhivtsiv khudozhno-mystetskykh spetsialnostei [The method of creative research projects as the basis for forming the information culture of specialists in artistic disciplines]. *Kompiuterno-orientovani systemy navchannia* – Computer-Oriented Learning Systems, 3, (pp. 95-101) [in Ukrainian].
3. Blyzniuk, M. (2014). *Teoretychni osnovy ta mystetski aspekty kompiuternoї hrafiky: analitychnyi ohliad* [Theoretical foundations and artistic aspects of computer graphics: an analytical review]. Kosiv Institute of Applied and Decorative Arts of Lviv National Academy of Arts, Department of Design. Retrieved from: <https://artkipdm.kosiv.org.ua/2014/05/06/985/> [in Ukrainian].
4. Graphic Design Lab (2025). *Dlia hrafichnykh dyzaineriv ta iliustratoriv* [For graphic designers and illustrators]. Retrieved from: <https://www.graphic-design-lab.com/courses> [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.03

Yurii Korniiukov

COMPUTER GRAPHICS AS A MEANS OF MODERNIZATION TRADITIONAL METHODS OF CREATING BOOK ILLUSTRATIONS

Annotation. Computer graphics are a powerful tool for modernizing traditional methods of creating book illustrations. They expand the artist's capabilities, allowing for easy manipulation of color, shape, and texture while

integrating digital technologies into book design. Thanks to graphic editors, illustrators can create complex compositions, enhancing classical techniques such as watercolor, pen, and ink. Computer graphics actively compete with traditional methods, offering innovative solutions for the design of printed publications.

Keywords: *computer graphics, book illustration, digital technologies, modernization, design, artistic techniques.*

Відомості про автора / Information about the Author

Юрій Корнюков, старший викладач кафедри дизайну факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: korniyukov.yuriy@chmnu.edu.ua

Yurii Korniyukov, Senior Lecturer, Department of Design, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: korniyukov.yuriy@chmnu.edu.ua

СИМВОЛІЗМ НЕЗЛАМНОСТІ: ХУДОЖНІ ОСОБЛИВОСТІ ДИЗАЙНУ МОНЕТ УКРАЇНИ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Тези аналізують художні особливості дизайну пам'ятних та обігових монет України воєнного стану (2022-2025 рр.).

Особлива увага приділяється дослідженню конкретних художніх рішень образів та композицій серій «Міста-героїв», «Країна супергероїв», «Українська бавовна», що стали візуальними метафорами ключових подій та настроїв суспільства. Розглянуто, як через лаконічні та виразні образи дизайнери фіксують героїзм опору, трагедію руйнувань, єдність нації та непохитну віру в перемогу.

Серія «Міста-героїв» розглядається як відображення стійкості та трагедії міст, що першими прийняли удар ворога, з акцентом на індивідуальних символах кожного міста. Серія «Країна супергероїв» аналізується як вишанування різних служб та волонтерів, які забезпечують життєдіяльність країни в умовах війни, з особливим виділенням оригінальних метафор. Серія «Українська бавовна» розглядається крізь призму знакових військових подій опору, через оригінальні глибокосимволічні художні образи.

Дане дослідження обґрунтовує, що ці монети є не лише свідченнями історії, але й важливими артефактами національної пам'яті, здатними промовляти мовою образів до сучасників та майбутніх поколінь, зберігаючи дух боротьби та незламності українського народу.

Ключові слова: монети України, воєнний стан, дизайн, символізм, незламність, героїзм, єдність, нумізматики, серія «Міста-героїв», серія «Країна супергероїв», серія «Українська бавовна».

Військова агресія росії проти України, розпочата у 2022 році, стала не лише трагічною сторінкою історії, але й потужним каталізатором національної ідентичності та єдності. Цей період знайшов своє відображення і в нумізматиці. Дизайн пам'ятних та обігових монет, випущених Національним банком України у воєнний час, відзначається особливою символікою, що відображає боротьбу, стійкість та віру в перемогу українського народу.

Однією з ключових особливостей дизайну є відмова від традиційних орнаментів та зображень, що часто використовувалися раніше. Натомість, центральне місце займають символи опору та боротьби. Особливу увагу тут приділяється візуальній лаконічності та емоційній виразності. Дизайнери прагнуть створити образи, які б миттєво викликали сильні емоції – співчуття, гордість, рішучість. Часто використовуються графічні елементи, що символізують єдність та підтримку, як, наприклад, стилізовані руки, що сплітаються, або силуети людей, які об'єднуються перед спільною загрозою.

Важливим аспектом є також текстове наповнення монет. Окрім номіналу та назви емітента, на них часто розміщуються патріотичні гасла та заклики, що підсилюють емоційний вплив зображень.

Загалом, дизайн монет України військового стану є унікальним явищем в історії нумізматики. Він віддзеркалює трагічні події, героїзм народу, віру в перемогу та прагнення до миру. Ці монети є не лише платіжним засобом чи об'єктом колекціонування, але й потужними артефактами епохи, що назавжди зафіксують дух боротьби та незламності українського народу. Їхній символізм є зрозумілим без зайвих слів, промовляючи мовою образів до кожного українця та до всього світу.

Аналізуючи саме художні особливості монет України військового стану, важливо розглянути ювілейні та обігові пам'ятні монети, випущені протягом 2022-2025 років.

Серед основних серій ювілейних пам'ятних монет військової тематики цих років слід виокремити: «Міста-героїв» [3], «Безсмертна моя Україно» або «Країна супергероїв» [2], «Українська бавовна» [4] та інші.

Серія «Міста-героїв» (2022-2025 рр.) присвячена містам, які першими прийняли на себе удар російської агресії та проявили надзвичайну стійкість [3]. Дизайн кожної монети відображає специфіку міста та масштаб руйнувань, але водночас підкреслює його незламний дух. До цієї серії належать пам'ятні медалі: Місто героїв – Херсон»

2022 р., «Місто-герой Харків» 2022 р.; «Київщина. Міста героїв: Буча, Гостомель, Ірпінь» 2022 р., «Місто героїв – Херсон» 2022 р. «Місто героїв – Миколаїв» 2023 р., «Місто героїв – Волноваха» 2023 р.

Розглянемо більш оригінальні з них.

Першою монетою цієї серії під час військового стану є медаль «Місто героїв – Херсон» 2022 р. Художниками та скульпторами цієї монети стали: Фандікова Наталія, Демяненко Анатолій та Володимир та Лук'янов Юрій.

Основною ідеєю художнього рішення медалі став образ героїзму та незламності Херсонщини в період російської окупації 2022 року. Її композиційне рішення, символіка та стилістика майстерно поєднуються, створюючи глибокий емоційний та історичний наратив, що вшановує подвиг міста та його мешканців, їхню боротьбу за свободу та повернення під український прапор.

Аверс медалі має багатопланову композицію, де переплітаються географічні, історичні та поетичні образи. У центрі композиції, на тлі стилізованої карти міста, бачимо рядки з історичного роману Ліни Костенко «Берестечко». Ліворуч та праворуч від центральної композиції розміщені символічні образи Херсонщини. Портові крани вказують на важливість міста як суднобудівного центру та його зв'язок з морем. Станіслав-Аджигольський задній маяк, як пам'ятка історичної та культурної спадщини, символізує стійкість, орієнтир та незмінність української ідентичності на цій землі. Зображення дельфінів та чайок додають морського колориту, нагадуючи про розташування Херсонщини між двома морями та її природну красу.

Реверс медалі концентрується на безпосередніх подіях окупації та звільнення, використовуючи дзеркальне тло для підсилення емоційного контрасту. На верхній його частині представлено динамічну композицію громадського спротиву та радісну зустріч українських воїнів. Нижня частина реверсу являє собою стилізовану панораму міста з його впізнаваними архітектурними символами: історичними будівлями, Антонівським мостом скульптурою з меморіалу парку Слави та пам'ятником першим корабелям. Це зображення фіксує матеріальну та історичну ідентичність Херсона, за яку точилася боротьба.

Оригінальна пам'ятна медаль «Київщина. Міста героїв: Буча, Гостомель, Ірпінь», присвячена стійкості, витримці та героїзму українців під час російського вторгнення на Київщину 24 лютого 2022 року, є потужним художнім відображенням трагічних подій та незламного духу нації. Розроблена художницею Мариною Куц, вона поєднує глибоку символіку з емоційною проникливістю.

Центральним елементом на аверсі медалі є стилізована композиція з мап міст Київщини – Гостомеля, Бучі, Ірпеня – об'єднаних у формі серця. Це не просто географічне зазначення, а глибокий символ болю і любові до рідної землі, яка зазнала страшних випробувань. Праворуч від серцеподібної композиції зображено ворожого десантника з простріленим парашутом, що уособлює поразку агресора та ефективний опір українських захисників. Над композицією височіє легендарний літак «Мрія», що символізує велич і могутність України, знищені ворожою агресією, але не зламані в пам'яті народу. У центрі композиції розміщена дзеркальна сльоза, яка відображає скорботу та глибоке співчуття до невинних жертв війни. Унизу ліворуч розцвітає стилізована квітка – потужний символ відродження життя після руйнувань.

Додаткові елементи аверсу підкреслюють жорстокість війни: стилізовані вікна будинків ліворуч та кулі, що летять, візуалізують вторгнення у мирне життя. Особливо зворушливими є зображення ран, що символізують фізичні та моральні страждання українців.

Реверс медалі зосереджується на трагедії мирного населення та водночас дарує надію. Центральним образом тут є дівчинка на гойдалці, у якій під час «польоту» розривається стрічка для волосся. Цей образ символізує перерване дитинство, зламані долі та втрату невинності, яку принесла війна. Розрив стрічки – метафора обірваного життя та нездійснених мрій.

Унизу праворуч відтворені відбитки брудних чобіт ворога, що є прямим і грубим символом вторгнення, руйнування та жорстокості окупантів. На противагу цьому, ліворуч зображений птах – яскравий символ продовження життя, який дарує надію на відродження та мирне майбутнє.

Композицію доповнюють стилізоване місто угорі та ліс, що відображають зруйноване, але рідне середовище. Прострілена «ріка життя» - є потужною метафорою пошкодженого, зраненого життя, яке, попри все, продовжує свій потік, символізуючи стійкість та здатність до зцілення.

Пам'ятна медаль «Волноваха» також є потужним символом незламності та трагедії міста, що з 2014 року перебуває на лінії фронту і зазнало майже повного знищення. Художниця Марина Куц, а також скульптори Володимир Дем'яненко та Юрій Лук'янов, створили зворушливе візуальне художнє рішення про стійкість, пам'ять і прагнення до звільнення.

Важливим художнім прийомом є те, що в слові «Волноваха» літеру «н» замінює фрагмент залізничної колії, що бачимо на аверсі монети. Цей елемент не тільки вказує на стратегічне значення Волновахи як залізничного вузла, але й символізує прагнення міста «повернутися додому, в Україну». Залізнична колія, що досягає малого Державного Герба України, підкреслює цей непереможний зв'язок і надію на деокупацію.

Особливо потужним символом є птах у польоті та його тінь, що також розміщені на тлі реверсу. Птах – це візуальне відображення непохитної віри в те, що Волноваха повернеться під контроль України, а її жителі зможуть повернутися до мирного життя.

Серія пам'ятних монет «Безсмертна моя Україно» або «Країна супергероїв» також вирізняється оригінальністю та важливістю показати різні рятувальні служби. Які допомагають берегти життя, забезпечують безпеку та підтримують добробут громадян України у складних та небезпечних ситуаціях.

До цієї серії належать монети: «Дякуємо Волонтерам» [2], «Дякуємо залізничникам» [2], «Дякуємо енергетикам» [2], «Дякуємо медикам» [2] та Сміливість бути. UA [7].

Монета «Дякуємо Волонтерам» 2023 р. відображає силу єдності та взаємодопомоги нації в часи надважких випробувань [2].

Оригінальним художнім рішенням на аверсі цієї монети є зображення рук під час плетіння маскувальної сітки, що символічно розкриває суть волонтерства. Маскувальна сітка тут безпосередньо асоціюється з війною та потребою у захисті, стаючи метафорою «прикриття» та безпеки, яку волонтери надають захисникам.

На реверсі монети художнику вдалося створити надзвичайно промовистий образ – стилізована карта України у вигляді маскувальної сітки. Це потужна візуальна метафора об'єднаної країни, що «переплетена» та згуртована задля досягнення спільної мети – перемоги та захисту.

Пам'ятна монета «Дякуємо залізничникам» 2023 р. – це глибоко символічний твір нумізматичного мистецтва, що вшановує самовіддану працю та героїзм працівників залізниці під час повномасштабного вторгнення. Створена художниками мистецької групи «АртТріум» (Володимир Таран, Олександр Харук, Сергій Харук) [2], ця монета перетворює буденні елементи залізничного транспорту на промовисті символи стійкості, порятунку та національної єдності.

Аверс монети вирізняється лаконічною та потужною символікою. У центрі розміщено стилізований тризуб, контури якого окреслено зображенням залізничних колій. Це надзвичайно вдалий художній прийом, що інтегрує національний символ – Герб України – із професійною діяльністю залізничників. На реверсі цієї монети зображено потяг з логотипом «Укрзалізниці», що мчить крізь гострі вістря. Цей мотив безпосередньо відсилає до героїчних епізодів, коли українські залізничники, ризикуючи власним життям, рятували людей на межі Запорізької та Херсонської областей, в умовах, коли танки агресора намагалися зупинити евакуацію мирного населення.

Пам'ятна монета «Дякуємо енергетикам» 2023 р. присвячена самовідданих працівників українських енергетиків у надзвичайно складних умовах війни [2].

Аверс монети розкриває глибоку метафору, що символізує енергетичну систему України в образі символічного суцвіття соняшника. Соняшник – це не просто національний символ України, а й образ світла, тепла, життя та енергії. Його суцвіття, що складається з безлічі окремих елементів, що тягнуться до центру, чудово відображає складну, розгалужену енергетичну систему, де кожен елемент важливий для функціонування цілого.

Реверс монети демонструє унікальний і надзвичайно креативний художній прийом – стилізований тризуб, який під час обертання монети трансформується в літеру «Е». Це не лише естетично цікаве рішення, але й глибоко символічний елемент створений дизайнером Сергієм Майдуковим.

Пам'ятна монета «Дякуємо медикам!» 2024 р. також відображає незламний дух та самовідданість тих, хто бореться за життя в умовах війни [2]. Основний образ на аверсі цієї монети – незагоєна рана України, що передає біль і страждання, завдані Україні війною. У центрі розміщено стилізовану смужку бинта, на якій проступила кров у формі абрису території України. Цей образ є глибокою метафорою «незагоєної рани в серці кожного українця».

Реверс монети контрастує з мотивом болі, зображенням на аверсі, пропонуючи образ зцілення та надії, зосереджений на постаті медика. У центрі композиції змодельовані смужки бинта, що перетинаються. Вони немов ізолюють рану, накриту рукою лікаря, яка ніби зцілює і тамує біль.

Ще однією монетою цієї серії є «Сміливість бути. UA». 2023 р., що здобула перемогу в номінації «Найкраща монета про сучасну подію» та увійшла до 10 найкращих монет світу за підсумками престижного міжнародного монетного конкурсу «Монета року» [7].

На аверсі цієї монети тризуб України постає як вістря часу, пронизуючи сучасність, суспільні процеси та привертаючи світову увагу, символізуючи активну участь країни у написанні нової світової історії. Реверс монети присвячений безпосередньо феномену української сміливості, де в центрі композиції палає стилізована зірка – провісник нової надії, запалений неймовірною сміливістю українців.

Також цікавою серією пам'ятних монет є «Збройні Сили України: українська бавовна». Поки було випущено лише три монети цієї серії 2024 р. це Нептун, Лелека-100 та Буцефал [4].

Пам'ятна монета «Нептун» – є видатним зразком військової нумізматики України, що увічніює доленосну подію – знищення ракетного крейсера «Москва», візуально фіксуючи один із найзнаковіших моментів повномасштабної війни.

Аверс монети демонструє крах імперських амбіцій в образі стилізованої форми паперового кораблика з пробоїною в корпусі.

Паперовий кораблик – це геніальний художній прийом. Він надає ворожому військовому кораблю образ крихкості, іграшковості, що різко контрастує з його декларованою потужністю. На рубці корабля зображено абрис кремлівської башти із зубцями муру, що розламався. Це пряма і безкомпромісна метафора краху імперських амбіцій росії.

Реверс монети, як влучний удар незламності повністю присвячений береговому мобільному ракетному комплексу «Нептун» у момент пуску ракети. Це зображення передає динаміку, міць та точність української зброї.

Пам'ятна монета «Лелека-100» вшановує однойменний БПЛА – ключовий елемент розвідки української армії. Скульптори Анатолій та Володимир Дем'яненки майстерно передали інноваційний дух України та важливість безпілотних технологій у сучасній війні.

Композиція аверсу монети являє собою погляд з монітора керування польотом безпілота, де на степових дорогах відображені виявлені ворожі цілі – танки.

Реверс монети також розвиває тему «Лелеки-100», де зображено планер розвідувального комплексу в польоті, а над ним розташований стилізований абрис лелеки. Це надзвичайно вдалий художній прийом. Лелека традиційно символізує мир, спокій, сімейний затишок та повернення додому в українській культурі. Його абрис над безпілотником створює потужний контраст між мирним образом птаха та військовою функцією БПЛА.

Пам'ятна монета «Буцефал» справляє сильне, патріотичне враження. Її дизайн є сучасним та символічним, вдало поєднуючи образ потужної військової техніки з історичною алегорією. Центральна композиція аверсу представлена стилізованим зображенням здибленого коня, виконаного з броньованих пластин, що є надзвичайно оригінальним та метафоричним.

Крім серій монет, НБУ було випущено ще декілька окремих пам'ятних монет військової тематики, що вирізняються оригінальним дизайном. Розглянемо декілька з них.

Монета «Воєнна розвідка України» [1], присвячена військовій розвідці України як високотехнологічній та високоінтелектуальній складовій сил безпеки і оборони, що стоїть на захисті національних інтересів. Вона вдало поєднує офіційну символіку з глибоким філософським та бойовим змістом, чітко передає роль воєнної розвідки як інтелектуального щита і меча України.

Основна ідея ще однієї пам'ятної монети «Служба зовнішньої розвідки України» 2025 р. [5] присвячена однойменній частині сил безпеки і оборони України, що забезпечує добування стратегічно важливої інформації у широкому спектрі сфер. Основна композиція монети представлена у підкресленні глобального охоплення, прихованої роботи та ключової ролі істини у діяльності СЗРУ. Додавання елементу шифрування на реверсі робить монету не лише пам'ятним знаком, а й унікальним «шифром», що відображає професійну сутність розвідки.

Надзвичайно цікавим художнім прийомом на аверсі цієї монети є використання азбуки Морзе, що символізує шифрування та приховані повідомлення – основні інструменти розвідки. Але, найбільш інноваційною та інтерактивною частиною цієї монети на реверсі є зашифровані цифрами слова відомого українського політичного діяча. Замість прямого візуального образу, монета пропонує головоломку, що імітує розвідувальну діяльність.

Пам'ятна монета «Тримаймо стрій!» 2025 р. [6] – це потужний візуальний заклик до єднання та символ незламності українських військових і всього народу у боротьбі за свободу.

На аверсі монети розміщено композицію рукоштовання, що є універсальним жестом єднання, довіри та взаємопідтримки, а також ілюструє готовність до бою та захисту рідної землі через колективну силу.

На реверсі монети зображені воїни, які впевнено йдуть уперед і символізують наступ, рішучість, незламність духу та віру в перемогу. Їхня постава відображає впевненість та цілеспрямованість. Стилiзованi зображення військового гелікоптера, літака і безпілота (у верхній частині монети) підкреслюють використання сучасних технологій та різних видів озброєння. Вони символізують перевагу в повітрі та ефективність розвідувальних і ударних операцій.

Отже, підсумовуючи художній аналіз монет військового часу в Україні, слід зазначити, що всі їх композиційні та ідейно-образні рішення є результатом осмислення трагічних подій та героїчної боротьби українського народу. Кожен елемент – від символічних зображень до лаконічних шрифтів – несе своє смислове навантаження, спрямоване на відображення стійкості, єдності та віри в перемогу. Відгуки колекціонерів та громадськості підтверджують важливу роль цих нумізматичних випусків як символів епохи та об'єктів національної пам'яті.

References

1. Voienna rozvidka Ukrainy [sait] – Rezhym dostupu: <https://coins.bank.gov.ua/voienna-rozvidka-ukrajini-n/-p-1037.html> – Nazva z ekrana – Data perehliadu: 22.04.2025
2. Katalog numizmatychnoi produktsii. Kraina superheroiv [sait] – Rezhym dostupu: <https://bank.gov.ua/ua/uah/numismatic-products/souvenir-coins?page=1&perPage=5&search=%D0%9A%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%BE%D1%97%D0%B2&from=&to=> – Nazva z ekrana – Data perehliadu: 22.04.2025.
3. Katalog numizmatychnoi produktsii. Mista heroiv [sait] – Rezhym dostupu: <https://bank.gov.ua/ua/uah/numismatic-products/souvenir-coins?page=1&perPage=5&search=%D0%9C%D1%96%D1%81%D1%82%D0%B0%20%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%BE%D1%97%D0%B2&from=&to=&code=> – Nazva z ekrana – Data perehliadu: 08.04.2025.
4. Katalog numizmatychnoi produktsii. Ukrainska bavovna [sait] – Rezhym dostupu: <https://bank.gov.ua/ua/uah/numismatic-products/souvenir-coins?page=1&perPage=5&search=%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%B1%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0&from=&to=> – Nazva z ekrana – Data perehliadu: 18.04.2025.
5. Sluzhba zovnishnoi rozvidky Ukrainy u suvenirnomu pakovanni [sait] – Rezhym dostupu: <https://coins.bank.gov.ua/sluzhba-zovnishnoji-rozvidki-ukrajini-u-suvenirnomu-pakovanni-n/-p-1136.html> – Nazva z ekrana – Data perehliadu: 22.04.2025.
6. Trymaimo strii! u suvenirnomu pakovanni [sait] – Rezhym dostupu: <https://coins.bank.gov.ua/trimajmo-strij-u-suvenirnomu-pakovanni-n/-p-1140.html> – Nazva z ekrana – Data perehliadu: 25.04.2025.
7. Ukrainska pamiatna moneta "Smilyvist buty. UA" stala naikrashchoiu monetoiu pro suchasnu podiiu za pidsumkamy mizhnarodnoho konkursu "Moneta roku" [sait] – Rezhym dostupu: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/ukrayinska-pamyatna-moneta-smilivist-buty-ua-stala-naykraschoyu-monetoyu-pro-suchasnu-podiyu-za-pidsumkami-mijnarodnogo-konkursu-moneta-roku> – Nazva z ekrana – Data perehliadu: 15.04.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.04

Yrij Odrobinsky

SYMBOLISM OF UNBREAKABILITY: ARTISTIC FEATURES OF THE DESIGN OF UKRAINIAN COINS OF MARTIAL LAW

These theses analyze the artistic features of the design of commemorative and circulation coins of Ukraine during the period of martial law (2022-2025).

Particular attention is paid to examining the specific artistic solutions, imagery, and compositions of the «Cities of Heroes», «Country of Superheroes», and «Ukrainian Cotton» series, which have become visual metaphors for key events and societal sentiments. The study explores how designers, through laconic and expressive images, capture the heroism of resistance, the tragedy of destruction, the unity of the nation, and the unwavering belief in victory.

The «Cities of Heroes» series is analyzed as a reflection of the resilience and tragedy of cities that first bore the brunt of the enemy's attack, with an emphasis on the individual symbols representing each city. The «Country of Superheroes» series is examined as a tribute to the various services and volunteers who ensure the country's vital functions during the war, highlighting original metaphors. The «Ukrainian Cotton» series is viewed through the lens of significant military events of resistance, conveyed through original and deeply symbolic artistic images.

This research argues that these coins are not only historical testimonies but also important artifacts of national memory, capable of speaking through the language of images to contemporaries and future generations, thereby preserving the spirit of struggle and the invincibility of the Ukrainian people.

Key words: *Ukrainian coins, martial law, design, symbolism, unbreakability, heroism, unity, numismatics, «Hero Cities» series, «Country of Superheroes» series, «Ukrainian Cotton» series.*

Відомості про автора / Information about the Author

Юрій Одробінський, канд. мистецтвознавства, доцент кафедри дизайну Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: odrobinsky.yuri@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8532-5466>

Yrij Odrobinsky PhD in Art Studies, Associate Professor the Department of Design Black Sea National University named after Peter Mohyla, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: odrobinsky.yuri@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8532-5466>

© Ю. Одробінський

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

ОСОБЛИВОСТІ ДИЗАЙНУ ПОШТОВИХ ХУДОЖНІХ МАРОК УКРАЇНИ ВОЄННОГО ЧАСУ

У тезах досліджено художні особливості філателістичної продукції України, випущеної в умовах повномасштабної російської військової агресії. Проаналізовано тематику, символіку, художні рішення та технічні виконання марок, що відображають ключові аспекти національного спротиву, патріотизму, міжнародної підтримки, трагічних подій війни та віри в Перемогу. Розглянуто вплив воєнного контексту на естетику та комунікативну функцію поштових художніх марок України, а також їх роль у документуванні історії та формуванні національної ідентичності в кризовий період.

Ключові слова: поштова марка, графічний дизайн, Україна, воєнний час, російська агресія, патріотизм, національна ідентичність, символіка, філателія.

Поштова марка як витвір графічного дизайну завжди відігравала важливу роль у відображенні ключових подій, культурних цінностей та національної ідентичності держави. В умовах повномасштабної російської військової агресії проти України, що розпочалася у лютому 2022 року, українська поштова марка набула особливого значення. Вона стала не лише засобом оплати поштових послуг, але й потужним інструментом комунікації, документування героїчного спротиву українського народу, вираження патріотичних почуттів та звернення до світової спільноти.

Дизайн поштових марок воєнного часу в Україні відрізняється особливою емоційною насиченістю, символізмом та актуальністю тематики. Кожна марка є своєрідним художнім висловлюванням, що фіксує важливі моменти боротьби, відображає настрої суспільства та передає послання як всередині країни, так і за її межами. Метою тез є дослідження ключових особливостей дизайну українських поштових художніх марок, випущених в умовах війни, аналіз їхньої тематики, символіки, художніх рішень та ролі у формуванні національної ідентичності.

Наша наукова розвідка стосуватиметься дизайну марок воєнного часу, створених засобами прикладної графіки, а не фотографіки.

Тематичний спектр поштових марок України воєнного часу є надзвичайно широким і відображає багатогранність боротьби українського народу. Розглянемо ключові теми цих художніх мініатюр та приклади їхнього дизайну.

Героїчний опір та Збройні Сили України. Значна кількість марок присвячена подвигам українських військових, їхній мужності та незламності. Образи воїнів, військової техніки, символіка різних родів військ стали центральними елементами багатьох випусків.

Безперечно, найвідомішим прикладом даної теми є поштова марка «Русській воєнний корабель, іді ... !» (дата випуску – 12.04.2022 р., автор – Борис Грох), яка миттєво стала символом українського спротиву та отримала всесвітню популярність. Її дизайн, що зображує українського прикордонника на острові Зміїний, який відповідає на вимогу російського військового корабля здатися, є лаконічним, але надзвичайно емоційно зарядженим.

Так само вдалим прикладом, на нашу думку, є марковий аркуш «Слава Збройним Силам України!» (дата випуску – 14.10.2022 р., автор – Антон Хрупін). На його поштових марках відображено військовослужбовців різних родів військ ЗСУ (Сухопутних військ, Повітряних Сил, Військово-Морських Сил, Десантно-штурмових військ, Сил спеціальних операцій та Сил територіальної оборони), які мужньо обороняють Україну на землі, в повітрі та на морі [2; 4]. Мініатюри вирішені за допомогою геометризації об'єктів та жовто-блакитних акцентів на білому тлі. Складність і динаміка сірих графічних ліній, світлий тон зображень надають композиціям відчуття швидкості та руху (Рис. 1).



Рис. 1. Марковий аркуш «Слава Збройним Силам України!», поштові марки «Подарунки Святого Миколая», «Під покровом Богородиці»

Патріотизм та національна ідентичність. Марки часто містять національну символіку – Державний Прапор, Герб, національні кольори. Художники в їхніх сюжетах також звертаються до історичної спадщини України, постатей видатних українців та культурних символів, підкреслюючи неперервність національної історії та боротьби за незалежність.

Поштова художня марка «Під покровом Богородиці» (дата випуску – 01.10.2024 р., автор – Олександр Охакін), що була створена до Дня захисників і захисниць України [2; 4], яскраво ілюструє цю неперервність. Живописна композиція мініатюри, в осінніх теплих відтінках, зображає воїнів Запорозької Січі, Української повстанської армії, Збройних сил України, яких Діва Марія покриває своїм омофором (Рис. 1).

Поштова марка «Подарунки Святого Миколая» (дата випуску – 06.12.2023 р.) [2; 4], що за стилістикою нагадує ілюстрацію до дитячої книжки, також є прикладом патріотичної тематики.

Дитячі вимоги до книжкових ілюстрацій прості: малюнки мають захоплювати око, бути барвистими, викликати радість, нести добро та легко сприйматися. Герої ж повинні бути наче справжні [3]. Саме таких художніх прийомів дотримався книжковий графік Кость Лавро при створенні цього дизайну. На художній мініатюрі зображено Св. Миколая, одягнутого в ризи кольорів Державного Прапора України, який їде верхи на коні в жовто-синіх яблуках. У правій руці він тримає палицю, що розчавлює герб країни-агресорки, у лівій – камуфляжний мішок, з якого сиплеться важке озброєння та військова техніка. Створений дизайнером влучний художній образ уособлює українську віру в Перемогу, що обов'язково здобудеться Збройними Силами України та з Божою допомогою (Рис. 1).

Міжнародна підтримка та солідарність. Окремі випуски марок висловлюють подяку країнам та народам, які підтримують Україну в її боротьбі. На них можуть бути зображені символи дружніх держав, спільні гасла та образи, що символізують єдність у протистоянні агресору. Наприклад, блок марок «Зброя Перемоги. Світ з Україною» (дата випуску – 29.09.2023 р., автори – Сергій Харук, Олександр Харук). Він демонструє передові зразки іноземного озброєння, наданого Україні країнами-партнерами. На марках блоку зображено: британський танк Challenger 2, німецький Leopard 2, американський ЗРК Patriot®, французька САУ CAESAR та американська БМП M2 Bradley [2; 4]. В дизайн композиції також входить Герб України, земна куля та стилізована стрічка-віяло, утворена з державних прапорів міжнародних союзників.

Підвищується боєздатність Повітряних Сил ЗСУ за допомогою американських винищувачів F-16. На поштовій марці «Винищувачі зла» (дата випуску – 04.08.2023 р., автор – Максим Паленко) створено метафоричний образ тертушки із лезами у формі літаків F-16, на якій великі руки – українське військо, перетирають московський кремль [2; 4]. Зображення дуже деталізоване, світлотінню переданий об'єм. У композиції домінують відтінки червоного та чорного кольорів, що віщує зловісний і неминучий кінець «Імперії зла». Зухвалість сюжету та сатира підсилені ще однією деталлю – номіналом марки F+16,00 (Рис. 2).



Рис. 2. Поштова марка «Винищувачі зла», поштовий блок «Міста Героїв. Чернігівщина», поштова марка «Все буде UA!»

Трагічні наслідки війни та злочини агресора. Деякі марки фіксують руйнівні наслідки російської агресії, зображують зруйновані міста, загиблих мирних жителів та інші трагічні події. Ці випуски мають на меті не лише задокументувати злочини, але й викликати співчуття та засудження дій агресора на міжнародній арені.

Характерним прикладом є серія «Міста Героїв». Зупинимось детальніше на поштовому блоці «Міста Героїв. Чернігівщина» (дата випуску – 03.04.2024 р., автор – Креативна агенція I AM IDEA). З 24 лютого 2022 року понад місяць Чернігівщина була під ударом російських окупантів, які прагнули наблизитися до Києва. Однак завдяки активному опору місцевих жителів, які блокували дороги та інформували ЗСУ, героїчний боротьбі українських військових, до 3 квітня 2022 року ворога було вигнано з області. На честь міст-героїв Чернігова, Ніжина, сіл Ягідного та Семенівки випущено поштовий блок, що продовжує відповідну серію [2; 4]. Кожна марка з поштового блоку має окремий оригінальний сюжет, реалістично зображений у синьо-зелених відтінках, що додатково підкреслює емоційність і трагізм подій (Рис. 2).

Віра в Перемогу та майбутнє України. Поряд із відображенням трагічних подій, значна частина марок несе оптимістичний меседж, виражає віру в Перемогу України та її світле майбутнє. На них можуть бути зображені символи надії, відродження, відбудови та процвітання.

«Все буде UA!» (дата випуску – 23.08.2024 р., автор – Нікіта Тітов). Ця фраза стала запорукою того, що ми витримаємо, переможемо і відновимо наші зруйновані міста та села. Україна обов'язково розквітне після цієї жакливого війни. Поштова марка має форму карти України і є продовженням відомої серії «Слава Україні!», яка раніше отримала міжнародне визнання за свій оригінальний формат [2; 4]. У мініатюрі представлено стилізоване зображення блакитноволосої українки, яка обіймає немовля, загорнуте у блакитні пелюшки, на тлі мапи України жовтого кольору. Напис «Все буде» вписаний в композицію за принципом каліграфії. Художній образ доповнюють умовні квіти маку та барвінку. Як засоби графічної виразності дизайнером було використано лінії однакової художньої напруги та плями локальних кольорів (Рис. 2).

Дизайн поштових художніх марок України воєнного часу відзначається використанням символіки, яка є зрозумілою як для українців, так і для міжнародної аудиторії [1]. Так, кольори Державного Прапора України домінують у колірній гамі багатьох марок. Герб та Прапор України часто використовуються як елементи композиції, що символізують суверенітет і незалежність держави, єдність і боротьбу українського народу. Зображення військової техніки, амуніції, шевронів є поширеними на марках, присвячених Збройним Силам України. Також набувають символічного значення в контексті війни окремі образи. Соняшники стали символом пам'яті за загиблими та символом надії на мир. Руїни будівель уособлюють наслідки агресії, але водночас можуть нести підтекст незламності та майбутнього відновлення.

У дизайні марок використовуються різні художні стилі – від реалістичних зображень до стилізованих та символічних композицій. Часто застосовуються яскраві, емоційно насичені кольори. Технічне виконання марок також є різноманітним, включаючи офсетний друк, а також використання спеціальних ефектів (наприклад, тиснення фольгою).

Треба відмітити, що воєнний контекст суттєво вплинув на естетику та комунікативну функцію українських поштових марок [5; 6]. Дизайн марок став більш емоційним та експресивним, відображаючи біль, гнів, гордість, надію та інші сильні почуття, що переживає українське суспільство. Дизайн марок часто орієнтований не лише на внутрішню аудиторію, але й на міжнародну спільноту. Використання зрозумілих символів та образів, а також англійських написів, сприяє поширенню інформації про війну в Україні та залученню підтримки. Оперативність реагування АТ «Укрпошта» на знакові події стало характерною рисою воєнної філателії. Випуск деяких марок

супроводжується благодійними акціями зі збору коштів на підтримку Збройних Сил України, постраждалих від війни та гуманітарних потреб. Тож марка стає не лише символом, але й інструментом практичної допомоги.

Крім того, поштові марки воєнного часу виконують важливу функцію документування історії російсько-української війни. Кожен випуск є своєрідним візуальним свідченням епохальних подій, героїзму людей та трагічних наслідків агресії. З часом ці марки стануть цінними історичними артефактами, що розповідатимуть майбутнім поколінням про боротьбу України за свою свободу та незалежність. Дизайн марок відіграє важливу роль у формуванні та зміцненні національної ідентичності в кризовий період. Спільне переживання емоцій, викликаних цими візуальними образами, сприяє консолідації суспільства навколо спільних цінностей – патріотизму, мужності, стійкості та віри в Перемогу. Марки стають символами національної єдності та спротиву, об'єднуючи українців в їхній боротьбі.

Таким чином, дизайн поштових художніх марок України воєнного часу є унікальним явищем, що відображає героїзм, трагізм та незламність українського народу в умовах російської військової агресії. Тематика марок охоплює широкий спектр аспектів війни – від подвигів військових до міжнародної підтримки та віри в Перемогу. Активне використання національної та військової символіки, емоційна насиченість художніх рішень та оперативність випуску роблять ці марки потужним інструментом комунікації та документування історії. Вони не лише виконують свою пряму функцію оплати поштових послуг, але й відіграють важливу роль у формуванні національної ідентичності, консолідації суспільства та зверненні до світової спільноти. Поштові марки воєнного часу стануть цінними історичними свідченнями героїчної боротьби України за свою свободу та незалежність.

References

1. Hryshko A., Babenko Yu., Makhovych I. Poshtova marka yak komemoratyvnyi instrument konstruiuvannya suchasnoi diisnosti. Molodizhna nauka zarady myru ta rozvytku : zb. materialiv Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf., Chernivtsi, 9-11 lystopada 2022 r. Chernivtsi : Chernivets. nats. un-t. im. Yu. Fedkovycha, 2022. S. 241-244.
2. Poshtovyi market – Internet-mahazyn Ukrposhty. URL: <https://postmark.ukrposhta.ua> (data zvernennia: 18.05.2025).
3. Tokar M. Khudozhno-estetychni osoblyvosti dytiachoi knyzhkovoi iliustratsii. Visnyk Lvivskoi natsionalnoi akademii mystetstv. 2018. Vyp. 35. S. 220-233. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1313155>
4. Ukrposhta. URL: <https://www.ukrposhta.ua/ua> (data zvernennia: 18.05.2025).
5. Khandryha L. Poshtovi marky yak zasib kulturnoi ta natsionalnoi reprezentatsii. libr.dp.ua. URL: <https://www.libr.dp.ua/?do=ukrainica&lng=1&id=6&idg=231> (data zvernennia: 18.05.2025).
6. Khandryha L. Ukrainski poshtovi marky yak masmedia. libr.dp.ua. URL: <https://www.libr.dp.ua/?do=ukrainica&lng=1&id=6&idg=229> (data zvernennia: 18.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.05

Olena Tryhub

FEATURES OF THE DESIGN OF UKRAINIAN POSTAL ART STAMPS DURING WARTIME

The theses explore the artistic features of philatelic products of Ukraine issued under the conditions of the full-scale Russian military aggression. The themes, symbolism, artistic solutions, and technical executions of stamps reflecting key aspects of national resistance, patriotism, international support, tragic events of the war, and faith in Victory are analyzed. The influence of the wartime context on the aesthetics and communicative function of Ukrainian postal art stamps, as well as their role in documenting history and shaping national identity during a crisis period, are considered.

Keywords: postal stamp, graphic design, Ukraine, wartime, Russian aggression, patriotism, national identity, symbolism, philately.

Відомості про автора / Information about the Author

Олена Тригуб, доктор філософії, старший викладач кафедри дизайну факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: e.tryhub82@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0634-4106>.

Olena Tryhub, PhD, Senior Lecturer, Department of Design, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: e.tryhub82@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0634-4106>.

Розділ
КОМП'ЮТЕРНІ
ТЕХНОЛОГІЇ

Section
COMPUTER
TECHNOLOGIES

ЗАСТОСУВАННЯ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ІНЖЕНЕРІЇ

Тези присвячені аналізу використання тривимірного (3D) моделювання в інженерії, яке відіграє ключову роль у процесах проектування, симуляції та оптимізації складних систем. Визначено основні етапи розвитку 3D-моделювання, починаючи від традиційного креслення до сучасних CAD-систем, що дозволяють створювати точні моделі для різних галузей, зокрема машинобудування, будівництва, аерокосмічної та автомобільної промисловості. Окремо розглянуто основні типи 3D-моделювання: каркасне, поверхнєве і твердотільне, а також використання параметричного моделювання та сучасних методів, таких як поверхні Безьє, B-сплайни і NURBS для побудови складних об'єктів. У роботі також підкреслено переваги, що включають підвищену точність, швидкість і ефективність створення прототипів, а також проблеми, пов'язані з високими витратами на технології та складністю інтеграції різних платформ. У перспективі очікується подальший розвиток 3D-моделювання в контексті цифрової трансформації через використання штучного інтелекту, машинного навчання та додаткові інструменти для колективної роботи.

Ключові слова: тривимірне моделювання, системи автоматизованого проектування, NURBS, інженерні технології, цифрова трансформація, штучний інтелект.

Тривимірне моделювання відіграє ключову роль у сучасній інженерній практиці, дозволяючи фахівцям візуалізувати, симулювати та оптимізувати складні системи ще до створення фізичного прототипу. У міру того, як галузі розвиваються в напрямку цифрової трансформації та Індустрії 4.0, 3D-моделювання формує основу для інновацій у дизайні, віртуальному тестуванні та автоматизованому виробництві. У даній роботі надається всебічний огляд 3D-моделювання, від його концептуальної основи до передових застосувань.

3D-моделювання бере свій початок у традиційному кресленні і розвинулося завдяки системам автоматизованого проектування в середині двадцятого століття. З розвитком обчислювальних потужностей і графічних можливостей 3D-моделювання ставало дедалі складнішим. Основні віхи розвитку включають:

- впровадження параметричного моделювання;
- розвиток твердотільного моделювання та моделювання поверхонь;
- інтеграція з імітаційним моделюванням та аналізом скінчених елементів (FEA);
- поява цифрових двійників і BIM (інформаційне моделювання будівель).

На сьогоднішній день найбільш поширеними типами 3D-моделювання є:

- каркасне моделювання: Представляє об'єкти за допомогою ліній та кривих;
- моделювання поверхонь: Визначає зовнішні поверхні без суцільного об'єму;
- твердотільне моделювання: Створює повноцінні 3D-тіла з об'ємом і властивостями матеріалів.

В сучасних системах CAD при моделюванні складних об'єктів використовуються поверхні Безьє, B-сплайнові поверхні, поверхні NURBS [1].

Поверхня Безьє. Можна розширити концепцію кривої Безьє, яка визначається багатокутником, ще на один вимір, внаслідок чого вийде поверхня Безьє (рис. 1). Рівняння поверхні Безьє має наступний вигляд:

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} B_{i,n}(u) B_{j,m}(v) \quad (0 \leq u \leq 1, \quad 0 \leq v \leq 1)$$

де $P_{i,j}$ – радіус-вектори точок, що знаходяться у вершинах багатогранника (рис. 1), а $B_{i,n}$ і $B_{j,m}$ – функції сполучення, звичайні для кривих Безьє в параметричних напрямках u і v :

$$B_{i,n}(u) = \binom{n}{i} u^i (1-u)^{n-i}; \quad B_{j,m}(v) = \binom{m}{j} v^j (1-v)^{m-j}; \quad \binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}; \quad \binom{m}{j} = \frac{m!}{j!(m-j)!}.$$

Індекси n і m на одиницю менше числа вершин багатогранника в напрямках u і v відповідно. Таким чином, ступінь рівняння поверхні по u і v визначається кількістю точок у відповідних напрямках.

Властивості поверхні Безьє:

- 1) кутові точки багатогранника лежать на поверхні Безьє. Додатково можна показати, що граничні криві поверхні Безьє також являються кривими Безьє, які визначаються відповідною кількістю задаючих точок;
- 2) поверхня знаходиться усередині опуклої оболонки полігональної сітки;
- 3) степінь поверхні Безьє визначається кількістю точок і на одиницю менше кількості вершин задаючого багатогранника в цьому напрямі.

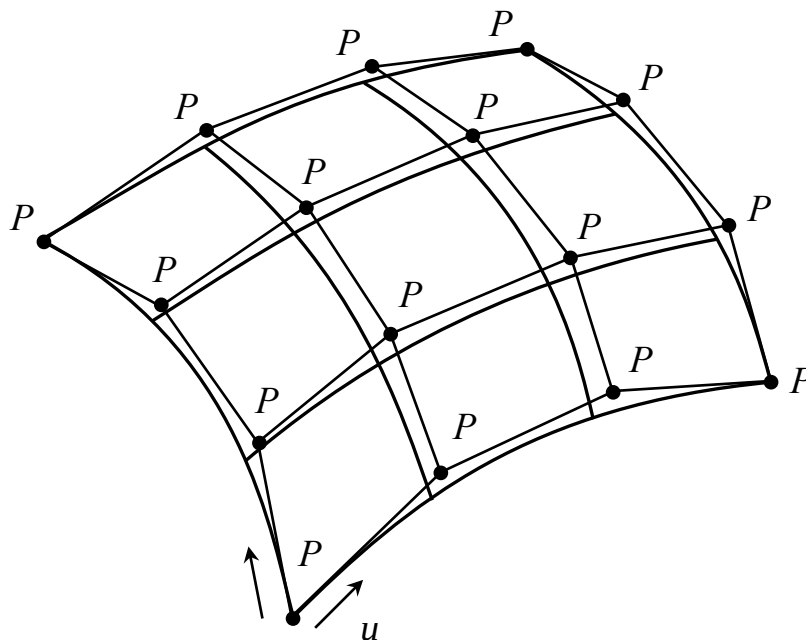


Рис. 1. Поверхня Безьє

В-сплайнова поверхня. Подібно до того, як від рівняння кривої Безьє можна перейти до рівняння поверхні Безьє, також можна перейти і від рівняння В-сплайна до рівняння В-сплайнової поверхні:

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v) \quad (s_{k-1} \leq u \leq s_{n+1}, t_{l-1} \leq v \leq t_{m+1})$$

де $P_{i,j}$ – точки, розташовані у вершинах задаючого багатогранника, як і для поверхні Безьє; $N_{i,k}(u)$ і $N_{j,l}(v)$ – базисні функції В-сплайна в біпараметричних напрямках u і v відповідно:

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u - s_i) N_{i,k-1}(u)}{s_{i+k-1} - s_i} + \frac{(s_{i+k} - u) N_{i+1,k-1}(u)}{s_{i+k} - s_{i+1}};$$

$$N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & s_i \leq u \leq s_{i+1} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases};$$

$$N_{j,l}(v) = \frac{(v - t_j) N_{j,l-1}(v)}{t_{j+l-1} - t_j} + \frac{(t_{j+l} - v) N_{j+1,l-1}(v)}{t_{j+l} - t_{j+1}};$$

$$N_{j,1}(v) = \begin{cases} 1 & t_j \leq v \leq t_{j+1} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases}.$$

Ці функції сполучення визначаються вузловими значеннями $s_0, s_1, \dots, s_{n+k}$ і $t_0, t_1, \dots, t_{m+l}$ відповідно. Діапазони параметрів використовуються у визначенні В-сплайна, оскільки функції сполучення $N_{i,k}(u)$ і $N_{j,l}(v)$ визначені тільки на цих інтервалах. Це вірно як для періодичних вузлів, так і для неперіодичних.

Деякі властивості В-сплайн поверхні:

- 1) максимальний порядок поверхні в кожному параметричному напрямі дорівнює кількості вершин багатогранника в цьому напрямі;
- 2) гладкість поверхні в кожному параметричному напрямі на дві одиниці менше порядку поверхні в кожному напрямі;
- 3) поверхня інваріантна щодо афінного перетворення, тобто поверхня перетвориться за допомогою перетворення, яка її формує;
- 4) вплив однієї вершини полігональної сітки обмежується $\pm k/2, \pm l/2$ інтервалами в кожному параметричному напрямі;
- 5) якщо кількість вершин формуючої полігональної сітки дорівнює порядку в кожному параметричному напрямі і внутрішніх вузлових величин немає, то В-сплайн поверхня перетворюється на поверхню Безьє;
- 6) поверхня лежить усередині опуклої оболонки формуючої полігональної сітки, що утворюється об'єднанням всіх опуклих оболонок k і l сусідніх вершин полігональної сітки.

Поверхня NURBS. Якщо перейти до однорідних координат точок, то з рівняння В-сплайна отримаємо рівняння NURBS-кривої. Так само рівняння поверхні NURBS виходить з В-сплайнової поверхні:

$$P(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m h_{i,j} P_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m h_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}, \quad (s_{k-1} \leq u \leq s_{n+1}, t_{l-1} \leq v \leq t_{m+1})$$

де $P(u, v)$ – точка на поверхні В-сплайна в параметричних координатах u, v ; $N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)$ – базисні функції В-сплайна, $P_{i,j}$ – вектори точок з координатами x, y, z (позиції контрольних точок); $h_{i,j}$ – однорідні координати точок (вагові коефіцієнти при відповідних контрольних точках); n, m – кількість контрольних точок в напрямі u, v ; k, l – ступінь кривої в напрямі u, v .

Рациональні В-сплайн поверхні мають наступні властивості:

- 1) сума базисних функцій раціональної поверхні для будь-яких значень u, v рівна:

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m S_{i,j}(u, v) \equiv 1$$

де

$$S_{i,j}(u, v) = \frac{h_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m h_{i,j} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v)};$$

- 2) кожна базисна функція раціональної поверхні позитивна або дорівнює нулю для всіх значень параметрів u, v тобто $S_{i,j} \geq 0$;

- 3) окрім випадку $k = 1$ або $l = 1$, кожна базисна функція раціональної поверхні має рівно один максимум;

- 4) максимальний порядок раціональної В-сплайн поверхні в кожному параметричному напрямі дорівнює числу вершин характеристичного багатогранника в цьому напрямі;

- 5) раціональна В-сплайн поверхня інваріантна щодо проектного перетворення, тобто будь-яке проектне перетворення може бути застосоване до поверхні шляхом його застосування до полігональної сітки;

- 6) поверхня лежить усередині опуклої оболонки полігональної сітки, що утворюється об'єднанням всіх опуклих оболонок k, l сусідніх вершин полігональної сітки;

- 7) вплив однієї вершини полігональної сітки обмежується $\pm k/2, \pm l/2$ інтервалами в кожному параметричному напрямі;

- 8) при триангуляції полігональна сітка утворює плоску апроксимацію поверхні;

- 9) якщо кількість вершин полігональної сітки дорівнює порядку в кожному параметричному напрямі і дубльованих внутрішніх вузлових величин немає, то раціональна В-сплайн поверхня є раціональною поверхнею Безьє.

Найбільш поширеними програмними інструментами для тривимірного моделювання на сьогодні є:

- Autodesk Inventor, SolidWorks (механічне проектування);
- CATIA, Siemens NX (аерокосмічна та автомобільна промисловість);
- ANSYS, COMSOL (інтеграція симуляцій);
- Revit, Civil 3D (архітектурне та цивільне будівництво);
- Blender, 3ds Max (візуалізація та анімація).

У сучасному світі тривимірне моделювання застосовується в:

- 1) машинобудуванні. Використовуються для створення прототипів машин, моделювання напружень і деформацій, а також створення цифрових двійників для прогнозованого технічного обслуговування [2];
- 2) будівництві. 3D-моделі допомагають у структурному аналізі, робочих процесах BIM та візуалізації інфраструктури для міського планування [3; 4];
- 3) електротехніці та електроніці. Допомагає проектувати друковані плати (PCB), корпуси вбудованих систем та моделювати розподіл тепла;
- 4) аерокосмічній та автомобільній інженерії. Необхідний для аеродинамічного моделювання, симуляції збірки компонентів та сценаріїв краш-тестів [5];
- 5) біомедичній інженерії. Використовується для створення протезів, моделювання анатомії людини та планування хірургічних операцій за допомогою моделей, орієнтованих на конкретного пацієнта;
- 6) навчальному процесі. Підвищує рівень зацікавлення студентів та ефективність засвоєння матеріалу [6].

Перевагами 3D-моделювання є:

- покращена точність проектування та візуалізація;
- посилення співпраці між командами завдяки цифровим моделям;
- скорочення часу циклу від проектування до виробництва;
- економія коштів завдяки ранньому виявленню помилок та віртуальному тестуванню;
- сприяє швидкому створенню прототипів та адитивному виробництву.

Більш широкому впровадженню тривимірного моделювання в різні сфери заважає черга недоліків:

- висока вартість програмного та апаратного забезпечення;
- довгий процес навчання для інженерів, які не знайомі з інструментами моделювання;
- проблеми інтеграції між різними платформами та застарілими системами;
- управління даними та контроль версій у великомасштабних проєктах.

Висновки. 3D-моделювання продовжує трансформувати інженерні практики, пропонуючи надійні інструменти для проектування, аналізу та інновацій. Його впровадження в різних галузях не лише покращує якість продукції, але й узгоджується з ініціативами цифрової трансформації. З розвитком технологій 3D-моделювання буде ставати все більш інтелектуальним, інтегрованим і незамінним. У перспективі є інтеграція зі штучним інтелектом і машинним навчанням для генеративного дизайну, більш широке використання AR/VR у взаємодії з моделями, хмарне моделювання та платформи для спільної роботи

References

1. Rogers, D. F., Adams, J. A. (2001). Mathematical elements for computer graphics. 2nd Ed. NY : McGraw-Hill Publishing Company. 604 p.
2. Kozachenko, S. O., Yakovenko, I. O. (2018). Tekhnolohii kompiuternoho modeliuvannia v mashynobuduvanni. Kyiv : Vydavnytstvo KNEU.
3. Cherniavskiy, R., Krainyuk, Y., Boiko, A. (2019). Modeling university environment: means and applications for university education. Proceedings of the 2nd Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2019), Kryvyi Rih, Ukraine, November 29, pp. 149–158.
4. Boiko, A. P., Leonov, A. V. (2018). Kontseptsiiia stvorennia 3D-modelei skladnykh inzhenernykh sporud. Naukovi pratsi : naukovyi zhurnal. Vyp. 308. T. 320. Kompiuterni tekhnolohii. Mykolaiv : ChNU im. Petra. Mohyly. C. 19–25.
5. Boiko, A., Bondarenko, O., Davydenko, Y. (2019). Hull parametric modeling of a small waterplane area twin hull ships. Proceedings of the IEEE CADSM 2019 Conference, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine, February 26 – March 2, pp. 6/1–6/4.
6. Jadhav, A., Mantha, S. S. (2021). Application of 3D Modelling in Engineering Education. International Journal of Engineering Research & Technology, 10(4), pp. 123–130.

APPLICATION OF THREE-DIMENSIONAL MODELING IN ENGINEERING

The thesis is dedicated to the analysis of the use of three-dimensional (3D) modeling in engineering, which plays a key role in the processes of design, simulation, and optimization of complex systems. The main stages of the development of 3D modeling are identified, starting from traditional drawing to modern CAD systems that enable the creation of accurate models for various industries, including mechanical engineering, construction, aerospace, and automotive industries. The main types of 3D modeling are separately considered: wireframe, surface, and solid modeling, as well as the use of parametric modeling and modern methods such as Bézier surfaces, B-splines, and NURBS for building complex objects. The thesis also emphasizes the advantages, including increased accuracy, speed, and efficiency in prototype creation, as well as challenges related to the high costs of technologies and the complexity of integrating different platforms. In the future, further development of 3D modeling is expected in the context of digital transformation through the use of artificial intelligence, machine learning, and additional tools for collaborative work.

Keywords: three-dimensional modeling, computer-aided design systems, NURBS, engineering technologies, digital transformation, artificial intelligence.

Відомості про автора / Information about the Author

Анжела Бойко, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: anzhela.boiko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3449-0453>.

Anzhela Boiko, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: anzhela.boiko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3449-0453>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.07

Владислав Бондар,
Ігор Бадерко,
Валерій Ситніков

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРИЦІЛЬНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

У роботі проведено аналіз моделі та методи обробки зображень для прицільного пожежогасіння, проведені експериментальні дослідження. Розроблено модель для розпізнавання образів диму та вогню, а також модель прицілювання та попадання рідиною у 3D-просторі. Для експериментальної перевірки розроблених моделей створено алгоритми вимірювання відстані та прицілювання, а також розрахунок тиску води.

Ключові слова: пожежогасіння, технічний зір, комп'ютерна система, прицілювання, обробка зображень, розпізнавання вогню та диму

Ефективне запобігання та ліквідація пожеж в сучасних умовах є ключовим завданням у сфері забезпечення безпеки об'єктів промислового та громадського призначення. Відповідно до вимог концепції Індустрія 5.0 є розвиток інтелектуальних систем пожежогасіння, заснованих на використанні технологій комп'ютерного зору та автоматизованого керування. Такі системи дозволяють мінімізувати збитки, завдані не тільки вогнем, а й засобами пожежогасіння, що особливо важливо для об'єктів, що охороняються, з високо цінними матеріальними активами, промисловими складськими комплексами та інфраструктурою.

Традиційні системи пожежогасіння, як правило, спрямовані на спрацювання по всій площі об'єкта, що охороняється, однак це призводить до рясного розбризкування води, піни або порошкових складових на всю територію. Нові інтелектуальні компоненти до таких систем пожежогасіння потребують аналізу та досліджень щодо сумісності елементів та принципів роботи. Розв'язання цієї задачі потребує розробки моделі прицільного пожежогасіння та дослідження її на адекватність та ефективність в реалізованій системі

Обробка зображень є однією з ключових технологій у сфері робототехніки. Вона дозволяє роботам сприймати, аналізувати та реагувати на навколишнє середовище.

Використання алгоритмів комп'ютерного зору значно підвищує функціональність роботів у таких сферах, як автономна навігація, маніпуляція об'єктами, виявлення перешкод та взаємодія з людьми.

Алгоритми виявлення об'єктів у галузі обробки зображень є важливою складовою комп'ютерного зору. Вони дозволяють ідентифікувати, локалізувати та класифікувати об'єкти на зображеннях або у відеопотоках.

Основні моделі та методи обробки зображень включають класичні алгоритми та сучасні глибинні нейронні мережі. Їх використання у пожежогасінні, зокрема для прицілювання водяними гарматами, відкриває нові можливості для підвищення ефективності боротьби з вогнем.

Класичні моделі, такі як метод Хаара (Haar Cascades), базується на виявленні локальних контрастів між зонами зображення. Він є ефективним для виявлення простих об'єктів, таких як обличчя або геометричні форми, але має обмеження у складних умовах, наприклад, за низької видимості або наявності шуму.

Методи SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) і SURF (Speeded-Up Robust Features) забезпечують виділення ключових точок зображення та їхню стійкість до змін масштабу та обертання. Вони корисні для 3D-реконструкції або порівняння об'єктів у різних кадрах. Однак обчислювальна складність цих методів може ускладнювати їх застосування у реальному часі, що є критичним для пожежогасіння.

Сучасні моделі глибинного навчання, такі як AlexNet, VGGNet і ResNet, забезпечують надзвичайно високу точність класифікації та виявлення об'єктів. AlexNet продемонструвала ефективність глибинних згорткових нейронних мереж CNN і стала основою для складніших моделей. ResNet, завдяки залишковим зв'язкам, вирішує проблему згасання градієнта в глибоких мережах, що робить її придатною для складних задач, таких як ідентифікація полум'я у диму. Для водяних гармат ResNet може бути використана для точного визначення зон загоряння.

Одностадійні моделі, як-от YOLO (You Only Look Once), є ефективними для задач реального часу, оскільки вони обробляють зображення за один прохід через мережу. Це дозволяє використовувати їх у відеопотоках для миттєвого виявлення полум'я та визначення його контурів навіть у складних умовах. YOLO демонструє високу швидкість, але може поступатися точністю у випадках, коли об'єкти частково перекриваються.

Faster R-CNN є двостадійною моделлю, яка пропонує високу точність завдяки поєднанню генерації регіонів-кандидатів і класифікації об'єктів. Ця модель особливо ефективна для локалізації вогнищ пожежі, але її використання у реальному часі може бути обмежене через високі обчислювальні витрати. Faster R-CNN підходить для завдань, де пріоритет надається точності, а не швидкості.

Сегментація зображень є важливим напрямом аналізу, що дозволяє визначати межі об'єктів на рівні пікселів. Модель U-Net, розроблена для медичних зображень, здатна точно відновлювати деталі завдяки архітектурі «енкодер-декодер». У контексті пожежогасіння U-Net може використовуватися для сегментації полум'я, дозволяючи виділити його окремі частини для прицілювання водяної гармати.

DeepLab, яка використовує атріумні згортки, забезпечує точну семантичну сегментацію навіть у складних середовищах, таких як міські сцени. Аналіз послідовностей у відеопотоках потребує методів, які враховують часову динаміку. Тривимірні згорткові нейронні мережі (3D-CNN) аналізують просторово-часові залежності, що дозволяє відстежувати рух полум'я. Рекурентні нейронні мережі (RNN) та їхні варіанти LSTM є ідеальними для прогнозування розвитку вогню, оскільки вони враховують контекст попередніх кадрів.

Реконструкція та покращення зображень, зокрема із використанням генеративних моделей, таких як GAN (Generative Adversarial Networks), є потужним інструментом для підвищення якості даних. GAN дозволяють генерувати реалістичні зображення та покращувати якість кадрів із низькою роздільною здатністю. У задачах пожежогасіння GAN можуть бути використані для обробки зображень із камер, встановлених у несприятливих умовах.

Методи аналізу зображень на основі комп'ютерного зору забезпечують високу точність і гнучкість у вирішенні різноманітних завдань, включаючи пожежогасіння. Сучасні моделі глибинного навчання дозволяють автоматизувати процеси виявлення та моніторингу, а також інтегрувати ці рішення у роботизовані системи, такі як водяні гармати. Основною складністю у практичному застосуванні є обчислювальні витрати та необхідність великих наборів даних для навчання, що вимагає спеціалізованого обладнання та відповідної інфраструктури з застосуванням нейромережевих технологій [1–3].

У ході дослідження з'ясувалось, що розпізнавання вогню та особливо диму, це нестандартна задача для стандартних бібліотек типу Open CV та навчання нейромереж. Розроблена та досліджена модель прицільного пожежогасіння з технічним зором, яка має в реалізації систему камер, а саме тепловізійну для надійної фіксації точок запалення. Тим самим знята проблема розпізнавання диму, так як будь-яке джерело диму має у своїй основі високу температуру, яка чітко фіксується тепловізорами.

Точне пожежогасіння пов'язане з задачею вимірювання відстані до точки запалення [3]. Експериментальне дослідження показало, що стандартні 3D-лідари не підходять для вимірювання відстані до вогню, тому що промінь лазера не відображається від полум'я, завдяки чому була взята система стереоскопічного паралаксу. Однак для необхідної точності виявилось, що база між стереокамерами повинна бути досить великою, крім того, тепловізійна стереокамера удорожчує систему.

Незвичною задачею стало попадання струменю води у точку запалення. Виявилось, що у 3D-просторі точна математика балістичної моделі не має простої формули, а треба виконувати чисельні розрахунки у вигляді ітераційних підходів. Проведені аналізи показали, що спрощення формули, у якій не враховується гравітаційний вплив, дають невелику помилку і на практиці вона не впливає істотно на результат. Крім того, з'ясувалось, що при деяких кутах ця невелика помилка у нахилі у вертикальній площині форсунки не впливає на координату точці попадання, що було досить незвично. Справа виявилась у тому, що кут нахилу форсунки впливає на тиск води всередині неї, завдяки чому будується такий незвичний ефект.

Введення системи зворотного зв'язку направлення струменю у вертикальній площині дійсно допомогло усунути помилки підрахунку нахилу форсунки під впливом різних механічних ухилень (тиск води, механічний кут сервомоторів, специфіка труби форсунки), крім того, аналіз відео аналогічних робіт показав, що деякі рішення прицільного пожежогасіння взагалі не обчислюють цей кут, а просто ведуть струмінь води знизу до точки запалення, використовуючи зворотний зв'язок, коли струмінь води падає у полум'я та погасить його. Таке рішення збільшує витрати води, по шляху гасіння струмінь заливає майно, однак це значно спрощує розрахунки для керування водяного струменю.

Розробка структурної схеми системи на основі створеної моделі включає інтеграцію апаратних і програмних компонентів для забезпечення автоматизованого прицільного пожежогасіння. Основними елементами системи є дві теплові камери, персональний комп'ютер, сервомотори горизонтального і вертикального позиціонування,

форсунка для подачі рідини, а також контролер для управління механізмами. Структурна схема системи прицільного пожежогасіння показана на рис. 1.

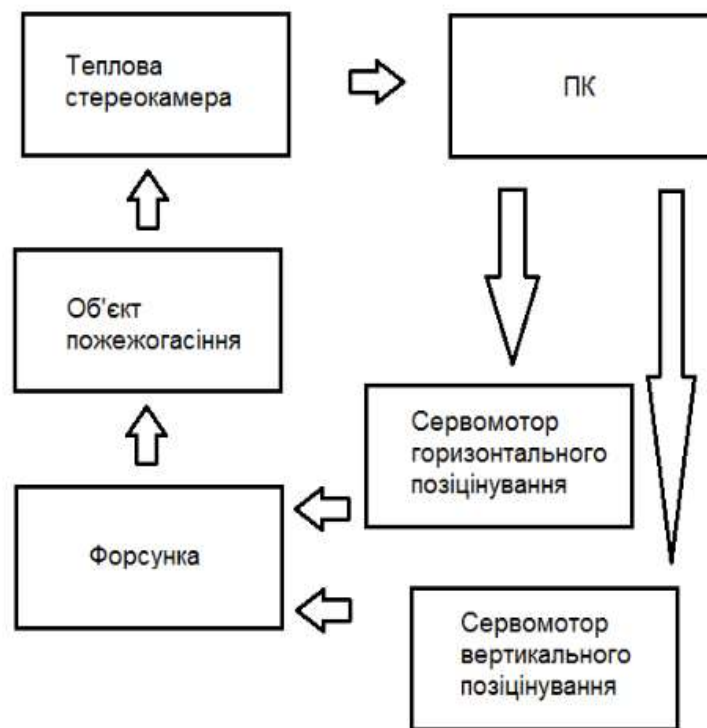


Рис. 1. Структурна схема системи пожежогасіння
Джерело сформовано автором на основі [4]

Структурна схема забезпечує взаємодію цих компонентів із метою точного позиціонування форсунки та подачі рідини на об'єкт загоряння. Дві теплові камери є основними сенсорами для виявлення джерела загоряння. Вони встановлюються таким чином, щоб забезпечити стереоскопічний огляд зони пожежі. Камери передають зображення на персональний комп'ютер, де обробка даних здійснюється за допомогою програми, написаної на мові Python.

Програма аналізує кадри з камер, виділяючи області з температурою, що перевищує встановлений поріг. Умовний поріг температури налаштовується, що дозволяє адаптувати систему до різних умов експлуатації.

На основі даних з теплових камер програма розраховує координати точки загоряння у тривимірному просторі. Алгоритм використовує принципи стереопаралаксу для визначення відстані до об'єкта загоряння. Отримані координати слугують основою для управління положенням форсунки. Персональний комп'ютер передає команди на контролер Arduino Nano через COM-порт. Контролер обробляє ці команди та керує сервомоторами, які відповідають за горизонтальне і вертикальне позиціонування форсунки.

Сервомотори виконують точне позиціонування форсунки, забезпечуючи її спрямування на точку загоряння. Форсунка обладнана клапаном подачі рідини, який також керується через контролер Arduino Nano. Клапан відкривається або закривається залежно від команди програми, що базується на поточній температурній динаміці в зоні пожежі. Система забезпечує замкнений цикл управління зворотного зв'язку. Після подачі рідини програма аналізує нові кадри з теплових камер для перевірки ефективності гасіння. Якщо температура у визначеній зоні залишається високою, алгоритм вносить корекції в положення форсунки або змінює параметри подачі рідини. Цей підхід дозволяє досягти максимальної ефективності гасіння, знижуючи витрати рідини та час реагування. Таким чином, структурна схема системи базується на інтеграції апаратних компонентів із програмним забезпеченням. Її модульний дизайн дозволяє легко адаптувати систему для різних умов експлуатації та об'єктів загоряння та забезпечує надійну і точну роботу в складних ситуаціях.

Проведені натурні тести показали, що система здатна точно ідентифікувати зони загоряння навіть у складних умовах [4]. Визначення координат джерела вогню за допомогою теплових камер та стереопаралаксу

продемонструвало високу точність, а реалізовані алгоритми прицілювання забезпечили ефективне спрямування струменя рідини на об'єкт загоряння.

References

1. Nikolaiev S. S., Tymoshenko Y. O., Matviiv K. Y. Zalezhnist yakosti detectora oblych na oznakah Haara vid variatynnosti navchalnoyi vyborki. Research Bulletin of the National Technical University of Ukraine" Kyiv Politechnic Institute". Київ : 6/н, 2017. С. 38–46. [in Ukrainian]
2. Savinova V. V., Kolesnikov V.O. Zastosuvannya metodiv kompiuternoho zoru v avtomobilnii industrii. Problemy ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu : materialy V-yi Mizhnarodnoi nauko-tekhnichnoi internet-konferentsii, 13–14 kvitnia 2017 r., m. Vinnytsia, 2017. S. 113–120. URL: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2017.pdf> (data zvernennia: 10.05.2025). [in Ukrainian]
3. Podchashynskyi Yu. O., Luhovych O. A., Chepiuk L. O. Analiz metodiv obrobky videozobrazhen z vymiriuvalnoi informatsiiei, otrymanykh vid teplovizora/spektralnoi kamer. URL : <https://brom.ua/uk/osnovniharakteristiki-teplovizoriv> (data zvernennia: 10.05.2025). [in Ukrainian]
4. 2. Bondar V. R., Martynenko M. O. Rozrobka ta doslidzhennia systemy prytsilnoho pozhezhohasinnia z tekhnichnym zorom. Project, Program, Portfolio Management. P3M–2024 : tezy dopovidei IKh Mizhnarodnoi nauko-tekhnichnoi konferentsii : [u 2t.]. / Vidpovidalnyi za vypusk P. O. Teslenko. Tom 1. Odesa : IShIR, 2024. S. 138–140. [in Ukrainian]

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.07

Vladyslav Bondar,
Igor Baderko,
Valerii Sytnikov

USE OF TECHNICAL VISION AND COMPUTER SYSTEM FOR TARGETED FIRE FIGHTING

The paper is analyzed the model and image processing methods for targeted fire fighting, and conducts experimental studies. A model for recognizing smoke and fire images, as well as a model of aiming and liquid hit in 3D space, has been developed. For experimental verification of the developed models, algorithms for measuring distance and aiming, as well as calculating water pressure, have been created.

Keywords: fire fighting, technical vision, computer system, aiming, image processing, fire and smoke recognition

Відомості про авторів / Information about the Authors

Владислав Русланович Бондар, магістр кафедри комп'ютерних систем, Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, E-mail: sitnikov@op.edu.ua, ORCID ID - не маю.

Vladyslav Ruslanovych Bondar, Master of Science, Computer Systems Department, Odesa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine, E-mail: sitnikov@op.edu.ua, ORCID ID - no.

Ігор Володимирович Бадьорко, асистент кафедри комп'ютерних систем, Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, E-mail: badyorko_i@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-2377-708X>.

Igor Badyorko, assistant of the Computer Systems Department, Odesa Polytechnic National University, E-mail: badyorko_i@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-2377-708X>.

Валерій Степанович Ситніков, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри комп'ютерних систем, Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, E-mail: sitnikov@op.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3229-5096>.

Valerii Sytnikov, DrSc (Techn.), Prof., Head of the Computer System Department, Odesa Polytechnic National University, Odessa, Ukraine, E-mail: sitnikov@op.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3229-5096>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.08

Ілля Бондаренко,
Катерина Обухова

РЕАЛІЗАЦІЯ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ RASPBERRY PI ТА ANDROID ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Тези присвячено аналізу інтеграції мобільних і вбудованих платформ для створення апаратно-програмного комплексу реального часу детектування об'єктів і потенційних загроз. Основна увага зосереджена на забезпеченні стабільного та енергоефективного каналу зв'язку між компонентами системи.

Ключові слова: *роботизована технічна система, FPV-дрон, Raspberry Pi 4, фреймворк TensorFlow Lite, детектування об'єктів та перешкод.*

З розвитком цифрових технологій, передусім у сфері відеопередачі, а також завдяки мініатюризації апаратних компонентів стало можливим створювати легкі мобільні комплекси з підтримкою високоякісного відеозв'язку, значною дальністю польоту та підвищеною стабільністю каналу. Це сприяло активному поширенню FPV-дронів у цивільному секторі – зокрема для інспекцій промислових об'єктів та інфраструктури, сільськогосподарського й екологічного моніторингу, рятувальних операцій, а також у воєнній сфері. Дедалі частіше роботизовані технічні системи (РТС) використовуються в розважальних цілях (напр., кінозйомки та телевізійного виробництва), проте навіть в такому випадку потребують спеціального налаштування [1]. Все більше стає помітним втручання РТС у сфери, де людська діяльність може бути неефективною або надто тривалою. Актуальність детектування перешкод спричинена необхідністю зменшення людського фактору під час процесів ідентифікації об'єктів та уникнення можливих загроз апаратної складової. Основним завданням є забезпечення безперебійного зв'язку між мікроконтролером та оператором, і як результат – фотозвіт з вказаним рівнем безпеки навколишнього середовища.

Необхідність у РТС для детектування пояснюється тим, що під час польоту FPV-дрон може зіштовхнутися з непередбачуваними об'єктами – як природними (дерева, птахи), так і техногенними (лінії електропередач, будівельні конструкції), які важко заздалегідь виявити візуально. У таких умовах автоматичне фіксування та аналіз перешкод дозволяє своєчасно змінити маршрут польоту або попередити оператора про потенційну небезпеку. Це особливо важливо в сценаріях автономного або напівавтономного управління, де зволікання може спричинити втрату цінного обладнання або створити небезпеку для людей.

При виборі платформи враховувалась потреба в моніторингу масштабних територій та швидкому реагуванні на об'єкт. Сферою застосування виступає FPV-дрон як окрема рухома багатоядерна комп'ютерна система з можливістю розміщення на ній елементів детектування та обробки інформації з подальшим передаванням на мобільний пристрій. DJI Phantom 4 є оптимальним вибором, адже забезпечує стабільність польоту та дальність польоту (до 5 км), що є достатнім для моніторингу територій середнього масштабу [2]. Батарея розміщується під корпусом, що покращує аеродинамічні властивості дрона. Орієнтована вантажопідйомність становить 200–300 гр., чого достатньо для перевезення апаратних компонентів (рис. 1). Саме кріплення має бути збалансованим, щоб не зміщувати центр мас, а габарити компонентів дозволять їх розташування відносно центру.

Основним апаратним компонентом є мікроконтролер Raspberry Pi 4 Model B, який виконує обробку даних. Його потужності достатньо для реалізації детектування об'єктів за допомогою фреймворку TensorFlow Lite (TFLite) по фото або відео з низькою частотою кадрів (FPS). Окрім цього, він забезпечує підтримку камер, периферійних пристроїв, а також оснащений WiFi-модулем, що дозволяє передавати дані на Android без додаткових затримок. Центральний процесор обробляє вхідні дані (фото- або відеопотік) та виконує алгоритми машинного навчання з використанням відповідного фреймворку. Значний обсяг оперативної пам'яті гарантує підтримку стабільної роботи операційної системи, службових процесів та дає змогу обробки проміжних результатів у межах моделі глибинного навчання.



Рис. 1. Підбір компонентів з урахуванням їх ваги

Графічний процесор прискорює обробку графічних даних, зокрема у декодуванні відеопотоку, який передається до основного обчислювального модуля. Wi-Fi та Ethernet дозволяють здійснювати двосторонню комунікацію із зовнішніми пристроями, зокрема Android-системами, для передачі інформації про виявлені об'єкти чи отримання керуючих сигналів.

Оскільки запуск фреймворку потребує значних обчислювальних ресурсів, плата не застрахована від перегріву. Отже потрібно охолоджувати центральний процесор для забезпечення тривалої роботи мікроконтролера. Обрано алюмінієвий корпус зі вбудованими двома кулерами для запобігання перегріву та ушкодженням від можливих перешкод на шляху РТС.

Архітектура програмної частини комплексу є багаторівневою. Вона складається з блоку локальної обробки даних на Raspberry Pi 4, блоку взаємодії з камерою та мобільного застосунку на Android.

Вибір фреймворку TensorFlow Lite обумовлений використанням мікроконтролера, ресурси якого обмежені. Їх недостатньо для використання в комплексі з повнофункціональною версією TensorFlow. TFLite є оптимізованою версією TensorFlow, розробленою спеціально для запуску попередньо навчених моделей на мобільних та вбудованих пристроях із обмеженими ресурсами, таких як Raspberry Pi або мобільні платформи. Окремо слід зазначити можливість інтеграції бібліотеки TFLite в Android-застосунок, що забезпечує швидке виконання алгоритмів машинного навчання з низькою затримкою та енергоефективністю. TFLite працює зі спеціалізованими моделями MobileNet, YOLO або SSD та дозволяє розпізнавати та детектувати об'єкти в реальному часі. Обов'язковим є підключення бібліотеки OpenCV [3], для використання функцій захоплення відео з камери та обробки зображень. Можливі конфлікти під час встановлення бібліотек вирішуються за допомогою `virtualenv` – інструменту для створення ізолюваного Python-середовища. Операційна система (ОС) – Raspberry Pi OS забезпечує повну сумісність із Python, OpenCV та TensorFlow Lite. ОС Android має бути не нижче 9-ї версії, адже вона дозволяє використання протоколів HTTP та WebSocket. Оброблені зображення передаються у форматі JSON-повідомлень.

На рис. 2 зображено процес детектування перешкод. Приклад демонструє ефективність фреймворку TensorFlow для фіксування та розпізнавання об'єктів.



Рис. 2. Приклад детектування перешкод (дерев) [4]

На етапі обробки кожен кадр отримує пріоритет залежно від кольору:

- зелений колір вказує на відсутність небезпеки та можливість безперешкодного перетину сектору;
- жовтий колір вказує на наявність ймовірної небезпеки та можливість пошкодження дрону;
- червоний колір повідомляє про небезпечну ділянку та необхідність негайно покинути територію через загрозу втрати РТС.

На рис. 3 наведено результат детектування перешкод на прикладі густини лісу: чим щільніше розташовані дерева, тим важче продовжувати політ.



Рис. 3. Приклад результату обробки

Таким чином, оператор отримує оброблене зображення та на основі нього має можливість координувати траєкторію FPV-дрону відповідно до прийнятого рішення. Цей підхід дозволяє пришвидшити процес реагування на перешкоди, а в разі помилки програмного забезпечення керування переходить напрямку до оператора. Зважаючи на це, доцільно підсумувати загальний процес передачі інформації та детектування небезпеки (рис. 4).

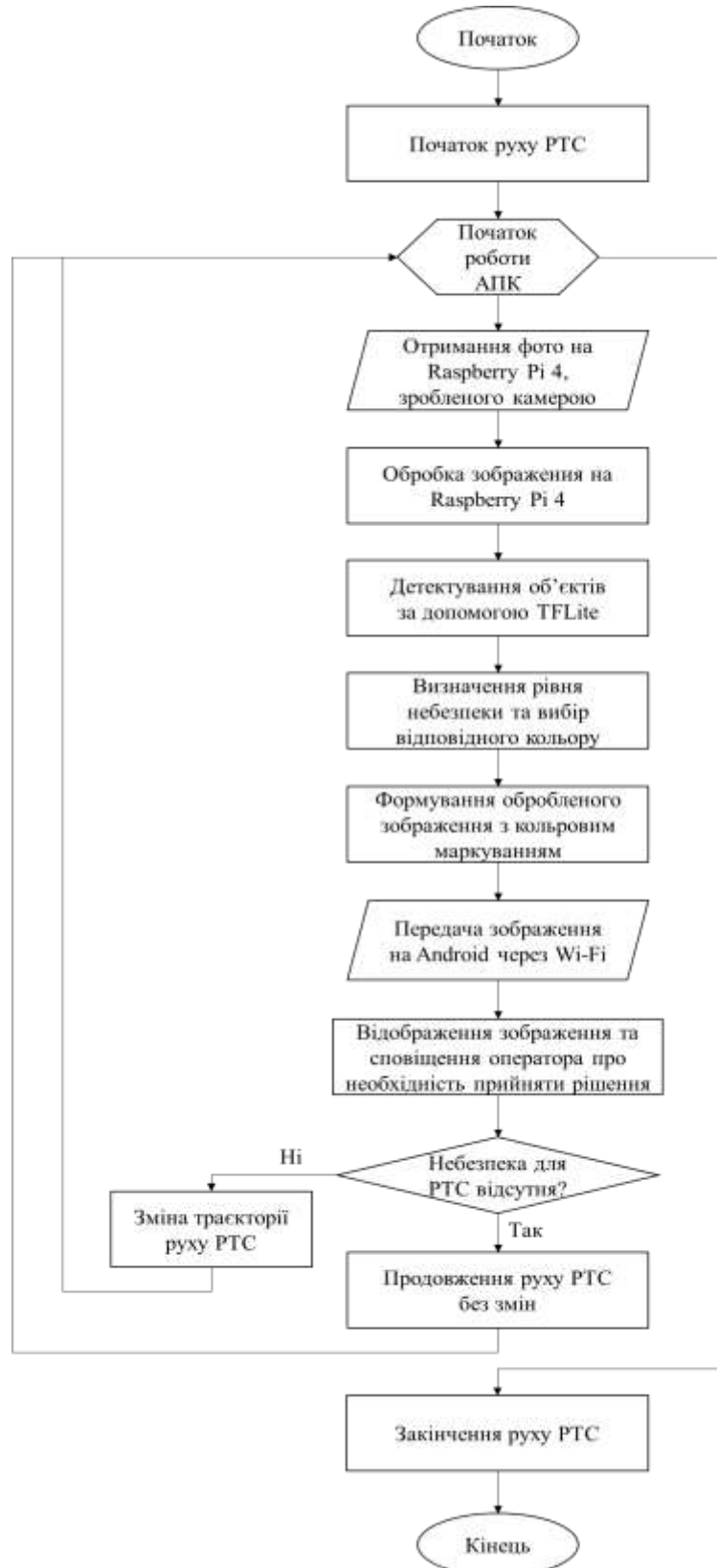


Рис. 4. Алгоритм роботи апаратно-програмного комплексу

Запропонований підхід ґрунтується на поєднанні мобільних обчислювальних платформ та сучасних алгоритмів машинного навчання. Це рішення забезпечує високу швидкість обробки даних (фото- та відеопотоку) та стабільний зв'язку між FPV-дроном і оператором. Використання Raspberry Pi 4 у поєднанні з Android-пристроями через бездротовий канал дозволяє створити компактний, гнучкий й енергоефективний комплекс, здатний адаптуватися до різних умов. Додаткові компоненти, такі як кулери та алюмінієвий корпус, підвищують функціональність мікроконтролера, забезпечуючи його надійну роботу при будь-яких умовах навколишнього середовища. Застосування фреймворку TensorFlow Lite дозволяє ефективно виконувати завдання детектування без перевантаження апаратних ресурсів.

Реалізація такого рішення не лише відповідає сучасним вимогам до безпеки та оперативності, а й відкриває нові перспективи для розвитку автономних систем контролю з використанням роботизованих технічних систем у цивільному та військовому секторах.

References

1. Siddiqui W. Design and Fabrication of FPV Racing Drone. *Journal of Mechanical and Construction Engineering (JMCE)*. 2024. Vol. 4, No. 1. P. 1–8. DOI: 10.54060/a2zjournals.jmce.38.
2. Support for Phantom 4. Retrieved from: <https://www.dji.com/support/product/phantom-4> (Last accessed: 17.05.2025).
3. How to Run TensorFlow Lite Object Detection Models on the Raspberry Pi (with Optional Coral USB Accelerator). Retrieved from: https://github.com/EdjeElectronics/TensorFlow-Lite-Object-Detection-on-Android-and-Raspberry-Pi/blob/master/deploy_guides/Raspberry_Pi_Guide.md (Last accessed: 12.05.2025).
4. How to detect a single tree from a drone imagery of a dense forest? Nothing is simpler than custom object detection using TensorFlow. Retrieved from: <https://blog.skygate.io/how-to-detect-a-single-tree-from-a-drone-imagery-of-a-dense-forest-de190f64cdb7> (Last accessed: 17.05.2025)

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.08

Illia Bondarenko,
Kateryna Obukhova

IMPLEMENTATION OF A COMMUNICATION CHANNEL BETWEEN RASPBERRY PI AND ANDROID FOR REAL-TIME OBJECT DETECTION

The paper are devoted to the integration of mobile and embedded platforms for the development of a hardware-software complex for objects and threats detection in real-time. Special attention is given to ensuring a stable and energy-efficient communication channel between system components.

Keywords: robotic technical system, FPV drone, Raspberry Pi 4, TensorFlow Lite framework, object and obstacle detection.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Ілля Бондаренко, бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ilyabondarenko66@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0000-9345-0286>.

Illia Bondarenko, BSc Student of the Computer Engineering Department at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. Email: ilyabondarenko66@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0000-9345-0286>.

Катерина Обухова, ст. викладач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: kateryna.obukhova@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8793-7055>.

Kateryna Obukhova, Senior Lecturer of the Computer Engineering Department at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: kateryna.obukhova@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8793-7055>.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОДАЧІ ТА ЗАВАНТАЖЕННЯ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ДАНИХ СИСТЕМИ «РОЗУМНЕ МІСТО»

Дослідження зосереджено на визначенні ключових характеристик диспетчеризації міського транспорту для забезпечення своєчасного подання на зупинки транспортних засобів відповідного розміру та маршрутів. За результатами моделювання інформаційних потоків здійснено оцінку впливу ініціатив «розумних міст» на міські транспортні системи та покращення відповідного обслуговування населення.

Ключові слова: диспетчеризація міського транспорту, обробка даних, експертні оцінки, моделювання інформаційних потоків, наповненість зупинок, розумне місто, енергонезалежний моніторинг.

Вирішення глобальної проблеми забезпечення міського населення належними транспортними послугами в рамках обмежених ресурсів спонукає міста інвестувати в інтелектуальні транспортні системи (ІТС) та інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ). Ці інвестиції спрямовані на оптимізацію використання існуючої транспортної інфраструктури з кінцевою метою покращення транспортних послуг, зменшення заторів, аварійності та забруднення повітря, і зрештою досягнення статусу «розумного міста». Важливо визначити ключові характеристики «розумних міст» (надалі – Smart City) та оцінити вплив ініціатив Smart City на розвиток міських транспортних систем та покращення відповідного обслуговування населення [1; 2]. Впровадження концепції «розумного міста» та включеної до неї системи розумного транспорту може мати значний вплив на сталий розвиток як окремих міст, так і всієї країни шляхом досягнення цілей сталого розвитку ООН (англ. UN Sustainable Development Goals, SDGs) [3]. Крім того, «розумні міста» характеризуються соціальною залученістю, фінансовою стабільністю, прийняттям рішень на основі аналізу даних, модулювання інформаційних потоків та їх експертних оцінок.

Для аналізу інформаційних потоків з системи міських пасажироперевезень особливого значення набувають методи аналізу великих даних у реальному часі. Використання методів аналізу великих даних включає кілька кроків, включаючи збір, зберігання, обробку та аналіз даних. Для обробки великих безперервних потоків даних потрібні такі передові аналітичні методи, як кластеризація, класифікація та алгоритми оптимізації [4]. Загалом, застосування методів роботи з великими даними вимагає поєднання інноваційних методів збору даних з їх аналізом у режимі реального часу, використання передових аналітичних інструментів та стратегічного підходу до управління даними. У сенсі аналізу транспортної логістики необхідно поєднувати вихідні дані від різних систем, таких як системи GPS-моніторингу транспортних засобів (ТЗ), системи управління гаражем ТЗ (GMS), системи взаємодії з клієнтами (CRM), АСУ перевізників тощо (рис. 1) у поєднанні з даними відповідних підсистем диспетчерської служби системи «Розумне місто». Розвиток систем управління транспортом здійснюється на базі широкого використання інформаційних технологій, IoT (Інтернету речей), зокрема в режимі реального часу, оптимізаційних алгоритмів зменшення часу очікування пасажирів міського транспорту на зупинках, використання техніко-експлуатаційних характеристик ТЗ для запобігання як ї переповнення, так і недозавантаженості тощо [5]. Моделювання інформаційних потоків пасажироперевезення та подачі відповідного транспорту за місткістю та маршрутами на підставі накопичених даних 24/7 у розрізі часу доби, днів тижня, районів міста тощо сприяє покращенню громадської безпеки, запобіганню злочинній діяльності на транспорті, вирішенню поточних питань життя міста [6].

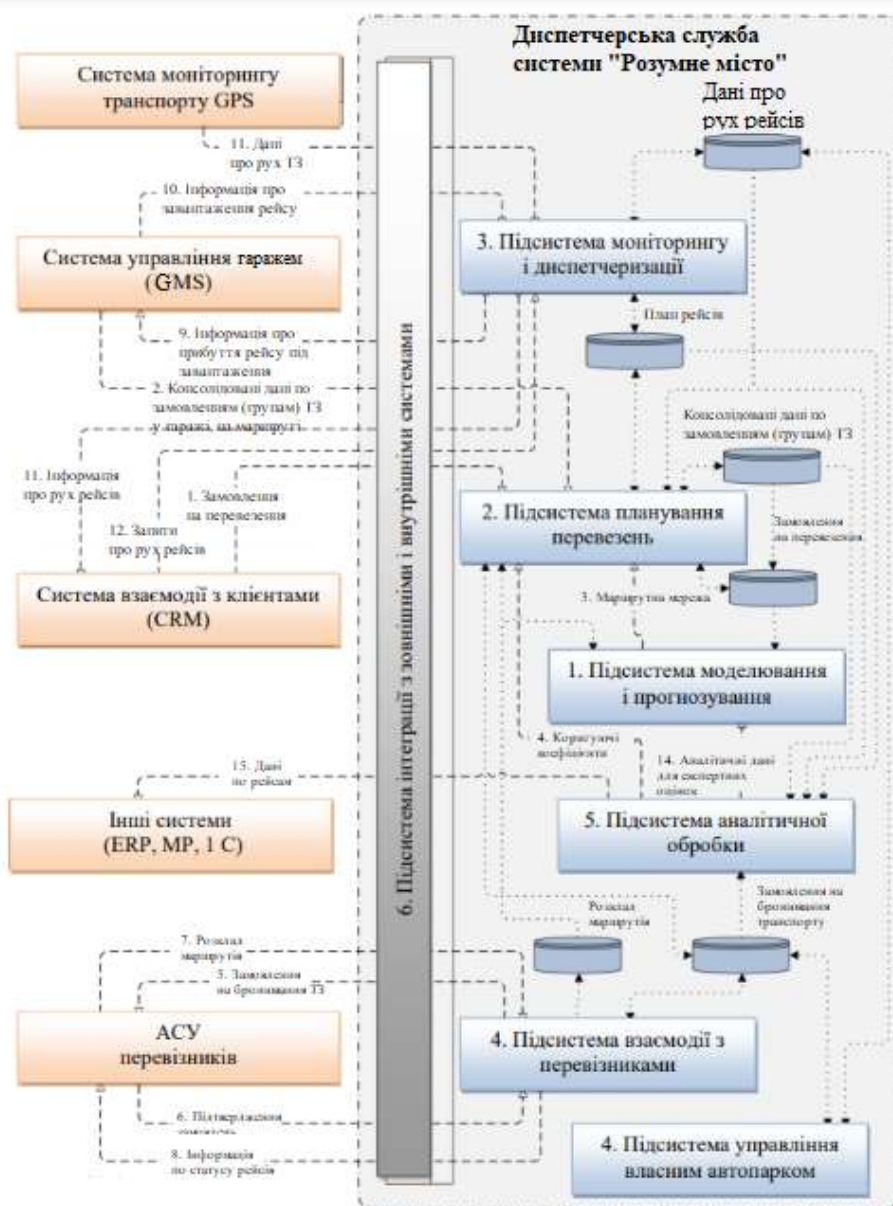


Рис. 1. Структурна схема транспортної логістики системи «Розумне місто»

Для імітаційного моделювання динамічних процесів пасажироперевезень доцільно стратегічно використовувати дані (фото- та відеопотоки) з IP-камер спостереження системи «розумне місто», потенціал геопросторової інформації та застосовувати передові технології, такі як аналіз видимості та відеоаналітика [7]. Щоб отримати в результаті алгоритми своєчасної подачі міського транспорту до зупинок, необхідно вводити до моделі такі чинники як параметри цільової аудиторії (пасажирів на зупинках) у розрізі вибору маршрутів та перевізників (позначено кольором), надання переваги великим/невеликим ТЗ (позначено розміром ТЗ), час очікування оптимального наповнення останніх тощо (рис. 2). За результатами, отриманими з підсистем 1 та 5 (див. рис. 1), міською владою оголошуються тендери на перевізників, формуються механізми реалізації підсистеми 4. Але, враховуючи динамічну природу даних означеної галузі, перевізники повинні мати резервні рішення у власних АСУ, тобто нерозподілені ТЗ (позначені знаком питання у гаражі на рис. 2), які призначені та придатні погасити сплески даних та трендові коливання пасажиропотоків.

Така інтеграція зовнішніх та внутрішніх підсистем у Smart City має базуватися на енергонезалежному обладнанні інформаційно-вимірjuвальних мереж ІТС. В такому сенсі вуличне обладнання має комбiнувати

засоби електроживлення від стаціонарної мережі з альтернативними джерелами (нп., доєднання до їх конструкцій сонячних батарей та акумуляторів), а також резервувати кабельні/бездротові канали зв'язку та реєструвати адекватні дані в умовах поганого освітлення. Так, наприклад, на рис. 2 як вуличну моніторингову IP-камеру доцільно використовувати модель камери відеоспостереження Solar ABQ-Q1 Full HD Isee з режимом нічного бачення, інтерфейсами WiFi-802,11b/g/n та Ethernet 10/100Mbps [8] та живленням від сонячної енергії та батареї (3000 мА • год; 18650×2 шт.).

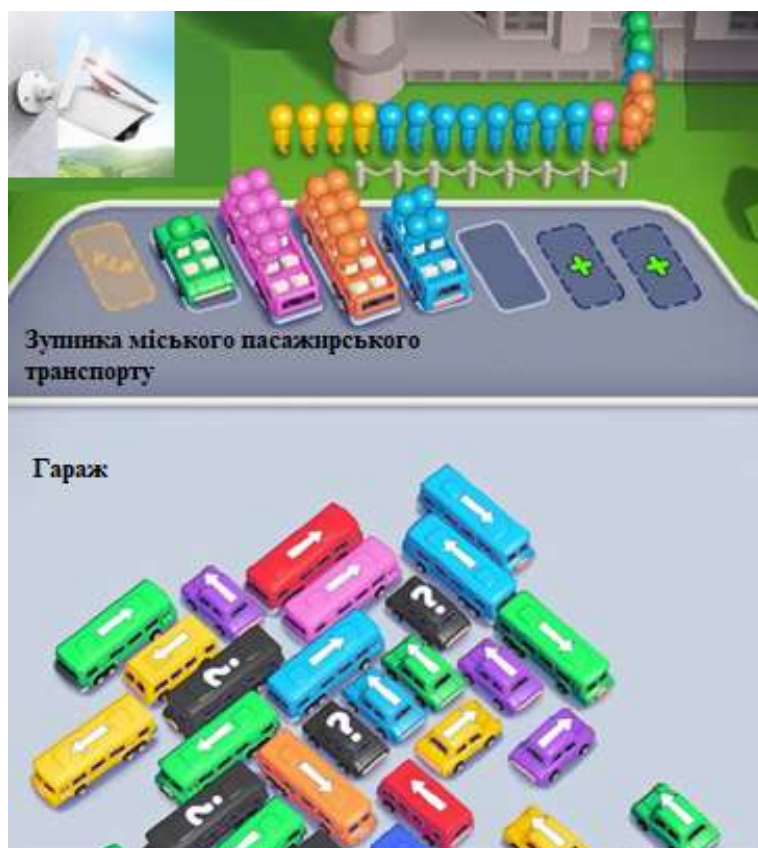


Рисунок 2 – Моделювання завантаження ТЗрізної місткості (за розміром ТЗ) та різних маршрутів (за кольорами ТЗ)

Використовуючи передову аналітику даних, міста можуть покращити процеси прийняття рішень, оптимізувати управління ресурсами та покращити державні послуги, зрештою сприяючи створенню більш сталого та комфортного для життя міського середовища.

На основі проаналізованих наукових робіт та реалізованих транспортних проєктів у дослідженні відображено принципи впливу системи розумного транспорту, її підсистем та функціональних елементів на досягнення деяких SDGs та відповідних показників у контексті впровадження концепції «розумного міста». Дослідження сприяє детальному системному розумінню важливості та потенціалу «розумного транспорту» у вирішенні проблем сталого розвитку міст та міських агломерацій. «Розумні міста» все ширше використовують ІКТ для впровадження широкого спектру застосувань, спрямованих на покращення якості життя та вдосконалення міських послуг. Однак, інтеграція систем взаємодії між органами влади, диспетчерськими центрами, перевізниками та клієнтами (пасажирами) в інфраструктуру «розумного міста» є значною мірою недослідженою галуззю. У цьому дослідженні здійснена спроба багатовимірного моделювання в контексті розвитку «розумного міста». Результати дослідження виявили кілька важливих аспектів: створення узагальненого ІТ-середовища моніторингу, диспетчеризації та управління міськими пасажиропотоками, визначення належного просторового розподілу точок спостереження системи «розумне місто», прив'язаних до геосистеми зупинок міського транспорту, створення геобаз даних для точок спостереження, що містить інформацію про поле зору, кути, відстань та 3D-координати спостереження. Отже, дослідження показує зв'язок між процесами відеоспостереження у Smart City,

імітаційним моделюванням, аналітичною обробкою даних великого обсягу та наданням корисної інформації у режимі реального часу для оптимізації пасажироперевезень.

References

1. Oniya O., Gumbo T. Smart Cities and their impact on urban transportation systems and development. *In book: Emerging Technologies for Smart Cities*. Springer, Cham, 2024. P.105–129. DOI: 10.1007/978-3-031-66943-9_5.
2. Burenko V. O. Analiz napovnenosti zupynok pasazhyrskoho transportu za dopomohoiu alhorytmiv obrobky zobrazen z IR-kamer «rozumnoho mista». *Visnyk Khmel'n. nats. un-tu. Seriya: Tekhnichni nauky*. 2023. T. 1, № 5. S. 47–52. DOI: 10.31891/2307-5732-2023-325-5. [in Ukrainian]
3. Do you know all 17 SDGs? : Report of United Nations Department of Global Communications. 2024. Retrieved from: <https://sdgs.un.org/goals> (Last accessed: 10.05.2025).
4. Abdillah A., Widianingsih I., Buchari R. A., Nurasa H. Using big data methods in Bandung City planning research: Urban resilient governance with Smart City. *Government & Resilience*. 2025. Vol. 3, Is. 1. P. 52–62. DOI: 10.62503/gr.v3i1.24.
5. Bondar A. V., Lapkin O. O. Metody y modeli formuvannia portfeliiu proiektiv rozvytku miskoho transportu na bazi kontseptsii Smart Port-Siti. *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*. 2023. № 2 (24). S. 179–190. DOI: 10.30837/ITSSI.2023.24.179. [in Ukrainian]
6. Burenko V. O. Hrupovi ekspertni otsinky obrobky informatsii v kompiuternykh systemakh «rozumnoho mista». *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. 2024. № 2 (89). S. 118–125. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2024.2.16. [in Ukrainian]
7. Xu Yi. Research on urban transportation planning and optimization based on the concept of Smart City. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2025. Vol. 148. P. 157–163. DOI: 10.54254/2754-1169/2024.LD19186.
8. Vulychna WiFi-kamera videosposterezhennia Solar ABQ-Q1 Full HD. Rezhym dostupu: <https://realshop.com.ua/ua/p1550284023-ulichnaya-wifi-kamera.html> (data zvernennia: 10.05.2025). [in Ukrainian]

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.09

Volodymyr Burenko

MODELING OF URBAN TRANSPORT SUPPLY AND LOADING BASED ON DATA FROM THE SMART CITY SYSTEM

The research focuses on identifying key characteristics of urban transport dispatching to ensure the timely submission of vehicles of appropriate size and routes to stops. Based on the results of information flow modeling, an assessment of the impact of "Smart City" initiatives on urban transport systems and improvement of relevant services to the population was conducted.

Keywords: urban transport dispatching, data processing, expert estimates, information flow modeling, bus stop occupancy, Smart City, energy-independent monitoring.

Відомості про автора / Information about the Author

Володимир Буренко, аспірант спеціальності 122 Комп'ютерні науки Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна. E-mail: volodymyr.burenko22@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7346-5906>.

Volodymyr Burenko, PhD Student of the specialty 122 Computer Science at the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: volodymyr.burenko22@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7346-5906>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.10

Андрій Войтасик
Максим Скоройд

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИМ НАДВОДНИМ КАТЕРОМ

Сучасні виклики, пов'язані з безпекою та керуванням у складних морських умовах, потребують широкого використання безекіпажних надводних катерів. Тези обґрунтовують застосування компонентної бази, що має входити до складу запропонованої структури системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером. Проектування безекіпажного надводного катера відповідно до представленої структури надає можливість забезпечити його безпечне та ефективне функціонування під час виконання місії, отримання достовірних навігаційних даних і виконання поставлених завдань у складних морських умовах.

Наведена структура системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером передбачає наявність підсистем: енергетичного моніторингу, зовнішнього відеоспостереження, а також керування напілним електрообладнанням. Взаємодію між компонентами системи автоматичного керування реалізовано через мережевий інтерфейс RS-485 із застосуванням контролера.

Ключові слова: безпека мореплавства, безекіпажний надводний катер, система автоматичного керування, навігація, сенсори, інформаційний обмін.

Проектування безекіпажних надводних катерів (БНК) активно досліджується через зростаючу потребу в удосконаленні їх систем автоматичного керування (САК), що забезпечують ефективну роботу бортових систем керування та контролю [1]. Сучасні дослідження зосереджені на створенні нових алгоритмів керування, які підвищують автономність, надійність і точність БНК в умовах відкритого моря [2]. Серед основних напрямів – кооперативна навігація, уникнення зіткнень, енергоефективність, а також об'єднання сенсорних технологій і рішень на базі штучного інтелекту [3].

Останні дослідження зосереджуються на створенні автономної навігації для БНК із застосуванням інтегрованих GNSS/INS-систем, сенсорної обробки даних та алгоритмів глибокого і підкріплювального навчання для підтримки прийняття рішень [4]. У контексті побудови маршрутів і уникнення зіткнень акцент робиться на впровадженні багатофункціональних сенсорних систем і стійких до екстремальних умов алгоритмів керування [5].

Важливою складовою досліджень є вплив гідродинамічних параметрів на стійкість і керованість БНК, що є критичним для їх безпечної експлуатації [6]. Також вивчаються підходи до координації дій групи катерів, зокрема для виконання завдань пошуку, порятунку та патрулювання великих зон [7].

Попри досягнутий прогрес, все ще актуальними залишаються питання інтеграції навігаційних, комунікаційних і керуючих підсистем у єдину САК. Це визначає потребу у розробці цілісної архітектури керування, здатної забезпечити стабільну автономну роботу БНК під час тривалих морських місій.

Надійна робота БНК тісно пов'язана з об'єднанням різноманітних бортових підсистем, що відповідають за моніторинг, керування та безпеку. Для цього можуть застосовуватись наявні рішення з енергетичного контролю, відеоспостереження, відстеження водотоннажності та роботи навісного обладнання. Сучасні розробки зосереджені на автоматичних системах виявлення води в корпусі катера, адаптованих до специфіки БНК. Подібні технології вже застосовуються на вантажних суднах і можуть бути адаптовані для безекіпажних платформ із забезпеченням надійної сенсорної роботи та сумісності з САК.

У роботі запропоновано реалізувати САК БНК відповідно до структури наведеної на рис. 1.

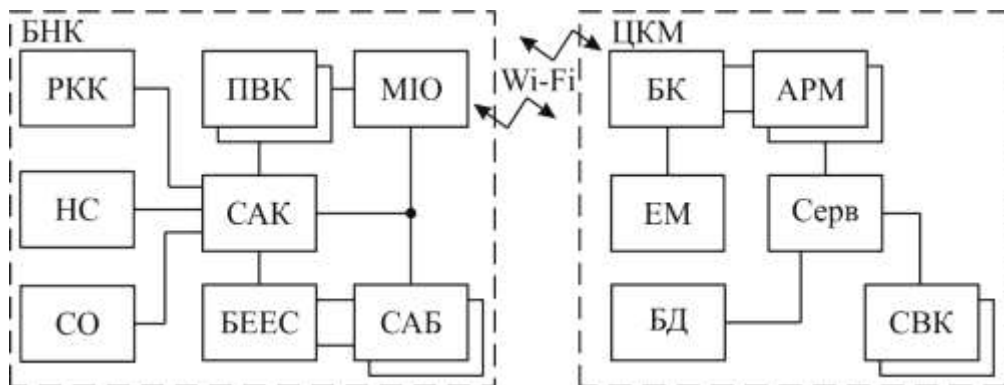


Рис. 1. Структура САК БНК

Система освітлення (СО) забезпечує видимість навколо БНК у темну пору доби та за несприятливих погодних умов. Вона оснащена регульованими LED-прожекторами з можливістю автоматичного ввімкнення через САК залежно від обстановки. Як правило, передбачається режим зниження помітності катера у спеціальних ситуаціях.

Навігаційна система (НС) забезпечує точне позиціювання в реальному часі за допомогою GPS і інерціальних сенсорів, що дозволяє зберігати орієнтацію навіть без супутникового сигналу. Вона інтегрована з САК для підтримання маршруту, передбачення перешкод і оптимізації руху. Постійний обмін даними з центром керування місією (ЦКМ) дозволяє оновлювати карти та зберігати стабільність роботи навіть в умовах електромагнітних завад.

Рушійно-кермовий комплекс (РКК) БНК включає двигуни та системи керування напрямком руху, що функціонують під контролем САК. Можливе використання як паливного, так і електричного живлення. На випадок відмови основних елементів передбачають резервний режим, а також ручне керування з оперативною реакцією на команди з ЦКМ. Інтелектуальні алгоритми автоматично коригують швидкість і курс відповідно до зовнішніх умов.

Бортова електроенергетична система (БЕЕС) забезпечує живлення всіх підсистем БНК, включаючи основний генератор, резервне джерело та енергозберігаючі модулі. Розподіл енергії здійснюється динамічно відповідно до поточних потреб. Система оснащена сенсорами для моніторингу енергоресурсів у реальному часі та передає дані до модуля інформаційного обміну (МІО). Завдяки резервним акумуляторам БЕЕС зберігає працездатність навіть при відмові основного джерела. Постійний контроль та оптимізація енергоспоживання підвищують автономність і паливну ефективність. Актуальні дослідження підтверджують доцільність використання сучасних сенсорів і аналітики для виявлення несправностей на ранніх етапах.

САК є головним елементом керування всіма підсистемами БНК. Вона забезпечує як автономне, так і дистанційне керування, аналізує ситуацію та приймає оптимальні рішення. САК підтримує самодіагностику, автоматичне усунення збоїв і взаємодіє з оператором через МІО.

Палубний відеокomплекс (ПВК) включає мережу камер із круговим оглядом, що працюють у високій роздільності. Оснащення інфрачервоними і телевізійними сенсорами дозволяє вести спостереження вночі та при поганій видимості. ПВК об'єднується із САК для автоматичного виявлення перешкод, а відеопотік передається до центру керування місією в реальному часі. Обладнання має бути з захистом від води, пилу та механічного впливу.

Система автоматичної безпеки (САБ) відповідає за виявлення загроз та захист технічного оснащення БНК. Вона включає сенсори температури, тиску, вібрацій і наявності води, а також використовує прогностичні алгоритми для виявлення потенційних збоїв. У разі критичної ситуації САБ може автоматично зупинити катер. Об'єднання з іншими модулями САК забезпечує обмін діагностичними даними. Крім того, система має передбачати захист від кіберзагроз і здатність працювати як автономно, так і під контролем ЦКМ.

МІО забезпечує зв'язок між катером і центром керування місією. Він приймає команди від операторів і передає телеметричні дані у зворотному напрямку через бездротові канали, зокрема Wi-Fi. Наявність резервних ліній зв'язку підвищує надійність, а захищені протоколи гарантують конфіденційність даних. МІО має підтримувати передачу великого обсягу інформації в режимі реального часу.

ЦКМ відповідає за моніторинг, обробку й аналіз даних, що надходять від САК БНК. Він може бути реалізований як у стаціонарному варіанті, так і у мобільному – на базі наземного або морського транспорту.

Блок керування (БК) виконує маршрутизацію сигналів між базою даних, серверною (Серв) та автоматизованим робочим місцем (АРМ), а також забезпечує зв'язок із зовнішніми мережами. Має передбачати вбудований захист від збоїв і резервні канали, що гарантують безперервну роботу системи та високу пропускну здатність.

Серверна частина ЦКМ обробляє й аналізує вхідні дані, забезпечуючи оперативне прийняття рішень. Вона синхронізується з базою даних для збереження інформації, підтримує паралельну роботу над кількома місіями та гарантує безпеку даних завдяки захищеним протоколам.

БД зберігає ключову інформацію для виконання місій – маршрути, технічні характеристики БНК і результати спостережень. Вона забезпечує оперативний доступ до даних, синхронізується із серверною та підтримує зберігання відеопотоків із ПВК і стаціонарного відеокomплексу (СВК). Має передбачатися резервне копіювання для захисту від втрати інформації. СВК включає систему камер, розміщених у критичних зонах ЦКМ. Він фіксує події в режимі реального часу, виявляє рух і сповіщає операторів про потенційні загрози, підвищуючи рівень безпеки та контроль за місіями.

Електромережа (ЕМ) забезпечує стабільне енергопостачання всіх компонентів ЦКМ. Система включає основне живлення, розподільчі елементи та резервні акумулятори. Завдяки сенсорам здійснюється контроль параметрів, а інтелектуальне керування дозволяє автоматично перерозподіляти ресурси в разі зміни навантаження чи аварійних ситуацій.

Висновок. Реалізація запропонованої структури системи автоматичного керування безекіпажним надводним катером, яка об'єднує навігаційні, комунікаційні та керуючі функції здатна забезпечити його ефективну працездатність при запровадженні таких режимів роботи як патрулювання, проведення рятувальних операцій та охорони об'єктів морської інфраструктури. До складу структури входять системи автоматичної безпеки призначені для виявлення загроз та захисту обладнання катера. Автор вважає за доцільне спрямувати подальші дослідження на вирішення проєктних задач, пов'язаних із розробкою методів контролю технічних параметрів складових елементів бортових систем для зменшення ризиків виникнення відмов під час довготривалих режимів роботи.

References

1. Pinheiro L., Fortes C. J., Lopes P., Poseiro P., Santos J. A. (2018) Warning system for navigation and moored ships in ports. *Revista de engenharia térmica*, 16(2), p. 27.
2. Melnyk O., Onyshchenko S., Onishchenko O., Shumylo O., Voloshyn A., Koskina Y., Volianska Y. (2023) Review of ship information security risks and safety of maritime transportation issues. *The international journal on marine navigation and safety of sea transportation (TransNav)*, 16 (4), pp. 717-722.
3. Tang H., Yin Y., Shen H. (2022) A model for vessel trajectory prediction based on long short-term memory neural network. *Journal of marine engineering & technology*, 21 (3), pp. 136–145.
4. Guo M., Zhou X., Guo C., Liu Y., Zhang C., Bai W. (2024) Adaptive federated filter–combined navigation algorithm based on observability sharing factor for maritime autonomous surface ships. *Journal of marine engineering & technology*, 23 (2), pp. 98–112.
5. Gongxing, Wu, Taotao Xu, Yushan Sun, Jiawei Zhang (2022) Review of multiple unmanned surface vessels collaborative search and hunting based on swarm intelligence. *International journal of advanced robotic systems*, 19 (2), pp. 1–20.
6. Zhao Y., Fenglei H., Duanfeng H., Xiao P., Wangyuan Z. (2022) Decision-making for the autonomous navigation of USVs based on deep reinforcement learning under IALA maritime buoyage system. *Ocean Engineering*, 266 (5), p. 112557.
7. Liu W., Chen S., Hu Y., Lou N., Wang S. (2024) Enhancing USVs navigation based on minimum error entropy of GPS vector tracking. *Measurement science and technology measurement science and technology*, 35 (7), p. 076307.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN UNMANNED SURFACE VESSEL

Modern challenges related to safety and control in difficult sea conditions require the widespread use of unmanned surface vessels. The thesis justifies the use of a component base that should be part of the proposed structure of the automatic control system for an unmanned surface vessel. Designing an unmanned surface vessel in accordance with the presented structure makes it possible to ensure its safe and effective functioning during mission performance, obtaining reliable navigation data and performing assigned tasks in difficult sea conditions.

The presented structure of the automatic control system for an unmanned surface vessel assumes the presence of subsystems: energy monitoring, external video surveillance, as well as control of mounted electrical equipment. The interaction between the components of the automatic control system is implemented via the RS-485 network interface using a controller.

Key words: maritime safety, unmanned surface vessel, automatic control system, navigation, sensors, information exchange.

Відомості про автора / Information about the Author

Андрій Войтасик, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: andrii.voityasyk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9409-6108>.

Andrii Voityasyk, PhD, Senior lecturer of the Department of automation and computer-integrated technologies of the Faculty of computer science of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: andrii.voityasyk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9409-6108>.

Максим Скороїд, викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: hahido71@gmail.com.

Maksym Skoroid, lecturer of the Department of automation and computer-integrated technologies of the Faculty of computer science of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: hahido71@gmail.com

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.11

Олександр Волчан
Олег Щесюк

РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

У даній роботі досліджено методи вдосконалення та оптимізації роботизованих систем для перевезення вантажів. Це комплекс технічних засобів, що об'єднує гусеничну мобільну платформу та маніпулятор для захоплення і транспортування вантажів. Такі системи розробляються для забезпечення ефективного і безпечного переміщення вантажів у складних умовах, де використання традиційної техніки або людської праці є обмеженим або небезпечним.

До складу роботизованої системи входять механічні, електронні та програмні компоненти, зокрема гусенична база для пересування різними типами місцевості, маніпулятор для захвату і переміщення об'єктів, система управління, сенсори орієнтації та перешкод, а також елементи безпеки. Такі системи широко використовуються у будівництві, логістиці, рятувальних операціях, та інших галузях, де потрібне автономне або дистанційне транспортування вантажів.

Роботизована система працює за допомогою програмного забезпечення, що здійснює обробку даних від датчиків та керує рухом мобільної платформи і маніпулятора. Завдяки цьому забезпечується точне позиціонування, безпечне транспортування та адаптація до змінних умов навколишнього середовища.

Метою роботи є створення функціональної роботизованої системи, здатної ефективно та безпечно здійснювати транспортування вантажів у складних умовах.

Об'єктом дослідження є процес транспортування вантажів за допомогою мобільних роботизованих систем.

Предметом дослідження є роботизована система на гусеничній платформі з маніпулятором для перевезення вантажів.

Ключові слова: маніпулятор, програмне забезпечення, гусенична платформа

За сучасних умов розвитку промисловості, логістики та рятувальних операцій системи автоматизованого вантажного транспорту набувають дедалі більшого значення. Одним із найперспективніших напрямків є використання роботизованих систем для вантажних перевезень [1].

Роботизована система перевезення вантажів — це поєднання апаратного та програмного забезпечення, яке забезпечує автономне або напіваавтономне переміщення вантажу в космосі. Спеціальні мобільні платформи та маніпулятори використовуються для підйому, транспортування та розвантаження предметів різної форми, ваги та розміру [2].

Така система зазвичай включає такі складові:

- Мобільна основа (на рейках або колесах), яка дозволяє пересування в певному середовищі.
- Маніпулятор — це механічний пристрій, який виконує функції захоплення, переміщення та розміщення вантажу.
- Сенсорні системи — включають датчики для визначення положення, навігації, виявлення об'єктів, уникнення перешкод та моніторингу навколишнього середовища.
- Контролери та програмне забезпечення — дозволяють обробляти дані датчиків, приймати рішення, планувати маршрути та керувати рухом та роботою маніпулятора.
- Система живлення — акумулятори або інші джерела енергії, що живлять електроніку та приводи платформи та маніпулятора.
- Системи такого типу можуть працювати як під безпосереднім керуванням оператора за допомогою дистанційного керування, так і повністю автономно, керуючись інтегрованими алгоритмами штучного інтелекту, комп'ютерного зору та обробки даних датчиків [3].

Галузі застосування роботизованих транспортних систем:

- Промислова логістика: автоматизовані склади, сортувальні центри, фабрики.
- Будівництво: Перевезення будівельних матеріалів на будівельних майданчиках зі складним рельєфом.
- Рятувальні операції: доставка обладнання або медичних матеріалів до небезпечних або важкодоступних районів.

Основні характеристики роботизованої системи для транспортування вантажів:

- Автономність на роботі: здатність самостійно планувати маршрут, приймати рішення враховуючи перешкоди або зміни навколишнього середовища.
- Універсальність: здатність адаптуватися до перевезення різних типів вантажів за допомогою змінних маніпуляторів або захоплень.
- Мобільність: здатність пересуватися в різних середовищах – на рівних підлогах складів, нерівній місцевості, нерівних поверхнях або в складних умовах (наприклад, після зсувів чи в зонах стихійних лих).
- Сільське господарство: Автоматизований збір, транспортування та обробка врожаю [2].

Переваги використання роботизованих систем:

- Зменшення витрат на ручну працю та зменшення ризику травмування працівників.
- Підвищення ефективності логістичних процесів.
- Здатність працювати у складних або небезпечних умовах.
- Гнучкість адаптації до різних завдань та умов експлуатації.

Поточний стан розвитку технологій:

Сьогодні існує широкий спектр мобільних роботів з маніпуляторами, які здатні вирішувати різні логістичні та рятувальні завдання. Відомі приклади включають роботів від Boston Dynamics (наприклад, гусеничні роботи для транспортування товарів у складних умовах), автоматизовані складські системи від Amazon Robotics та військові транспортні платформи, такі як MUTT (Multipurpose Unmanned Tactical Transport) [4]. На рис.1 наведена функціональна схема роботизованої системи для перевезення вантажів, яка розроблена авторами.

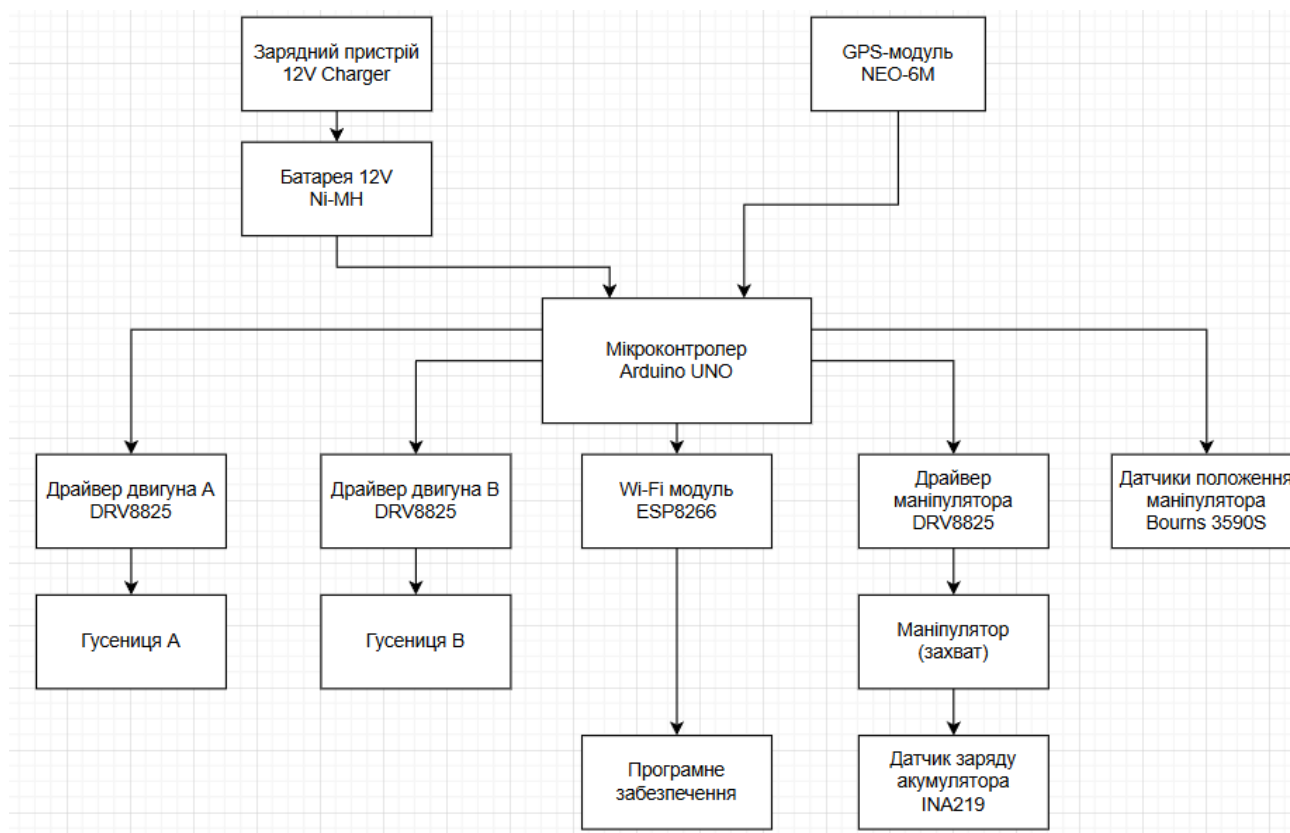


Рис. 1. Функціональна схема роботизованої системи для перевезення вантажів

Система складається з наступних елементів.

Живлення: Зарядний пристрій (12V Charger) заряджає батарею (12V Ni-MH), яка забезпечує живлення всієї системи.

Мікроконтролер (Arduino Uno): Керує всіма компонентами системи, обробляє сигнали від сенсорів та модулів, надсилає команди виконавчим механізмам.

GPS-модуль (NEO-6M): Забезпечує навігаційні дані для автономного пересування дрона.

Драйвери двигунів (DRV8825): Керують гусеничними моторами, забезпечуючи рух дрона [4].

Гусениці (А та В): Забезпечують пересування дрона по різних поверхнях.

Wi-Fi модуль (ESP8266): Забезпечує бездротовий зв'язок для передачі даних та отримання команд від програмного забезпечення.

Програмне забезпечення: Обробляє дані, отримані від дрона, та надсилає команди для виконання завдань.

Драйвер маніпулятора (DRV8825): Керує рухами маніпулятора, забезпечуючи точне позиціонування та захват об'єктів.

Датчики положення маніпулятора (Bourns 3590S): Відстежують положення маніпулятора для точного керування.

Маніпулятор (захват): Виконує захват та переміщення об'єктів.

Датчик заряду акумулятора (INA219): Моніторить рівень заряду батареї, забезпечуючи своєчасну підзарядку.

Висновки

Роботизована система для перевезення вантажів є універсальним технічним комплексом, що поєднує гусеничну платформу, маніпулятор і систему управління для ефективного та безпечного транспортування у складних умовах. Завдяки інтеграції механічних, електронних і програмних компонентів, такі системи здатні автономно або дистанційно переміщувати вантажі, адаптуючись до навколишнього середовища. Вони мають широке застосування в різних галузях, включаючи будівництво, логістику, рятувальні та військові операції.

References

1. Appius, A., Bauer, E., Blöchliger, M., Kalra, A., Oberson, R., Raayatsanati, A., Strauch, P., Suresh, S., von Salis, M., & Katzschmann, R. K. (2022). RAPTOR: Rapid Aerial Pickup and Transport of Objects by Robots.
2. Saunders, J., Saedi, S., & Li, W. (2021). Autonomous Aerial Delivery Vehicles: A Survey of Techniques on How Aerial Package Delivery is Achieved
3. Schiano, F., Kornatowski, P. M., Cencetti, L., & Floreano, D. (2022). Reconfigurable Drone System for Transportation of Parcels With Variable Mass and Size
4. Fang, K., Huang, Q., & Hao, Y. (2024). Autonomous Cargo Grabbing System for Drones Using Cameras and ROS. Applied and Computational Engineering, 98, 85–94.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.11

Oleksandr Volchan
Oleg Shchesiuk

ROBOTIC CARGO TRANSPORTATION SYSTEM

In this paper, methods for improving and optimizing robotic cargo transportation system are studied. Is a set of technical means that combines a tracked mobile platform and a manipulator for capturing and transporting cargo. Such systems are developed to ensure the efficient and safe movement of cargo in difficult conditions where the use of traditional equipment or human labor is limited or dangerous.

The robotic system includes mechanical, electronic and software components, in particular a tracked base for moving over various types of terrain, a manipulator for capturing and moving objects, a control system, orientation and obstacle sensors, as well as safety elements. Such systems are widely used in construction, logistics, rescue operations, the military and other industries where autonomous or remote cargo transportation is required.

The robotic system works using software that processes data from sensors and controls the movement of the mobile platform and manipulator. This ensures accurate positioning, safe transportation and adaptation to changing environmental conditions.

The purpose of the work is to create a functional robotic system capable of effectively and safely transporting goods in difficult conditions.

The object of the study is the process of transporting goods using mobile robotic systems.

The subject of the study is a robotic system on a tracked platform with a manipulator for transporting goods.

Keywords: *manipulator, software, crawler platform*

Відомості про автора / Information about the Author

Олександр Волчан, студент 6 курсу кафедри автоматизації комп'ютерно – інтегрованих технологій та робототехніки, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: sasha.volchan.2002@gmail.com@gmail.com

Oleksandr Volchan, 6th year student of the Department of Automation of Computer – Integrated Technologies and Robotics of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: sasha.volchan.2002@gmail.com@gmail.com

Олег Щесюк, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКІТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: taifun.kv@gmail.com , orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Oleg Shchesiuk – PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: taifun.kv@gmail.com , orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.12

Станіслав Ганулич,
Борис Салтовський

РОЗРОБКА МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ КЛАВІАТУРИ НА БАЗІ ДАТЧИКА PAJ7620

Пропонується безконтактний засіб керування комп'ютером за допомогою HID-пристрою на базі датчика PAJ7620. Цей датчик дозволяє розпізнавати жести які потім передаються в комп'ютер як скан-коди клавиш. Завдяки універсальності HID протоколу пристрій може працювати під будь-якими операційними системами, в тому числі і мобільними.

Ключові слова: *клавіатура, датчики, PAJ7620, USB, HID, Arduino, безконтактні пристрої.*

У сучасну епоху цифрової трансформації питання зручності, швидкості та інтуїтивності взаємодії людини з комп'ютером стає одним із ключових у розробці нових інтерфейсів. Особливої актуальності набувають безконтактні способи керування, які дозволяють мінімізувати фізичний контакт з пристроями та звільнити користувача від залежності від традиційних методів введення. У цій роботі розглядається проєкт створення мультимедійної клавіатури, яка використовує датчик жестів PAJ7620 і мікроконтролер Arduino Leonardo, пропонуючи новий підхід до управління медіаконтентом через природні рухи рук.

Мультимедійні пристрої стали невід'ємною частиною як побутового, так і професійного середовища. Водночас потреба в швидкому доступі до функцій управління – таких як регулювання гучності, перемикання треків, пауза, відтворення, заглушення звуку – зростає пропорційно до кількості використовуваних платформ, сервісів і застосунків. Звичні клавіатури та миші не завжди відповідають цим вимогам, особливо в умовах обмеженого простору або при необхідності частих перемикань між задачами. Це відкриває шлях для альтернативних рішень, зокрема жестових інтерфейсів.

У світі вбудованих систем, де кожен міліметр простору та мікроват енергії має значення, датчик жестів PAJ7620 (рис. 1) представляє собою унікальне поєднання компактності, енергоефективності та функціональності. Цей мініатюрний оптичний сенсор, розроблений компанією PixArt Imaging Inc., став справжнім проривом у демократизації технологій жестового керування, дозволивши навіть простим мікроконтролерним системам розпізнавати жести людини без необхідності у складних обчислювальних алгоритмах та потужних процесорах.

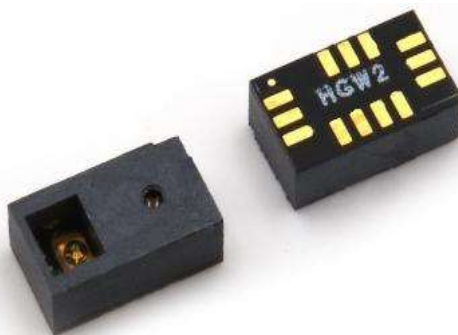


Рис. 1. Датчик жестів PAJ7620

PAJ7620 базується на технології інфрачервоного (ІЧ) оптичного розпізнавання. Це система, що інтегрує ІЧ-випромінювачі, масив фотодіодів та спеціалізовану систему обробки сигналів. Саме ця інтеграція дозволяє датчику виконувати розпізнавання жестів автономно, передаючи на мікроконтролер вже готові результати, а не первинні дані, які потребують подальшої обробки.

Ключовою особливістю PAJ7620 (рис. 2) є його здатність аналізувати послідовні кадри таких зображень для виявлення руху. Вбудований процесор датчика обчислює вектори руху між послідовними кадрами, визначаючи напрямок, швидкість та характер переміщення об'єкта. Ця інформація обробляється за допомогою вбудованих алгоритмів розпізнавання образів, які порівнюють отримані дані із заздалегідь запрограмованими шаблонами жестів.



Рис. 2. Модуль з датчиком PAJ7620U2

Стандартна конфігурація PAJ7620 дозволяє розпізнавати дев'ять базових жестів: рух вгору, вниз, вліво, вправо, вперед (наближення до сенсора), назад (віддалення від сенсора), за годинниковою стрілкою, проти годинникової стрілки та коливальний рух. Цього набору жестів достатньо для реалізації базового управління мультимедійними функціями, такими як регулювання гучності, перемикання треків чи каналів, паузи та відновлення відтворення.

Для обробки інформації з датчика використовується плата Arduino Pro Micro (рис. 3). Вона відрізняється від інших плат Arduino насамперед своєю архітектурою. Мікроконтролер ATmega32u4, який лежить в основі плати, інтегрує USB-контролер безпосередньо в чіп, що усуває необхідність у додатковому перетворювачі USB-UART. Ця особливість має кардинальне значення для проєктів, що потребують безпосередньої взаємодії з комп'ютером, оскільки дозволяє платі емулювати різноманітні периферійні пристрої введення, такі як клавіатура або миша.



Рис. 3. Плата Arduino Pro Micro

Найбільш значущою перевагою Arduino Pro Micro для реалізації мультимедійної клавіатури на основі жестів є здатність емулювати HID-пристрої. Завдяки вбудованому USB-контролеру, Pro Micro може функціонувати як

стандартна комп'ютерна клавіатура, миша або джойстик без необхідності в додатковому апаратному забезпеченні. Ця можливість відкриває широкі перспективи для створення альтернативних інтерфейсів введення.

Бібліотека Keyboard.h, що входить до стандартного набору Arduino IDE, дозволяє легко реалізувати функції емуляції клавіатури. Це особливо корисно для системи керування жестами, оскільки дозволяє асоціювати певні жести з відповідними командами клавіатури, що виконуються в різних програмах.

Наприклад, жест «змахування вправо» може бути інтерпретований як команда «наступний трек» у медіаплеєрі, що технічно реалізується як натискання клавіші «Next Track» або комбінації «Ctrl+Right». Аналогічно, жести можуть відповідати командам регулювання гучності, паузи/відтворення, перемотування та інших мультимедійних функцій.

Плати між собою з'єднуються за допомогою протоколу I²C (рис. 4).

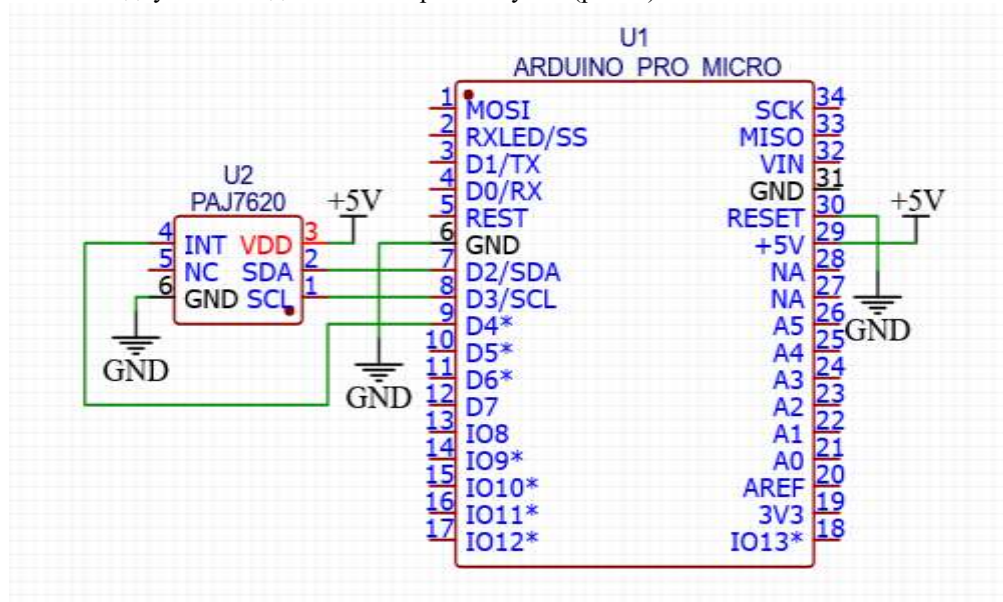


Рис. 4. Принципова схема пристрою

На макетній платі пристрій має наступний вигляд (рис. 5).

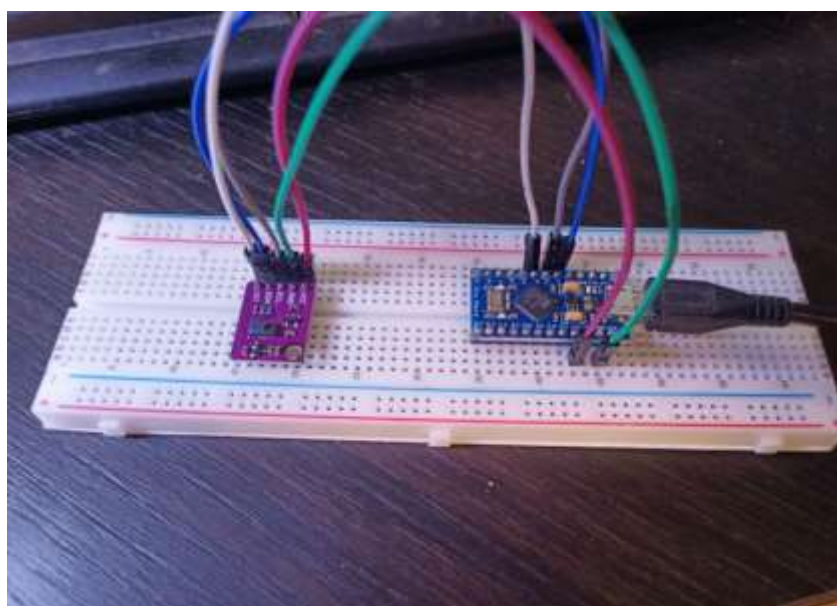


Рис. 5. Загальний вигляд прототипу пристрою

Таким чином, алгоритми розпізнавання комбінацій жестів та послідовностей відкривають ще ширші можливості для взаємодії з мультимедійними системами. Подібно до того, як комбінації клавіш розширюють функціональність клавіатури, послідовності та комбінації жестів дозволяють реалізувати більш складні команди без необхідності вводити додаткові базові жести. Наприклад, жест «змахування вправо» з подальшим утриманням руки в полі зору датчика може інтерпретуватися як команда перемотування вперед, де тривалість утримання визначає швидкість перемотування. Такі комплексні інтерпретації вимагають більш складних алгоритмів, які враховують не лише тип жесту, але й часові характеристики, послідовність та взаємозв'язок різних рухів.

References

1. Pro Micro & Fio V3 Hookup Guide. Retrieved from: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pro-micro--fio-v3-hookup-guide/all> (Last accessed: 18.05.2025).
2. Pro Micro. Retrieved from: https://github.com/sparkfun/Pro_Micro (Last accessed: 18.05.2025).
3. PAJ7620U2 Gesture Sensor. Retrieved from: https://www.waveshare.com/wiki/PAJ7620U2_Gesture_Sensor (Last accessed: 18.05.2025).
5. PAJ7620U2: Integrated Gesture Recognition Sensor. Retrieved from: https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove_Gesture_V_1.0/res/PAJ7620U2_DS_v1.5_05012022_Confidential.pdf (Last accessed: 18.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.12

Stanislav Hanulich,
Borys Saltovskiy

DEVELOPMENT OF A MULTIMEDIA KEYBOARD BASED ON THE PAJ7620 SENSOR

A contactless computer control device based on the PAJ7620 sensor is proposed. This sensor enables gesture recognition, which is then transmitted to the computer as key scan codes. Thanks to the versatility of the HID protocol, the device can operate on any operating system, including mobile platforms.

Key words: keyboard, sensors, PAJ7620, USB, HID, Arduino, contactless devices.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Станіслав Ганулич, бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: stanis26060@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-6948-7862>.

Stanislav Hanulich, Bachelor's student of the Computer Engineering Department at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. Email: stanis26060@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-6948-7862>.

Борис Салтовський, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: borys.saltovskiy@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0006-8296-201X>.

Borys Saltovskiy, Senior Lecturer at the Department of Computer Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: borys.saltovskiy@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0006-8296-201X>.

МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я

Розглянуто модельно-орієнтовані підходи проектування спеціалізованих систем моніторингу стану здоров'я людини. Обґрунтовано доцільність використання такого підходу в умовах зростання ролі цифрових технологій у повсякденному житті.

Ключові слова: модельно-орієнтований підхід, модельно-орієнтована розробка, штучний інтелект, IoT.

Моніторинг стану здоров'я людини є критично важливою складовою сучасної медицини. Пристрої, призначені для носіння людиною, різноманітні медичні комп'ютерні системи – все це формує нові вимоги до інформаційних систем, які мають бути гнучкими, адаптивними та надійними. В таких умовах усе більшої актуальності набуває модельно-орієнтований підхід, що дозволяє створювати системи з високим рівнем узгодженості між вимогами, архітектурою та реалізацією.

Модельно-орієнтований підхід (МОП), також зустрічається як модель-керована розробка (МКР) – це парадигма розробки програмного забезпечення зосереджена на використанні моделей як основних артефактів на всьому циклі розробки програмного забезпечення (ПЗ) [1]. В рамках цієї парадигми розробники зосереджуються не на безпосередньому написанні коду, а на формуванні структурних та поведінкових моделей ПЗ. Потім ці моделі лягають в основу програмного коду, що дозволяє підвищити рівень абстракції під час розробки. Таким чином, працюючи з моделями, розробники можуть зосередитися на системі, перш ніж заглибитися в реалізацію.

Спеціалізовані системи моніторингу здоров'я є складними та поєднують в собі інтеграцію різноманітного апаратного забезпечення, програмне забезпечення та комунікаційні технології. Такі системи також повинні відповідати нормативним вимогам і враховувати критичні аспекти, такі як конфіденційність та безпеку даних. Застосунки інтернету речей (IoT) корисні для надання медичної допомоги, оскільки вони забезпечують безпечний моніторинг за пацієнтом у режимі реального часу. Це підкреслює важливість надійних підходів до розробки МОП. Впровадження перевірених вимогами медичних датчиків, що носять на тілі та діють як базові станції, мають важливе значення для розробки надійних систем постійного моніторингу здоров'я [4]. МОП забезпечує структурований спосіб управління складністю таких систем.

З огляду на багатогранний характер спеціалізованих систем моніторингу здоров'я, структурований та модельний підхід пропонує переваги стосовно управління складністю, забезпечення надійності та сприяння співпраці між міждисциплінарними командами. Розробка такої системи, яка постійно здійснює моніторинг основних фізіологічних параметрів пацієнта, виявляє аномалії та сповіщає медичних працівників, потребує всебічного аналізу численних аспектів, від точності та безпеки передачі даних до інтерфейсу користувача мобільного додатка та обробки даних на сервері.

Основними принципами та перевагами МОП дозволяють розробникам працювати на вищому рівні абстракції, зосереджуючись на моделях, які відображають основні аспекти систем, не заглиблюючись у низькорівневі деталі реалізації [1]. Ця абстракція спрощує процес розробки та апаратного забезпечення складними системами. Health-Dev абстрагує деталі програмного та апаратного забезпечення мереж датчиків тіла [4]. Health-De є одним із фреймворків модельно-керованої розробки, спрямований на створення системи постійного моніторингу здоров'я (RHMS), які використовують датчики тіла. Він вирішує проблеми реалізації надійних RHMS шляхом автоматизації генерації коду як для носимих датчиків, так і для базових станцій смартфонів.

Ключовою перевагою МОП є можливість автоматизації значної частини процесу розробки, особливо генерації коду з моделей [1]. Ця автоматизація економить час, зменшує ймовірність людських помилок та підвищує загальну продуктивність розробки. HealMA включає набір перетворень, упакованих як плагін Eclipse [1]. HealMA є модель-керованим фреймворком, спеціально розробленим для швидкої розробки застосунків

віддаленого моніторингу здоров'я для платформи Android [1]. Він надає повний набір інструментів та методології для спрощення процесу розробки.

Візуальні моделі відіграють роль універсальної мови, яка покращує взаєморозуміння та співпрацю між усіма учасниками процесу розробки систем моніторингу здоров'я, від програмістів до лікарів, пацієнтів і представників регуляторних органів. У межах МОП використання графічних моделей дозволяє спростити розробку, адже ці моделі чітко відображають логіку роботи системи, її структуру та дані. Такий підхід допомагає легко пояснити функціональність додатку людям із різним технічним рівнем, що особливо важливо під час обговорення вимог і архітектури з нетехнічними учасниками.

Якщо мова йде про етапи розробки систем моніторингу здоров'я з використанням МОП, відокремлюють такі як:

- планування та визначення вимог;
- аналіз та концептуальне моделювання;
- проектування та прототипування;
- розробки програмного забезпечення;
- тестування та верифікація програмного забезпечення;
- впровадження та інтеграція;
- експлуатація та обслуговування.

На стадії планування та визначення вимог з'ясовуються потреби медичного персоналу та пацієнтів та формуються цілі і завдання майбутньої системи. На другому етапі проходить аналіз та концептуальне моделювання, на якому відбувається деталізація вимог та побудова загальної моделі системи, визначаються функціональні межі та призначення системи. За ним слідує проектування та прототипування. На основі концептуальної моделі розробляється архітектура системи, детально проектується інтерфейси, бази даних, взаємодія компонентів, мережеві налаштування. У межах МОП створюються точніші моделі, зокрема діаграми станів, структури, компонентів. Далі йде етап розробки програмного забезпечення. На ньому відбувається перехід від моделей до робочого коду. Завдяки спеціальним інструментам частина програмного коду може генеруватися автоматично. Це значно зменшує обсяг ручної роботи. Розробники також можуть вручну допрацювати окремі функції, які складно змодельовати. Такий підхід економить час і знижує ризик помилок. П'ятий етап тестування та верифікація програмного забезпечення. Після написання коду систему потрібно перевірити. Тестування в МОП охоплює не лише перевірку програми, а й оцінку самих моделей – чи правильно вони описують бажану поведінку. Проводиться порівняння того, як працює система, з тим, як це передбачено на рівні моделей і початкових вимог. Далі переходять до впровадження та інтеграції. Коли систему протестовано, її впроваджують у медичні заклади. Важливим кроком є налаштування взаємодії з іншими системами, наприклад, електронними медичними записами. На наступному відбувається експлуатація та обслуговування. Після запуску система продовжує працювати й потребує постійної підтримки. Можуть з'явитися нові вимоги, виправлення помилок чи потреба в оновленні функціоналу. У межах МОП ці зміни вносяться на рівні моделей, після чого оновлюється і сам код. Це забезпечує послідовність і зменшує ймовірність порушення логіки роботи системи.

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у системи моніторингу здоров'я людини має значний потенціал для покращення можливостей та ефективності спеціалізованих систем моніторингу здоров'я (рис. 1).



Рис. 1. Вплив інтеграції штучного інтелекту на модель-керовані системи моніторингу здоров'я

На схемі на рис. 1 можна побачити основні напрямки використання ІІІ в сучасних медичних системах спостереження за станом здоров'я людини. Таким чином, добре видно, що найвищий вплив ІІІ має на покращення точності та швидкості аналізу великих даних та прогнозування, що дозволяє виявляти загрози здоров'я на ранніх стадіях. Також, важливими аспектами впливу є персоналізований підхід до догляду, підвищення точності діагностики та безперервний моніторинг у режимі реального часу. Таким чином, автоматизація повсякденних процесів зменшує навантаження на медперсонал, а проблеми інтеграції ІІІ вказують на потребу в етичному та технічному супроводі.

Як висновок можна зазначити що модельно-орієнтований підхід пропонує потужну парадигму для вирішення зростаючої складності спеціалізованих систем моніторингу здоров'я, забезпечуючи абстракцію, автоматизацію, покращену комунікацію та ранню валідацію.

References

1. Mehrabi M., Zamani B., Hamou-Lhadj A. HealMA: a model-driven framework for automatic generation of IoT-based Android health monitoring applications. *Automated Software Engineering*. 2022. Vol. 29, no. 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10515-022-00363-9>.
2. Project monitoring and control in model-driven and component-based development of embedded systems - the carma principle and preliminary results. *International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering*, University of Piraeus, Greece, 22–24 July 2010. 2010. DOI: <https://doi.org/10.5220/0002997002530258>.
3. Brandon C., Singh A., Margaria T. Model driven development for AI-based healthcare Systems: A review. *Lecture Notes in Computer Science*. Cham, 2024. P. 245–265. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-73741-1_15.
4. Banerjee A. et al. Health-Dev: Model based development pervasive health monitoring systems. *2012 Ninth International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, London, United Kingdom, 9–12 May 2012. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/bsn.2012.33>.
6. Venčkauskas A. et al. A model-driven framework to develop personalized health monitoring. *Symmetry*. 2016. Vol. 8, no. 7. P. 65. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym8070065>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.13

Denys Honcharov

MODEL-ORIENTED APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED HEALTH MONITORING SYSTEMS

Model-oriented approaches to designing specialized human health monitoring systems are considered. The feasibility of using such an approach in the context of the growing role of digital technologies in everyday life is substantiated.

Key words: model-driven engineering, model-oriented development, artificial intelligence, IoT.

Відомості про автора / Information about the Author

Денис Гончаров, викладач кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: honcharov.denys@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-1200-6677>.

Denys Honcharov, Lecturer in Computer Engineering Department at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. Email: honcharov.denys@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0004-1200-6677>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.14

Микита Гуленко
Олег Щесюк

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ БПЛА НА БАЗІ ЕЛЕМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У представлених тезах розглянуто архітектуру автоматизованої системи керування БПЛА, що включає бортовий комп'ютер із підтримкою алгоритмів машинного навчання, сенсорні модулі (GPS, камера, лідар, ІМУ), а також засоби зв'язку для передачі телеметрії. Модель функціонування системи базується на використанні нейронних мереж для виявлення цілей, прогнозування траєкторії руху та уникнення перешкод.

Основну увагу приділено алгоритмам навчання з підкріпленням, що дозволяють системі керування самостійно вдосконалювати свою поведінку на основі оцінки дій. Розглядаються можливості реалізації такої системи в умовах бойового застосування, розвідки або моніторингу надзвичайних ситуацій.

Інтеграція ШІ в системи керування дозволяє значно підвищити ефективність використання БПЛА, зменшити навантаження на оператора та забезпечити автономне виконання складних завдань у режимі реального часу [1, 2].

Ключові слова: безпілотник, автоматизація, штучний інтелект, машинне навчання, автономне керування, нейронна мережа, навчання з підкріпленням.

Сучасний розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) тісно пов'язаний із впровадженням інтелектуальних систем керування, які дозволяють досягати високого рівня автономності, точності та адаптивності в складних умовах експлуатації. Застосування штучного інтелекту (ШІ) у системах керування БПЛА забезпечує автоматичне планування маршрутів, розпізнавання об'єктів, прийняття рішень у реальному часі та адаптацію до змін у навколишньому середовищі.

Одним із ключових напрямів є впровадження навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL), яке дозволяє системі керування навчатися оптимальній поведінці шляхом взаємодії з середовищем. Наприклад, у роботах [2, 3] показано ефективність алгоритмів RL у завданнях навігації, уникнення перешкод і стеження за рухомими об'єктами. Такі підходи дозволяють БПЛА адаптуватися до нових умов без потреби в ручному перепрограмуванні.

Архітектура автоматизованої системи керування сучасного БПЛА зазвичай включає такі модулі (рис. 1):

- бортовий комп'ютер із високою обчислювальною здатністю;
- сенсорні пристрої (GPS, камера, лідар, інерціальні вимірювальні модулі – ІМУ);
- система передачі телеметрії та каналів зв'язку;
- модулі прийняття рішень на основі гібридних нейронних мереж [1, 4].

Особливу увагу в новітніх дослідженнях приділено оптимізації обробки даних безпосередньо на борту апарата — концепції Edge AI, яка зменшує затримки та енергоспоживання [7]. Це дозволяє знизити залежність від наземної інфраструктури та забезпечити стійке функціонування навіть в умовах обмеженого зв'язку.

Застосування ШІ в системах керування відкриває перспективи для використання БПЛА в широкому спектрі завдань – від моніторингу надзвичайних ситуацій і екологічного контролю до тактичної розвідки та бойового застосування. Зокрема, в умовах бойових дій БПЛА з автономними інтелектуальними системами здатні самостійно виявляти цілі, оцінювати ризики, ухвалювати рішення про виконання завдання або його скасування [4, 5].

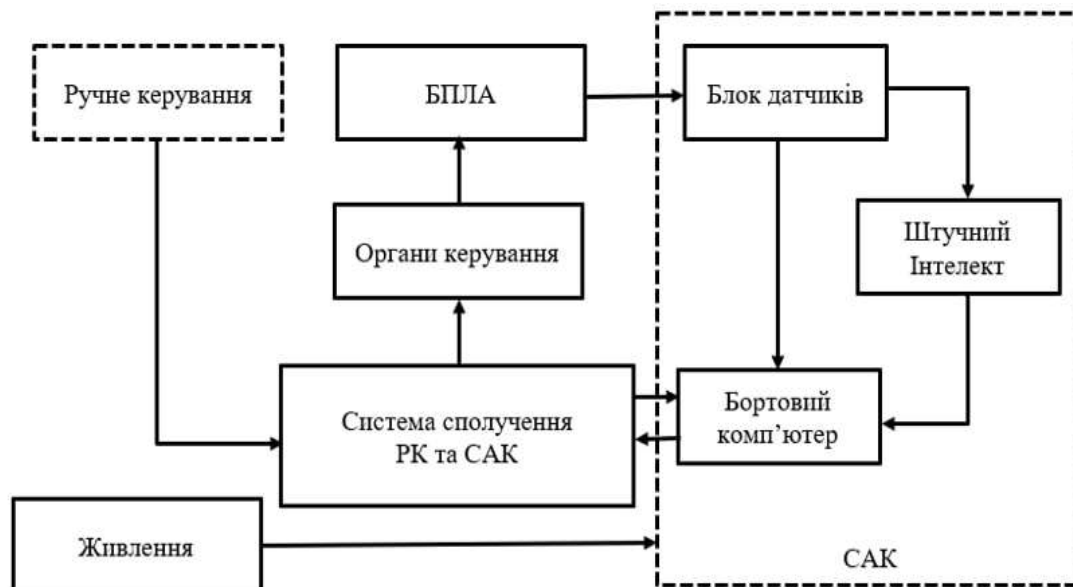


Рис. 1. Архітектура автоматизованої системи керування БПЛА з використанням елементів штучного інтелекту.
 Джерело: сформовано автором на основі [1, 4, 5, 6, 7]

Запропоновані рішення зосереджуються також на створенні адаптивних моделей навколишнього середовища, які оновлюються в процесі польоту на основі сенсорних даних. Це дає змогу формувати нову траєкторію руху, уникати виявлених перешкод та враховувати змінні метеоумови, що особливо важливо для польотів у складній місцевості або міських умовах [2, 6].

У контексті реалізації таких систем важливим є дотримання принципів надійності, енергоефективності та стійкості до зовнішніх перешкод. Над цим активно працюють дослідники, застосовуючи новітні технології обробки сигналів, захисту інформації та системних діагностик [6, 7].

Висновки. Інтеграція штучного інтелекту в системи керування БПЛА забезпечує якісно новий рівень автономності, точності та адаптивності. Такі системи здатні працювати в умовах невизначеності, приймати рішення без участі оператора та виконувати складні завдання в реальному часі. Подальші дослідження мають бути зосереджені на вдосконаленні алгоритмів навчання, підвищенні енергоефективності та забезпеченні надійного функціонування в екстремальних умовах.

References

1. Chen, Y., & Zhao, Y. (2022). Artificial intelligence-based control systems for autonomous UAV navigation: A survey. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 105(2), 355–370 [in English].
2. Zhao, S., Wang, T., & Liu, H. (2021). Reinforcement learning approaches for UAV path planning: A review. *Drones*, 5(4), 120 [in English].
3. Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., et al. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, 518(7540), 529–533 [in English].
4. Kapitonenko, M., & Kolisnyk, S. (2021). Intelligent UAV control systems based on neural networks. *Bulletin of NTUU "KPI", series "Aviation Technology"*, 48(3), 35–42 [in Ukrainian].
5. Petrenko, I. I., & Sydorenko, A. A. (2020). Simulation of autonomous control of unmanned aerial vehicles using machine learning. *Control, Navigation and Communication Systems*, 3(59), 42–48 [in Ukrainian].
6. Kulkarni, A., & Kim, H. T. (2020). Sensor fusion and AI-based decision-making in UAVs: Applications and challenges. *IEEE Access*, 8, 178781–178795 [in English].
7. Rahman, A., & Abualdenien, J. (2023). Edge AI for UAVs: Energy-efficient on-board processing. *Sensors*, 23(1), 132 [in English].

AUTOMATED UAV CONTROL SYSTEM BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS

This paper presents the architecture of an automated UAV control system that includes an onboard computer with machine learning capabilities, sensor modules (GPS, camera, LiDAR, IMU), and communication tools for telemetry transmission. The system's operation model is based on the use of neural networks for target detection, trajectory prediction, and obstacle avoidance.

Particular attention is given to reinforcement learning algorithms, which allow the control system to independently improve its behavior based on action evaluation. The implementation potential of such systems in military applications, reconnaissance missions, and emergency monitoring is discussed.

The integration of AI into control systems significantly enhances the efficiency of UAVs, reduces operator workload, and enables autonomous execution of complex tasks in real-time [1,2].

Keywords: UAV, automation, artificial intelligence, machine learning, autonomous control, neural networks, reinforcement learning.

Відомості про автора / Information about the Author

Микита Гуленко, студент 4 курсу спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: gulenko.mikita@gmail.com.

Mykyta Gulenko, 4th year student of the specialty «Automation and Computer-Integrated Technologies» of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: gulenko.mikita@gmail.com.

Олег Щесюк О. В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКІТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: taifun.kv@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Oleg Shchesiuk – PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: taifun.kv@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.15

Нікіта Гюльмамедов,
Іван Бурлаченко

ОСОБЛИВОСТІ МУЛЬТИАГЕНТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Проведено дослідження застосування наземних роботів у складних ландшафтах, зокрема в умовах пошуково-рятувальних операцій. Використовуючи платформу SmythOS, що підтримує мультиагентні системи, роботизовані агенти ефективно координують навігаційні завдання, адаптуються до змінних умов ландшафту та забезпечують стабільність завдяки інтегрованим алгоритмам планування та моніторингу.

Ключові слова: безпілотний наземний транспортний засіб, SmythOS, мультиагентні системи, навігація, складні планування руху, ландшафти, пошуково-рятувальні операції.

Група роботів, які безперешкодно працюють разом, щоб рятувати постраждалих після техногенної катастрофи, це одна з нагальних сфер застосування мультиагентних роботизованих систем (МАРС). Оскільки розробники розширюють межі штучного інтелекту та робототехніки, то спільне використання МАРС стають затребуваними у різних галузях. МАРС в робототехніці можуть передбачати співпрацю кількох роботів для виконання складних завдань, які були б неможливими для однієї машини. Але координація роботизованої групи пов'язана зі значними труднощами: забезпечення безперебійної комунікації між роботами в непередбачуваних середовищах, розроблення алгоритмів, які дозволять роботам приймати рішення за короткий час. Інтеграція мультиагентних систем в існуючі технологічні інфраструктури є складним завданням. Передові системи штучного інтелекту часто мають труднощі з безперешкодною інтеграцією із застарілими системами через фундаментальний розрив між їхньою розподіленою, автономною природою та жорсткою, централізованою архітектурою, поширеною в багатьох корпоративних технологічних середовищах.

Успішна мультиагентна інтеграція залежить від комунікації – як між агентами, так і з ширшою технологічною інфраструктурою. Забезпечення безперебійного обміну даними є критично важливим. Щоб мультиагентні системи були ефективними, ключовим фактором є сумісність. Це виходить за рамки простої технічної сумісності – йдеться про створення технологічної інфраструктури, де агенти можуть безперешкодно співпрацювати, обмінюватися інформацією та використовувати сильні сторони один одного.

У системі управління ланцюгом поставок, де автономні агенти займаються різними аспектами логістики, один агент може оптимізувати маршрути доставки, а інший керувати рівнем запасів. Щоб МАРС працювала ефективно, агентам потрібна спільна мова та спільне розуміння загальних цілей. Агенти повинні мати можливість без зусиль обмінюватися даними, адаптуючи свої стратегії на основі інформації в режимі реального часу від інших агентів групи.

Досягнення такого рівня сумісності часто вимагає розробки нових рішень проміжного програмного забезпечення або впровадження стандартів, спеціально розроблених для мультиагентних архітектур. Це складне завдання, але потенційні переваги – підвищення ефективності, покращення процесу прийняття рішень та покращена адаптивність – роблять його вигідною інвестицією для багатьох організацій.

З погляду технічних аспектів важливо не випускати з уваги людський фактор в інтеграції мультиагентних систем. IT-персоналу та кінцевим користувачам, можливо, доведеться адаптувати робочі процеси та ментальні моделі для ефективної взаємодії з новими МАРС на базі штучного інтелекту. Інтеграція мультиагентних систем в існуючі технологічні інфраструктури створює значні труднощі, але потенційні вигоди є суттєвими. Зосереджуючись на безперебійній комунікації, обміні даними та сумісності, організації можуть використовувати можливості цих передових фреймворків штучного інтелекту для стимулювання інновацій та отримання конкурентної переваги.

Планування руху в динамічних середовищах [1] стало вирішальним викликом у робототехніці та автономних системах, що швидко розвивається. Склад, заповнений роботизованими вилковими навантажувачами, або жваве перехрестя, яким керують безпілотні автомобілі. Наведені сценарії вимагають складних алгоритмів, здатних орієнтуватися в складних, постійно мінливих ландшафтах. Планування руху для мультиагентних систем повинно вирішувати дві ключові задачі: уникнення перешкод та координація рухів між агентами. Для цього завдання можливим є використання гіперграфів на основі навігації. Розумні дорожні карти, які допомагають роботам ефективно планувати свої маршрути, адаптуючись на ходу до змін середовища. Такий підхід дозволяє створювати більш масштабовані рішення, що дозволяє більшим групам роботів безперебійно працювати в обмеженому просторі. Адаптивна координація роботів використовує розумну стратегію, об'єднуючи роботів для планування лише тоді, коли це абсолютно необхідно. Таким чином, досягається баланс між точністю скоординованих рухів та обчислювальною ефективністю незалежного планування. Завдяки підходам, вирішується завдання уникнення перешкод у динамічних умовах. Замість того, щоб покладатися на жорсткі, заздалегідь запрограмовані траєкторії, роботи тепер можуть плавно реагувати на навколишнє середовище, подібно до того, як ви можете петляти крізь заповнений тротуар.

Оскільки роботи дедалі більше інтегруються в наше повсякденне життя та робочі місця, управління взаємодією між людьми та кількома роботизованими агентами стало критичним завданням. Взаємодія людини і робота (HRI) у мультиагентних системах має на меті сприяти безперебійній співпраці між людьми та командами роботів, які працюють разом над складними завданнями. Розумний розподіл обов'язків між членами команди керування МАРС та роботизованими агентами має вирішальне значення для максимізації загальної продуктивності системи. Алгоритми розподілу завдань повинні враховувати унікальні можливості як людей, так і роботів, призначаючи обов'язки, які відповідають сильним сторонам кожного агента. Наприклад, роботи можуть бути краще пристосовані для повторюваних фізичних завдань, тоді як люди досягають успіху в прийнятті рішень на високому рівні та творчому вирішенні проблем. Чіткі та ефективні канали зв'язку між людьми та роботами є важливими для координації в мультиагентних командах. Це включає розробку інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів для передачі людьми інструкцій роботам, а також методів для ефективної передачі роботами свого статусу, намірів та будь-яких проблем, що виникають. Мультимодальна комунікація, що включає мову, жести та візуальні підказки, може покращити взаєморозуміння між членами команди, що складається з людей та роботів.

Оскільки багато роботів працюють поблизу людей, надзвичайно важливими є надійні протоколи безпеки, які включають впровадження систем запобігання зіткненням, визначення чітких операційних меж та встановлення процедур екстреної зупинки. Крім того, роботи повинні бути запрограмовані на рух за передбачуваними схемами [2], які здаються природними та безпечними для їхніх людських аналогів.

МАРС координують роботу кількох інтелектуальних агентів для вирішення складних проблем. Логістика ланцюга поставок також виграє від використання МАРС. Агенти обмінюються даними про запаси в режимі реального часу, прогнозами попиту та умовами доставки, що дозволяє швидко вносити корективи, щоб уникнути дефіциту товарів та мінімізувати витрати на зберігання. Координація МАРС призводить до більш гнучких та адаптивних ланцюгів поставок. У пошуково-рятувальних операціях МАРС координують команди роботів для дослідження зон лиха, обміну інформацією та пошуку поранених. У промислових умовах мультиагентні системи трансформують автоматизацію. Роботи на складальних лініях взаємодіють між собою та адаптуються до змін у режимі реального часу, оптимізуючи виробничий процес та зменшуючи час простою. Гнучкість МАРС дозволяє виробникам швидко змінювати виробництво відповідно до змінних вимог ринку.

Ефективність МАРС полягає в їхній масштабованості та адаптивності. У міру того, як завдання стають складнішими, ці системи можуть безперешкодно інтегрувати додаткових агентів (рис. 1), кожен з яких надає спеціалізовані можливості. Такий розподілений підхід підвищує стійкість; якщо один агент виходить з ладу, інші можуть компенсувати це, забезпечуючи безперервність операцій. В роботі МАРС також використовує двосторонній підхід: диверсифікація джерел даних та впровадженні ретельних процесів оцінювання виконання завдань агентами.

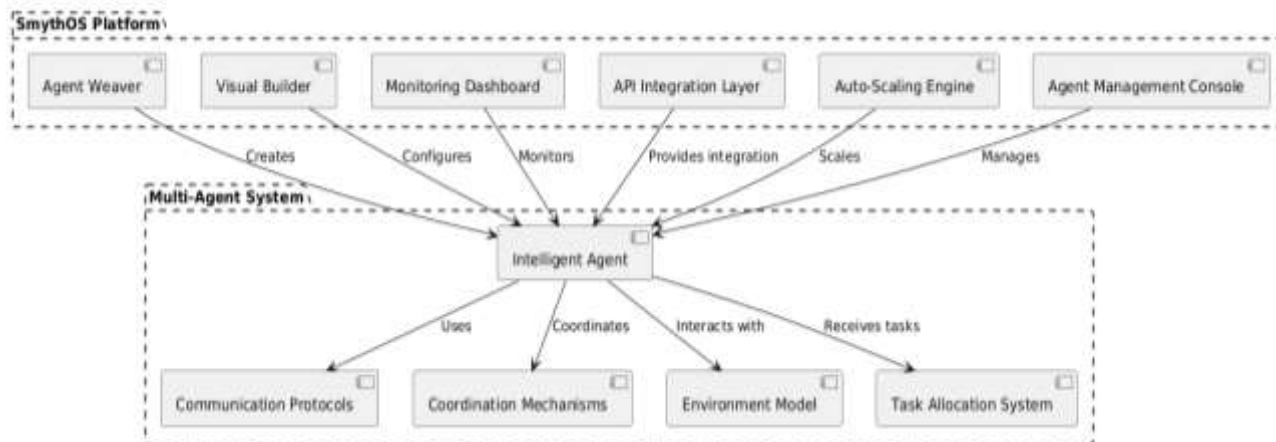


Рис. 1. Архітектура MAPC на базі SmythOS-платформи

Для боротьби з упередженнями вкрай важливо використовувати широкий спектр даних для збору навчальних даних [3]. Це означає активний пошук інформації з різних джерел, які представляють різні точки зору, досвід та демографічні показники, що робить можливим створити більш повний та збалансований набір даних, який краще відображає складність реального світу. Збір різноманітних даних – це лише половина справи. Не менш важливим є постійний процес оцінки та вдосконалення цих наборів даних для викорінення прихованих упереджень. Даний процес включає як автоматизований аналіз, так і людський нагляд для виявлення закономірностей, які можуть свідчити про несправедливе ставлення або представництво. Один з ефективних методів полягає в регулярному тестуванні мультиагентної системи за допомогою ретельно розроблених сценаріїв, спрямованих на виявлення потенційних упереджень. Вирішення проблеми упередженості в MAPC – це постійний виклик, який вимагає пильності та відданості. Оскільки ці системи стають дедалі поширенішими та впливовішими в нашому повсякденному житті, забезпечення їхньої справедливості та точності стає дедалі важливішим.

Зобов'язавшись із дотриманням різноманітних методів збору даних та ретельної оцінки, можемо працювати над створенням мультиагентних систем, які не лише ефективно виконують свої завдання, але й сприяють рівності та справедливості в процесах прийняття рішень. Динамічна природа мультиагентних систем вимагає пильного нагляду та регулярного налаштування. Безперервний моніторинг слугує основою для підтримки максимальної продуктивності та адаптації до змінюваних викликів. Використовуючи зворотній зв'язок автономних наземних агентів та аналітичні дані, організації можуть проактивно вдосконалювати операції MAPC [4; 5]. Розгортання MAPC часто виявляє непередбачені складнощі. Надійна система моніторингу фіксує важливі показники, допомагаючи командам виявляти вузькі місця, неефективність та нові закономірності. Дані формують основу для прийняття рішень на основі фактичних даних та цілеспрямованих покращень. Зворотній зв'язок надає важливі дані для практичного впливу у мультиагентних системах.

Надіслані дані висвітлюють проблемні точки, розкривають нові варіанти використання та пропонують нові погляди на функціональність системи. Активне отримання та аналіз даних агентів гарантує, що зусилля з розробки MAPC пов'язані з реальними потребами. Практичність безперервного моніторингу полягає в ітеративному механізмі [6]. Кожен раунд збору та аналізу даних сприяє наступному набору вдосконалень, що створює корисний цикл удосконалення, дозволяючи мультиагентним системам швидко розвиватися та адаптуватися.

Ефективна адаптація залежить від здатності отримувати змістовні висновки з зібраних даних. Передові методи аналітики та машинного навчання можуть виявляти тонкі закономірності та кореляції, які можуть вислизнути з-під контролю людини, що спонукає до цілеспрямованих оновлень MAPC (рис. 2), від точного налаштування поведінки окремих безпілотних наземних транспортних засобів, що контролюються агентами, до аналізу структури взаємодії.

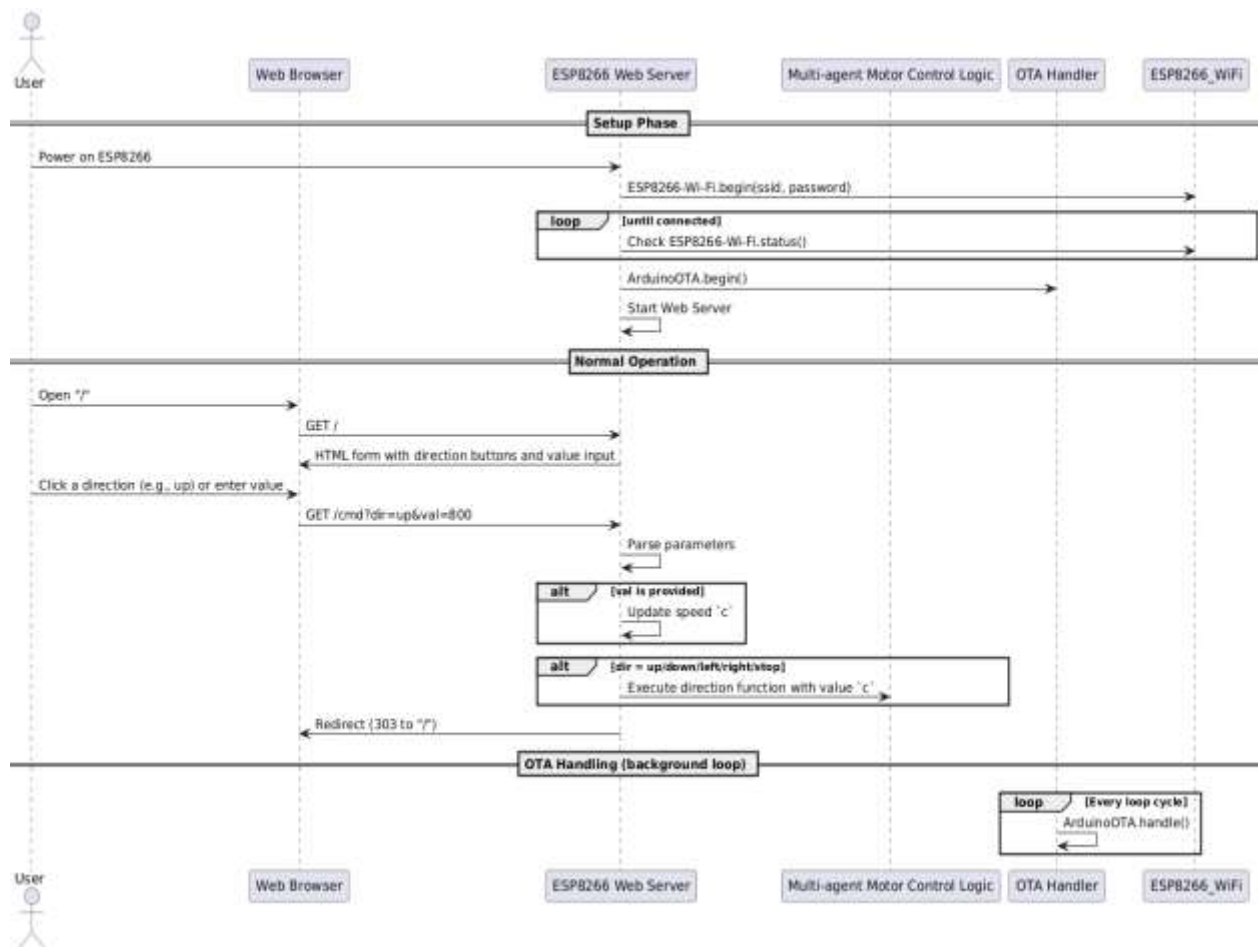


Рис. 2. Діаграма послідовності взаємодії автономного наземного агента з MAPC

Стратегії адаптації MAPC повинні збалансовувати короткострокові рішення з довгостроковою стійкістю. Регулярні перевірки стану MAPC можуть допомогти групам агентів залишатися проактивними. Оцінки можуть включати аналіз тенденцій продуктивності, перегляд ключових цілей та оцінку відповідності системи ширшим цілям організації. Дотримуючись такого дисциплінованого підходу, організації можуть забезпечити, щоб мультиагентні системи залишалися передовими та забезпечували стабільну цінність.

Оскільки MAPC вирішують складні навігаційні завдання, важливість надійних процесів моніторингу та вдосконалення неможливо переоцінити. SmythOS трансформує розробку мультиагентних систем завдяки своїй комплексній платформі. Платформа пропонує потужні функції, призначені для оптимізації створення та розгортання складних розподілених роботизованих систем. В основі SmythOS лежить інтуїтивно зрозумілий візуальний конструктор робочих процесів. Цей інструмент дозволяє розробникам створювати складні моделі поведінки та взаємодії агентів. Забезпечуючи графічний інтерфейс для проєктування MAPC, SmythOS значно скорочує час розробки та знижує поріг входу для створення складних мультиагентних систем. Вбудовані можливості моніторингу відрізняють SmythOS від традиційних платформ. Інструменти SmythOS пропонують аналітику продуктивності агентів та стану системи в режимі реального часу, що дозволяє розробникам швидко виявляти та вирішувати проблеми. Такий рівень контролю має вирішальне значення для підтримки надійності розподілених роботизованих систем, особливо в промислових умовах, де прості можуть бути дорогими.

Для розподілених роботизованих застосувань SmythOS пропонує масштабованість. Архітектура платформи розроблена для обробки зростаючої кількості наземних роботизованих агентів та зростаючих робочих навантажень без шкоди для продуктивності. Така масштабованість гарантує, що по мірі розширення ваших роботизованих систем SmythOS зростатиме разом з вами, зберігаючи ефективність та надійність. Безпека є головним пріоритетом у SmythOS, завдяки надійним функціям, вбудованим в ядро платформи. Це особливо важливо для розподілених систем, де групи агентів можуть працювати в різних місцях або середовищах. SmythOS

забезпечує шифрування, контроль доступу та безпечні протоколи зв'язку для захисту ваших мультиагентних систем від потенційних загроз.

Однією з найважливіших переваг SmythOS є підхід до розробки агентів. Використовуючи SmythOS для розробки мультиагентних систем, організації можуть значно скоротити час і ресурси, необхідні для втілення складних роботизованих програм. Поєднання платформи інструментів візуального проєктування, надійного моніторингу, можливостей безперешкодної інтеграції та масштабованої архітектури робить SmythOS ідеальним вибором для різних галузей промисловості, від виробництва та логістики до сільського господарства та інших. Інтеграція різноманітних роботизованих об'єктів у цілісні одиниці є серйозною перешкодою. Кожен агент має власні можливості, обмеження та потенційну несумісність. Координація мультиагентних елементів в ефективну систему є складною, але ефективність потенційного застосування передових мультиагентних систем є величезним. Від команд реагування на стихійні лиха, які орієнтуються в небезпечних середовищах, до виробничих цехів, де роботи співпрацюють для підвищення продуктивності, вплив на різні галузі використання SmythOS для побудови MAPC може бути суттєвим.

Подолання поточних обмежень є ключем до розкриття можливостей MAPC, що включає: розробку складних протоколів зв'язку, вдосконалення алгоритмів прийняття рішень та створення гнучких рамок для масштабованості та адаптації. Вирішення зазначених проблем призведе до створення більш ефективних, стійких мультиагентних систем, здатних обробляти дедалі складніші завдання. Такі платформи, як SmythOS, відіграють вирішальну роль у цьому мінливому середовищі і надають розробникам інструменти та інфраструктуру для створення, тестування та розгортання мультиагентних систем, прискорюючи прогрес у логістичній навігації. SmythOS зосереджується на безшовній інтеграції та масштабованих рішеннях, долаючи розрив між поточними можливостями та майбутніми прагненнями. Майбутнє робототехніки тісно пов'язане з розвитком мультиагентних систем. Кожна подолана перешкода MAPC наближає до світу, де роботи працюють разом з безпрецедентною ефективністю та адаптивністю, трансформуючи галузі та переосмислюючи можливості автоматизації.

References

1. Zeng, Z., Wei, Y., & Kang, J. (2025). TinyMA-IEI-PPO: Exploration incentive-driven multi-agent DRL with self-adaptive pruning for vehicular embodied AI agent twins migration (Version 1). arXiv. DOI: <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2505.00055>.
2. Yurchenko, O. V., Burlachenko, I. S. (2024). Multi-agent monitoring system for fire detection in buildings. *Proceedings of Technical Sciences*, 155 [in Ukrainian].
3. Ma, Y., Khan, Q., & Cremers, D. (2023, September). Multi agent navigation in unconstrained environments using a centralized attention based graphical neural network controller. In 2023 IEEE 26th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 2893–2900). IEEE.
4. Boldrer, M., Antonucci, A., Bevilacqua, P., Palopoli, L., & Fontanelli, D. (2022). Multi-agent navigation in human-shared environments: A safe and socially-aware approach. *Robotics and Autonomous Systems*, 149, 103979. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2021.103979>.
5. Goonatilleke, S. T., & Hettige, B. (2022). Past, present and future trends in multi-agent system technology. *Journal Européen Des Systèmes Automatisés*, 55(6), 723–739. DOI: <https://doi.org/10.18280/jesa.550604>.
6. Krainyk, Y. M., Razhyvin, A., Bondarenko, O., & Simakova, I. (2019, April). Internet-of-Things device set configuration for connection to wireless local area network. *CMIS* (pp. 885-896).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.15

Nikita Hiulmamedov,
Ivan Burlachenko

FEATURES OF MULTI-AGENT ROBOTIC SYSTEMS

The research explores the use of ground robots in complex landscapes, particularly in search-and-rescue operations. Using the SmythOS platform, which supports multi-agent systems, robotic agents efficiently coordinate navigation tasks, adapt to changing landscape conditions, and ensure stability through integrated planning and monitoring algorithms.

Keywords: unmanned ground robots, SmythOS, multi-agent systems, navigation, complex motion planning, landscapes, search-and-rescue operations.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Нікіта Гюльмамедов, бакалаврант спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: nikitagulmamedov@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0008-1106-5367>.

Nikita Hiulmamedov, BSc Student of specialty 123 Computer Engineering at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: nikitagulmamedov@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0008-1106-5367>.

Іван Бурлаченко, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ivan.burlachenko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5088-6709>.

Ivan Burlachenko, Senior Lecturer of the Computer Engineering Department at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ivan.burlachenko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5088-6709>.

ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ БІБЛІОТЕК PANDAS, NUMPY ТА RUPTURE ДЛЯ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ МАСИВІВ ДАНИХ АМБУЛАТОРНОГО ДОБОВОГО МОНІТОРИНГУ ТИСКУ КРОВІ

Тези представляють застосування бібліотек Pandas, Numpy та Ruptures для ефективної обробки, аналізу й автоматичного виявлення структурних змін у масивах даних амбулаторного добового моніторингу артеріального тиску.

Ключові слова: амбулаторний добовий моніторинг крові, python, numpy, data science, pandas, rupture.

Амбулаторний добовий моніторинг тиску крові (англ. Ambulatory Blood Pressure Monitoring, *ABPM*) – це один із найефективніших неінвазивних методів тривалого контролю стану серцево-судинної системи [1]. В першу чергу, він є найкращим методом для діагностування гіпертензії виконуючи вимірювання протягом типової добової активності досліджуваної особи. Такий моніторинг дозволяє реєструвати систолічний (*SYS*), діастолічний (*DIA*) тиск і частоту серцевих скорочень (*HR*) з інтервалом у кілька хвилин протягом доби або більш тривалого періоду. Результатом є масив неінвазивних, але складних для ручної інтерпретації даних, що вимагає використання сучасних математичних методів аналізу і цифрової обробки сигналів.

Ефективність аналізу великих масивів таких даних залежить від здатності сучасних методів виявляти приховані закономірності та фазові переходи у фізіологічних процесах, а також знижувати вплив шуму. Впровадження інструментів Python – pandas (для маніпуляцій із даними), numpy (для масивних розрахунків), ruptures (для виявлення змін у структурі сигналів), ruwt (вейвлет-фільтрація) – дозволяє здійснювати комплексний автоматизований аналіз та отримувати нові знання із великих масивів *ABPM*.

У дослідженні було використано відкритий та деперсоніфікований датасет амбулаторного добового моніторингу крові, що містить результати добового моніторингу із пристрою Oscar 2 Ambulatory Blood Pressure Monitor. Дані містили час вимірювання, систолічний, діастолічний тиск та частоту пульсу. Для зручності аналізу їх було приведено до табличного вигляду формату Excel. Попередню обробку виконано використовуючи бібліотеку pandas (рис. 1) [2].

```
df = pd.read_excel("dataset_with_headers.xlsx")
df["Time"] = pd.to_datetime(df["Time"].astype(str), errors="coerce")
df_clean = df.dropna(subset=["Time", "SYS", "DIA", "HR"]).reset_index(drop=True)
```

Рис. 1. Попередня обробка даних амбулаторного моніторингу тиску крові

Одним із перших етапів аналізу масивів даних амбулаторного добового моніторингу тиску крові є візуалізація часових рядів основних фізіологічних показників: систолічного тиску (*SYS*), діастолічного тиску (*DIA*) та частоти серцевих скорочень (*HR*). Цей крок дозволяє досліднику отримати цілісне уявлення про динаміку показників протягом доби, виявити загальні тренди, коливання, екстремальні значення та аномалії, які можуть свідчити про зміни фізіологічного стану пацієнта. Для детального аналізу будується комбінований графік часових рядів всіх трьох показників. Блок коду з застосуванням бібліотеки matplotlib наведено на рис. 2. На рис. 3 показано графік динаміки систолічного, діастолічного тиску та серцевого ритму протягом доби.

```
# === Побудова графіка з реальною віссю часу ===
plt.figure(figsize=(14, 6))

# Побудова трьох ліній
plt.plot(df_clean["Time"], df_clean["SYS"], label="SYS (систоличний)", marker='o')
plt.plot(df_clean["Time"], df_clean["DIA"], label="DIA (діастолічний)", marker='s')
plt.plot(df_clean["Time"], df_clean["HR"], label="HR (пульс)", marker='^')

# Оформлення осей
plt.xlabel("Час вимірювання")
plt.ylabel("Значення (мм рт. ст. / уд. за хв.)")
plt.title("Динаміка систолічного, діастолічного тиску та пульсу протягом доби")
plt.xticks(rotation=45)
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Рис. 2. Побудова комбінованого графіку часових рядів трьох показників

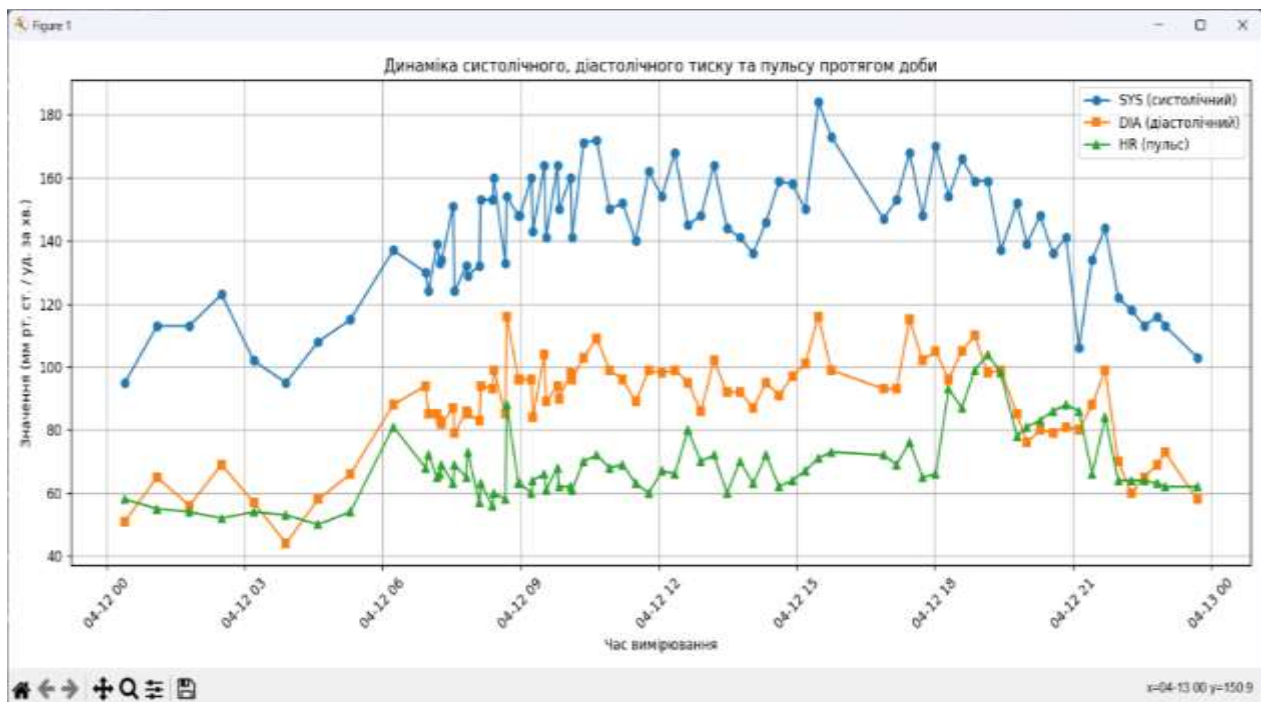


Рис. 3. Динаміка систолічного, діастолічного тиску та пульсу протягом добового моніторингу пацієнта

Для оцінки складності й структурної організації часових рядів фізіологічних сигналів використовуються:

- 1) коефіцієнт повторення (recurrence ratio, RR) – показник, який відображає повторюваність патернів сигналу у двовимірній гістограмі переходів між послідовними значеннями;
- 2) ентропія Шеннона (Shannon entropy, H) – міра невпорядкованості або хаотичності сигналу, яка розраховується на основі ймовірностей переходів між станами.

Для визначення коефіцієнта повторення використовується формула (1):

$$RR = \frac{B_{nonempty}}{B^2}, \quad (1)$$

де B – кількість бінів та $B_{nonempty}$ – кількість бінів з непорожнім вмістом.

Для визначення ентропії Шеннона використовується формула (2):

$$H = -\sum_i p_i \times (p_i), \quad (2)$$

де p_i – нормалізовані значення з двовимірної гістограми, що не дорівнюють нулю. Приклад реалізації методів визначення рекурентного коефіцієнту та ентропії Шеннона з використанням бібліотеки `numpy` наведено на рис. 4 та рис. 5.

```
def shannon_entropy(signal, bins=9):  
    x_n = signal[:-1]  
    x_np1 = signal[1:]  
    hist2d, _, _ = np.histogram2d(x_n, x_np1, bins=bins)  
    p = hist2d.flatten()  
    p = p[p > 0] / np.sum(p)  
    return -np.sum(p * np.log2(p))  
  
def recurrence_ratio(signal, bins=9):  
    x_n = signal[:-1]  
    x_np1 = signal[1:]  
    hist2d, _, _ = np.histogram2d(x_n, x_np1, bins=bins)  
    return np.sum(hist2d > 0) / (bins * bins)
```

Рис. 4. Визначення показників ентропії Шеннона та коефіцієнта повторюваності з застосуванням бібліотеки `numpy`

Для аналізу еволюції RR та H використовується ковзаюче вікно фіксованого розміру (наприклад, 3 години) із заданим кроком (наприклад, 1 година):

```
# Параметри вікна та бінінгу  
sampling_interval_min = np.median(np.diff(df_clean["Time"].astype(np.int64)) / 60e9)  
samples_per_hour = int(60 / sampling_interval_min)  
window_hours = 3  
step_hours = 1  
bins = 9  
window_size = samples_per_hour * window_hours  
step_size = samples_per_hour * step_hours  
  
# Обчислення  
rr_hr, entropy_hr, window_shift_hours = [], [], []  
for start in range(0, len(df_clean) - window_size, step_size):  
    end = start + window_size  
    segment = df_clean["HR"].iloc[start:end].to_numpy()  
    rr = recurrence_ratio(segment, bins=bins)  
    h = shannon_entropy(segment, bins=bins)  
    rr_hr.append(rr)  
    entropy_hr.append(h)  
    window_shift_hours.append(len(window_shift_hours) + 1)
```

Рис. 5. Розрахунок динаміки показників у ковзаючих вікнах

Використовуючи бібліотеку `matplotlib`, побудуємо графіки еволюції коефіцієнта повторення та еволюції ентропії Шеннона, що наведено на рис. 6.

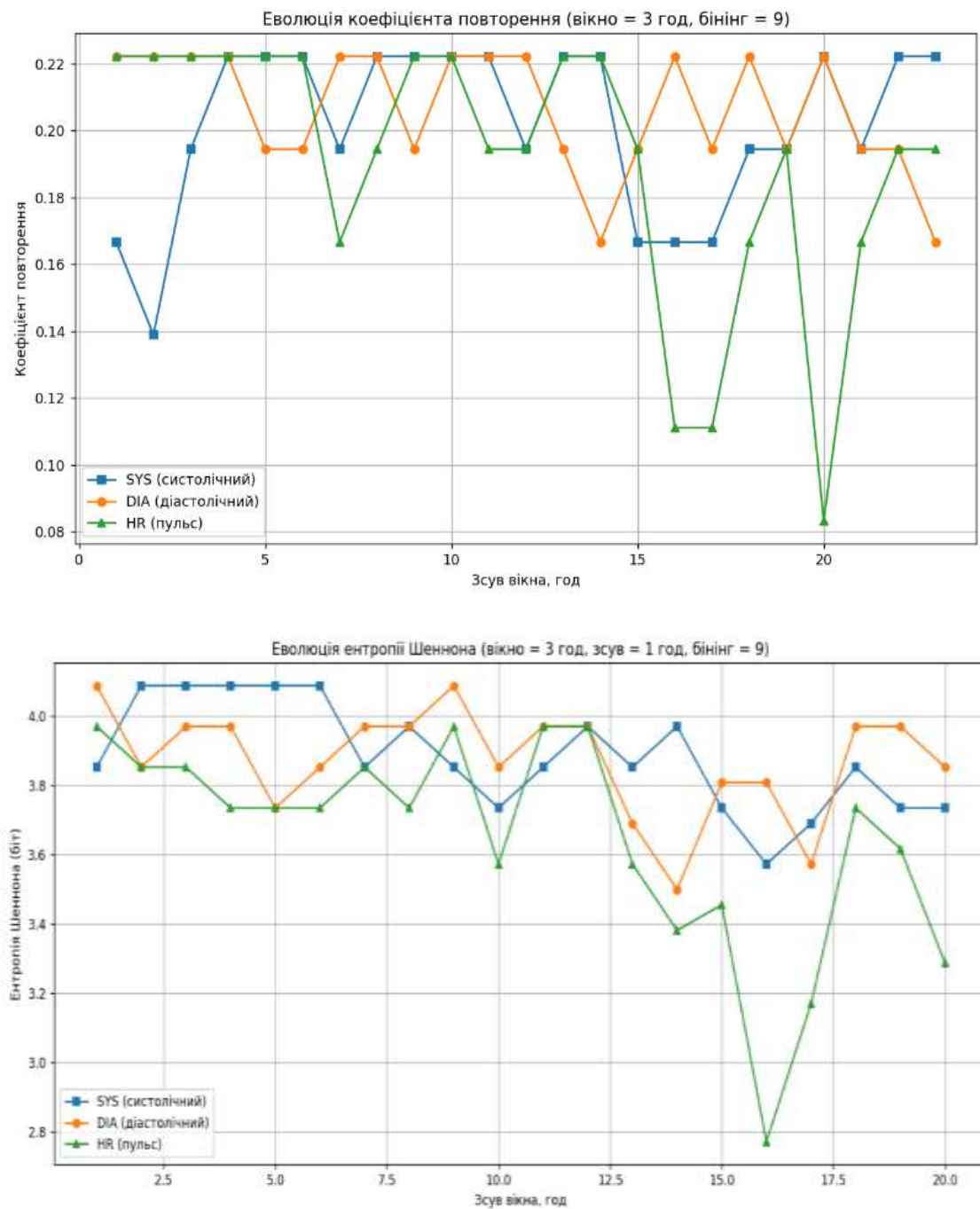


Рис. 6. Графіки еволюції коефіцієнта повторення та еволюції ентропії Шеннона

Для кожного показника (RR та ентропії Шеннона) обчислюється перша числова похідна:

$$\frac{\partial RR}{\partial t} \approx RR_{i+1} - RR_i, \frac{\partial H}{\partial t} \approx H_{i+1} - H_i. \quad (3)$$

Фазовий перехід вважається виявленим, якщо відповідає наступній вимозі (4):

$$\left| \frac{\partial RR}{\partial t} \right| > \mu_{RR} + \sigma_{RR}, \text{ або } \left| \frac{\partial H}{\partial t} \right| > \mu_H + \sigma_H, \quad (4)$$

де μ – середнє значення похідної, σ – стандартне відхилення. Реалізація обчислень похідних наведено на рис. 7. Графіки похідних наведені на рис. 8.

```
# Похідні
rr_hr = np.array(rr_hr)
entropy_hr = np.array(entropy_hr)
grad_rr = np.gradient(rr_hr)
grad_H = np.gradient(entropy_hr)
```

Рис. 7. Визначення перших похідних до коефіцієнтів повторення та ентропії Шеннона

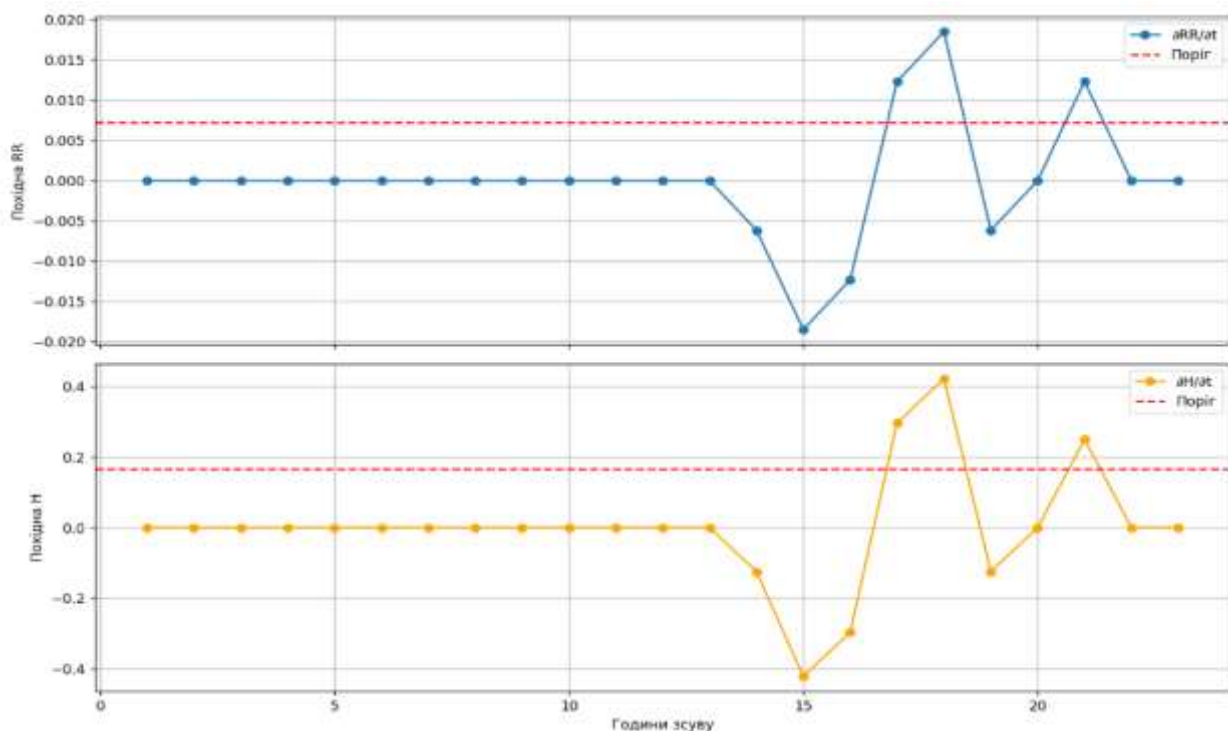


Рис. 8. Графік похідних коефіцієнта повторення (згори) та ентропії Шеннона (знизу)

Однією з ключових задач у аналізі часових рядів медичних сигналів є автоматичне виявлення моментів, коли структура сигналу змінюється – так званих фазових переходів (change points). Це можуть бути раптові зсуви середнього значення, дисперсії, частоти або зміна закономірностей у динаміці параметра. Для цієї задачі у Python-екосистемі широко використовується спеціалізована бібліотека ruptures.

Бібліотека ruptures реалізує сучасні алгоритми сегментації часових рядів (change point detection), серед яких:

- Binary Segmentation (Binseg) – послідовне бінарне поділення сигналу для пошуку точок змін;
- Pelt, Window-based, Bottom-Up та інші алгоритми.

У роботі було обрано алгоритм Binseg, як простий та швидкий для задачі з невеликим числом очікуваних змін. Реалізація пошуку фазових переходів наведена на рис. 9 [3].

```
# ruptures: фазові переходи
X = np.column_stack((rr_hr, entropy_hr))
algo = rpt.Binseg(model="l2").fit(X)
breakpoints = algo.predict(n_bkps=3)
predicted_hours = [window_shift_hours[i - 1] for i in breakpoints[:-1]]
```

Рис. 9. Пошук фазових переходів за допомогою засобів бібліотеки ruptures

Еталонні значення фазових переходів є [9; 16; 20] і вони визначені вручну. Розраховані значення переходів за допомогою числових похідних є наступними [10; 16; 20]. Відповідно, точність визначення фазових переходів наближається до 100 % при аналізі цього датасету.

References

1. McGrath B. P. Ambulatory blood pressure monitoring. *Medical Journal of Australia*. 2002. Vol. 176, no. 12. P. 588–592. DOI: 10.5694/j.1326-5377.2002.tb04590.x.
2. Enache M. C. Data Analysis with Pandas. *Annals of Dunarea de Jos University of Galati. Fascicle I. Economics and Applied Informatics*. 2019. Vol. 25, no. 2. P. 69–74. DOI: 10.35219/eai1584040933.
3. Binary segmentation - ruptures. *GitHub Pages*. Retrieved from: <https://centre-borelli.github.io/ruptures-docs/user-guide/detection/binseg/> (Last accessed: 17.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.16

Yevhen Darnapuk

UTILISING THE CAPABILITIES OF THE PANDAS, NUMPY, AND RUPTURES LIBRARIES FOR THE PROCESSING AND ANALYSIS OF AMBULATORY BLOOD PRESSURE MONITORING DATA ARRAYS

The theses present the application of the Pandas, Numpy, and Ruptures libraries for efficient processing, analysis, and automatic detection of structural changes in ambulatory blood pressure monitoring data arrays.

Key words: ambulatory blood pressure monitoring, python, numpy, data science, pandas, rupture.

Відомості про автора / Information about the Author

Євген Дарнапук, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: yevhen.darnapuk@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7099-5344>.

Yevhen Darnapuk, Senior Lecturer of the Computer Engineering Department at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: yevhen.darnapuk@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7099-5344>

© Є. Дарнапук

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.17

Юрій Димитров
Руслан Костенко

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ НАСОСОМ ГІДРОАКУМУЛЯТОРА НА БАЗІ ПЧ INVT ТА ДАТЧИКА ТИСКУ

Тези представляють експериментальні результати і теоретико-прикладний аналіз використання перетворювача частоти з вбудованим ПЧД-регулятором, як чинник підвищення енергоефективності насосних установок гідроакumuлюючих систем.

Показано, що інтеграція частотного регулювання з «режимом сну» формує нову модель керування, засновану на плавному модулюванні витрати й адаптивному підтриманні тиску, що мінімізує кількість пусків-зупинок і продовжує ресурс обладнання.

Ключові слова: перетворювач частоти, ПЧД-регулятор, регулювання тиску, водні ресурси, насос гідроакumuлятора, енергоефективність.

Підтримання сталого тиску в гідроакumuлюючих системах традиційно реалізується через релейне керування насосом, що приводить до частих запусків і надмірного споживання енергії. У статті пропонується рішення на основі однофазного перетворювача частоти (ПЧ) INVT G10 з вбудованим ПЧД-регулятором та датчика тиску 4–20 мА → 0–16 bar. [1] Ключовою особливістю є використання «режиму сну», який вимикає насос при низькому навантаженні та відновлює роботу лише за потреби, що суттєво скорочує цикли вмикання.

Метою дослідження є розробити та перевірити алгоритм ПЧД-керування, який:

- плавно регулює частоту обертання насоса для підтримання тиску 4 бар;
- переводить привід у «сон» при частоті ≤ 10 Гц;
- гарантує автозапуск після відновлення живлення;
- реагує на обрив датчика тиску.

Перелік обладнання:

- ПЧ INVT G10 (230 В, 4 кВт)
- Датчик тиску 0–16 бар, вихід 4–20 мА
- Насос 1,5 кВт
- Гідроакumuлятор 200 л

Для інтерфейсу перетворювача частоти (0–10 В) [1], безпосередньо струм від сенсора перераховується і виконується лінійна нормалізація сигналу за формулою:

$$U = 2 + \frac{I - 4}{16} * 8$$

Для розрахунку тиску використовується наступна формула:

$$P = \frac{I - 4}{16} * 16$$

Для роботи необхідно коректно налаштувати параметри перетворювача частоти. Зокрема перевести його у режим формування частоти від ПЧД регулятора. Коефіцієнти і налаштування ПЧД регулятора виконуються у групі параметрів P09. У таблиці 1 зображено основні параметри і їх значення щ були задані.

Таблиця 1

Частина налаштованих параметрів перетворювача частоти INVT G10

Група	Параметр	Значення	Призначення
P00	01	1	Пуск із зовнішньої кнопки
	05	10 Гц	Нижня межа, поріг «сну»
	06	7	Режим частоти «А» = ПЧД
P01	19	2	Режим сну активний

Група	Параметр	Значення	Призначення
	22	2 с	Затримка автозапуску
P09	01	40 %	Уставка тиску = 4 бар
	02	1	Зворотній зв'язок ПІД регулятора. Аналоговий вхід 4...20мА
	11/12	0.1 / 9 с	Контроль обриву датчика

Спрощений алгоритм роботи:

1. ПІД-контур порівнює уставку 4 бар з поточним тиском.
2. При зниженні тиску насос розганяється до потрібної частоти.
3. Якщо частота ≤ 10 Гц і похибка $< 0,05$ бар, активується «сон».
4. За падіння тиску нижче 3,7 бар ПЧ виходить із сну.
5. У разі обриву датчика через 9 с формується аварія.

Випробування макета зі споживанням 1,5 кВт показали 28 % економії енергії порівняно з релейним керуванням, завдяки скороченню активного часу роботи насоса на 32 %. Динамічна похибка тиску не перевищувала $\pm 0,12$ бар при стрибку витрати 20 %.

Висновки: Запропоноване рішення забезпечує:

- до 30 % енергозбереження;
- плавний пуск і зупинку що продовжує ресурс роботи насоса;
- гнучку адаптацію до різних діапазонів тиску лише програмними налаштуваннями.

References

1. INVT. G10 VFD Manual. https://lprom.com.ua/files/Rukovodstvo_po_ekspluatacii_privodi_GD10.pdf. [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.17

Yurii Dymyrov
 Ruslan Kostenko

ENERGY EFFICIENT CONTROL OF THE HYDROACCUMULATOR PUMP BASED ON THE INVT DRIVE AND PRESSURE SENSOR

The theses present experimental results and a theoretical-applied analysis of using a frequency converter with a built-in PID controller as a factor for improving the energy efficiency of pump units in hydro-accumulation systems.

It is shown that the integration of frequency control with a "sleep mode" forms a new control model based on smooth flow modulation and adaptive pressure maintenance, which minimizes the number of start-stop cycles and extends the equipment's service life.

Key words: frequency converter, PID controller, pressure control, water resources, hydro-accumulator pump, energy efficiency.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Юрій Димитров, викладач, аспірант кафедри Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна; Інженер з автоматизації технологічних процесів. E-mail: yuriidymyrov@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6965-2695>.

Yurii Dymyrov, lecturer and PhD student at the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine; Process Automation Engineer. E-mail: yuriidymyrov@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6965-2695>.

Руслан Костенко, інженер з автоматизації технологічних процесів, керівник відділу розробок і робототехніки ТОВ «КАПЕЛОУ». E-mail: krv@kapelou.com.ua.

Ruslan Kostenko, process Automation Engineer, Head of the Development and Robotics Department at TOV «KAPELOU». E-mail: krv@kapelou.com.ua.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.18

Дмитро Заворотній
Іван Бурлаченко

КЛАСИФІКАЦІЯ КІБЕРАТАК З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ FASTTEXT

У статті представлено дослідження парсингу рядків користувацьких агентів (UAS) для машинного навчання та розглянуто особливості програмних бібліотек. Виконано реалізацію точнішого та структурованого визначення властивостей кібератак без складних регулярних виразів. Наведено переваги підходу: покращену якість даних, зменшення витрат на обробку і полегшення інтеграції в ML-пайплайнами. Стаття містить приклади коду та механізми впровадження рішення у проекти, де потрібний аналіз інформації про кібератаки на пристрої клієнтів фінансових установ.

Ключові слова: кібератака, UAS, fastText машинне навчання, ML

Під час взаємодії користувача з вебсистемою, браузер надсилає HTTP-запити на сервер для отримання необхідного вмісту [1, 2], відправлення даних або виконання інших дій. Такі запити зазвичай містять кілька заголовків – це пари «ключ-значення», що описують параметри запиту. User-Agent String (скорочено UAS) є HTTP-заголовком, який описує програмне забезпечення, яке діє від імені користувача (рис. 1).

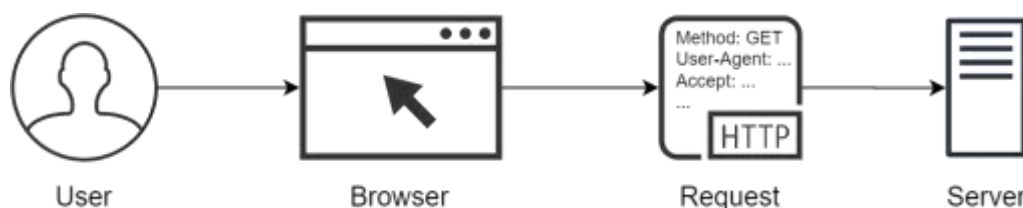


Рис. 1. UAS описує властивості браузера

Початкове призначення UAS полягало в узгодженні контенту, тобто в механізмі визначення найкращого контенту для користувача залежно від інформації у відповідному UAS (наприклад, формат зображення, мова документа, текстове кодування тощо). Дана інформація зазвичай містить дані про середовище [3, 4], в якому працює браузер (пристрій, операційна система та її версія, регіональні налаштування), движок браузера та розкладки та їх версії та інше (рис. 2).

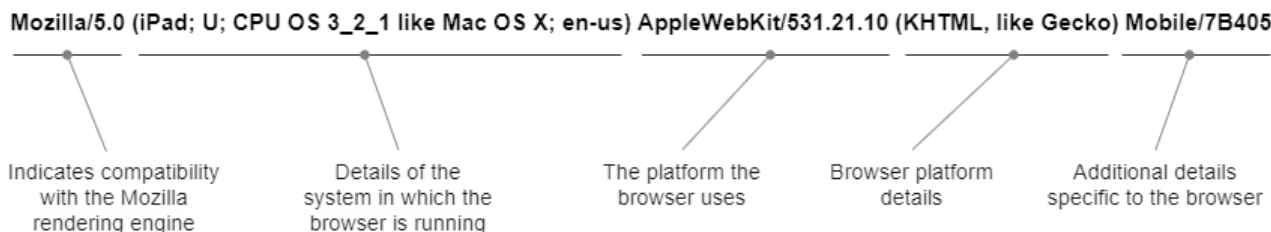


Рис. 2. Приклад типового UAS та його елементів

UAS має багато практичних застосувань. Найпоширенішим є вебаналітика, тобто звітність про склад трафіку для оптимізації ефективності вебсайту. Інше застосування – управління вебтрафіком, що включає блокування небажаних ботів, зменшення навантаження на сайт від непотрібних відвідувачів, запобігання клікфорду (шахрайські кліки) та інші подібні завдання. Завдяки великій кількості інформації, яку вони містять, UAS також можуть слугувати джерелом даних для застосування методів машинного навчання.

Елементи User-Agent String (UAS) можуть слугувати корисними проксі-ознаками характеристик користувача, таких як стиль життя, технічна обізнаність або навіть рівень добробуту. Наприклад, користувач, який зазвичай відвідує вебсайт із преміального мобільного пристрою, ймовірно, відрізняється від користувача, який заходить на той самий сайт за допомогою браузера Internet Explorer на настільному комп'ютері під керуванням Windows XP. Наявність проксі-ознак таких характеристик, отриманих на основі UAS, є особливо цінною у випадках, коли відсутня будь-яка інша демографічна інформація про користувача (наприклад, коли сайт відвідує нова, неідентифікована особа).

У певних випадках також важливо розрізняти трафік від людей і не-людей (наприклад, ботів). Іноді це зробити досить просто, оскільки автоматизовані вебкраулері використовують спрощений формат UAS, що містить слово «bot» (наприклад, Googlebot/2.1 (+http://www.google.com/bot.html)). Проте деякі краулері не дотримуються цього формату, наприклад, боти Facebook містять у своєму UAS слово facebookexternalhit, і для їхнього виявлення необхідно використовувати словник відповістей.

Відносно простим способом створення ознак для алгоритмів машинного навчання з UAS є застосування парсера, виділення окремих елементів та подальше one-hot кодування. Такий підхід може бути ефективним у простих сценаріях, коли потрібно трансформувати лише найвищі рівні та легко впізнавані елементи UAS у машинозчитувані ознаки. Наприклад, досить просто визначити тип пристрою користувача (мобільний, ПК, сервер тощо). Для такого інжинірингу ознак існує низка високоякісних парсерів, що базуються на регулярних виразах (наприклад, проєкт ua-parser та його реалізації для різних мов програмування).

Однак вищезгаданий підхід швидко стає непридатним, якщо виникає потреба враховувати усі елементи UAS для максимального вилучення інформації. Це пов'язано з двома ключовими причинами. Першою причиною є те, що існуючі рекомендації щодо форматування заголовків User-Agent не є обов'язковими до виконання, і в реальних умовах можна зіткнутися з великою різноманітністю специфікацій UAS. Унаслідок цього забезпечити узгоджений парсинг таких рядків надзвичайно складно. Більше того, щодня з'являються нові пристрої, версії операційних систем та браузерів, що ускладнює підтримку високоякісних парсерів. Другою причиною є те, що кількість можливих елементів UAS і їхніх комбінацій є астрономічно великою. Навіть якщо їх вдалося б закодувати у one-hot форматі, утворена матриця даних була б надзвичайно розрідженою (sparse) та надто великою для обробки на комп'ютерах, які зазвичай використовують фахівці з аналізу даних.

```
mozilla/5.0 (iphone; cpu iphone os 10_3 like mac os x) AppleWebKit/602.1.50 (KHTML, like Gecko) CriOS/56.0.2924.75 mobile/14e5239e
safari/602.1 ruxitsynthetic/1.0 v256748272 t2095300180647406436
mozilla/5.0 (iphone; cpu iphone os 12_4_3 like mac os x) AppleWebKit/605.1.15 (KHTML, like Gecko) mobile/15e148 instagram 123.0.0.24.115
(iPhone6,2; ios 12_4_3; nl-nl; nl-nl; scale=2.00; 640x1136; 188362626) nw/1
mozilla/5.0 (iphone; cpu iphone os 10_2_1 like mac os x) AppleWebKit/602.4.6 (KHTML, like Gecko) mobile/14d27
[fbav/fbav;fbav/84.0.0.36.37;fbav/52496792;fbdv/iphone7,1;fbmd/iphone;fbns/ios;fbsv/10.2.1;fbss/3;fbcr/3ireland;fbid/phone;fbic/en_gb;fbop/5
;fbvr/0]
mozilla/5.0 (linux; u; android 8.1.0; fr-fr; redmi s2 build/opm1.171019.011) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) version/4.0
chrome/61.0.3163.128 mobile safari/537.36 xiaomi/miuibrowser/10.8.3-g
mozilla/5.0 (ipad; cpu os 10_2_1 like mac os x) AppleWebKit/602.4.6 (KHTML, like Gecko) mobile/14d27
[fbav/fbav;fbav/88.0.0.60.70;fbav/55239788;fbdv/ipad6,4;fbmd/ipad;fbns/ios;fbsv/10.2.1;fbss/2;fbcr/sprint;fbid/tablet;fbic/en_us;fbop/5;fbvr
/0]
mozilla/5.0 (ipad; cpu os 9_0 like mac os x) AppleWebKit/601.1.46 (KHTML, like Gecko) mobile/13a344
[fbav/fbav;fbav/8.0.0.28.18;fbav/1665515;fbdv/ipad2,1;fbmd/ipad;fbns/iphone os;fbsv/9.0;fbss/1;fbcr/;fbid/tablet;fbic/en_us;fbop/1]
mozilla/5.0 (linux; android 9; oneplus a6000 build/pkq1.180716.001; wv) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) version/4.0
chrome/76.0.3809.111 mobile safari/537.36 [fb_iab/fb4a;fbav/233.0.0.36.117;]
mozilla/5.0 (linux; android 5.1.1; build/lmy49l; wv) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) version/4.0 chrome/59.0.3071.125 safari/537.36
mozilla/5.0 (linux; android 7.0; sm-g925f build/nrd90m; wv) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) version/4.0 chrome/74.0.3729.136 mobile
safari/537.36 jssdk/2 topbuzz/11.2.3 nettype/4g
mozilla/5.0 (macintosh; intel mac os x 10.11; rv:46.0) Gecko/20100101 Firefox/46.0 | hardenize/v1.1168.1 (https://www.hardenize.com)
```

Рис. 3. Приклад підмножин UAS

Для подолання цих викликів можна застосувати метод зниження розмірності (dimensionality reduction) та представити UAS у вигляді векторів фіксованої довжини, мінімізуючи втрати інформації. Ця ідея не є новою, і оскільки UAS – це, по суті, текстові рядки, таке представлення можна реалізувати за допомогою методів обробки природної мови (NLP). Алгоритм fastText, розроблений дослідниками з Facebook, забезпечує особливо корисні результати. Цей метод має кілька практичних переваг:

- не потребує багато даних, тобто якісна модель може бути навчена навіть на кількох тисячах прикладів;
- добре працює з короткими та структурованими документами, такими як UAS;
- швидко навчається;
- ефективно обробляє «слова поза словником», тобто здатний створювати осмислені векторні подання навіть для тих рядків, які не зустрічались під час навчання моделі.

Офіційна реалізація алгоритму fastText доступна у вигляді окремої бібліотеки мовою C++ та обгортки для Python. Обидві версії добре задокументовані, легко встановлюються та використовуються. Крім того, популярна бібліотека Python gensim має власну реалізацію цього алгоритму. Нижче опишемо навчання моделі fastText у середовищі R.

Існує декілька обгортки для мови R, що працюють із C++ бібліотекою fastText (зокрема, fastText, fastrtext та fastTextR). Втім, найпростішим способом навчання і використання моделей fastText у R, безперечно, є використання офіційної Python-реалізації через пакет reticulate.

Навчання моделі базуються на вибірці з 200,000 унікальних рядків User-Agent із бази даних whatismybrowser.com (рис. 4). Дані зберігаються у текстовому файлі у форматі *plain text*, де кожен рядок містить один UAS, нормалізований до нижнього регістру, жодної іншої попередньої обробки не застосовується.

Навчання некерованої (unsupervised) моделі fastText в R є надзвичайно простим, достатньо викликати команду (рис. 4-а):

```
m_unsup <- ft$train_unsupervised(  
  input = "/data/train_data_unsup.txt",  
  model = "skipgram",  
  lr = 0.05,  
  dim = 32L, # vector dimension  
  ws = 3L,  
  minCount = 1L,  
  minn = 2L,  
  maxn = 6L,  
  neg = 3L,  
  wordNgrams = 2L,  
  loss = "ns",  
  epoch = 100L,  
  thread = 10L  
)
```

а)

```
test_data <- readLines("./data/test_data_unsup.txt")  
  
emb_unsup <- test_data %>%  
  lapply(., function(x) {  
    m_unsup$get_sentence_vector(text = x) %>%  
      t(.) %>% as.data.frame(.)  
  }) %>%  
  bind_rows(.) %>%  
  setNames(., paste0("f", 1:32))  
  
# Printing out the first 5 values  
# of the vectors (of size 32)  
# that represent the first 3 UAS  
# from the test set:  
  
emb_unsup[1:3, 1:5]  
##      f1      f2      f3      f4      f5  
## 1 0.197 -0.03726 0.147 0.153 0.0423  
## 2 0.182 0.00307 0.147 0.101 0.0326  
## 3 0.101 -0.28220 0.189 0.202 -0.1623
```

б)

Рис. 4 – а) Навчання некерованої моделі fastText; б) використання функції, що повертає середнє значення векторів для елементів

Аргумент `dim` у наведеній команді визначає розмірність простору векторних подань. Кожен UAS трансформується у вектор розмірності 32. Інші параметри керують процесом навчання моделі (`lr` – швидкість навчання, `loss` – функція втрат, `epoch` – кількість ітерацій у процесі тренування тощо). Повна інформація щодо параметрів міститься у офіційній документації fastText.

Після того як модель навчена, обчислюються векторні подання для нових випадків з набору потенційних кібератак на фінансові установи. Нижче показано використання ключової функції – `m_unsup$get_sentence_vector()`, яка повертає середнє значення векторів для всіх елементів, що складають заданий UAS (рис. 4-б).

Для того, щоб перевірити чи добре працює дана модель необхідно використовувати отримані векторні подання UAS у подальших задачах машинного навчання та оцінити якість отриманого результату. Втім, перед переходом до побудови моделей для конкретних задач доцільно візуально оцінити якість векторних уявлень fastText, зокрема, за допомогою проєкції tSNE. Для цього можна використовувати відомі графіки tSNE, які дозволяють знизити розмірність векторів для їх візуалізації у 2D або 3D просторі. На зображенні (рис. 5) наведено тривимірну tSNE-візуалізацію векторів, обчислених для UAS із вибірки потенційних кібератак на фінансові установи за допомогою моделі fastText. Попри те, що модель була навчена у некерованому режимі, вона змогла згенерувати векторні подання, які відображають важливі характеристики оригінальних UAS. Таким чином, спостерігається чітке розділення точок за видами кібератак.

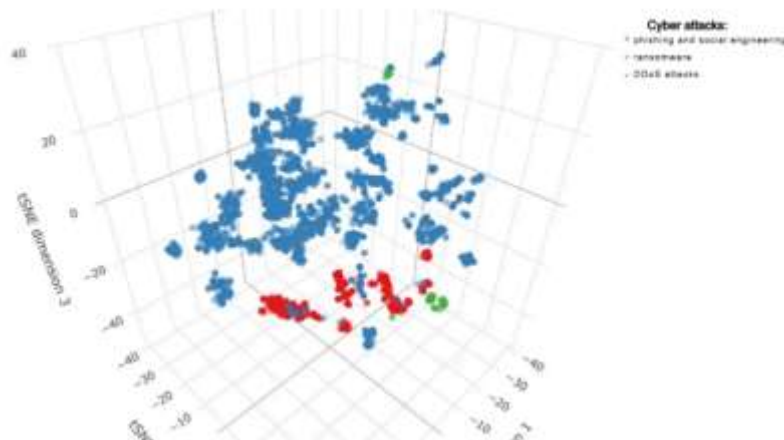


Рис. 5 – 3D візуалізація tSNE векторів, отриманих з некерованої моделі fastText

Навчання керованої (supervised) моделі fastText вимагає наявності розмічених даних. У цьому контексті парсери UAS можуть бути дуже корисними, адже дозволяють швидко отримати мітки для тисяч навчальних прикладів. Алгоритм fastText підтримує як багатокласову, так і мультиетикетну класифікацію. Стандартний формат міток: `__label__<значення>`. Такі мітки мають передувати кожному документу у навчальному наборі (у випадку багатьох міток – розділені пробілами).

Оскільки ми створюємо векторні подання, які відображають різницю між UAS за типом кібератак на фінансові установи, нижче показано (рис. 6) розмічені дані, які можна використати для навчання відповідної моделі.

```
__label_server mozilla/5.0 (iphone; cpu iphone os 10_3 like mac os x) applewebkit/602.1.50 (khtml, like gecko) crios/56.0.2924.75
mobile/14e5239e safari/602.1 ruxitsynthetic/1.0 v256748272 t2895308180647406436
__label_mobile mozilla/5.0 (iphone; cpu iphone os 12_4_3 like mac os x) applewebkit/605.1.15 (khtml, like gecko) mobile/15e148 instagram
123.0.0.24.115 (iphones;2; ios 12_4_3; nl-nl; nl-nl; scale~2.00; 640x1136; 188362626) nw/1
__label_mobile mozilla/5.0 (iphone; cpu iphone os 10_2_1 like mac os x) applewebkit/602.4.6 (khtml, like gecko) mobile/14d27
[fbav/fbav;fbav/84.0.0.36.37;fbav/52496792;fbdv/iphone7,1;fbmd/iphone;fbns/ios;fbns/10.2.1;fbss/2;fbcr/sprint;fbid/tablet;fbid/en_gb;fbop/5;fbv/0]
__label_mobile mozilla/5.0 (linux; u; android 8.1.0; fr-fr; redmi s2 build/opm1.171019.011) applewebkit/537.36 (khtml, like gecko)
version/4.0 chrome/61.0.3163.128 mobile safari/537.36 xiaomi/miuibrowser/10.8.3-g
__label_mobile mozilla/5.0 (ipad; cpu os 10_2_1 like mac os x) applewebkit/602.4.6 (khtml, like gecko) mobile/14d27
[fbav/fbav;fbav/84.0.0.68.70;fbav/55239788;fbdv/ipad6,4;fbmd/ipad;fbns/ios;fbns/10.2.1;fbss/2;fbcr/sprint;fbid/tablet;fbid/en_us;fbop/5;fbv/0]
__label_mobile mozilla/5.0 (ipad; cpu os 9_0 like mac os x) applewebkit/601.1.46 (khtml, like gecko) mobile/13a344
[fbav/fbav;fbav/8.0.0.28.18;fbav/1665515;fbdv/ipad2,1;fbmd/ipad;fbns/ios;fbns/9.0;fbss/1;fbcr/sprint;fbid/tablet;fbid/en_us;fbop/1]
__label_mobile mozilla/5.0 (linux; android 9; onepplus a6000 build/pkq1.180716.001; wv) applewebkit/537.36 (khtml, like gecko) version/4.0
chrome/76.0.3809.111 mobile safari/537.36 [fb_iab/fb4a;fbav/233.0.0.36.117;]
__label_mobile mozilla/5.0 (linux; android 5.1.1; build/lay49i; wv) applewebkit/537.36 (khtml, like gecko) version/4.0 chrome/59.0.3071.125
safari/537.36
__label_mobile mozilla/5.0 (linux; android 7.0; sm-g925f build/nrd90m; wv) applewebkit/537.36 (khtml, like gecko) version/4.0
chrome/74.0.3729.136 mobile safari/537.36 jsdk/2 topbuzz/11.2.3 nettype/4g
__label_computer mozilla/5.0 (macintosh; intel mac os x 10.11; rv:46.0) gecko/20100101 firefox/46.0 | hardenize/v1.1168.1
(https://www.hardenize.com)
```

Рис.6 – Приклад розмічених даних для навчання контрольованої моделі fastText

Команда R для навчання контрольованої моделі fastText на таких розмічених даних схожа на попередню (рис. 8-а):

```
m_sup <- ftstratrain_supervised(
  input = "./data/train_data_sup.txt",
  lr = 0.05,
  dim = 32L, # vector dimension
  ws = 3L,
  minCount = 1L,
  minCountLabel = 10L, # min label occurrence
  minn = 2L,
  maxx = 6L,
  neg = 3L,
  wordNgrams = 2L,
  loss = "softmax", # loss function
  epoch = 100L,
  thread = 10L
)
```

```
metrics <- m_sup$test_label("./data/test_data_sup.txt")
metrics["__label_mobile"]
## $__label_ransomware
## $__label_ransomware$precision
## [1] 0.998351
##
## $__label_ransomware$recall
## [1] 0.9981159
##
## $__label_ransomware$f1score
## [1] 0.9982334
```

а)

б)

Рису.7. – а) Навчання керованої моделі fastText; б) метрики якості для UAS із міткою «ransomware»

Оцінити якість отриманої керованої моделі можна за допомогою розрахунку таких метрик, як точність (precision), повнота (recall) та F1-міра на вибірці. Ці показники можуть бути обчислені як у середньому по всіх мітках, так і для окремих класів. Нижче наведено метрики якості для UAS із міткою «ransomware» (рис. 7-б). Візуальна оцінка tSNE-проєкції векторів для даної контрольованої моделі підтверджує її високу якість: спостерігається чітке розділення навчальних прикладів за типом потенційних кібератак на фінансові установи (рис. 8). При навчанні контрольованої моделі алгоритм отримує додаткову інформацію, що дозволяє йому формувати вектори, орієнтовані на конкретне завдання.

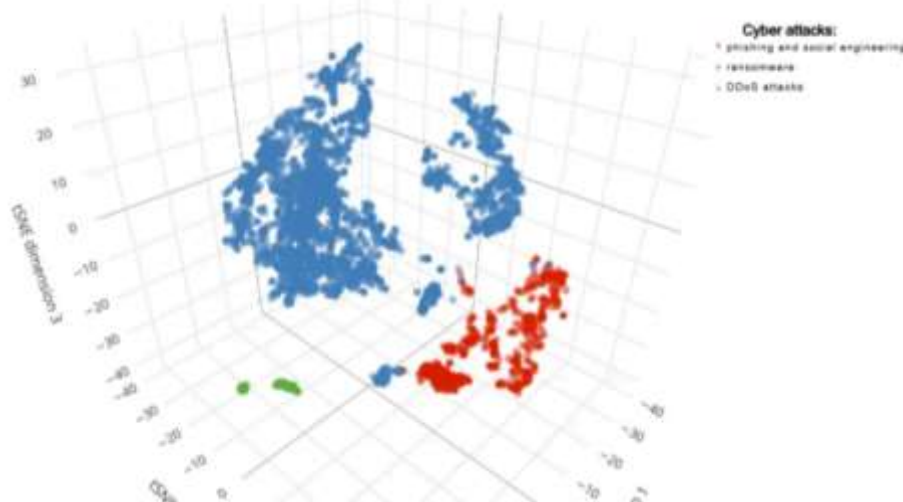


Рис.8. – 3D візуалізація tSNE векторів, отриманих за допомогою контрольованої моделі fastText з мітками, що відповідають типам кібератак

Отже, інформація, яка міститься у рядках UAS, може бути ефективно представлена у вигляді векторних подань низької розмірності. Моделі для створення таких векторів можна навчати як у неконтрольованому, так і в контрольованому режимах. Неконтрольовані вектори є універсальними та можуть бути використані у будь-яких подальших задачах машинного навчання. Таким чином, можна дійти висновку, що найефективніше навчати моделі на конкретних завданнях. Одним із найбільш ефективних алгоритмів для векторизації UAS є fastText, реалізації якого доступні всіма основними мовами програмування, що використовуються у машинному навчанні.

References

1. Chandre, P., Gumaste, S., Wangikar, A., & Deshmukh, S. (2024). Adaptive Behavioral Authentication for Fraud Detection: Leveraging Real-Time User Behavior to Enhance Financial Security. In 2024 First International Conference on Data, Computation and Communication (ICDCC) (pp. 539–545). 2024 First International Conference on Data, Computation and Communication (ICDCC). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icdccc62744.2024.10961554>.
2. Tandon, A., Anitha, C., Kataria, A., Mohammed, N. Q., Al-Khuzai, M. Y., & Almulla, A. A. (2024). Allometry Authentication in the Field of Finance: Creation of Well Secured System using AI Algo Based Systems. In 2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE) (pp. 962–967). 2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icacite60783.2024.10617124>
3. Aburbeian, A. M., & Fernández-Veiga, M. (2024). Secure Internet Financial Transactions: A Framework Integrating Multi-Factor Authentication and Machine Learning. AI, 5(1), 177–194. <https://doi.org/10.3390/ai5010010>
4. Burlachenko, I. S., Savinov, V. Y., Tohoiev, O. R., & Zhuravska, I. M. (2021). THE CLOUD GNSS DATA FUSION APPROACH BASED ON THE MULTI-AGENT AUTHENTICATION PROTOCOLS' ANALYSIS IN THE CORPORATE LOGISTICS MANAGEMENT SYSTEMS. Radio Electronics, Computer Science, Control, (4), 95–105.

CLASSIFICATION OF CYBERATTACKS USING THE FASTTEXT MODEL

The paper presents a research of parsing User Agent Strings (UAS) for machine learning and examines the features of relevant software libraries. A more accurate and structured method for identifying cyberattack characteristics is implemented without relying on complex regular expressions. The advantages of the proposed approach are highlighted, including improved data quality, reduced processing costs, and easier integration into machine learning (ML) pipelines. The article provides code examples and outlines implementation mechanisms for projects requiring the analysis of cyberattack data on client devices in financial institutions.

Keywords: cyberattack, UAS, fastText, machine learning, ML

Відомості про авторів / Information about the Authors

Дмитро Заворотній, студент 4-го курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: devzavorotniydmtyro@gmail.com orcid: <https://orcid.org/0009-0005-3895-8964>

Dmytro Zavorotnii, fourth year student, specialty Computer Science, Computer Science Faculty, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: devzavorotniydmtyro@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0005-3895-8964>

Іван Бурлаченко, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії, факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ivan.burlachenko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5088-6709>.

Ivan Burlachenko, Senior Lecturer of the Computer Engineering Department of Computer Science Faculty of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ivan.burlachenko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5088-6709>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.19

Нікіта Кім
 Олег Щесюк

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ НА ОСНОВІ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

У тезах розглянуто розробку системи автоматизації знезараження повітря на основі UV-C випромінювання. Система реалізує безпечне та ефективне знезараження повітря у приміщеннях за допомогою ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 254 нм, керованого мікроконтролерами, сенсорами та алгоритмами нечіткої логіки.

Ключові слова: ультрафіолетове випромінювання, автоматизація, знезараження повітря, сенсори, UV-C, мікроконтролер, нечітка логіка.

В умовах погіршення якості повітря та зростання ризиків повітряно-крапельного поширення інфекцій особливу актуальність набувають системи автоматизованого знезараження повітря. Одним з найефективніших методів дезінфекції є використання ультрафіолетового випромінювання, зокрема спектру UV-C, який демонструє високу бактерицидну ефективність.

Система знезараження повітря включає UV-C лампи, сенсори якості повітря, температури, вологості, контролери та засоби індикації. Зібрані з сенсорів дані передаються на контролер, який, аналізуючи їх за допомогою алгоритмів нечіткої логіки, приймає рішення про активацію або деактивацію UV-C випромінювання.

З технічної точки зору, однією з головних переваг застосування UV-C випромінювання є його здатність знищувати широкий спектр патогенних мікроорганізмів без утворення шкідливих побічних продуктів. В умовах зростаючої антибіотикорезистентності та обмежень традиційних хімічних методів дезінфекції, ультрафіолетова технологія виступає надійною альтернативою.

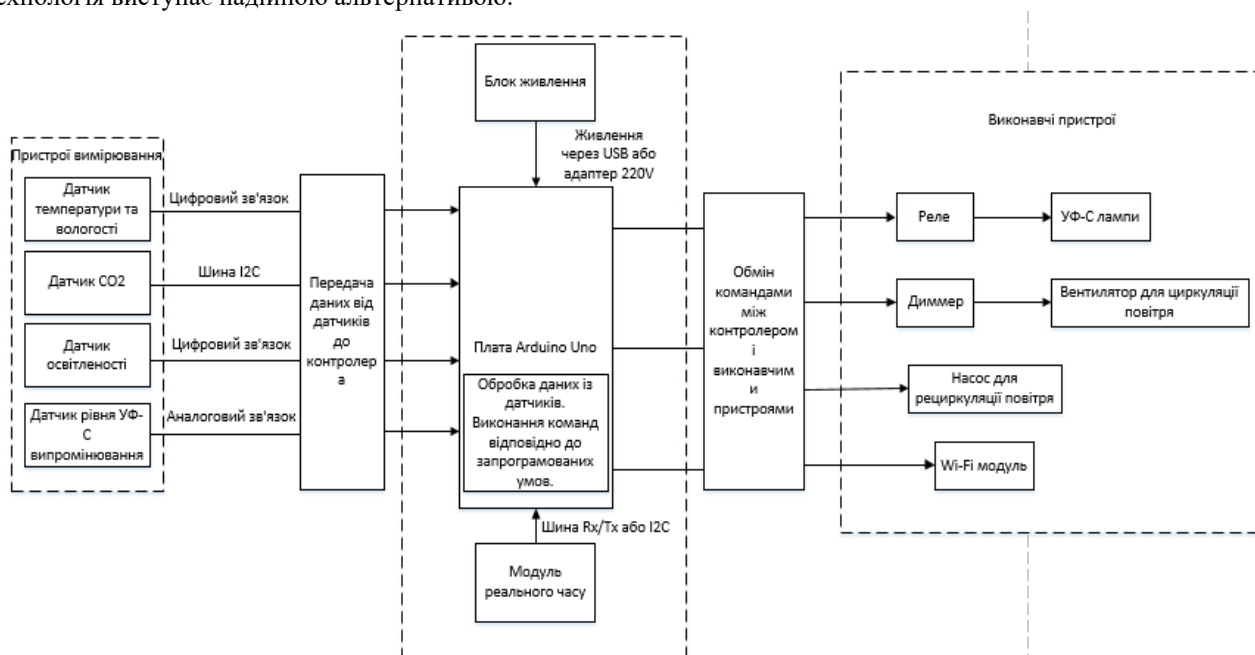


Рис. 1. Функціональна схема автоматизованої системи знезараження повітря

УФ-системи можуть бути інтегровані у централізовані системи вентиляції будівель, забезпечуючи знезараження повітря в режимі реального часу. Такі рішення особливо важливі для медичних установ, де повітряне середовище відіграє критичну роль у контролі інфекцій.

Функціональна схема автоматизації знезараження складається з декількох основних блоків: блок збору даних, блок аналізу та прийняття рішень, модуль керування виконавчими механізмами, інтерфейс користувача. Вимірювані параметри включають PM2.5, PM10, температуру, вологість та інтенсивність UV-випромінювання. У разі перевищення порогових значень, система активує UV-C лампи і вентиляційні модулі, забезпечуючи циркуляцію повітря через зону опромінення.

Інтерфейс користувача (створений, наприклад, у LabVIEW або SCADA-системах) дозволяє здійснювати моніторинг стану системи, регулювання параметрів, перегляд історії показників. У системі реалізовано функції аварійного вимкнення та діагностики стану UV-C ламп, що підвищує рівень безпеки та надійності.

Модель поведінки системи може бути змодельована в середовищах типу MATLAB Simulink або LabVIEW, що забезпечує наочну візуалізацію процесів і спрощує діагностику. Також це дозволяє протестувати різні сценарії роботи системи ще на етапі проектування.

Інтеграція з SCADA-системами дозволяє здійснювати централізований моніторинг багатьох приміщень одночасно, з можливістю дистанційного керування, зберіганням даних у базах даних та автоматичним формуванням звітів про якість повітря.

Завдяки використанню програмованого мікроконтролера, можлива гнучка адаптація алгоритмів керування до різних умов експлуатації. Застосування нечіткої логіки дає змогу враховувати невизначеність вхідних параметрів і приймати оптимальні рішення в умовах неповної інформації.

У системі автоматизації важливим є алгоритм регулювання, який враховує змінні умови навколишнього середовища. Використання методів нечіткої логіки (fuzzy logic) дозволяє налаштувати рівень інтенсивності випромінювання UV-C ламп відповідно до ступеня забрудненості повітря, що сприяє оптимізації енерговитрат і підвищенню ресурсу роботи обладнання.

Результатом автоматизації є стабільна робота системи, зниження витрат на енергію, підвищення безпеки для персоналу та екологічність. Вона є доцільною для використання в лікарнях, навчальних закладах, офісах, торговельних центрах, виробничих приміщеннях тощо.

З точки зору безпеки, UV-C системи обладнуються датчиками присутності, які запобігають опроміненню людей під час роботи. Крім того, сучасні бактерицидні установки мають світлову та звукову індикацію режимів роботи, а також захист від перегріву та короткого замикання.

Впровадження такої системи на практиці потребує врахування низки нормативних вимог, зокрема санітарних норм, стандартів безпеки електрообладнання, а також вимог до вентиляційних систем.

На завершення, автоматизована система знезараження повітря на основі UV-C випромінювання є не тільки технологічно досконалим, але й соціально значущим рішенням. Її використання забезпечує створення безпечного середовища, що особливо важливо в умовах після пандемічного світу та для забезпечення сталої епідеміологічної безпеки.

У підсумку, впровадження автоматизованих систем знезараження повітря на основі UV-C випромінювання забезпечує поєднання високої ефективності дезінфекції, безпеки та технологічної гнучкості, що відповідає сучасним вимогам до забезпечення санітарно-епідеміологічного стану повітряного середовища.

References

1. Wikipedia. Indeks yakosti povitrya. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Indeks_yakosti_povitrya [in Ukrainian].
2. Wikipedia. Ul'trafiolotovoe izluchenie. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ul'trafiolotovoe_izluchenie [in Ukrainian].
3. AntibactAir. UL'TRAFIOLET – SUCHASNYJ METOD ZNEZARAZHENNIA POVITRYA. URL: <https://antibactair.com/ultrafiolot-suchasnyj-metod-znezarazhennia-povitria-v-prymishchenniakh/> [in Ukrainian].
4. CleanAir. Vse, shcho potribno znaty pro AQI. URL: <https://cleanairlove.com/vse-shcho-potribno-znati-pro-indeks-yakosti-povitrya-aqi/> [in Ukrainian].
5. Apostrof. De v Ukraini najbil'sh zabrudnene povitrya: top-9 onlajn rejtyngu mist. URL: <https://apostrophe.ua/ua/news/society/2020-04-17/gde-v-ukraine-samyiy-zagryaznennyiy-vozduh-top-9-onlajn-rejtinga-gorodov/194322> [in Ukrainian].

DIGITAL AIR DISINFECTION AUTOMATION BASED ON ULTRAVIOLET RADIATION

The abstracts consider the development of an air disinfection automation system based on UV-C radiation. The system implements safe and effective air disinfection in rooms using ultraviolet radiation with a wavelength of 254 nm, controlled by microcontrollers, sensors and fuzzy logic algorithms.

Keywords: ultraviolet radiation, automation, air disinfection, sensors, UV-C, microcontroller, fuzzy logic.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Нікіта Кім, студент 4 курсу спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: kimnikita82@gmail.com

Nikita Kim, 4th year student of the specialty "Automation and Computer-Integrated Technologies" of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: kimnikita82@gmail.com

Олег Щесюк О. В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: taifun.kv@gmail.com , orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Oleg Shchesiuk – PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: taifun.kv@gmail.com , orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.20

Поліна Кравченко,
Віталій Нікольський,
Ірина Журавська

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПОРУШЕНЬ У ТЕХНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Тези представляють аналіз методів обстеження технічних конструкцій та розроблене рішення апаратно-програмного комплексу збору даних для моделювання у математичному програмному середовищі з метою виявлення в них дефектів.

Ключові слова: обробка цифрових сигналів, математичне двовимірне моделювання, рухомі апаратні платформи, Інтернет речей, обстеження технічних конструкцій.

Здійснення візуального контролю технічних конструкцій здатне забезпечити продовження їх експлуатаційного терміну, обслуговування та безпеку. Саме за допомогою візуального огляду можна чітко оцінювати стан компонентів, матеріалів, наявність або появу нових дефектів з метою вчасного планування ремонтних робіт. Проте, традиційні засоби візуального контролю значною мірою є трудомісткими та схильними до грубих помилок, що впливатимуть на швидкість, точність ремонту та загалом планування відновлювальних робіт [1]. Враховуючи, що проблема пошкоджень технічних конструкцій, споруд і будівель на сьогодні залишається актуальною та невпинно зростає, для виконання обстеження конструкцій з метою виявлення дефектів і моделювання їх, пропонується розробити апаратно-програмне рішення з використанням рухомих апаратних платформ як інструменту виконання моніторингу споруд різної складності, у незалежності від їх розташування та стану внаслідок пошкоджень.

Виконання обстеження конструкцій може бути у важкодоступних або небезпечних зонах, відповідно як рухому платформу пропонується використати безпілотний літальний апарат (БПЛА) – DJI Phantom 4, застосування якого зможе забезпечити маневреність та здатність здійснювати моніторинг у відповідних умовах (рис. 1).



Рис. 1. Дрон моделі DJI Phantom 4 з підготовкою шасі до монтажу моніторингового блока

У тому числі, конструкція БПЛА дозволяє здійснити оснащення його, як платформи, необхідними датчиками для виконання збору цифрових даних з метою їх подальшої обробки, аналізу та визначення наявності порушень в конструкціях або їх елементах.

БПЛА моделі DJI Phantom 4 DJI є платформою для обстеження технічних конструкцій, оскільки має функцію стабілізацію польоту (GPS, сенсори перешкод у шести напрямках) та тривалість автономного функціонування сягає до 30 хвилин. У тому числі, наявність інтелектуальних режимів польоту, – Waypoint, ActiveTrack, – забезпечує можливість автоматизованого обльоту за заданим маршрутом [2]. Такий підхід сприятиме підвищенню ефективності моніторингу, своєчасному виявленню дефектів технічних споруд та візуалізації з використанням програмного забезпечення комп'ютерного математичного моделювання.

Для забезпечення задачі зі збору даних та їх обробки у розробленому рішенні, пропонується використати одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 5 як ядро для керування датчиками, а також ультразвукові датчики типу HC-SR04 для виконання замірів у просторі та визначених об'єктів при обстеженні технічної конструкції. Вибір одноплатного комп'ютера для керування процесом збору, збереження, попередньої обробки даних і бездротової передачі інформації на сервер, було здійснено на користь Raspberry Pi 5, оскільки дана модель є компактною одноплатною обчислювальною системою, призначеною для реалізації вбудованих рішень у сфері технічного моніторингу.

Плата оснащена чотириядерним процесором ARM Cortex-A76 з тактовою частотою до 2,4 ГГц, вона забезпечує суттєве підвищення продуктивності порівняно з попередніми моделями. Плата підтримує до 8 Гбайт оперативної пам'яті LPDDR4X, має два порти USB 3.0, порт PCIe 2.0, двосмуговий Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 5.0 та гігабітний Ethernet [3]. Наявність відповідних характеристик забезпечує ефективну працездатність у визначених умовах. Проте, варто відзначити, що на поточному етапі проектування обсяг оброблюваних даних є відносно невеликим, що дозволяє ефективно використовувати ресурси одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 5 без необхідності залучення більш продуктивного обладнання, однак має потенціал розширення у відповідності до ускладнення задач з обстеження та збільшення обсягу даних для обробки. Для вимірювання відстані до об'єктів та виявлення дефектів поверхонь під час обстеження технічних конструкцій було обрано ультразвуковий датчик HC-SR04, що використовується у системах моніторингу з вимірюванням нахилу будівель, просідання ґрунту навколо СТК тощо [4]. Цифровий сенсор забезпечує достатню точність (до 3 мм) у діапазоні 0,2–1500 мм, що є прийнятним для завдань просторової локалізації на малих і середніх відстанях. Простота інтерфейсу, низьке енергоспоживання та можливість інтеграції з мікроконтролерами і одноплатними комп'ютерами, зокрема Raspberry Pi, роблять HC-SR04 оптимальним вибором для систем технічного моніторингу.

З огляду на необхідність автономної роботи апаратного модуля, закріпленого на рухомій платформі, було забезпечено живлення одноплатного комп'ютера Raspberry Pi. Для цього застосовано плату розширення типу UPS HAT, що забезпечує стабільне живлення від двох Li-Ion акумуляторів форм-фактору 18650, ємністю по 3500 мА·год кожен. Така конфігурація дозволяє підтримувати безперебійну роботу обчислювального модуля впродовж циклу обстеження та здійснювати керування ультразвуковими датчиками для збирання вимірювальної інформації. Обране рішення забезпечує мобільність та енергетичну незалежність системи протягом певного часу, що є критично важливим у разі експлуатації в польових умовах або на об'єктах зі складним доступом до джерел електроживлення.

У підсумку розроблений апаратно-програмний комплекс (АПК) вбудовується «на борт» БПЛА для подальшого етапу – збору просторових даних шляхом вимірювання відстані до окремих елементів стаціонарної технічної конструкції (рис. 2).

Методика збирання даних включає кілька послідовних етапів [5]:

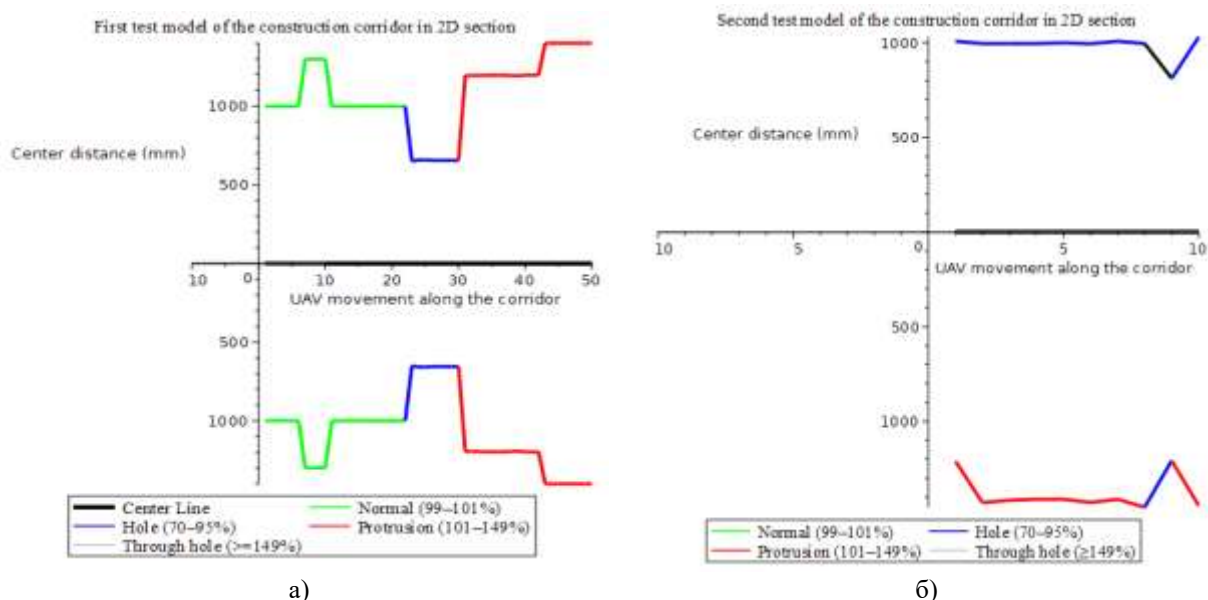
- вибір цільового об'єкта або поверхні в межах конструкції; визначення еталонних відстаней для подальшого порівняння;
- задання координатного початку або центральної осі відліку, від якої здійснюються вимірювання по ліву та праву сторони;
- запис фактичних даних з використанням ультразвукових датчиків, керованих одноплатним комп'ютером;
- збереження результатів у структурованому форматі CSV, що містить такі параметри: порядковий номер запису, координати стартової точки, еталонне та фактичне значення для лівої сторони, відсоток відхилення; еталонне та фактичне значення для правої сторони, відсоток відхилення.

Визначення наявності дефектів або відхилень у конструкції здійснюється шляхом аналізу відсоткового відхилення фактичних значень від еталонних, проте на даний момент процес виявлення пошкоджених або деформованих ділянок об'єкта не є автоматизованим.



Рис. 2. Зібраний АПК на рухомій апаратній платформі

Після завершення збору даних, сформований масив передається на фізичний сервер, де на поточному етапі здійснюється ручна підготовка даних, зокрема їх очищення від викидів і аномальних значень. Після цього очищений набір імпортується до програмного середовища комп'ютерного моделювання Maple Software, в якому реалізується етап обробки цифрових сигналів. Результатом даного процесу є візуалізація технічного стану досліджуваного об'єкта (наприклад, конструктивного коридору або технічної споруди) у вигляді двовимірної графічної моделі (рис. 3).



а)

б)

Рис. 3. Результати виконання моделювання обстежуваних зон:

а) моделювання з чотирма параметрами ушкоджень; б) тестове моделювання за фактичними даними вимірювань

Моделювання здійснюється за допомогою скрипту, що виконує наступну логіку:

- 1) імпорт модулів візуалізації – підключення бібліотек plottools і plots для побудови графіків;
- 2) ініціалізація та структурування даних – дані зчитуються у форматі таблиці, де кожен запис містить ідентифікатор точки, ідеальне значення відстані, фактичні вимірювання до лівої та правої стін, а також відповідні відсоткові відхилення;

3) підготовка координат для побудови – координати для графіків будуються окремо для лівої та правої стін, з урахуванням симетричного відображення правої стіни через інверсію знаку;

4) класифікація дефектів – залежно від відсоткового відхилення обчислюється колір лінії для кожного сегмента траєкторії;

5) побудова сегментованих графіків – для кожної стіни створюється набір кольорових відрізків відповідно до класифікації, що дозволяє локалізувати проблемні ділянки;

6) легенда – додаються умовні позначення для кожного типу дефекту, що робить інтерпретацію моделі інтуїтивно зрозумілою;

7) фінальна візуалізація – всі елементи об'єднуються в єдиний графік з підписами осей і заголовком.

Обстеження технічних конструкцій залишається актуальним завданням у контексті забезпечення їхньої експлуатаційної надійності та безпеки. У межах дослідження було проаналізовано традиційні методи моніторингу стану технічних споруд, що дозволяє обґрунтувати доцільність розробки апаратно-програмного комплексу для виявлення дефектів та виконання просторового моделювання. На основі аналізу сформовано концепцію функціонального апаратно-програмного комплексу, підібрано відповідні компоненти апаратного забезпечення, зокрема ультразвукові сенсори для визначення відстаней до поверхонь. Здійснено їх монтаж і проведено тестовий збір даних. Отримані результати вимірювань було оброблено та візуалізовано в середовищі математичного моделювання Maple, що дозволило відтворити структуру контрольованого простору з виявленням відхилень від еталонних параметрів.

Перспективами подальшого розвитку є автоматизація процесів аналізу отриманих даних, впровадження алгоритмів для класифікації виявлених дефектів автоматично, масштабування комплексу для уможливлення обробки великої кількості даних та автоматичного визначення наявності дефектів, використання у системі датчиків більшої дальності для здійснення обстеження складних технічних конструкцій.

References

1. Perez H., Tah J. H. M., Mosavi A. Deep learning for detecting building defects using convolutional neural networks. *Sensors*. 2019. Vol. 19, no. 16. P. 3556. DOI: 10.3390/s19163556 (Last accessed: 05.05.2025).
2. Phantom 4 RTK Specifications. *Drone Ops*. URL: <https://droneops.co.za/dji-phantom-4-rtk-specs/> (Last accessed: 07.05.2025).
3. Arduino ultrasonic sensor overview and tutorials. *SeeedStudio*. URL: <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/11/04/hc-sr04-features-arduino-raspberrypi-guide/> (Last accessed: 06.05.2025).
4. Sudarmanto A., Khalif M., Huda A. Detection of building slope and land subsidence using ultrasonic HC-SR04 sensors based Arduino Uno R3 and Blynk. *AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2540, No. 100004. DOI: 10.1063/5.0125207.
5. Kravchenko P., Zhuravska I., Obukhova K. Dataset of building parameters collected by UAV with wireless data transfer from IoT ultrasonic sensors and a single-board computer for 2D/3D modeling : Dataset. *Mendeley Data*. Publ. Apr. 29, 2025. V. 1.1. DOI: 10.17632/6zj7tj6xtn.1.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.20

Polina Kravchenko,
Vitalii Nikolskyi,
Iryna Zhuravska

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR DETECTION AND MODELING OF DEFECTS IN TECHNICAL CONSTRUCTIONS

The theses present an analysis of methods for inspecting technical constructions and a developed solution for a hardware-software complex for collecting data for modeling in a mathematical software environment in order to detect defects in them.

Key words: digital signal processing, mathematical 2D modeling, mobile hardware platforms, Internet of Things, inspection of technical constructions.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Поліна Кравченко, бакалаврантка кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: kravchenko.p@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0002-7521-5914>.

Polina Kravchenko, Bachelor's Student of the Computer Engineering Department at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: kravchenko.p@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0002-7521-5914>.

Віталій Нікольський, д-р техн. наук, професор, професор кафедри технічної експлуатації флоту Національного університету «Одеська морська академія», м. Одеса, Україна. E-mail: vit_nik@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8123-4233>.

Vitalii Nikolskyi, DSc (Techn.), Professor, Professor of the Department of Technical Operation of the Fleet at Odesa National Maritime Academy, Odesa, Ukraine. E-mail: vit_nik@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8123-4233>.

Ірина Журавська, д-р техн. наук, професор, завідувачка кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: iryna.zhuravska@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8102-9854>.

Iryna Zhuravska, DSc (Techn.), Professor, Head of the Computer Engineering Department at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: iryna.zhuravska@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8102-9854>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.21

Ілля Кумпан
Олег Прищепов

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ У ПОРТУ

У тезах пропонується концепція автоматизованої системи керування (АСК) для переміщення контейнерів у порту. Система поєднує ідеї існуючих АСК, таких як морські крани для сипучих матеріалів та контейнерів, а також технічні рішення з патенту US20160376132A1. Основною метою є створення дистанційно керованої АСК, що включає рейкову систему для лінійного переміщення, гідравлічний привід для згину підйомальної стріли (замість металевих тросів) та автоматичну систему Twist-lock для захоплення контейнерів. У роботі представлено концептуальну схему майбутньої АСК.

Ключові слова: Автоматизована система керування (АСК), роботи маніпулятори, робот-рука, кран з ламаною стрілою, морський кран, порт, переміщення контейнерів, рейкова система, гідравлічний поршень, Twist-lock.

Автоматизована система керування (АСК) розуміється як поєднання методів, технічних засобів, організаційних заходів та інформаційних технологій, які застосовуються для регулювання та нагляду за складними економічними та технічними системами [1].

Одним із прикладів АСК є роботи-маніпулятори, або робот-рука, як їх також називають. Роботизована рука є різновидом механічної конструкції, яка зазвичай програмується для виконання функцій, схожих на дії людської руки. Вона може бути самостійним механізмом або складовою частиною більшого роботизованого комплексу. Сегменти маніпулятора з'єднані шарнірними механізмами, що забезпечують або обертальні рухи (як у шарнірних роботах), або лінійні переміщення.

Патент US20160376132A1, що має назву «Глибоководний кран з поворотним механізмом» стосується кранів зі стрілою, що має згин. Точніше, вона стосується кранів з ламаною стрілою, призначених для глибоководних застосувань, таких як морські нафтові платформи та інші морські споруди, судна, баржі або інші ситуації, де кран може бути пристосований для підйому вантажу або опускання вантажу до точки, яка значно нижче основи крана [2].

Крани з ламаною стрілою вже давно використовуються і є вигідними в морській промисловості, зокрема, завдяки їх відносно компактній площі основи та здатності забезпечувати відносно невелику висоту кінця стріли. Наприклад, кран з ламаною стрілою може займати площу, що становить приблизно половину діаметра ґратчастого стрілового крана аналогічної вантажопідйомності, а шарнірні внутрішні та зовнішні секції стріли дозволяють опускати кінець стріли, зменшуючи таким чином довжину маятника між кінцем стріли та вантажним гаком. Менша площа основи є перевагою там, де доступна площа для обладнання, матеріалів, працівників та робочої зони відносно невелика, наприклад, на судні чи нафтовій платформі. Нижня точка підвісу стріли та коротша довжина маятника допомагають зменшити коливання підвішеного вантажу, зменшення розгойдування матеріалу може забезпечити більш ефективне поводження з матеріалом та створити більш безпечне робоче середовище. Однак, універсальність кранів з ламаною стрілою може призвести до зниження їх вантажопідйомності.

Пропонується автоматизовану систему керування промисловим роботом у порту. Вона об'єднує в собі кілька існуючих прикладів АСК, а саме: морський кран для завантаження сипучих матеріалів, морський кран для завантаження контейнерів, технічні рішення патенту US20160376132A1.

Завдання полягає у створенні АСК, яка буде керуватися дистанційною і використовуватися для переміщення контейнерів у порту. Для створення ланки лінійного переміщення пропонується використовувати рейкову систему (Рис. 1). Принцип підйомної та обертальної ланки пропонується виконати по аналогії з наведеним рішенням у патенті «Глибоководний кран з поворотним механізмом», але з відмінністю. Рушійна сила, яка спрямована на згин ланок стріли крану виконати не металевими тросами, а за допомогою гідравлічних поршнів.

Для захоплення корисного вантажу пропонується використовувати автоматичну систему Twist-lock, яка широко застосовується у фіксації для закріплення та переміщення морських контейнерів [3].



Рис. 1. Приклад виконання рейкового методу лінійного переміщення АСК [3]

Провівши технічний аналіз та спираючись на поставлене завдання було сформовано концепт майбутньої АСК (Рис. 2). На рисунку зображено підймальні ланки та захоплюючий пристрій у вигляді траверса. Підймальна ланка фіксується на частині обертальної ланки, котра буде закріплена на готовій конструкції ланки лінійного переміщення.



Рис. 2. Концепт АСК промисловим роботом маніпулятором у порту

Запропонована концепція автоматизованої системи керування промисловим роботом для портового переміщення контейнерів є перспективним напрямком розвитку портової інфраструктури. Поєднання існуючих технологічних рішень з новими підходами, такими як використання гідравлічних поршнів для керування стрілою та автоматичної системи Twist-lock, може забезпечити ефективне, безпечне та дистанційно кероване

переміщення вантажів. Подальші дослідження та розробка представленої концепції можуть призвести до створення інноваційного рішення для оптимізації логістичних процесів у портах.

References

1. Automatyzovana systema. (n.d.). uk.wikipedia.org. Retrieved from: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0 [in Ukrainian].
2. Deep Water Knuckle Boom Crane Patent Application. (n.d.). uspto.report. Retrieved from: <https://uspto.report/patent/app/20160376132> [in English].
3. Kytayska fabryka vyrobnykiv portalnyh craniv z odniyeyu striloyu. (n.d.). Retrieved from: <https://ua.wxhugang.com/portal-crane/single-jib-portal-crane.html> [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.21

Illia Kumpan
Oleg Pryshchepov

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR AN INDUSTRIAL ROBOT IN A PORT

This paper proposes a concept for an automated control system (ACS) for container handling in a port. The system combines ideas from existing ACS, such as marine cranes for bulk materials and containers, as well as technical solutions from patent US20160376132A1. The main goal is to create a remotely controlled ACS that includes a rail system for linear movement, a hydraulic drive for bending the lifting boom (instead of metal cables), and an automatic Twist-lock system for gripping containers. The paper presents a conceptual diagram of the future ACS.

Keywords: Automated control system (ACS), robotic manipulators, robot arm, knuckle boom crane, marine crane, port, container handling, rail system, hydraulic piston, Twist-lock.

Відомості про автора / Information about the Author

Ілля Кумпан, студент 6 курсу спеціальності «Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології й робототехніка» факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ilyakumpan11@gmail.com.

Illia Kumpan, student 6th year of the specialty «Automation and Computer-Integrated Technologies and Robotics» of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ilyakumpan11@gmail.com.

Олег Прищепов, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

Oleg Pryshchepov, PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

© І. Кумпан, О. Прищепов

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.22

Віолетта Леженко,
Інеса Кулаковська

ВЕБЗАСТОСУНОК ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ВОЛОНТЕРСЬКИМИ РЕСУРСАМИ ТА ВЗАЄМОДІЇ З БЛАГОДІЙНИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ

Тези описують аналіз напрямку благодійництва та волонтерства в Україні, у який входять опис предметної сфери, огляд та аналіз наявних аналогів та публікацій, постановку задачі, огляд технологій, моделей і методів для розробки вебзастосунку волонтерського менеджменту. Метою дослідження є покращення системи координації роботи волонтерів та благодійних організацій, контроль та прозорість грошових зборів на допомогу різного типу класифікації та забезпечення швидкої якісної комунікації та обміну ресурсів, шляхом розробки вебзастосунку.

Варто звернути увагу, що детальне дослідження предметної області, а саме волонтерської діяльності, роботи благодійних організацій, та проблем дозволить покращити роботу волонтерів та, як наслідок, поліпшити не тільки становище окремих людей, що потребують допомоги, а й усього народу.

Ключові слова: веброзробка, вебзастосунок, Vue.js, PHP, JS, HTML, CSS, волонтер, благодійність, благодійна організація

Предметна область даного проєкту охоплює волонтерську роботу та роботу благодійних організацій. Волонтер – людина, що на безоплатній основі виконує певні дії та вчинки, спрямовані на покращення життя громади та суспільства в цілому, допомагає тим, хто цього потребує та не просить винагороди за свою роботу [1].

Благодійна організація – суб'єкт права, що має на меті допомагати громадянам, що потребують допомоги, причому не очікують плату за свою роботу. Така організація має свої певні статутні документи, що чітко і ясно визначають одну або декілька сфер її діяльності, наприклад захист здоров'я, освіта, права людини, тощо), та згідно цього, описують її мету [2].

Опираючись на Закон України «Про благодійну діяльність та благодійні організації», варто зазначити, що благодійну організацію можна юридично заснувати як благодійний фонд, благодійне товариство та благодійну установу [3].

Волонтерство, у сьогоденній Україні, посіло доволі важливе місце у житті багатьох громадян, адже воно допомагає не тільки підтримувати національний дух і надавати допомогу людям у критичній ситуації, а й допомагає здобути емоційну рівновагу, завести нові знайомства, отримати нові знання і можливості реалізувати себе у різних сферах життя суспільства, наприклад у організації свят, ярмарок, роботи з тваринами, рукоділля, тощо.

Для поточної статистики розвитку волонтерської діяльності було проведено опитування, що складалося з 11 питань на тему «Волонтерство та благодійність», використовуючи безкоштовне програмне забезпечення Google Forms. В опитуванні взяло участь 60 громадян різного віку. Серед розглянутих питань більшість була націлена на виявлення недоліків роботи сьогоденної системи волонтерства та оцінювання зацікавленості населення цією сферою. В результаті визначено основні проблеми, з якими стикаються волонтери, потреби людей, що хотіли б доєднатися до даного виду діяльності, рівень довіри громадян благодійним організаціям, мотивації та загальний рівень сприйняття важливості волонтерської роботи.

Подібна тема вже неодноразово висвітлювалася неодноразово у різних наукових роботах. Кожна з них описує значний інтерес до тематики волонтерства, благодійності та покращення системи взаємодії волонтерів, організацій та громадян. Усі розглянуті автори, прагнули вирішити актуальні соціальні проблеми за допомогою комп'ютерних технологій, зокрема веброзробки. Використання різних мов програмування, фреймворків та середовищ розробки дозволило створити функціональні застосунки, орієнтовані на конкретні завдання — від координації волонтерів до збору гуманітарної допомоги та пожертвувань. Але кожен з проєктів був націлений на вирішення певної частини проблематики.

Крім аналогічних публікацій доречно було б проаналізувати й аналогічні вебсервіси. Одним з найбільших і найпопулярніших на сьогоднішній день є платформа dobro.ua. Цей сервіс має декілька скарбничок, що спрямовані на той чи інший напрямок благодійності, зокрема культура та спорт, здоров'я, екологія, соціальна допомога, тощо. Люди можуть поповнити ту чи іншу скарбничку і потім платформа вже на свій розсуд допомагає тому чи іншому благодійному проєкту відповідної категорії. По кожному проєкту є звітність. Крім того ще реалізовано можливість фінансово допомогти певному благодійному проєкту. Дуже зручно реалізовано систему пошуку та сортування, доволі приємний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Ще один цікавий спосіб благодійності, реалізований на вебплатформі, це SMS благодійність. Відправляючи SMS повідомлення за певним переліком номерів можна пожертвувати невелику суму коштів (приблизно 20 грн.) на конкретну категорію.

Інша аналогічна платформа RAZOM також варта уваги, адже вона має неабияку популярність. На цьому сервісі є лише 5 проєктів, розділених між собою, як категорії, тобто конкретного розбиття на певні збори відсутні. Є блок з новинами, опубліковані лише річні звіти. Варто акцентувати увагу на присутність блоку інформації для біженців з великою кількістю порад по еміграції, роботі та навчанні.

Отже, актуальність даної теми підтверджується наявністю великої кількості волонтерів, відсутності цілісної системи для керування та комунікації благодійністю, адже більшість з аналогів спрямовано на грошову допомогу, упускаючи з виду наявність великої кількості людей, що можуть допомагати фізично або матеріалами.

Аналіз всіх вище зазначених аспектів дослідження дало змогу визначити головні функціональні та нефункціональні вимоги до вебзастосунку для управління волонтерськими ресурсами та взаємодії з благодійними організаціями.



Рис.1. Функціональні вимоги до вебзастосунку волонтерського менеджменту

Вебсистема має охоплювати доволі велику цільову аудиторію, що у свою чергу має включати самостійних волонтерів, тобто тих, хто може допомагати власноруч та не входять у штат співробітників благодійних організацій, волонтерів та представників організацій, інших громадян, які можуть і не бути волонтерами, але мають можливість допомагати фінансово, та ставати спонсорами проєкту. Вікове обмеження зареєстрованих користувачів веб платформи складає 18 років.

Визначено методи та алгоритми, необхідні для кінського проведення дослідження, у які входять методи теорії прийняття рішень та алгоритм шифрування AES-256 у режимі GCM.

Метод зважених оцінок [4] є одним з найпростіших методів теорії прийняття рішень. Він доволі часто використовується у випадку, коли наявний вибір між декількома рішеннями, що порівнюються між собою за певними критеріями.

У методі простого ранжування все залежить від пріоритету кожного критерія, за якими порівнюються рішення [5]. Найважливіший критерій має пріоритет 1, менш важливий 2, ще менш важливий 3, тощо.

Пропорційний метод [5] використовує трішки інший підхід у розрахунку вагів критеріїв, на відміну від методу простого ранжування. Вага розраховується з урахуванням певних коефіцієнтів, які надані критеріям. Коефіцієнти показують важливість того чи іншого критерія, тобто чим більше значення коефіцієнту, тим важливіший критерій.

AES-256 (Advanced Encryption Standard 256-bit) – алгоритм симетричного шифрування, довжина ключа якого складає 256 біт, до дозволяє забезпечити доволі високий рівень безпеки [6, 7].

Алгоритм поєднує у собі відразу 2 функції: шифрування та автентифікацію даних одночасно.

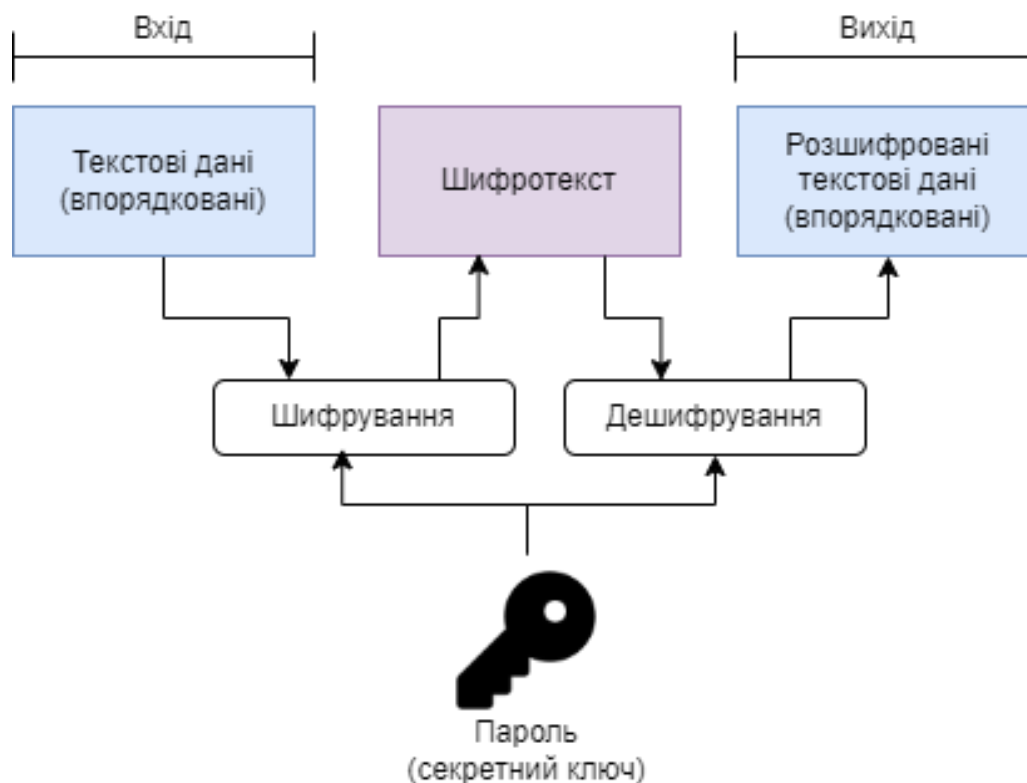


Рис.2. Схема роботи симетричного шифрування
Джерело: сформовано на основі [7]

Одним з важливих етапів, від якого сильно залежить подальша розробка веб застосунку, є вибір технологій. В ході дослідження проаналізовано різні мови програмування клієнтської частини, серверної частини, фреймворки, середовища розробки (IDE) та сервісу для прототипування для визначення оптимальних варіантів, використання яких забезпечить безперечне виконання визначених вимог та досягнення поставленої цілі.

Таблиця 1

Приклад матриці рішень на основі оцінювання кандидатів за критеріями

Критерій	Visual Studio Code	Web Storm	Sublime Text	Notepad++
Швидкість та стабільність	5	4	5	5
Зручність та інтуїтивність інтерфейсу	5	5	5	5
Дебагінг	5	5	2	1
Можливість підключення плагінів та розширення	5	5	3	2
Підтримка технологій, необхідних для розробки	5	5	3	2
Автодоповнення коду, наявність підказок	5	5	4	2
Наявність інтеграції з Git	5	5	3	1
Підтримка Live Preview	5	5	3	1

Процес вибору відбувається у декілька етапів: вибір кандидатів, визначення критеріїв для порівняння, аналіз кожного кандидата та процес оцінювання, визначення ієрархії критеріїв, використання методів прийняття рішень для визначення оптимального.

Для застосування методу простого ранжування та пропорційного методу використано створений на мові програмування C# програмний застосунок, що допоможе автоматизувати процес визначення необхідних технологій.

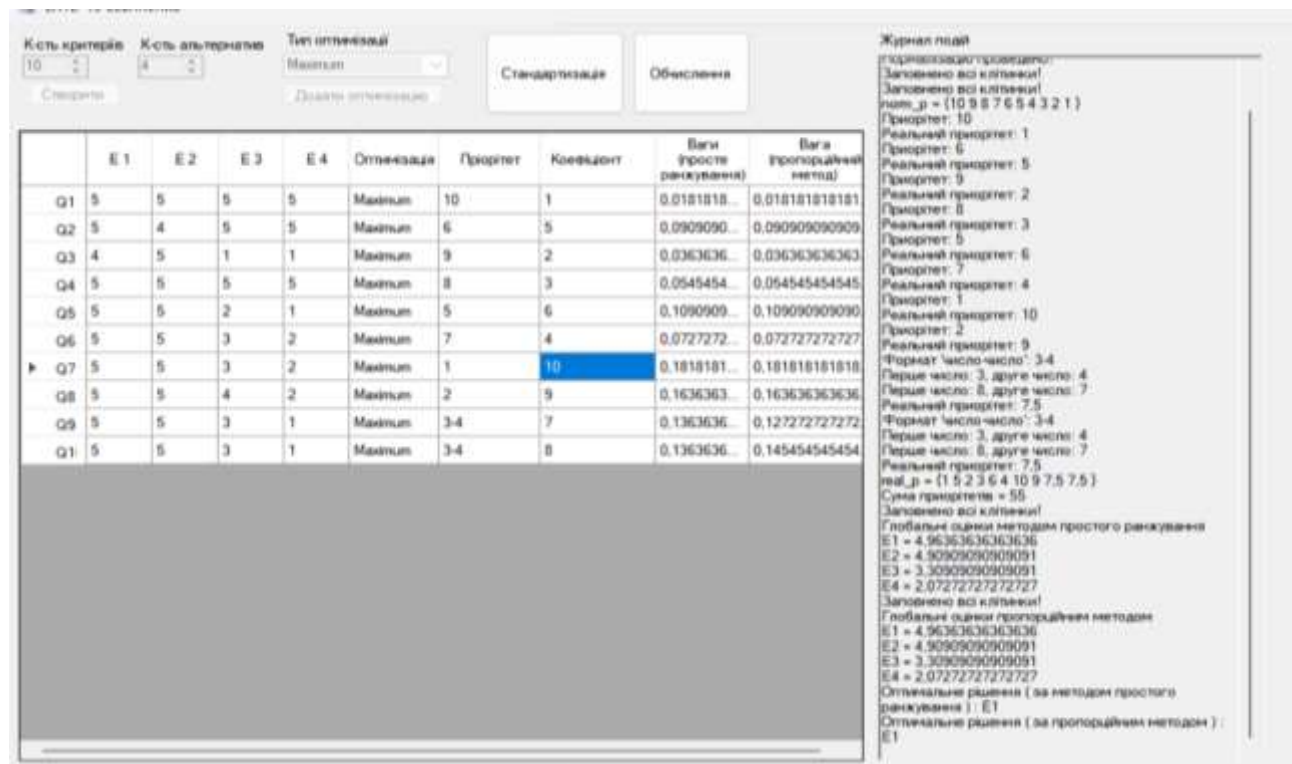


Рис.3. Приклад застосування програмного застосунку для визначення оптимального рішення з застосуванням методів теорії прийняття рішень

В результаті аналізу та порівняння обрано мову програмування PHP, JS, фреймворк Vue.js, IDE Microsoft Studio Code та сервіс прототипування Figma.

В результаті дослідження детально розглянуто проблематику предметної сфери, оглянуто та проаналізовано наявні аналоги та публікації, сформовано вимоги до вебзастосунку, що допоможуть досягти цілей, огляд технологій, моделей і методів для розробки вебсистеми волонтерського менеджменту.

References

1. Entire. (n.d.). Shcho take blahodiinyi fond i blahodiina orhanizatsiia [What is a charitable foundation and a charitable organization]. Entire.com.ua. Retrieved from: <https://entire.com.ua/uk/news/674-shcho-take-blahodiinyi-fond-i-blahodiina-orhanizatsiia.html> [in Ukrainian].
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2012). Pro blahodiinu diialnist ta blahodiini orhanizatsii [On charitable activities and charitable organizations]: Law of Ukraine No. 5073-VI. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5073-17#Text> [in Ukrainian].
3. WikiLegalAid. (n.d.). Blahodiina diialnist. Zbir blahodiinykh pozhertv [Charitable activity. Collection of charitable donations]. WikiLegalAid. Retrieved from: https://legalaid.wiki/index.php/Blahodiina_diialnist_Zbir_blahodiinykh_pozher tv .[in Ukrainian].GoIT. (n.d.). Metod zvazhenykh sum dlia efektyvnykh rishen [Weighted sum method for effective decisions]. GoIT Blog. Retrieved from: <https://goit.global.ua/blog/metod-zvazhenykh-sum-dlya-efektyvnykh-rishen/> [in Ukrainian].
4. LivingFO. (n.d.). Metody pryiniattia upravlinskykh rishen [Methods of managerial decision-making]. LivingFO. Retrieved from: <https://livingfo.com/metody-pryiniattia-upravlinskykh-rishen/> [in Ukrainian].
5. Lazarus Alliance. (n.d.). What is Advanced Encryption Standard (AES) and How is it Related to NIST? Lazarus Alliance. Retrieved from: <https://lazarusalliance.com/uk/what-is-advanced-encryption-standard-aes-and-how-is-it-related-to-nist/>
6. Memory.net.ua. (n.d.). AES shifruvannia [AES encryption]. Memory.net.ua. Retrieved from: <https://memory.net.ua/info/aes-shifruvannja> [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.22

Violetta Lezhenko
Inessa Kulakovska

WEB APPLICATION FOR MANAGING VOLUNTEER RESOURCES AND INTERACTION WITH CHARITABLE ORGANIZATIONS

Annotation: The theses describe the analysis of the direction of charity and volunteering in Ukraine, which includes a description of the subject area, a review and analysis of existing analogues and publications, a problem statement, a review of technologies, models and methods for developing a volunteer management web application. The purpose of the study is to improve the system of coordination of the work of volunteers and charitable organizations, control and transparency of monetary collections for the help of various types of classification and ensuring fast high-quality communication and exchange of resources, by developing a web application.

It is worth noting that a detailed study of the subject area, namely volunteer activities, the work of charitable organizations, and problems will allow to improve the work of volunteers and, as a result, improve not only the situation of individual people in need of help, but also of the entire people.

Keywords: web development, web application, Vue.js, PHP, JS, HTML, CSS, volunteer, charity, charitable organization

Відомості про авторів / Information about authors

Віолетта Леженко, студентка 4 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» кафедри інтелектуальні інформаційні системи факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: leznenkovioletta@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0009-3689-9533>.

Violetta Lezhenko, a 4th-year student of the Computer Science program, Department of Intelligent Information Systems, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: leznenkovioletta@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3689-9533>.

Інесса Кулаковська, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем, факультет комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: inessa.kulakovska@chmnu.edu.ua, orcid: <http://orcid.org/0000-0002-8432-1850>

Inessa Kulakovska, PhD of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Intelligent Information Systems, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine, 54003, E-mail: Inessa.Kulakovska@chmnu.edu.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8432-1850>

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.23

Дмитро Муржа

МЕТРИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ДЛЯ МІКРОСЕРВІСНИХ АРХІТЕКТУР

Систематизовано та проаналізовано багатовимірні метрики ефективності мікросервісів у хмарних середовищах з точки зору технічних, економічних та екологічних аспектів, їх взаємозв'язків та компромісів. Запропоновано концептуальну багаторівневу модель оцінки ефективності та підходи до багатоцільової оптимізації ресурсів. Особлива увага приділяється моделюванню системи прийняття рішень з урахуванням суперечливих цілей оптимізації на різних рівнях архітектури.

Ключові слова: мікросервіси, хмарні обчислення, метрики ефективності, багатоцільова оптимізація, енергоефективність, економічна ефективність.

Сучасна розробка програмного забезпечення переживає значний зсув парадигми від традиційних монолітних архітектур на користь більш гнучких та масштабованих мікросервісних підходів, особливо в контексті хмарно-орієнтованих систем [1]. Галузеві дослідження демонструють стрімке прийняття цієї архітектури в останні роки, що свідчить про її практичну цінність для вирішення сучасних задач розробки.

Хмарні обчислення стали каталізатором цього переходу, надаючи інфраструктуру, що дозволяє повною мірою реалізувати переваги мікросервісів. Технології контейнеризації, такі як Docker, разом із платформами оркестрації, зокрема Kubernetes, сформували екосистему інструментів, що дозволяє ефективно розгортати, масштабувати та керувати мікросервісними додатками [2].

Однак, попри очевидні переваги, мікросервісна архітектура породжує низку викликів – від підвищеної складності управління розподіленими системами до проблем з мережевою затримкою та ускладненого моніторингу. З поширенням мікросервісних систем у корпоративному середовищі зростає потреба у комплексній оцінці їхньої ефективності, що виходить за межі суто технічних аспектів та охоплює економічну доцільність і екологічну стійкість [3].

Аналіз ефективності мікросервісних систем вимагає інтегрованого підходу, що враховує технічні, економічні та екологічні аспекти. Ці три виміри формують цілісну картину продуктивності та стійкості системи у сучасному хмарному середовищі.

У технічному вимірі ключове значення мають показники продуктивності та використання ресурсів. Затримка та час відгуку стають критично важливими через часті мережеві взаємодії між сервісами, що є невід'ємною характеристикою мікросервісної архітектури [4]. Пропускна здатність системи визначає її можливості обробляти високі навантаження. Не менш важливими є показники використання обчислювальних ресурсів – рівень завантаження процесора та об'єм спожитої оперативної пам'яті, що безпосередньо впливають на масштабованість та еластичність системи [5].

Економічний вимір ефективності охоплює як прямі витрати на споживання хмарних ресурсів [6], так і непрямі витрати, що формують загальну вартість володіння (ТСО). Вибір оптимальної моделі ціноутворення – від оплати за фактичним використанням (PAYG) до зарезервованих або спотових екземплярів – стає стратегічним рішенням, що суттєво впливає на фінансову ефективність [7]. При цьому економічна ефективність тісно пов'язана з технічними показниками: недостатнє використання ресурсів призводить до невиправданих витрат, тоді як надмірне використання може негативно впливати на якість обслуговування користувачів [8].

Екологічний вимір, який раніше часто залишався поза увагою, набуває все більшої значущості з огляду на зростаючий вплив ІТ-індустрії на довкілля. Споживання енергії центрами обробки даних, що вимірюється в кіловат-годинах [9], та пов'язаний з цим вуглецевий слід стають важливими показниками стійкості системи. Особливої уваги заслуговує розрізнення операційного вуглецю (від споживання енергії) та втіленого вуглецю (від виробництва обладнання) [10], а також показники ефективності використання енергії, зокрема PUE (Power Usage Effectiveness) [11].

Три виміри ефективності мікросервісних архітектур не є ізольованими, а утворюють складну систему взаємозв'язків та компромісів, що потребує комплексного аналізу та балансування. Оптимізація одного аспекту системи часто має наслідки для інших вимірів, створюючи потребу в пошуку оптимальних компромісів (Рис. 1).

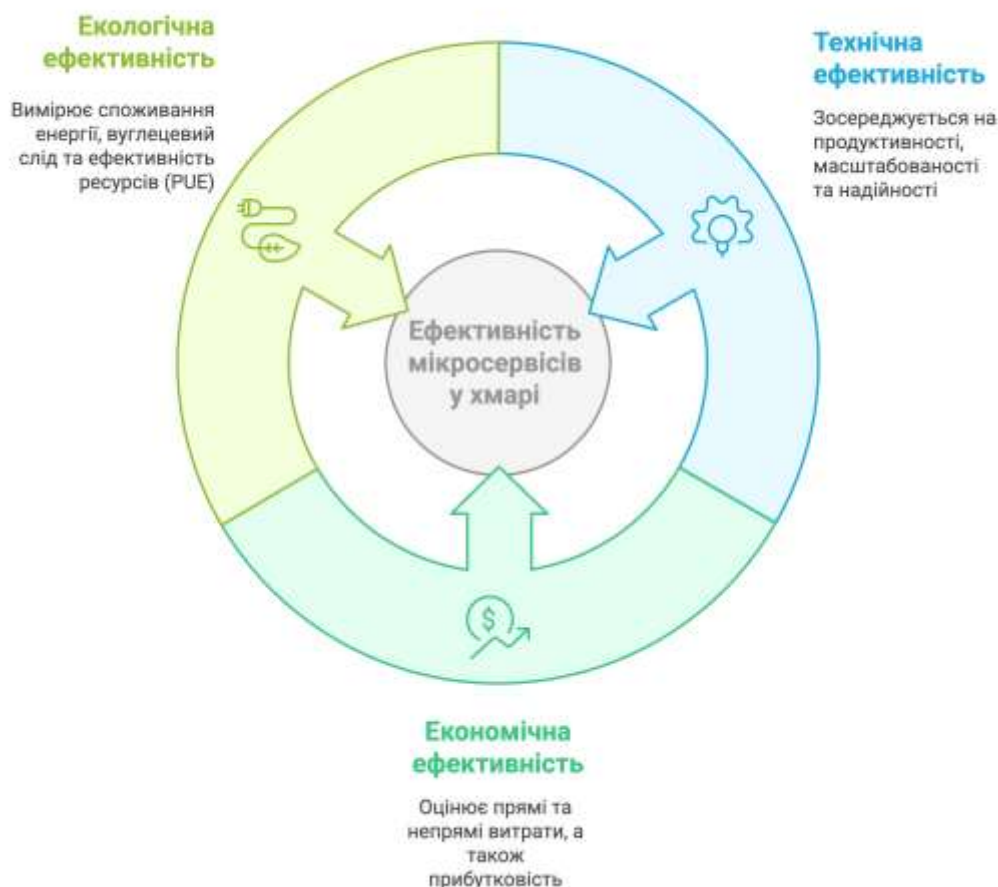


Рис. 1. Взаємозв'язки та компроміси між вимірами ефективності мікросервісів у хмарі

Зокрема, підвищення технічної продуктивності шляхом виділення додаткових обчислювальних ресурсів зазвичай призводить до збільшення фінансових витрат [6]. При цьому інтенсивніше використання ресурсів для досягнення кращої продуктивності також збільшує споживання енергії, що має як економічні (вища вартість електроенергії), так і екологічні (більший вуглецевий слід) наслідки [12].

Цікавим є взаємозв'язок між різними часовими горизонтами оптимізації. Наприклад, подовження терміну служби серверного обладнання зменшує втілений вуглець, пов'язаний з виробництвом нового обладнання, але старіше обладнання зазвичай споживає більше енергії, збільшуючи операційний вуглецевий слід [10]. Це створює необхідність врахування повного життєвого циклу системи при прийнятті рішень щодо оновлення інфраструктури.

Особливо складними є компроміси при горизонтальному масштабуванні мікросервісів – додавання нових екземплярів сервісів покращує продуктивність та доступність, але збільшує витрати та споживання енергії. Ефективні механізми еластичності, що забезпечують адаптивне масштабування відповідно до поточного навантаження, стають ключовим фактором оптимізації всіх трьох вимірів ефективності [5].

Зважаючи на складність взаємозв'язків між різними аспектами ефективності, традиційні методи оптимізації, орієнтовані на єдиний критерій, виявляються недостатніми. Натомість необхідним стає застосування методів багатоцільової оптимізації (БЦО), що дозволяють знаходити компромісні рішення між суперечливими цілями.

Концепція Парето-оптимальності лежить в основі сучасних підходів до БЦО, дозволяючи ідентифікувати набір рішень, де неможливо покращити один показник без погіршення іншого. Серед алгоритмів, що успішно застосовуються для БЦО в контексті мікросервісних архітектур, особливе місце займає NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II) – еволюційний алгоритм, що ефективно знаходить різноманітні рішення вздовж фронту Парето [13]. Також широко використовуються генетичні алгоритми та оптимізація роєм частинок (PSO) для розв'язання складних задач розподілу ресурсів у хмарних середовищах [8].

Стратегії управління ресурсами, що застосовуються для оптимізації мікросервісних систем, охоплюють різні аспекти – від розподілу ресурсів (призначення контейнерів конкретним фізичним машинам) до динамічного масштабування відповідно до змін навантаження. Особливо перспективним напрямком є консолідація робочих навантажень – переміщення контейнерів між серверами для підвищення рівня використання ресурсів та зниження енергоспоживання [12].

З розвитком технологій штучного інтелекту та машинного навчання з'являються нові можливості для автоматизованого управління ресурсами мікросервісних систем. Методи прогнозування навантаження дозволяють реалізувати проактивне масштабування, а алгоритми навчання з підкріпленням здатні автоматично адаптувати стратегії управління ресурсами до змінних умов функціонування системи [14].

На основі проведеного аналізу пропонується концептуальна багаторівнева модель оцінки ефективності мікросервісних архітектур, що інтегрує технічні, економічні та екологічні аспекти на різних рівнях абстракції системи (Рис. 2).

	Технічна ефективність	Економічна ефективність	Екологічна ефективність
Рівень мікросервісу	Технічні метрики: - Час відгуку - Використання ЦП/пам'яті	Економічні метрики: Вартість контейнера	Екологічні метрики: Енергоспоживання контейнера
Рівень додатку	Технічні метрики: - Наскрізна затримка - Загальна пропускна здатність - Надійність додатку	Економічні метрики: - Загальна вартість експлуатації - TCO	Екологічні метрики: Загальне енергоспоживання додатку
Рівень інфраструктури	Технічні метрики: - Використання фізичних ресурсів - Продуктивність інфраструктури	Економічні метрики: Вартість інфраструктури	Екологічні метрики: - PUE - Вуглецевий слід - Частка відновлюваної енергії

Інтенсивність кольору = Ступінь впливу на загальну ефективність

Рис. 2. Концептуальна багаторівнева модель оцінки ефективності мікросервісів

Модель структурована за трьома ключовими рівнями мікросервісних систем. На рівні мікросервісу оцінюються локальні показники – час відгуку та пропускна здатність, споживання ресурсів контейнером, вартість функціонування та енергоспоживання на рівні контейнера.

На рівні додатку аналізуються агреговані показники системи мікросервісів – наскрізна затримка при проходженні запиту через ланцюжок сервісів, загальна пропускна здатність додатку, сукупна вартість експлуатації та загальне енергоспоживання. На цьому рівні проявляються ефекти взаємодії між сервісами, що суттєво впливають на загальну ефективність системи.

Рівень інфраструктури охоплює показники базової хмарної платформи – використання фізичних ресурсів серверів, вартість інфраструктури, енергоефективність центру обробки даних (через PUE) та вуглецевий слід.

Ключова перевага моделі – здатність відображати взаємозв'язки між рівнями та вимірами ефективності. Зміни в архітектурі мікросервісу впливають на його локальну продуктивність, загальну ефективність додатку та використання ресурсів. Така перспектива дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо проектування та оптимізації мікросервісних систем.

Перспективними напрямками досліджень є розробка інструментів для вимірювання вуглецевого сліду, вдосконалення архітектурних тактик та розвиток методів оптимізації, що враховують динамічний характер хмарних середовищ. Особливо перспективним є застосування штучного інтелекту для автоматизованого управління ресурсами з урахуванням множинних цілей оптимізації.

Проведене дослідження демонструє, що ефективність мікросервісних архітектур у хмарному середовищі є багатограним поняттям, що потребує комплексного підходу. Інтеграція технічних, економічних та екологічних метрик дозволяє сформулювати цілісне уявлення про систему. Ключовим результатом є визнання неминучих компромісів між аспектами ефективності, що робить багатоцільову оптимізацію необхідною для пошуку збалансованих рішень. Запропонована модель створює структуровану основу для аналізу цих компромісів на різних рівнях архітектури.

Таким чином, поєднання багаторівневої моделі оцінки ефективності з методами багатоцільової оптимізації створює фундамент для розробки гібридних технологій оптимізації ресурсів мікросервісів, що забезпечують баланс між продуктивністю, вартістю та екологічною стійкістю хмарних застосунків.

References

1. A. Bogner et al., "On Microservice Analysis and Architecture Evolution: A Systematic Mapping Study," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 17, 2021. DOI: 10.3390/app11177856. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/17/7856>
2. K. Toczé et al., "SoK: Microservice Architectures from a Dependability Perspective," *arXiv*, 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2503.03392. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2503.03392>
3. A. Sorgalla et al., "Architectural Tactics to Improve the Environmental Sustainability of Microservices: A Rapid Review," *arXiv*, 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2407.16706. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2407.16706v1>
4. D. K. Pandiya, "Performance Analysis of Microservices Architecture in Cloud Environments," *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 10, no. 12, 2022. Retrieved from: <https://ijritcc.org/index.php/ijritcc/article/view/10745>
5. M. H. Fourati et al., "Cloud Elasticity of Microservices-based Applications: A Survey," February 2024. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3925329/v1. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/378053513_Cloud_Elasticity_of_Microservices-based_Applications_A_Survey
6. I. Papakonstantinou et al., "A Techno-Economic Assessment of Microservices," *Conference on Network and Service Management (CNSM)*, 2020. DOI: 10.23919/CNSM50824.2020.9269114. Retrieved from: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Techno-Economic-Assessment-of-Microservices-Papakonstantinou-Kalafatidis/39a533d5a8e3e91b3fb580d3d91df02e02a1743d>
7. S. Arshad et al., "A Survey of Cloud Computing Variable Pricing Models," *10th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering (ENASE 2015)*, Barcelona, Spain, pp. 27-32, 2015. DOI: 10.5220/0005429900270032. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/277341823_A_Survey_of_Cloud_Computing_Variable_Pricing_Models
8. J. Chen et al., "A multi-objective optimization for resource allocation of emergent demands in cloud computing," *Journal of Cloud Computing*, vol. 10, no. 1, 2021. DOI: 10.1186/s13677-021-00237-7. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/349707086_A_multi-objective_optimization_for_resource_allocation_of_emergent_demands_in_cloud_computing
9. J. Wang et al., "Peeling Back the Carbon Curtain: Carbon Optimization Challenges in Cloud Computing," *HotCarbon '23: Proceedings of the 2nd Workshop on Sustainable Computer Systems*, Article No. 8, pp. 1-7, 2023. DOI: 10.1145/3604930.3605718. Retrieved from: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3604930.3605718>

-
10. D. Patterson et al., "Carbon Emissions and Large Neural Network Training," arXiv, 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2104.10350. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2104.10350>
 11. "Green Computing Reduces Data Centers' Carbon Footprint," Sustainability, January 2023. Retrieved from: <https://greenexdc.com/green-computing-reduces-data-centers-carbon-footprint/>
 12. S. Bharany et al., "A Systematic Survey on Energy-Efficient Techniques in Sustainable Cloud Computing," Sustainability, vol. 14, no. 10, 2022. DOI: 10.3390/su14106256. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/10/6256>
 13. B. Tan et al., "A NSGA-II-based Approach for Multi-objective Micro-service Allocation in Container-based Clouds," IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGRID), 2020. DOI: 10.1109/CCGrid49817.2020.00-65. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/342929909_A_NSGA-II-based_Approach_for_Multi-objective_Micro-service_Allocation_in_Container-based_Clouds
 14. H. X. Nguyen et al., "A Survey on Graph Neural Networks for Microservice-Based Cloud Applications," Sensors, vol. 22, no. 23, 2022. DOI: 10.3390/s22239492. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/23/9492>

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.23

Dmytro Murzha

EFFICIENCY METRICS FOR COMPUTATIONAL RESOURCES IN CLOUD ENVIRONMENTS FOR MICROSERVICE ARCHITECTURES

The thesis presents a systematization and analysis of multidimensional efficiency metrics for microservices in cloud environments. Technical, economic, and environmental aspects of efficiency, their interrelationships, and trade-offs are examined. A conceptual multi-level model for efficiency assessment is proposed, along with approaches to multi-objective resource optimization. Special attention is paid to modeling a decision-making system that considers conflicting optimization goals at different architecture levels – from an individual microservice to data center infrastructure.

Keywords: microservices, cloud computing, efficiency metrics, multi-objective optimization, energy efficiency, economic efficiency.

Відомості про автора / Information about the Author

Дмитро Муржа, аспірант кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, м. Харків, Україна. E-mail: dmytro.murzha@hneu.net, orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4214-0848>

Dmytro Murzha, PhD student of the Department of Cybersecurity and Information Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: dmytro.murzha@hneu.net, orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4214-0848>

© Д. Муржа

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.24

Олександр Петренко,
Ярослав Крайник

GARDENSENS – АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ

У тезах представлено розробку автономного пристрою моніторингу мікроклімату для теплиць на базі Arduino Pro Mini. Основними функціями є вимірювання температури, відображення показників на OLED-дисплеї та надсилання повідомлень при перевищенні критичних меж. Рішення дозволяє знизити витрати на обслуговування та покращити аграрне виробництво в умовах Smart Farming.

Ключові слова: Arduino Pro Mini, температура, GSM, OLED, автоматизація.

У сучасних умовах автоматизації аграрного виробництва важливим аспектом підвищення врожайності та якості продукції є контроль мікрокліматичних параметрів у тепличному середовищі. Від дотримання оптимальних умов росту залежить ефективність вирощування культур, зокрема у теплицях, де навіть незначні коливання температури, вологості чи освітлення можуть вплинути на розвиток рослин.

Актуальність впровадження автоматизованих систем моніторингу мікроклімату зумовлена необхідністю оптимізації енергоспоживання, зниження витрат на обслуговування теплиць та зменшення впливу людського фактора. Точне вимірювання та оперативне реагування на зміни параметрів середовища дозволяють уникати ризику зниження врожайності, а також забезпечують умови сталого розвитку сільського господарства в межах концепції Smart Farming.

Метою роботи є створення пристрою для моніторингу мікроклімату на базі мікроконтролера Arduino Pro Mini, здатного здійснювати вимірювання температури, контролювати рівень вуглекислого газу та відображати поточні показники на дисплеї з можливістю надсилання SMS-повідомлень у разі виявлення критичних відхилень.

Arduino Pro Mini – це компактний мікроконтролер, який забезпечує енергоефективну роботу та простоту інтеграції з периферійними модулями. До складу пристрою входять:

- температурний сенсор DS18B20 для моніторингу навколишнього середовища;
- GSM-модуль SIM800L для надсилання повідомлень при перевищенні допустимих меж;
- OLED-дисплей 128×64 для виведення актуальних показників у режимі реального часу;
- кнопка керування для перемикання режимів або скидання тривоги;
- автономна система живлення на базі акумулятора 18650 з платою заряду TP4056 та підсилювачем напруги MT3608.

Принцип роботи полягає у безперервному вимірюванні температури та порівнянні значень із встановленими порогоми. У разі виявлення критичних відхилень пристрій передає повідомлення користувачеві за допомогою GSM-модуля, одночасно виводячи відповідну інформацію на дисплей.

На рис. 1 представлено загальну схему пристрою.

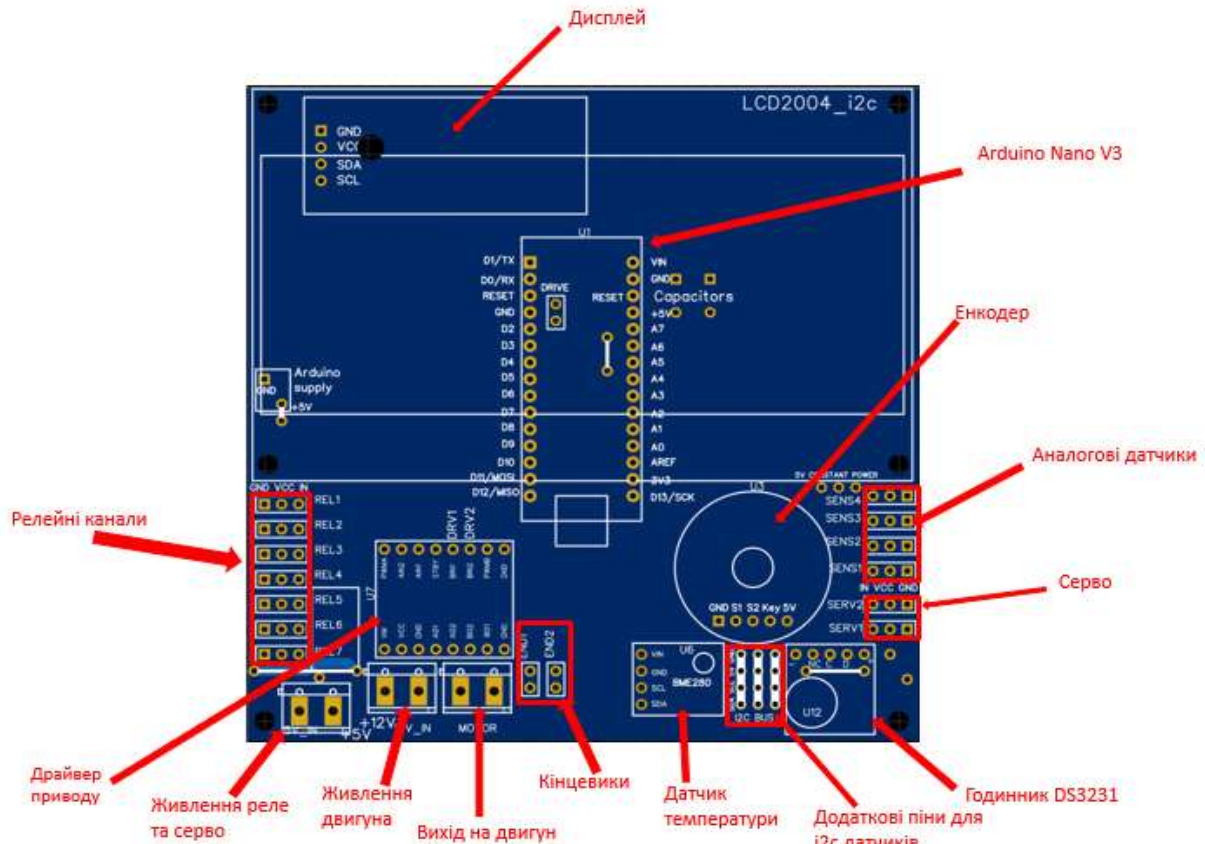


Рис. 1. Прототип пристрою моніторингу на базі Arduino Pro Mini

З метою оцінки ефективності запропонованого рішення було проведено порівняльний аналіз із комерційними аналогами. Підсумки порівняння подано у табл. 1.

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика пристроїв для моніторингу температури

Характеристика	Пристрій на Arduino	Комерційні рішення
Вартість	Низька (20–50 USD)	Висока (від 200 USD)
Гнучкість налаштувань	Висока	Обмежена
Тип живлення	Акумулятор 18650	Мережеве або вбудоване
Автономна робота	Так	Так, залежить від моделі
Зв'язок	GSM (SMS/дзвінок)	GSM, Wi-Fi, LoRa
Сенсори	DS18B20 ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)	Прецизійні сенсори ($\pm 0,2^{\circ}\text{C}$)
Вивід даних	OLED 128×64	LCD/вебінтерфейс
Простота встановлення	Висока	Середня
Можливість розширення	Є (відкрите ПЗ)	Обмежена (пропріетарна)

Таким чином, розроблений пристрій є доступним, гнучким у налаштуванні та підходить для експлуатації у невеликих теплицях, складах або приватних фермерських господарствах. Він може служити альтернативою дорогим комерційним системам, зберігаючи при цьому основні функціональні можливості та забезпечуючи автономну роботу навіть у віддалених районах без стабільного інтернету.

References

1. Arduino Nano. Retrieved from: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (Last accessed: 02.05.2025).
2. Datasheet BME280 – Bosch Sensortec. Retrieved from: <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/> (Last accessed: 02.05.2025).

-
3. DS18B20 – Temperature Sensor Datasheet. Maxim Integrated. Retrieved from: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf> (Last accessed: 02.05.2025).
 4. Datasheet MQ-135 Gas Sensor – Seeed Studio. Retrieved from: https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Gas_Sensor-MQ135/ (Last accessed: 02.05.2025).
 5. TP4056 Lithium Battery Charger Module – Datasheet. Retrieved from: <https://components101.com/modules/tp4056-li-ion-battery-charger-module> (Last accessed: 02.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.24

Oleksandr Petrenko,
Yaroslav Krainyk

GARDENSENS – AUTOMATED TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL

The theses present the development of an autonomous climate monitoring device for greenhouses based on the Arduino Pro Mini. Its main functions include temperature measurement, displaying indicators on the OLED screen, and sending messages in case of threshold violations. The solution reduces maintenance costs and enhances agricultural efficiency under Smart Farming principles.

Keywords: Arduino Pro Mini, temperature, GSM, OLED, automation.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Олександр Петренко, бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: hyligan1717@gmail.com.

Oleksandr Petrenko, BSc Student of the Computer Engineering Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: hyligan1717@gmail.com.

Ярослав Крайник, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна, E-mail: yaroslav.krainyk@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7924-3878>.

Yaroslav Krainyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Computer Engineering Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: yaroslav.krainyk@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7924-3878>.

© О. Петренко, Я. Крайник

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.25

Богдан Пилипчук,
Ірина Журавська

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ВЕЛОКОМП'ЮТЕРА НА БАЗІ ESP32 LILYGO S3 T-DISPLAY ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ЗБОРУ ПОКАЗНИКІВ СПОРТСМЕНА

Представлено результати дослідження та розробки велокомп'ютера на базі ESP32 з підтримкою Strava для точного збору й обробки даних про стан велоспортсмена з метою покращення тренувального процесу та оптимізації навантаження.

Ключові слова: велокомп'ютер, моніторинг, датчики, мікроконтролер, ESP32, 3D-модельовання, 3D-друк

Сучасний спорт зазнає стрімкого технологічного розвитку, що суттєво впливає на методи підготовки та контролю за фізичним станом спортсменів. В умовах глобалізації, цифровізації та соціальних викликів, зокрема пандемії й військового стану, питання автономності тренувань і дистанційного моніторингу набуває особливої актуальності. Одним із рішень, яке відповідає сучасним вимогам, є розробка персоналізованих пристроїв для збору та аналізу фізіологічних показників під час занять спортом [1].

Для моніторингу параметрів здоров'я велосипедиста такий пристрій має бути оснащений датчиками для відстеження частоти серцевих скорочень, рівня насичення киснем артеріальної крові SpO_2 (сатурації), температури тіла, пройденої відстані, швидкості та каденції. Для передачі даних до мобільного застосунку такий пристрій зазвичай підключається через Bluetooth. Мобільний застосунок аналізує дані, зібрані пристроєм, і надає інформацію про загальний стан здоров'я та фізичну форму користувача. Крім того, пристрій призначений для виконання різних функцій, таких як планування розпорядку дня, визначення щоденних та щотижневих цілей користувача, надання регулярних нагадувань про споживання води, GPS-відстеження та сповіщення користувача у разі аномальних коливань життєво важливих показників здоров'я.

Слід зауважити, що велосипедним спортом займаються не тільки абсолютно здорові спортсмени, але й ветерани велоспорту, які можуть мати значні професійні травми у минулому. В такому разі необхідно розробляти спеціальні протоколи моніторингу та вимірювати фізіологічні параметри спортсмена, які можуть значно відрізнятися від звичайних характеристик [2].

Велосипедний спорт вимагає особливої точності у відстеженні таких параметрів: швидкість, каденс, пульс, час тренування, середня швидкість та максимальна швидкість. Саме тому доцільно розробити апаратно-програмний комплекс – велокомп'ютер на базі мікроконтролера ESP32 LilyGO S3 T-Display, який поєднує знання в електроніці, інженерії та програмуванні [3].

Розроблена система виконує повноцінний цикл збору, обробки, збереження й передачі даних у реальному часі. За допомогою бездротових технологій, таких як Wi-Fi та Bluetooth 5.0, інформація може бути передана на хмарні сервіси або візуалізована безпосередньо на дисплеї. Інтерфейс користувача адаптується до індивідуальних потреб завдяки кастомізованим налаштуванням. Одним із головних елементів розробки є схема електричного з'єднання (рис. 1), яка визначає, як саме TFT-дисплей, плата зарядки TP4056, акумуляторна батарея та інші модулі взаємодіють із основним контролером. Для з'єднання використовуються проводи з перетином 26 AWG, що мають мідний сердечник і термостійку ізоляцію. Такі дроти зручні для монтажу в обмеженому просторі корпусу, забезпечують надійність контакту, стійкість до перегрівання та механічних пошкоджень.

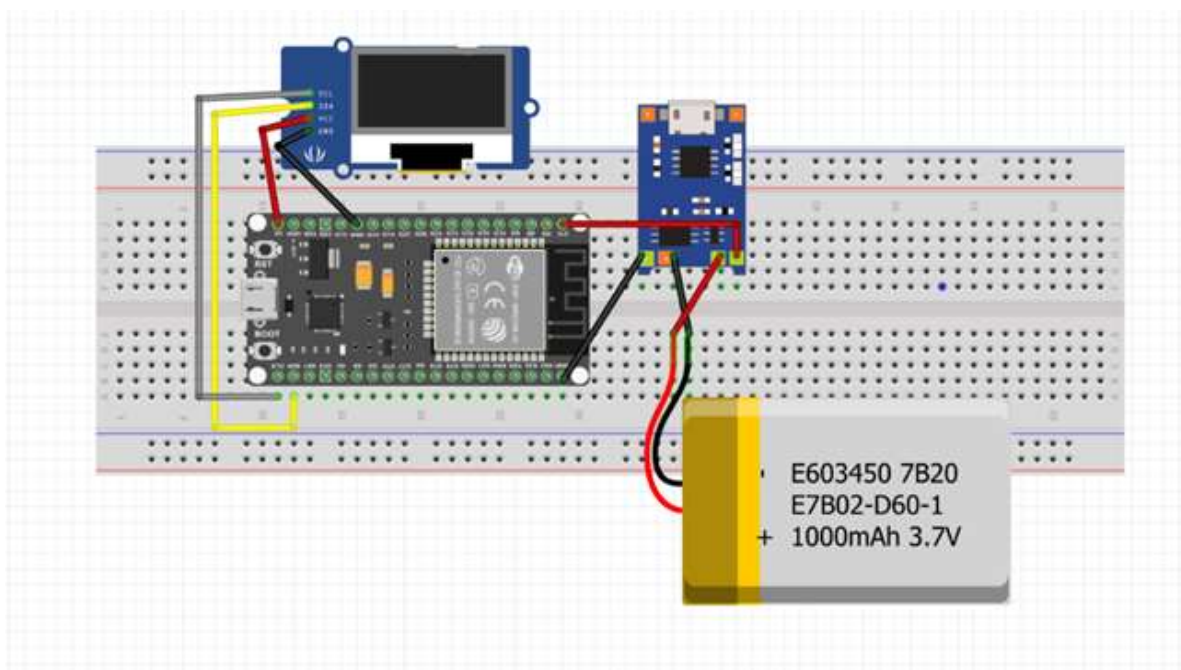


Рис. 1. Схема підключення АПК

Сама схема електрична принципова (рис. 2) передбачає чітко структуровану взаємодію: дисплей з'єднується з контролером через чотири провідники (GND, VCC, SCL, SDA), TP4056 – з акумулятором через контакти B+ і B-, а живлення ESP32 надходить через вихід OUT+ та OUT- модуля зарядки. Датчики каденсу та швидкості підключаються через Bluetooth, що мінімізує кількість фізичних з'єднань і підвищує гнучкість системи.

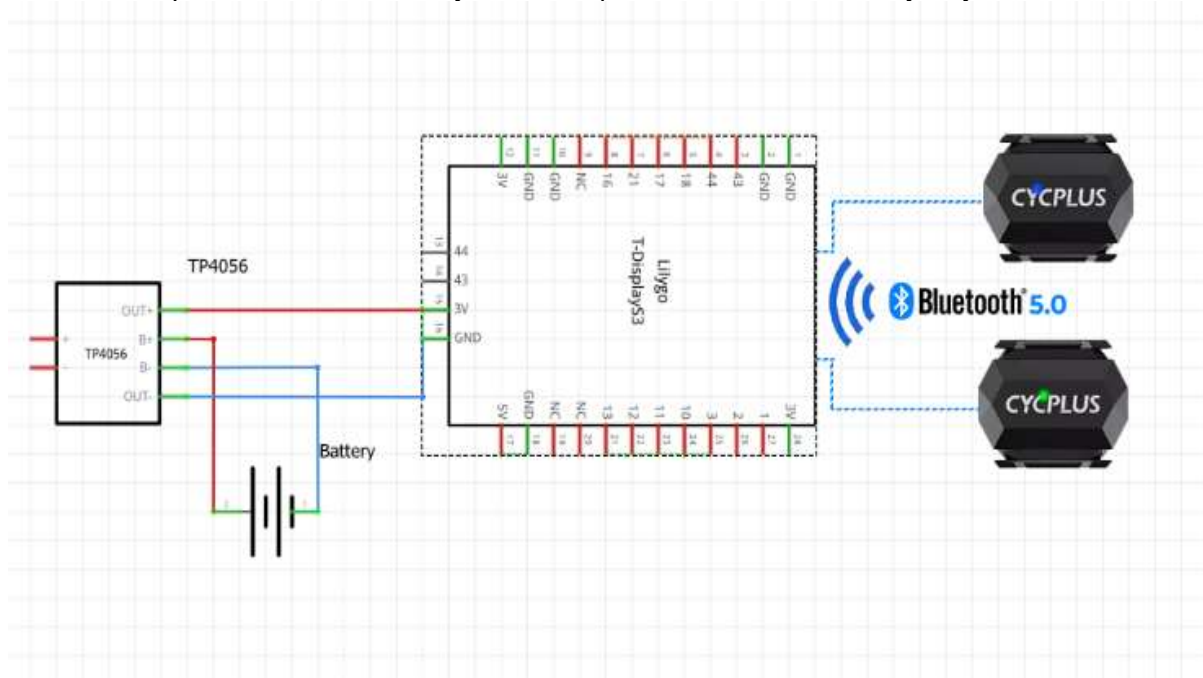


Рис. 2. Схема електрична принципова

Усі компоненти інтегруються в компактний друкований корпус, який було спроектовано за допомогою САПР Autodesk Fusion 360. Під час моделювання корпусу були враховані всі вимоги до точності розмірів, розміщення отворів під дисплей, кнопки, роз'єми та вентиляційні елементи. Також передбачено монтажні зачіпки для

фіксації плати та кріплення для встановлення на велосипед. Готова 3D-модель експортується у формат STL для друку на 3D-принтері, після чого корпус перевіряється на сумісність з електронними компонентами.

Процес збірки включає кілька етапів: пайка з'єднувальних проводів, встановлення плати до корпусу, підключення акумулятора, монтаж зарядного модуля та Bluetooth-сенсорів. Для забезпечення якісного з'єднання використовуються паяльник, флюс, термоусадкові трубки та інші інструменти. Дисплей з'єднується з платою через FFC-конектор, що спрощує монтаж і знижує ризик пошкодження. Для перевірки працездатності системи використовується тестова прошивка, яка виводить на екран поточний час і підтверджує з'єднання з Wi-Fi. Також перевіряється функціональність кнопок, стабільність живлення від акумулятора, точність зчитування даних із сенсорів та адекватність реакції системи на зміну параметрів. Особливу увагу приділено перевірці захисту від перезарядження та глибокого розряду акумулятора.

Експериментальні випробування проводились у реальних тренувальних умовах. Отримані результати порівнювались із показниками, зібраними за допомогою комерційних пристроїв Garmin [4] та Wahoo [5]. Алгоритм, що використовується для моніторингу частоти серцевих скорочень, базується на фотоплетизмографії (ФППГ), тоді як алгоритм відстеження відстані базується на датчиках акселерометра та гіроскопа в пристрої. Датчик GPS використовується для відстеження швидкості велосипедиста, а датчики акселерометра та гіроскопа – для відстеження каденції. Дані, зібрані за допомогою цих алгоритмів, використовуються для розрахунку кількості спалених велосипедистом калорій. Результати продемонстрували мінімальну похибку вимірювань, при цьому власна система виявилася більш адаптивною та енергоощадною. Завдяки відкритій архітектурі ESP32, користувачі мають можливість розширювати функціонал пристрою шляхом додавання нових модулів або оновлення програмного забезпечення.

Одним із додаткових функціональних блоків є підтримка інтеграції з платформою Strava – популярним онлайн-сервісом для трекінгу фізичної активності, який дозволяє зберігати маршрути, аналізувати навантаження, порівнювати результати та будувати персоналізовані графіки продуктивності [6].

Таким чином, розроблений велокомп'ютер поєднує в собі компактність, точність, надійність та доступність, а його використання у тренувальному процесі сприяє не лише підвищенню ефективності підготовки, а й запобіганню травмам, перевтомі та іншим критичним станам. Розроблене рішення є економічно вигідною альтернативою дорогим комерційним пристроям і водночас відкриває широкі можливості для індивідуального налаштування та вдосконалення. Поєднання апаратних компонентів, програмної логіки та 3D-моделювання дозволило створити функціональний пристрій, готовий до практичного використання в польових умовах, що має значний прикладний потенціал для сучасного велоспорту. Підвищення точності пристрою та особливості, характерні для велосипедистів, створюють перспективу для подальших досліджень фізіологічних параметрів велосипедистів, що дозволяє покращити їхнє загальне здоров'я та фізичну форму.

References

1. Joshi S., Chavan H., Darade P., Nikam I., Pimprale V. Wearable device to monitor the health parameters of a cyclist. In book: *ICT Analysis and Applications*. LNNS. Vol. 782. Springer Nature Link, 2023. P. 63–71. DOI: 10.1007/978-981-99-6568-7_7.
2. Forte P., Marinho D. A., Neiva H. P., Morais J. E., Sampaio T., et al. Assessing the aerodynamics of an able-bodied cyclist and a shoulder-amputee cyclist by computer fluid dynamics. *Cultura, Ciencia y Deporte*. 2024. Vol. 19 (62), No. 2188. DOI: 10.12800/ccd.v20i62.2188.
3. ESP32 LilyGO S3 T-Display. Retrieved from: https://www.lilygo.cc/products/t-display-s3-ca?_pos=7&_sid=d9b4a890c&_ss=r (Last accessed: 10.05.2025).
4. Garmin Edge 530 Bundle. Retrieved from: https://garmin-official.com/p/1053120558-velonavigator-edge-530-bundle/?o=IdqJM12uYI1w7gYwUF6puQ==&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwpP63BhDYARIsAOQkATZFzmj26wBd44xbs3fSYV1hlZ93oZiNPB5b-Da8NY_tjxql4YVY_IaAurTEALw_wcB (Last accessed: 10.05.2025).
5. Wahoo ELEMNT Roam. Retrieved from: https://bikestory.com.ua/ua/velokompyuter-wahoo-elemnt-roam-gps/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwpP63BhDYARIsAOQkATa9o_8c3fma7OJd32ZNP1XMHYN834YRH-62FrzAPXfZuM-j_RGs1MaAhH1EALw_wcB Last accessed: 10.05.2025).
6. Strava – Record. Sweat. Share. Kudos. Retrieved from: <https://www.strava.com/features?hl=en-EN> (Last accessed: 10.05.2025).

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A CYCLE COMPUTER BASED ON ESP32 LILYGO S3 T-DISPLAY FOR MONITORING AND COLLECTING ATHLETE'S INDICATORS

Development of a cycling computer based on ESP32 with Strava support for accurate collection and processing of data on the cyclist's condition to improve the training process and optimize the load.

Keywords: cycle computer, monitoring, sensors, microcontroller, ESP32, 3D modeling, 3D printing

Відомості про авторів / Information about the Authors

Богдан Пилипчук, магістр з комп'ютерної інженерії, провідний спеціаліст сектору інформаційних технологій та цифровізації в УДМС України в Миколаївській області, м. Миколаїв, Україна. E-mail: pylypchuk50@ukr.net , orcid: <https://orcid.org/0009-0003-3893-5311>.

Bohdan Pylypchuk, Master in Computer Engineering, Leading Specialist of the Information Technology and Digitalization Sector at the State Migration Service of Ukraine in Mykolaiv Oblast, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: pylypchuk50@ukr.net , orcid: <https://orcid.org/0009-0003-3893-5311>.

Ірина Журавська, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: iryna.zhuravska@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8102-9854>.

Iryna Zhuravska, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Computer Engineering Department at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: iryna.zhuravska@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8102-9854>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.26

Олег Прищепов,
Олег Щесюк,
Вячеслав Андрєєв

ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ АВАРІЙНОЇ ДИЗЕЛЬНОЇ ГЕНЕРАТОРНОЇ СТАНЦІЇ

Матеріали тез надають інформацію щодо шляхів підвищення функціональності аварійної дизельної генераторної станції в умовах адміністративно-навчальної установи, де не виконується виробнича діяльність і наявні високі вимоги щодо шумності та загазованості. Аварійний дизель-генератор повинен бути в постійній готовності до забезпечення енергією при вимиканні струму в електромережі. Автори розглядають дизель-генераторну установку як внутрішньо збалансовану замкнену систему, яка перетворює енергію палива в електричний струм та супутнє тепло. Ефективність роботи генератора залежить від режимів його використання в аварійних і штатних ситуаціях. Запропоновано варіанти функціональної модернізації дизель-генератора в електричну мережу установи для тимчасового вирішення локальних задач по освітленню, обігріву, кондиціонуванню тощо окремих приміщень/об'єктів. Розглянуті шляхи утилізації та модернізації малопотужних генераторів, що були завезені в Україну, та на даний час виведені з експлуатації або відпрацювали свій ресурс.

Ключові слова: Дизельні генераторні установки, особливості використання, експлуатація в неаварійний час, наукові дослідження на малопотужних установках, перспективи модернізації/утилізації.

Дизельні генераторні установки (ДГУ) – нерухома або пересувна енергетична установка, обладнана одним або декількома електричними генераторами з приводом від дизельного двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) [1].

З інженерного погляду, малощумні дизельні генератори (ДГ) – це комбінація дизельного двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) та електрогенератора, що використовуються як резервне (іноді як основне) джерело живлення в промисловості та побуті. Дизельні генератори компенсують пікові потреби в електроенергії, оскільки їх можна швидко вмикати і вимикати без затримок. Генератори для комерційного використання мають потужність від 8 квт до 2000 квт, а для побутового – від 8 до 30 квт. Спільно з аварійним ДГ рекомендується використовувати малопотужне джерело безперебійного живлення (ДБЖ), здатне забезпечувати електропостачання протягом декількох секунд до запуску резервного генератора.

Державна служба України з надзвичайних ситуацій вимагає дотримуватися правил безпеки при використанні електрогенераторів, оскільки пересувні електростанції є джерелом підвищеної небезпеки [2]. Робота ДГУ супроводжується: потенційною аварійною небезпекою та наявністю шуму і загазованості. Генератор необхідно розмішувати ззовні будівлі (бажано під навісом) або в окремому технічному просторі приміщенні з працюючою вентиляцією і можливістю провітрювання. Відстань від генератора до суміжних об'єктів (будівель, стін з вікнами, автомобілів тощо) не менше 6 метрів. Пальне та мастило для генератора необхідно зберігати окремо, на відстані не менше 10 м до суміжних об'єктів (будівель, автомобілів) у спеціальних каністрах. Забороняється під час використання ДГУ вносити зміни в конструкцію генератора, об'єднувати генератори у ланцюг, змішувати різні види мастила та палива, перевищувати максимально допустимий струм вихідного роз'єму генератора тощо.

Податковий кодекс України враховує, що генератор, який використовується для власних потреб установи, є необоротним активом. Відповідно, він підлягає амортизації, яка відноситься до витрат підприємства. Також, ДГУ вважаються стаціонарними джерелами забруднення, що вимагає сплати екологічного податку (якщо обсяг викидів CO₂ становить понад 500 тон на рік), але на період військового стану установи тимчасово звільняються від його сплати [3].

Таким чином, дизельна електрична станція (ДЕС) постає функціонально відповідальним обладнанням для установи і тому варто потурбуватись про те, щоб максимально раціонально використовувати генератор в своїй

діяльності. Аварійне відключення електроенергії можуть відбуватися за плановим розпорядком або непередбачено випадково, тому ефективність генератора залежить від ситуації та способу використання.

Під час під'єднання ДГУ до існуючої мережі виконується розрахунок потужності з урахуванням максимального навантаження всіх споживачів, що підключаються до резервного джерела електропостачання в разі виникнення аварійних ситуацій. При відсутності позаштатних ситуацій ДГУ може тимчасово працювати в режимі основного постачальника електроенергії для всього об'єкту або частини його приміщень. Зазвичай аварійні дизельні генератори не мають високої електричної потужності, а їхній ресурс не розрахований на тривалий період роботи. Також небажана тривала робота дизель-генератора з низьким навантаженням, а краще не менше 80 % від номінального. Кожні два тижні, якщо ДГ не працював, необхідно проводити регламентну перевірку дизельної електростанції, запустивши її всього на 5 хвилин. Кожен місяць, якщо ДГ не навантажувався, дизельна електростанція повинна попрацювати не менше, ніж при 50% навантаження, протягом 1-2 годин.

Аварійний дизель-генератор повинен бути в постійній готовності до виконання головної функції за призначенням – забезпечення енергією при вимиканні основного постачальника струму – електромережі. Тому, конструктивні зміни в ДГУ не дозволяються. Треба приймати дизель-генераторну установку як внутрішньо збалансовану замкнену систему, яка налагоджена на прийом вхідних елементів у вигляді відповідного пускового пристрою, палива та заданих обсягів повітря і така, що віддає на виході – розрахункову кількість електроенергії та супутнє тепло, що відповідає коефіцієнтам корисної дії двигуна і генератора (рис. 1.).

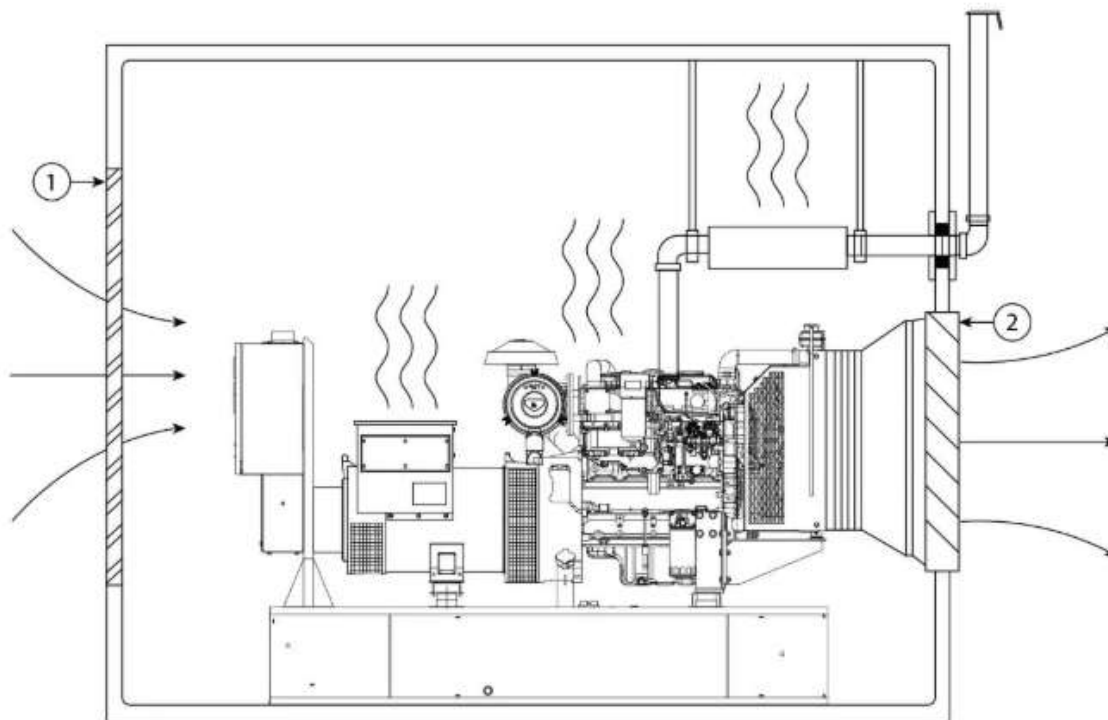


Рис. 1. Компонівка аварійної дизель-генераторної установки в приміщенні:
1) – вхід повітря, 2) – вихід повітря

Удосконалення роботи ДГУ в період неаварійної (запланованої) роботи необхідно розглядати в розрізі оптимізації вхідних/вихідних параметрів: зменшувати вартість вхідних показників та трансформувати/утилізувати обсяги корисного продукту на виході.

З метою підвищення ефективності використання аварійного ДГУ в умовах адміністративно-навчальної установи, де не виконується виробнича діяльність і наявні високі вимоги щодо шумності та загазованості, розглянемо наступні варіанти модернізації.

Для мінімізації вхідних початкових умов пропонується:

- зниження вартості пального (наприклад, використання палива з додаванням спиртовмісної речовини (метанолу);
- використання природного побутового газу;

- запуск ДВЗ пусковим акумулятором, що автоматично заряджається від працюючої електромережі (зменшення витрат на обслуговування акумулятора);
- запуск ДВЗ за допомогою попередньо накопиченого стисненого повітря (тимчасове відключення акумулятора, зменшення витрат на його обслуговування);
- компонування ДГУ додатковим малопотужним дизель-генератором для автоматичного запуску (зменшення розмірів і вартості основної акумуляторної батареї);
- охолодження повітря на вході до ДВС (підвищення ККД двигуна).

Виходячи з термінів безперервної роботи ДГУ, яка регламентована інструкціями до 8-12 годин, складніше виглядають різноманітні схеми відбору корисного продукту на виході. Якщо потужність встановленого аварійного дизель-генератора забезпечує частину потреб організації в електроенергії, тоді і при запланованій роботі в неаварійний період доцільно повноцінно забезпечити електрикою на нетривалий час (8-12 год.) конкретний об'єкт/приміщення, наприклад:

- тимчасовий обігрів під час масових заходів великооб'ємних приміщень (актова зала, бібліотека, їдальня, спортзал тощо) за допомогою стаціонарних/переносних теплових направлених обігрівачів;
- тимчасове охолодження під час масових заходів великооб'ємних приміщень (актова зала, бібліотека, їдальня, спортзал тощо) за допомогою стаціонарних/переносних кондиціонерів;
- зарядження великогабаритних електричних акумуляторів для послідовного використання;
- видобування значних об'ємів води зі свердловини та заповнення баків-накопичувачів для послідовного використання;
- нагрівання значних об'ємів води в термічно ізольованому бойлері для послідовного використання протягом доби;
- робота в якості резервного ресурсу електроенергії, який автоматично включається (підстраховує), при постійній роботі дахових сонячних панелей по освітленню одного з корпусів;
- створення когенераційної електростанції, яка виробляє електроенергію, а система утилізації здійснює виробництво тепла шляхом його відбору з охолоджуючої рідини двигуна і продуктів згоряння.

Окремо відзначимо дизель-генератори в контейнерному виконанні, для яких не потрібне будівництво окремого приміщення. Блок-контейнер уявляє собою посилений металевий корпус з утепленими стінками. У контейнері розміщено вузли ДГУ так, щоб забезпечити вільний доступ під час ремонту та обслуговування. Плюси такого компонування – допускається експлуатація на відкритому повітрі, спрощується перевезення установки. Подібна будова ДЕС вважається перспективною для генераторів високої потужності.

Дуже привабливим та перспективним постає використання ДГУ для проведення лабораторних та науково-дослідних робіт при підготовці фахівців технічних спеціальностей в умовах закладів вищої освіти України. Для такої діяльності доцільно мати декілька малопотужних ДГУ в діапазоні від 5 квт до 15 квт, щоб не залучати до експериментів потужний аварійний генератор (100-150 квт). Малопотужні ДГУ - маловартісні, транспортабельні, мають різноманітні конструкції, зручні в ремонті. Дослідження з удосконалення конструкції двигунів або компоновки дизель-генераторної установки, в цілому, розширюють спектр практичних робіт та навичок здобувачів освіти. Перспективні напрями досліджень можуть охоплювати:

- розробка автоматизованої системи запуску двигуна у випадках: зникнення струму в мережі; падіння тиску води; підвищення температури в приміщенні; загазованості приміщення тощо;
- опрацювання запуску ДГ від електричної батареї, на відміну від ручного стартера;
- роботи по зменшенню шумності та газовиділення працюючих дизельних електричних станцій;
- здійснення дистанційного запуску/управління/вимикання дизель-генераторної установки за допомогою мобільних пристроїв (смартфона, комп'ютера тощо) для підвищення автоматизації та автономності в роботі.

Переважає більшість систем двигунів управляються електронними блоками управління, але газорозподільний механізм і дотепер є жорстким кінематичним зв'язком між колінчастим і розподільним валами. В сучасних ДВЗ електромагнітні клапани поки що зустрічаються тільки в експериментальних розробках, і тому, автори вважають, що моделювання на малопотужних ДВЗ електронного приводу клапанів в системі газорозподілу без застосування кулачкового механізму є перспективним дослідженням в напрямку світових тенденцій. Розробки відомих фірм в цьому напрямку знаходяться на стадії досліджень та випробувань, а їх впровадження в серійне виробництво ще не набуло широкого поширення.

Окремих питань постає завдання подальшого поведіння з дизель-генераторними установками, що відпрацювали свій ресурс, та виведеними з експлуатації, але працездатними. Процес насичення українського ринку ДГУ (особливо малопотужними для побутового та комерційного використання в малому і середньому бізнесі) відбувався високими темпами та різноманітнішими моделями. Виробників деяких зразків вже не можливо знайти на сучасному ринку. Відповідно, є проблеми з запчастинами, обслуговуванням, обміном. Отже, процес виведення з експлуатації таких ДГУ передбачає, що частина буде безповоротно утилізована на

металобрухт, а частину пропонується модернізувати в агрегати малої механізації для побутових потреб, присадибного сільського господарства, бізнесу. Перспективним напрямком може стати використання двигунів від електростанцій в якості мотору для оснащення повітряних/наземних/водних мобільних безпілотних апаратів (БПА), що знизить їх вартість.

Але треба погодитися, що ввезення та власне виробництво ДГУ доволі швидко вирішило проблему з резервною енергетикою, і утворили величезну кількість мобільних електростанцій в Україні, а процес їх заміщення, альтернативного використання та знищення розтягнеться на роки, і можливо стане окремим видом економічної діяльності в країні.

References

1. Vikipediya, https://uk.wikipedia.org/wiki/Dyzelnyy_henerator [in Ukrainian].
2. Sayt Derzhavnoyi sluzhby z nadzvychaynykh sytuatsiy. <https://dsns.gov.ua/abetka-bezpeki/nebezpeki-insogo-xarakteru/zaxodi-bezpeki-pid-cas-vikoristannia-benzinovix-ta-dizelnix-generatoriv> [in Ukrainian].
3. Podatkovyy kodeks Ukrainy (pp.14.1.230) [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.26

Oleg Pryshchepov
Oleg Shchesiuk
Viacheslav Andrieiev

INCREASING THE FUNCTIONALITY OF THE OF THE EMERGENCY DIESEL GENERATOR STATION

The thesis materials provide information on ways to improve the functionality of an emergency diesel generator station in an administrative and educational institution where no production activities are carried out and there are high requirements for noise and gas pollution. An emergency diesel generator must be in constant readiness to provide energy in the event of a power outage. The authors consider a diesel generator set as an internally balanced closed system that converts fuel energy into electric current and associated heat. The efficiency of the generator depends on the modes of its use in emergency and normal situations. Options for the functional modernisation of a diesel generator into the institution's electrical network are proposed to temporarily solve local problems of lighting, heating, air conditioning, etc. of individual premises/objects. The ways of utilisation and modernisation of low-power generators that were imported to Ukraine and are currently decommissioned or have exhausted their service life are considered.

Key words: Diesel generator sets, peculiarities of use, operation in non-emergency time, scientific research on low-power units, prospects for modernisation/utilisation.

Відомості про автора / Information about the Author

Олег Прищепов, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

Oleg Pryshchepov, PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

Олег Щесюк, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: taifun.kv@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Oleg Shchesiuk – PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: taifun.kv@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Вячеслав Андреев, канд. техн. наук, доцент, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: avi@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1143-8043>.

Viacheslav Andrieiev, PhD, Associate Professor, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: avi@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1143-8043>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.27

Микола Сідєєв
Дмитро Колода

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЇ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

У даній роботі досліджено методи вдосконалення та оптимізації конвеєрних систем. Ці системи є ключовим компонентом сучасного харчового виробництва, де санітарні вимоги та здатність адаптуватися до різних технологічних операцій мають першочергове значення. Основна мета роботи – представити перспективні шляхи модернізації та інноваційні рішення для конвеєрних систем у харчовій промисловості. Ґрунтуючись на аналізі існуючої літератури та власних дослідженнях, було виявлено значні позитивні сторони конвеєрів щодо покращення виробничих показників та забезпечення безпеки праці. Також було визначено недоліки, зокрема ризику контамінації та потреба у регулярному технічному обслуговуванні.

Головним підсумком є потреба у безперервному процесі покращення та удосконалення конвеєрних систем, з метою автоматизації та збільшенні енергоефективності. Також для впровадження інтелектуального керування, оптимізації трудомісткого устаткування та для подальшого зростання продуктивності й зниження потреби у ручній праці. Практична цінність дослідження полягає у можливості реалізації запропонованих змін в наявних та перспективних конвеєрних системах на підприємствах харчової промисловості.

Ключові слова: Автоматизація, Автоматизовані конвеєрні системи, Конвеєри, Технологічний процес, Вдосконалення конвеєрних систем.

Конвеєрні системи – це автоматизовані чи напівавтоматичні рішення, що застосовуються для транспортування сировини, продукції або компонентів між різними пунктами в рамках виробничого циклу. Ці системи ефективно переміщують товари в межах виробничих ліній, оптимізуючи робочі процеси та покращуючи продуктивність. Ключова функція конвеєрів – не лише переміщення, а й підтримка безперервного виробництва та раціональне використання ресурсів. Автоматизуючи транспортування матеріалів, конвеєрні системи забезпечують більш синхронізований виробничий процес. Звідси зменшуючи переривання та час простою, що сприяє збільшенню обсягів виробництва та можливій економії коштів.

Основний принцип роботи конвеєрних систем полягає у підтримці безперервного виробництва. Обладнання розташовується у чіткій логічній послідовності. Це необхідно для ефективного транспортування сировини та матеріалів через усі стадії виробничого циклу. Ефективність усієї виробничої лінії значною мірою визначається безперебійним переміщенням матеріалів між етапами обробки. Саме конвеєри виступають ключовою ланкою у забезпеченні цього процесу, становлячи собою базовий компонент сучасних виробничих процесів [1].

Підприємства, які використовують конвеєрні лінії для вдосконалення процесів, є основою сучасного ефективного виробництва. Їх ключова мета полягає в поєднанні безперервного переміщення товарів, завдяки конвеєрним системам, з ретельно визначеними та оптимізованими технологічними діями. Головне завдання такого методу – досягнення найвищої продуктивності, скорочення витрат часу та ресурсів до мінімуму, а також забезпечення стандартизації якості кінцевого продукту. Фундаментом оптимізованого конвеєрного виробництва є детальна розробка технологічного процесу. Конвеєрна система гарантує безперебійне та ритмічне пересування матеріалів між етапами, усуваючи непотрібні переміщення та час очікування. Швидкість конвеєра та тривалість кожної операції точно узгоджуються, забезпечуючи максимальну пропускну здатність лінії.

Конвеєрні системи, що використовуються у харчовій галузі, ставлять на перший план вимоги гігієни та чистоти, що спонукає до застосування особливих та легких у догляді матеріалів (наприклад, нержавіюча сталь або харчовий пластик). Різноманітність виробничих процесів зумовлює потребу в адаптації конвеєрів для переміщення різних видів продукції – сипких, рідких, густих і штучних, а також для їхнього інтегрування з іншим технологічним обладнанням для обробки, контролю якості, фасування, пакування та інших операцій.

Врахування особливостей їжі – важливий нюанс. Він включає в себе липкість, ламкість, вміст вологи й температурні умови, що впливають на вибір матеріалів стрічок та конструкцію конвеєрів. Безпечність продуктів харчування є першочерговою метою, тому конвеєрні системи мають відповідати нормам, знижуючи загрози забруднення [2].

Зважаючи на критичну роль конвеєрних систем у вдосконаленні виробничих операцій, особливо у харчовій сфері, де вони гарантують безперервне переміщення різних матеріалів, на рис. 1 зображено типову структуру всього технологічного процесу харчового виробництва. Ця структура умовно розділена на функціональні області, де перша відповідає за прийом та попередню обробку сировини, а друга – за контроль, розфасовку та упаковку кінцевого продукту (рис. 1).



Рис. 1. Схема технологічного процесу харчового виробництва

Використання конвеєрних систем у харчовій промисловості кардинально збільшує ефективність. Це відбувається за рахунок автоматизації переміщення сировини та виробленої продукції. Як результат, спостерігається зростання обсягів випуску, пропускної спроможності та відбувається оптимізація всього виробничого процесу. Введення конвеєрів суттєво покращує безпеку праці. Зменшується потреба у ручному підніманні і перенесенні важких предметів. Відтак, знижується вірогідність травмування працівників.

Використання конвеєрних систем зумовлює суттєве зменшення витрат на заробітну плату, оскільки для переміщення матеріалів потрібно менше робітників. Автоматизовані системи здатні працювати безперервно, що гарантує тривалу економію фінансових ресурсів. Спеціально сконструйовані конвеєри для харчової промисловості, виготовлені з легко миючих матеріалів, відчутно покращують санітарію. Це сприяє мінімізації ймовірності забруднення їжі, а також відповідає встановленим санітарним нормам.

Однією з головних переваг конвеєрних систем є їхня універсальність. Вони здатні переміщати великий асортимент харчових продуктів. Їх легко пристосовувати до специфічних вимог виробництва, враховуючи зміни висоти та траєкторії руху. Модульна конструкція дозволяє адаптувати обладнання до змінних потреб різних галузей харчової промисловості [3].

Попри значущі переваги, застосування конвеєрних систем у харчовій галузі супроводжується певними недоліками та потенційними складнощами. Зокрема, слід акцентувати увагу на ризиках забруднення. Залишки їжі можуть викликати перехресне забруднення, а відкритість конвеєрів наражає продукти на пил та інші забруднення з атмосфери. До того ж, скупчення пилу від порошкоподібних речовин може створити загрозу

вибухів, а поверхні конвеєрів загалом можуть бути місцем поширення мікробів, якщо не дотримуватися необхідних правил гігієни.

Найбільш актуально це у конвеєрних системах, де важкодоступні місця сприяють накопиченню забруднень. Інтенсивне очищення стрічок може викликати відчутні простої та збільшення витрат, особливо, якщо системи не враховують простоту санітарної обробки. Механічні складові конвеєрних установок підлягають зношенню, що вимагає періодичних перевірок та заміни стрічок, роликів і ланцюгів.

А такі негаразди, як пошкодження стрічки, заклинювання та неадекватне натягнення, потребують безупинної технічної підтримки. Зокрема змащування рухомих деталей, аби гарантувати надійне функціонування, звести до мінімуму простої та запобігти загрозам для безпечності продуктів. Первинні витрати на конвеєрні системи, особливо на автоматизовані, можуть бути значущими, що є суттєвим аспектом для малих підприємств [4].

У харчовій промисловості найчастіше застосовують декілька ключових видів конвеєрних систем. До них входять: стрічкові, у тому числі модульні конвеєри, ковшові елеватори, пневматичні транспортери, роликові, ланцюгові і спіральні конвеєри. Кожен з цих типів має свою унікальну конструкцію та механізми, призначені для обробки певних видів продуктів харчування, або для забезпечення конкретних вимог до транспортування на різних етапах виробництва.

Розмаїття різновидів конвеєрів дає змогу виробникам харчової продукції обирати засоби транспортування матеріалів, орієнтуючись на специфіку своїх потреб. Різні чинники, зокрема фізичний стан харчового виробу (твердий, рідкий, порошкоподібний), його тендітність, чутливість до температурних змін, мають вплив на визначення оптимальної конвеєрної системи.

Стрічкові транспортери набули широкого застосування для переміщення різних харчових виробів, зокрема сипких. Вони є частиною технологічних процесів з упакованими виробами у пекарнях та кондитерських. У м'ясокомбінатах та птицефабриках їх задіюють на різних стадіях, починаючи від обробки сирих заготовок, закінчуючи переміщенням готової, запакованої продукції. Пневматичні транспортери оптимальні для роботи з легкими, сухими та сипучими речовинами, як-от зерно, борошно або цукор, використовуючи тиск повітря.

Вони здатні переміщувати вантажі на далекі відстані й обходити перешкоди, функціонуючи як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах, а також під довільним кутом. Роликові конвеєри відмінно підходять для транспортування тари, коробок та піддонів з фасованими харчовими продуктами. Їх широко застосовують на складах, у логістичних центрах та в пакувальних відділеннях [5].

Згадані системи транспортування продукції відіграють роль зв'язків між різними стадіями виробничого циклу, гарантуючи безперервне переміщення продукції до ключових функціональних компонентів. Якщо візьмемо до уваги пакувальну частину виробництва, то стрічкові конвеєри здебільшого застосовують для акуратного та безперервного транспортування товарів до пакувальних машин та від них. Роликові конвеєри часто використовують на фінальній стадії лінії для переміщення запечатаних коробок та пакувань. Ефективне поєднання конвеєрних систем з пакувальним обладнанням є першочерговим для досягнення високої продуктивності та зменшення періодів простою на автоматизованих виробничих лініях [6].

У сучасному, швидкоплинному світі, конвеєрні системи переживають бурхливий розвиток, безперервно оновлюючись та вдосконалюючись. З кожним роком вони демонструють передові технології та розширюють свій функціонал. Щоб краще зрозуміти, візьмемо за приклад цех харчового виробництва:

У відділах приймання та відбраковування ключову роль відіграє автоматизація контролю якості. Це реалізується через камери машинного зору з використанням ШІ для виявлення дефектів. Також за рахунок автоматизованих транспортних систем з інтелектуальним управлінням для переміщення сировини та відведення бракованої продукції, а також системи ідентифікації на основі сканерів штрих-кодів або RFID-міток.

У машині початкової обробки визначальне значення має автоматичне налаштування робочих параметрів завдяки датчикам та контролерам, а також застосування робототехнічних маніпуляторів для подачі та видалення заготовок. Для машини основного оброблення притаманне повне автоматичне керування на основі PLC, системи зворотного зв'язку для моніторингу й автоматичного коригування параметрів. А також рецептурне управління для налаштування устаткування відповідно до характеристик виробу. У системі контролю та сортування ключову роль відіграють високоточні вимірювальні системи, інтелектуальні алгоритми сортування, побудовані на принципах ШІ, та автоматизовані сортувальні комплекси [7].

У фасувальній лінії ключовими компонентами виступають автоматизовані дозувальні пристрої, роботизовані системи подачі, інтегровані з системами вагової перевірки та маркування. Пакувальна машина включає автоматичні пристрої формування коробок, роботизовані системи укладання продукції та автоматичні пристрої заклеювання коробок. На етапі палетування і обмотки палет застосовуються автоматизовані палетайзери та палетопакувальники. Вони повністю інтегруються з системою обліку і відстеження палет. Моніторинг усього виробничого процесу здійснюється за допомогою SCADA-системи для централізованої візуалізації та

управління, а також збору та аналізу інформації [8]. На рис. 2 представлено модифіковану та автоматизовану схему технологічного процесу.

Окрім ключових модернізацій виробництва, що включають автоматизацію всіх робочих ланок, можливе впровадження більш привабливого та сучасного рішення – кастомізація виробництва й пакування з урахуванням потреб конкретного клієнта або партії товару. Ця ідея передбачає: впровадження системи відстеження конкретної партії сировини з моменту надходження, враховуючи специфічні вимоги замовника; гнучке налаштування параметрів обробки на обладнанні первинної та основної обробки, відповідно до замовлення; інтелектуальні системи контролю якості з можливістю сортування продукції за нестандартними характеристиками; адаптивну систему фасування з оперативною зміною об'єму дозування; та особливо гнучкий етап – пакування з автоматизованою зміною розмірів упаковки, використанням різноманітних пакувальних матеріалів та можливістю нанесення персоналізованого друку на етикетках.

На фінальній стадії палетування та палетопакування планується задіяти інтелектуальні системи, які формують палети, керуючись індивідуальними запитами замовника. Враховується кількість коробок, спосіб їх розташування та необхідність спеціального маркування [9].

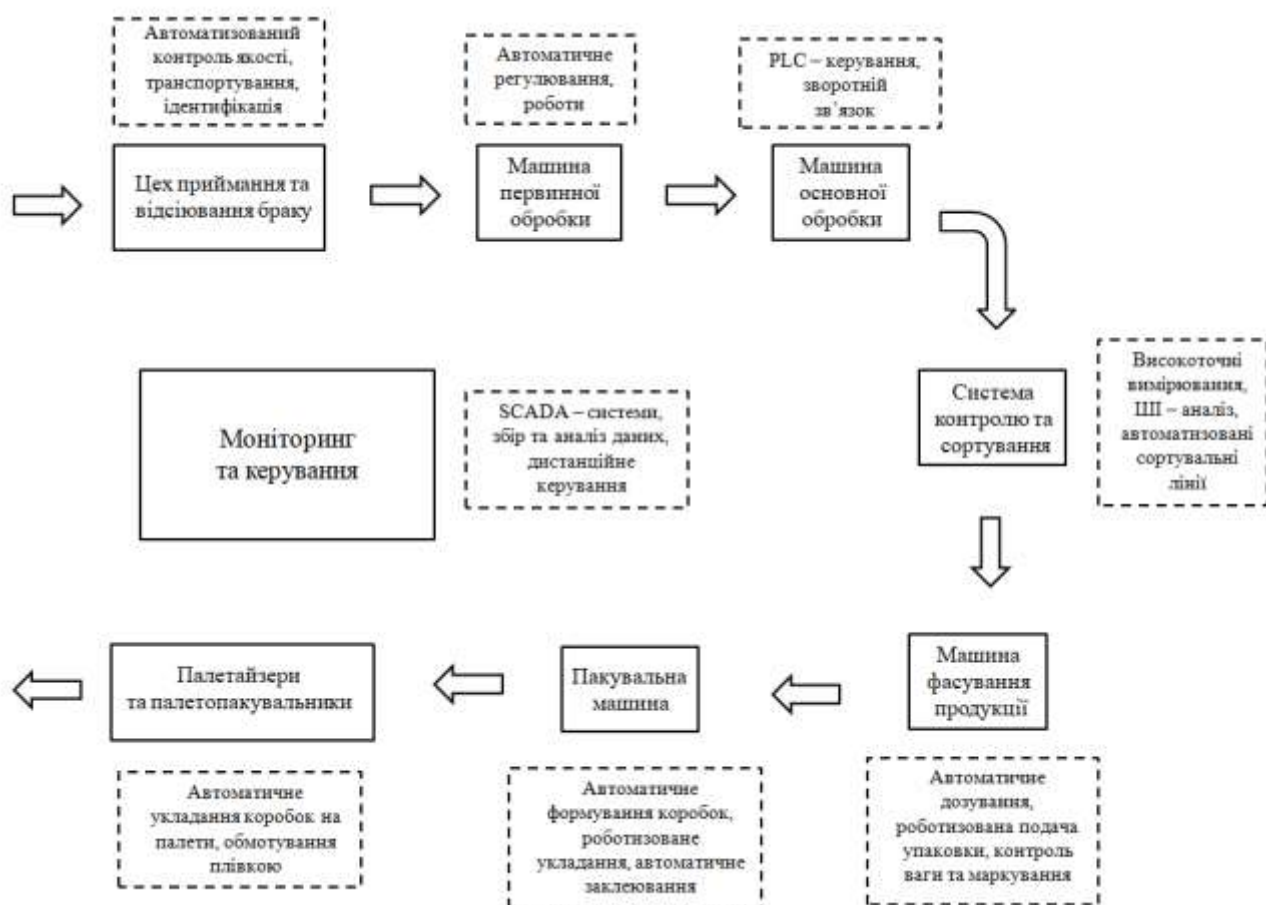


Рис. 2. Модифікована схема технологічного процесу харчового виробництва

Перетворення існуючого трудомісткого пакувального устаткування на сучасну автоматизовану систему – це процес, що складається з кількох етапів, який потребує інтеграції передових технологій та модернізації ключових функціональних компонентів. Перший крок у цій трансформації – автоматизація базових етапів пакування. Це включає в себе встановлення автоматизованих пристроїв для формування упаковок з вихідних матеріалів, інтеграцію систем автоматичного дозування та подачі продукту, а також впровадження автоматизованих модулів для пакування товарів та герметизації пакування. З метою забезпечення безперебійного руху матеріалів та продукції на виробничій лінії, критично важливим є впровадження конвеєрної системи. Вона буде відповідати за автоматизоване транспортування пакувальних одиниць між різними фазами виробничого процесу.

Ключовим компонентом автоматизованої пакувальної лінії є програмований логічний контролер (ПЛК), який відповідає за управління всіма ключовими операціями конвеєрної ділянки та інтегрованого пакувального обладнання. ПЛК збирає інформацію від різних датчиків, розміщених на різних стадіях лінії. Це включає в себе датчики розгортання картонних заготовок, датчики присутності продукту на лінії, датчики завантаження товару в коробки, а також датчики остаточного закриття коробок тощо. Відштовхуючись від отриманих даних, ПЛК керує роботою приводів конвеєрів, регулюючи їх роботу, а також синхронізує функціонування пакувальних механізмів. Таким чином досягається плавний та ефективний виробничий процес [10].

Для гарантування безпеки та контролю якості критично важливо також впровадити автоматизовані системи перевірки. Наприклад, використовувати камери машинного зору для контролю упаковки та маркування на відповідність стандартам.

Підсумовуючи, конвеєрні виробництва є одним із важливіших елементів в багатьох сферах, особливо у харчовій промисловості, де їхнє впровадження потребує особливої уваги до санітарних норм та пристосування до різноманітних технологічних операцій. Оцінка наявних механізмів і систем виявляє помітні переваги конвеєрів у збільшенні виробничих показників та безпеки праці. Однак існують також недоліки, що пов'язані з загрозами контамінації та необхідністю технічного обслуговування. Удосконалення та оптимізація конвеєрних систем – це безперервний процес, націлений на автоматизацію, збільшення енергоефективності та інтелектуальне управління. Окремої уваги потребує оптимізація трудомісткого обладнання в складі конвеєрних ліній для подальшого збільшення продуктивності та зменшення залежності від ручної роботи.

References

1. Basic Principles of operation of automated conveyors. Retrieved from: <https://www.exotec.com/insights/guide-to-conveyor-systems/>
2. Use of conveyors in the food industry. Retrieved from: <https://www.spiroflow.com/the-complete-guide-to-sanitary-conveyors-in-food-processing/>
3. Advantages of automated conveyors. Retrieved from: <https://www.redlinesystems.com/the-advantages-of-conveyors-in-the-food-processing-industry/>
4. Disadvantages of automated conveyors. Retrieved from:
5. <https://texasbelting.com/blogs/news/the-pros-and-cons-of-automated-conveyors-in-food-processing>
6. Types of conveyors used in the food industry. Retrieved from:
7. <https://www.redlinesystems.com/the-most-common-types-of-conveyors-used-in-the-food-industry/>
8. Modification of automated conveyors. Retrieved from:
9. <https://www.packleaderusa.com/blog/maximizing-packaging-line-efficiency-with-the-right-conveyor-systems>
<https://www.packleaderusa.com/blog/maximizing-packaging-line-efficiency-with-the-right-conveyor-systems>
10. Modified conveyors and their use of PLC. Retrieved from:
11. <https://compliancemate.com/blog/how-food-automation-is-increasing-productivity-in-foodservice-industry/>
12. The role of automation in the technological process. Retrieved from: <https://www.deskera.com/blog/the-role-of-automation-in-food-manufacturing-processes/>
13. Improvement of conveyor systems in the food industry. Retrieved from: <https://www.mwes.com/food-industry-automation-benefits/>
14. Groover, M. P. (2020). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (5th ed.). Pearson Education.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.27

Mykola Sidelev
Dmytro Koloda

WAYS TO IMPROVE AND OPTIMIZE CONVEYOR SYSTEMS IN THE FOOD INDUSTRY

In this paper, methods for improving and optimizing conveyor systems are studied. These systems are a key component of modern food production, where sanitary requirements and the ability to adapt to various technological operations are of paramount importance. The main goal of the work is to present promising ways of modernization and innovative solutions for conveyor systems in the food industry. Based on the analysis of the existing literature and our own research,

significant positive aspects of conveyors for improving production indicators and ensuring labor safety were identified. Disadvantages were also identified, in particular the risks of contamination and the need for regular maintenance.

The main result is the need for a continuous process of improving and improving conveyor systems in order to automate and increase energy efficiency. Also for the introduction of intelligent management, optimization of labor-intensive equipment and for further productivity growth and reducing the need for manual labor. The practical value of the study lies in the possibility of implementing the proposed changes in existing and promising conveyor systems in the food industry.

Key words: Automation, Automated conveyor systems, Conveyors, Technological process, Improvement of conveyor systems.

Відомості про автора / Information about the Author

Микола Сіделєв, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua , ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607> .

Mykola Sidelev, Ph.D, Docent, Associate Professor of the faculty of automatics and the computerintegrated technologies of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua , ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607> .

Дмитро Колода, студент 4 курсу спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: freddygo2004@gmail.com

Dmytro Koloda, 4th year student of the specialty "Automation and Computer-Integrated Technologies" of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: freddygo2004@gmail.com

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.28

Микола Сідєлев
Семен Сичов

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (IOT) ТА ЧАТ-БОТІВ У ВИРОБНИЧОМУ ПРОЦЕСІ

У роботі досліджено впровадження сучасних технологій Інтернету речей (IoT) та чат-ботів у виробничий процес на прикладі підприємства з виготовлення металопластикових вікон. Детально описано технологічний цикл, що включає: порізку профілю, армування, зварювання рам, зачистку, встановлення фурнітури, скління, контроль якості, упаковку та логістику. Виявлено типові проблеми: відсутність оперативного контролю, помилки персоналу, затримки в обліку сировини та браку. Запропоновано використання IoT-сенсорів для моніторингу стану обладнання, температурних режимів зварювання, а також ботів для обробки замовлень, повідомлення про збої, нагадування персоналу та інтеграції з месенджерами. Розроблено функціональну схему системи автоматизації з урахуванням цифрових каналів зворотного зв'язку. Зроблено висновки про підвищення ефективності, якості продукції та прозорості виробничих процесів.

Ключові слова: металопластикові вікна, автоматизація виробництва, Інтернет речей, чат-боти, цифрове підприємство, оптимізація.

Виробництво металопластикових вікон є багатоступеневим процесом, що включає механічну обробку профілів, армування, скління, контроль якості та пакування. Незважаючи на часткову автоматизацію, процес залишається вразливим до людського фактору та неефективного управління. Використання IoT-рішень [1-3] у поєднанні з ботами в месенджерах (Telegram, Viber) [4, 5] дозволяє здійснювати дистанційний контроль, збір даних та оперативне реагування на критичні ситуації (рис. 1).



Рис. 1. Приклад технологічного процесу виробництва

Загальний цикл виготовлення одного віконного блоку займає приблизно 32 хвилини залежно від рівня автоматизації, кваліфікації працівників та ефективності внутрішньоцехової логістики, що дозволяє технологічно організувати безперервне завантаження наступних заготовок.

У таблиці 1 наведено основні недоліки класичного (неавтоматизованого або частково автоматизованого) виробництва металопластикових вікон. Вони стосуються як організаційних, так і технологічних аспектів, що негативно впливають на якість продукції, швидкість виконання замовлень, ефективність використання ресурсів і загальну надійність виробничого процесу.

Таблиця 1

Недоліки класичного виробництва металопластикових вікон

№	Етап	Недолік	Причина	Наслідки
1	Розкрій профілю	Неправильна довжина, перевитрата	Ручне введення розмірів, знос пилки, відсутність перевірки	Брак деталі, втрата матеріалу, уповільнення процесу
2	Армування	Зміщення або недокріплення арматури	Людський фактор, відсутність датчиків контролю	Ослаблена конструкція, відхилення від техвимог
3	Зварювання рам	Нестабільна температура, нерівномірний шов	Відсутність моніторингу температури, знос нагрівача	Брак, повторне зварювання, зниження міцності
4	Зачистка швів	Надлишкова або недостатня зачистка	Механічний знос інструменту, відсутність сенсорів	Погіршення зовнішнього вигляду, скарги клієнтів
5	Скління	Пошкодження скла або неправильна установка	Недостатній контроль при монтажі	Пошкодження виробу, небезпека при транспортуванні
6	Фурнітура	Невірне положення елементів або недокрут	Помилка працівника, відсутність шаблонів або датчиків	Непрацююча фурнітура, рекламації, додаткові витрати
7	Контроль якості	Пропуск дефектів	Візуальний (суб'єктивний) контроль	Вихід браку до клієнта, зниження довіри

Загальні проблеми наведеного технологічного процесу

Класичне виробництво металопластикових вікон супроводжується низкою системних проблем, серед яких: відсутність оперативного моніторингу, через що брак може залишатися непоміченим до втручання оператора; висока залежність від людського фактору, що зумовлює ризик помилок і несвоєчасне виявлення збоїв; ускладнене збирання статистики, оскільки дані часто фіксуються вручну або взагалі не реєструються; повільна реакція на несправності, про які дізнаються із запізненням; неможливість віддаленого контролю, що унеможливорює своєчасне прийняття рішень керівниками в реальному часі.

У даній роботі запропоновано комплексні підходи до підвищення ефективності виробництва металопластикових вікон шляхом впровадження технологій Інтернету речей (IoT) та використання ботів у середовищі соціальних мереж. Такі рішення дозволяють автоматизувати контроль, зменшити вплив людського фактору, забезпечити оперативну обробку даних та покращити взаємодію між працівниками і керівним персоналом [6, 7]. У таблиці 2 наведено рекомендації щодо застосування цих технологій на кожному з ключових етапів виробничого процесу.

На основі запропонованих рішень можна побудувати функціональну схему модернізованого виробництва. Функціональна схема з інтегрованими IoT-пристроями та ботами надає можливість побудови сучасної, гнучкої та прозорої виробничої системи, в якій усі ключові етапи технологічного процесу перебувають під постійним контролем у реальному часі. Завдяки використанню сенсорів, мікроконтролерів, модулів зв'язку та ботів для сповіщення й взаємодії з персоналом, забезпечується своєчасне реагування на збої, автоматизований облік продукції, моніторинг параметрів обладнання, а також швидка передача інформації керівникам. Така схема значно знижує вплив людського фактору, мінімізує ризики простоїв та браку, а також підвищує загальну ефективність і якість виробництва [8, 9, 10].

Таблиця 2

Вирішення означених проблем через IoT та ботів соціальних мереж

Етап	IoT-рішення	Що вирішує	Як працює бот
Розкрій профілю	Датчики точного положення лінійки та лазерні вимірювачі довжини	Усуває похибки у довжині, виявляє неправильне різання	Бот миттєво сповіщає: «Профіль 1: довжина відхиляється від норми на 5 мм»
Армування	Сенсори наявності арматури + глибини вставлення	Забезпечують правильну установку і фіксацію	Бот інформує: «Профіль без армування. Оператор: станція №2»
Зварювання рам	Температурні датчики на зварювальному вузлі	Контролюють стабільність нагріву, попереджають про відхилення	Бот надсилає алерт: «Температура падає нижче 220°C. Можливе порушення якості шва»
Зачистка швів	Датчики зносу інструмента (вібраційні/сили опору)	Попереджують про тупий або зношений інструмент	Бот фіксує: «Інструмент потребує заміни. Вібрація перевищує норму»
Скління	Датчик ваги або позиції склопакета	Виявляє відсутність або неправильну установку скла	Бот попереджає: «Склопакет не зафіксований. Оператор: зона №4»
Фурнітурна збірка	Шаблони з сенсорами правильного розміщення	Автоматично контролюють розташування елементів	Бот надсилає повідомлення: «Петля зміщена на 3 мм. Перевірити»
Контроль якості	Фотофіксація та контроль розмірів + вологість у пакуванні	Автоматизує перевірку та створює цифровий звіт	Бот генерує PDF-звіт, надсилає керівнику, повідомляє про виявлені дефекти

Впровадження IoT-технологій у виробництво металопластикових вікон дозволило суттєво змінити підхід до управління процесами. Завдяки датчикам, контролерам і шлюзам кожен етап – від розкрою ПВХ-профілю до пакування готової продукції – перебуває під постійним наглядом у режимі реального часу. Це дає змогу не лише фіксувати відхилення чи поломки, а й передбачати їх появу, впроваджуючи профілактичне обслуговування. Особливу роль у системі відіграють чат-боти, які забезпечують швидку та адресну передачу інформації безпосередньо до відповідальних осіб через зручні канали, зокрема Telegram або вебдашборди. Таке поєднання автоматизації та цифрової комунікації створює передумови для оперативного реагування на інциденти, зменшує навантаження на персонал та скорочує простой. Загалом, використання IoT разом із ботами дозволяє перейти від реактивного до проактивного управління виробництвом. Це забезпечує не лише вищу ефективність процесів, а й формує новий рівень прозорості, адаптивності та конкурентоспроможності підприємства в умовах цифрової економіки.

References

- MachineMetrics. IoT in Manufacturing: 6 Most Common Use Cases and a Real-World Example Retrieved from: <https://www.machinemetrics.com/blog/iot-in-manufacturing> .
- AI Multiple. 10 Use Cases of IoT in Manufacturing in 2025 Retrieved from: <https://research.aimultiple.com/iot-manufacturing/> .
- Stormotion. IoT in Manufacturing: Trends, Benefits & Examples. Retrieved from: <https://stormotion.io/blog/iot-and-manufacturing/> .
- SmatBot. AI Chatbots for Manufacturing Industry: Benefits & Use Cases Retrieved from: <https://www.smatbot.com/blog/2024/04/18/ai-chatbots-for-manufacturing-industry-benefits-use-cases/> .
- MeBeBot. Manufacturing Sees 55% Productivity Gains with Chatbots. Retrieved from: <https://www.mebebot.com/manufacturing-sees-55-productivity-gains-with-chatbots/> .
- PTC. SIG Success Story: Analytics and IIoT Improve Production Speed. Retrieved from: <https://www.ptc.com/en/case-studies/sig> .
- Saxon AI. Chatbots Use Cases for Manufacturing Retrieved from: <https://saxon.ai/use-cases/chatbots-use-cases-for-manufacturing/> .

8. Internet rechei (IoT) v Ukraini: de i yak vykorystovuietsia? [Internet of Things (IoT) in Ukraine: where and how it is used]. Retrieved from: <https://lanmarket.ua/news/internet-rechey-iot-v-ukraini-de-i-yak-vikoristovu-tsya/> [in Ukrainian].
9. Yak internet rechei (IoT) transformuie ukraïnsku promyslovist [How the Internet of Things (IoT) is transforming Ukrainian industry]. Retrieved from: <https://ugic.com.ua/yak-internet-rechey-iot-transformuye-ukrayinsku-promyslovist/>
10. [in Ukrainian].
11. Internet rechei u promyslovosti: yak tse pratsiuie? [Internet of Things in Industry: How Does It Work?]. Retrieved from: <https://hub.kyivstar.ua/articles/internet-rechey-u-promislovosti-yak-cze-praczyuye> [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.28

Mykola Sidelev
Semen Sychov

USE OF INTERNET OF THINGS (IOT) TECHNOLOGIES AND CHAT-BOTS IN THE PRODUCTION PROCESS

This thesis explores the implementation of Internet of Things (IoT) technologies and chatbot systems in the production process of a uPVC window manufacturing enterprise. The study provides a detailed breakdown of the production cycle, including profile cutting, reinforcement, frame welding, surface cleaning, hardware installation, glazing, quality control, packaging, and logistics. The research identifies key issues such as lack of real-time monitoring, human error, and delays in raw material tracking and defect management. The proposed solution integrates IoT sensors for equipment condition and welding temperature monitoring, along with chatbots for order tracking, failure alerts, staff reminders, and messenger integration. A functional automation system diagram with digital feedback channels is developed. The conclusions highlight improvements in efficiency, product quality, and transparency across the production process.

Key words: uPVC windows, production automation, Internet of Things, chatbots, digital factory, process optimization.

Відомості про автора / Information about the Author

Микола Сіделєв, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607>.

Mykola Sidelev, Ph.D, Docent, Associate Professor of the faculty of automatics and the computerintegrated technologies of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607>.

Семен Сичов, студент 6 курсу спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ssyichev@gmail.com.

Semen Sychov, 6th year student of the specialty «Automation, computer-integrated technologies and robotics» of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ssyichev@gmail.com.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.29

В'ячеслав Старченко

ВИКОРИСТАННЯ JAVA SERVER PAGES ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ ВЕБСЕРВЕРУ

Розглянуто підхід до реалізації системи віддаленого моніторингу апаратної складової вебсервера на базі Java Server Pages (JSP). Запропоноване рішення використовує інструмент Java ProcessBuilder для виконання системних команд (sensors, arccaccess, df) на сервері під керуванням ОС Debian з метою отримання даних про температурний режим, параметри системи живлення та стан дискової підсистеми. Отримані результати передаються на клієнтську сторону у форматі JSON, де за допомогою технології Ajax відбувається їх динамічне відображення без перезавантаження сторінки. Описана архітектура та технічна реалізація системи, включаючи приклади коду JSP-сторінки та JavaScript-модуля для обробки Ajax-запитів. Проаналізовано ефективність цього рішення в контексті Internet of Things (IoT), відзначено простоту реалізації, зручність використання, масштабованість та гнучкість підходу для віддаленого моніторингу апаратних параметрів вебсервера.

Ключові слова: JSP, Apache Tomcat, ProcessBuilder, JSON, веброзробка, системні команди.

Вступ

У сучасних системах Internet of Things (IoT) все більшого значення набуває віддалений моніторинг апаратних параметрів серверів та мережевих пристроїв. Одним із підходів до вирішення цієї задачі є використання Java Server Pages (JSP) у комбінації з технологіями, які дозволяють виконувати системні перевірки в режимі реального часу [1]. У цьому контексті розглядається можливість створення за допомогою класу ProcessBuilder окремого Java-процесу, що виконує системні команди для діагностики апаратної складової сервера, який працює під керуванням ОС Debian [2]. Результати зазначених перевірок повертаються у форматі JSON [3], після чого на боці клієнта за допомогою технології Ajax відбувається їх динамічне відображення [4].

Архітектура системи

Запропоноване рішення базується на використанні програмного інструменту Java ProcessBuilder, який дозволяє створювати та керувати системними процесами безпосередньо з коду JSP-сторінки. Це дозволяє виконувати стандартні системні команди OS Debian для отримання важливих показників апаратного забезпечення [5].

Системні команди, що використовуються для моніторингу поточного стану сервера наведено у табл. 1.

Таблиця 1.

Системні команди OS Debian, що використовуються для моніторингу поточного стану сервера

Команда	Опис
sensors	Перевірка температурного режиму
arccaccess	Моніторинг параметрів системи живлення
df	Аналіз використання дискового простору

За допомогою класу ProcessBuilder створюється окремий процес, який по чергові виконує кожну з команд, наведених у табл. 1. Це дає змогу ізолювати процес виконання системних перевірок від основного процесу обробки запитів клієнтів в середовищі Tomcat, тим самим забезпечуючи стабільність роботи вебсервера.

Контролюються наступні ключові апаратні параметри вебсервера:

1) *температурний режим* – за допомогою команди `sensors`, яка надає повну інформацію про температуру процесора, материнської плати та інших критичних компонентів комп'ютера;

2) *параметри системи живлення* – за допомогою команди `apcaccess`, яка надає дані про напругу джерела живлення та поточне споживання енергії, стан зарядки акумулятора та інші параметри системи неперервного живлення сервера;

3) *стан дискової підсистеми* – за допомогою команди `df` для моніторингу вільного місця та стану розділів дискової підсистеми сервера.

Після збору даних вони перетворюються у формат JSON. Цей формат є легким і широко поширеним для обміну даними між вебсервером та клієнтом. За допомогою технології Аяx на клієнтській стороні забезпечується асинхронне оновлення сторінки, що створює користувачу відчуття миттєвості та безперервного моніторингу.

Така архітектура дозволяє створити зручний інтерфейс для віддаленого моніторингу, де дані оновлюються в режимі реального часу без необхідності перезавантаження сторінки. Крім того, використання технології Аяx сприяє оптимізації використання ресурсів, оскільки між сервером і клієнтом передаються лише необхідні дані.

Технічна реалізація

На рис. 1 наведено приклад ключового компоненту JSP-сторінки, що відповідає за збір даних.

```
<%@ page language="java" contentType="application/json; charset=UTF-8" pageEncoding="UTF-8"%>
<%@ page import="java.io.*,java.util.*,org.json.*" %>
<%
    // Створюємо JSON об'єкт для відповіді
    JSONObject responseData = new JSONObject();

    try {
        // Отримання даних про температуру
        ProcessBuilder sensorsProcess = new ProcessBuilder("sensors");
        Process sensorExec = sensorsProcess.start();
        String tempData = readProcessOutput(sensorExec.getInputStream());
        responseData.put("temperature", parseTemperatureData(tempData));

        // Отримання даних про живлення
        ProcessBuilder powerProcess = new ProcessBuilder("apcaccess");
        Process powerExec = powerProcess.start();
        String powerData = readProcessOutput(powerExec.getInputStream());
        responseData.put("power", parsePowerData(powerData));

        // Отримання інформації про диски
        ProcessBuilder dfProcess = new ProcessBuilder("df", "-h");
        Process dfExec = dfProcess.start();
        String diskData = readProcessOutput(dfExec.getInputStream());
        responseData.put("disk", parseDiskData(diskData));

        responseData.put("status", "success");
    } catch (Exception e) {
        responseData.put("status", "error");
        responseData.put("message", e.getMessage());
    }

    // Виведення JSON відповіді
    out.print(responseData.toString());
%>
```

Рис. 1. Приклад коду JSP-сторінки, що відповідає за збір даних

На боці клієнта дані відображаються за допомогою Аяx-запитів і представляються в зручній для користувача формі. Приклад JavaScript-коду з отримання та розбору Аяx-запитів наведено на рис. 2.

```
$(document).ready(function() {  
    function updateSystemStatus() {  
        $.ajax({  
            url: 'systemMonitor.jsp',  
            type: 'GET',  
            dataType: 'json',  
            success: function(data) {  
                if(data.status === "success") {  
                    // Оновлення інформації на веб-сторінці  
                    updateTemperatureDisplay(data.temperature);  
                    updatePowerDisplay(data.power);  
                    updateDiskDisplay(data.disk);  
                }  
            },  
            error: function(xhr, status, error) {  
                console.error("Помилка отримання даних: " + error);  
            },  
            complete: function() {  
                // Оновлення кожні 5 секунд  
                setTimeout(updateSystemStatus, 5000);  
            }  
        });  
    }  
  
    // Запуск моніторингу  
    updateSystemStatus();  
});
```

Рис. 2. Приклад коду з отримання та розбору Ajax-запитів на боці клієнта

Аналіз ефективності рішення

Запропонований підхід має низку суттєвих переваг для використання в контексті IoT:

1) простота реалізації:

- *стандартні API Java*: Використання ProcessBuilder не вимагає додаткових зовнішніх бібліотек. Це дозволяє розробникам, які вже знайомі з Java, оперативно інтегрувати цей функціонал у свої проекти;
- *JSP та Tomcat*: JSP є невід'ємною частиною стандартного стеку технологій Java для веброзробки, що робить його зручним вибором для розробки як серверних застосунків, так і IoT-платформ;
- *JSON та Ajax*: Простота роботи з JSON для серіалізації/десеріалізації даних та асинхронна природа Ajax роблять інтерфейс користувача більш інтуїтивним та швидким;
- *мінімальний програмний код*: Використовується компактний JSP-скрипт, що не потребує складних налаштувань на боці сервера;
- *використання стандартних системних утиліт*: Не потрібно розробляти власні інструменти системної діагностики;

2) зручність використання:

- *універсальність*: Система працює на будь-якому сервері з підтримкою JSP (Tomcat, Jetty тощо);
- *інтеграція з наявними системами*: Оскільки метод використовує стандартні системні команди та API, інтегрувати його у вже наявні проекти на базі Tomcat дуже легко;
- *модульність рішення*: Кожна частина моніторингу (температура, параметри живлення, стан дискової підсистеми) працює окремо. Це дає змогу розширювати систему за потребою або адаптувати її під специфічні вимоги IoT-платформ;
- *гнучкість у розгортанні*: Застосунок на базі JSP можна легко розгорнути в стандартному середовищі Tomcat, що є перевагою для IoT-сценаріїв, де важлива швидкість впровадження та масштабованість;
- *вебінтерфейс*: Забезпечує доступ до діагностичної інформації з будь-якого пристрою через браузер;
- *JSON-формат даних*: Є промисловим стандартом та легко інтегрується з іншими системами та фреймворками;

– *реальний час*: Регулярне оновлення даних за допомогою Ajax-запитів без перезавантаження сторінки;

3) ефективність у контексті IoT:

– *реальний час*: Постійний моніторинг апаратних параметрів є критично важливим для IoT-систем, де віддалене керування та контроль обладнання можуть суттєво підвищити стійкість та надійність функціонування великої інфраструктури;

– *гнучкість та легкість адаптації*: Системні команди, описані у доповіді, можуть бути легко адаптовані під специфічні вимоги різних апаратних платформ. Це дозволяє використовувати запропоноване рішення практично у будь-якому апаратному середовищі, що працює під керуванням ОС Debian;

– *масштабованість*: Рішення є модульним, що дозволяє додавати інші параметри моніторингу, наприклад, аналіз мережевого трафіку або стану оперативної пам'яті. Це робить його універсальним для IoT-інфраструктури. Існує також можливість моніторингу великої кількості серверів за допомогою єдиного інтерфейсу;

– *низьке навантаження на систему сервера*: Мінімальне використання ресурсів системи для збору та передачі даних;

– *безпека*: Можливість налаштування різних рівнів доступу через стандартні механізми захисту Tomcat.

Висновки

Запропонований підхід, що полягає у використанні Java Server Pages у комбінації з інструментом Java ProcessBuilder для виконання системних команд та обробкою отриманих результатів з представленням їх у форматі JSON з подальшим відображенням за допомогою Ajax, є простим, зручним та ефективним рішенням для моніторингу апаратної складової серверів. Він дозволяє швидко інтегрувати моніторинг в інформаційну систему на базі Apache Tomcat, забезпечуючи при цьому високу швидкість оновлення даних та гнучке розширення функціоналу у майбутньому. З огляду на зростаючу потребу у віддаленому моніторингу в IoT-системах, такий підхід може стати надійною основою для створення розумних, високоефективних рішень, які здатні опрацьовувати великі обсяги даних в режимі реального часу.

References

1. JavaServer Pages API Documentation. Retrieved from: https://docs.oracle.com/cd/E17802_01/products/products/jsp/2.1/docs/jsp-2_1-pfd2/index.html (Last accessed: 10.05.2025).
2. ProcessBuilder API. Retrieved from: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/ProcessBuilder.html> (Last accessed: 10.05.2025).
3. Introducing JSON. Retrieved from: <https://www.json.org/json-en.html> (Last accessed: 10.05.2025).
4. AJAX Introduction. Retrieved from: https://www.w3schools.com/Js/js_ajax_intro.asp (Last accessed: 10.05.2025).
5. Debian Reference Retrieved from: <https://www.debian.org/doc/manuals/debian-reference/debian-reference.en.pdf> (Last accessed: 10.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.29

Viacheslav Starchenko

USING JAVA SERVER PAGES FOR REMOTE MONITORING OF WEB SERVER HARDWARE

An approach to implementing a system for remote monitoring of the hardware component of a web server based on Java Server Pages (JSP) is considered. The proposed solution uses the Java ProcessBuilder tool to execute system commands (sensors, apcaccess, df) on a server running the Debian OS in order to obtain data on the temperature regime, power system parameters, and the state of the disk subsystem. The results obtained are transmitted to the client side in JSON format, where they are dynamically displayed without reloading the page using Ajax technology. The architecture and technical implementation of the system are described, including examples of JSP page code and a JavaScript module for processing Ajax requests. The effectiveness of this solution in the context of the Internet of Things (IoT) is analyzed, and the simplicity of implementation, ease of use, scalability, and flexibility of the approach for remote monitoring of web server hardware parameters are noted.

Keywords: JSP, Apache Tomcat, ProcessBuilder, JSON, web development, system commands.

Відомості про автора / Information about the Author

В'ячеслав Старченко, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: viacheslav.starченко@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7039-2332>.

Viacheslav Starchenko, Senior Lecturer in Computer Engineering Department at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: viacheslav.starченко@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7039-2332>.

© В. Старченко

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ У WIFI-МЕРЕЖІ ЗА АНАЛІЗОМ CSI-ПАРАМЕТРІВ

Розглянуто використання Channel State Information (CSI) у Wi-Fi для визначення об'єктів і їх переміщення, а також обробку CSI-даних з використанням нейронних мереж.

Ключові слова: Channel State Information (CSI), Wi-Fi, OFDM, бездротові мережі, обробка сигналів, ідентифікація об'єктів

CSI (Channel State Information) – це набір даних, що характеризують властивості середовища, в якому поширюються радіохвилі у бездротових мережах. У контексті Wi-Fi така інформація містить точні параметри сигналів, зокрема амплітуду і фазу, що фіксуються на різних піддіапазонах технології OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [1]. Завдяки цим даним можливо визначити присутність об'єктів у зоні дії мережі, а також відстежувати їхнє переміщення.

У типовій структурі CSI-системи на основі Wi-Fi можна виокремити кілька ключових елементів:

- 1) точки доступу (Access Points, APs) – обладнання, що забезпечує підключення бездротових пристроїв до мережі та водночас фіксує параметри сигналів;
- 2) кінцеві пристрої – смартфони, ноутбуки чи інша техніка, що взаємодіє з точками доступу і може брати участь у зборі CSI-інформації;
- 3) передавальне середовище – канал, у якому відбувається передача сигналів між точками доступу та клієнтами.

Робота CSI у Wi-Fi базується на спостереженні за тим, як радіохвилі поширюються у просторі. Під час передачі сигналу від точки доступу частина хвиль відбивається від різних перешкод – наприклад, стін, меблів або людей. Через це сигнал доходить до приймача по декількох траєкторіях, викликаючи інтерференцію. У результаті відбуваються зміни параметрів сигналу (амплітуди та фази) на кожному з підканалів OFDM [2]. Такі зміни є унікальними для конкретного простору та залежать від розміщення й властивостей об'єктів, які в ньому присутні.

Щоб отримати CSI, застосовують спеціалізоване програмне забезпечення та драйвери, наприклад, Linux 802.11n CSI Tool [3]. Ці інструменти забезпечують доступ до детальної інформації про канал зв'язку в бездротових мережах, що функціонують на основі стандартів 802.11n і 802.11ac (рис. 1).

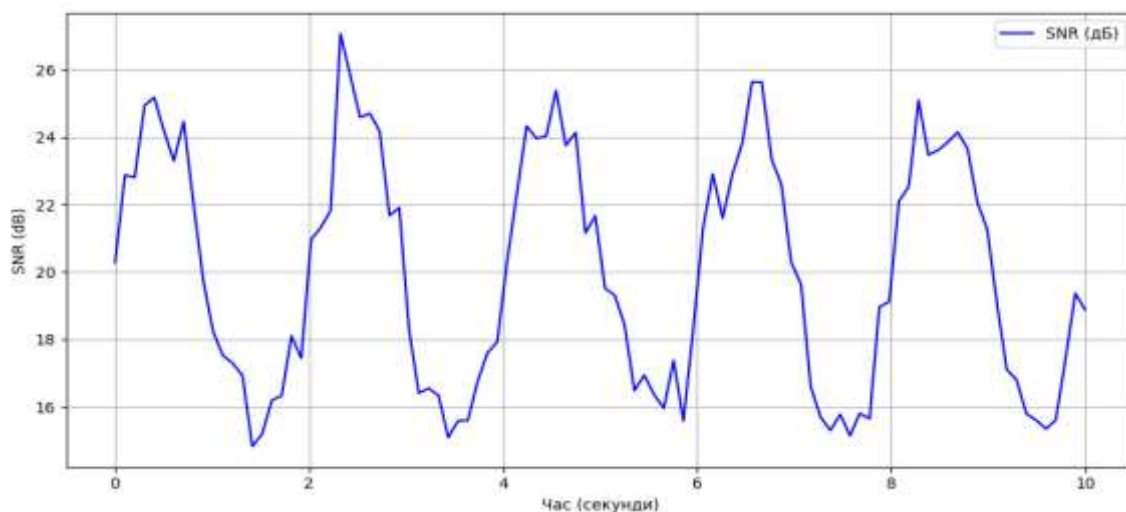


Рис. 1. Графік відношення сигнал/шум CSI

OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) – це метод мультиплексування (поєднання кількох потоків даних в один спільний простір), який розподіляє заданий радіоспектр на набір ортогональних піднесних, через які передається інформація.

Однією з ключових причин застосування CSI є забезпечення високої якості передачі інформації. У стандарті 802.11n для передавання даних використовується технологія OFDM (ортогональне частотне мультиплексування), яка дозволяє здійснювати передачу інформації через декілька підканалів одночасно, залучаючи при цьому множинні антени як на стороні відправлення, так і приймання сигналу (рис. 2).

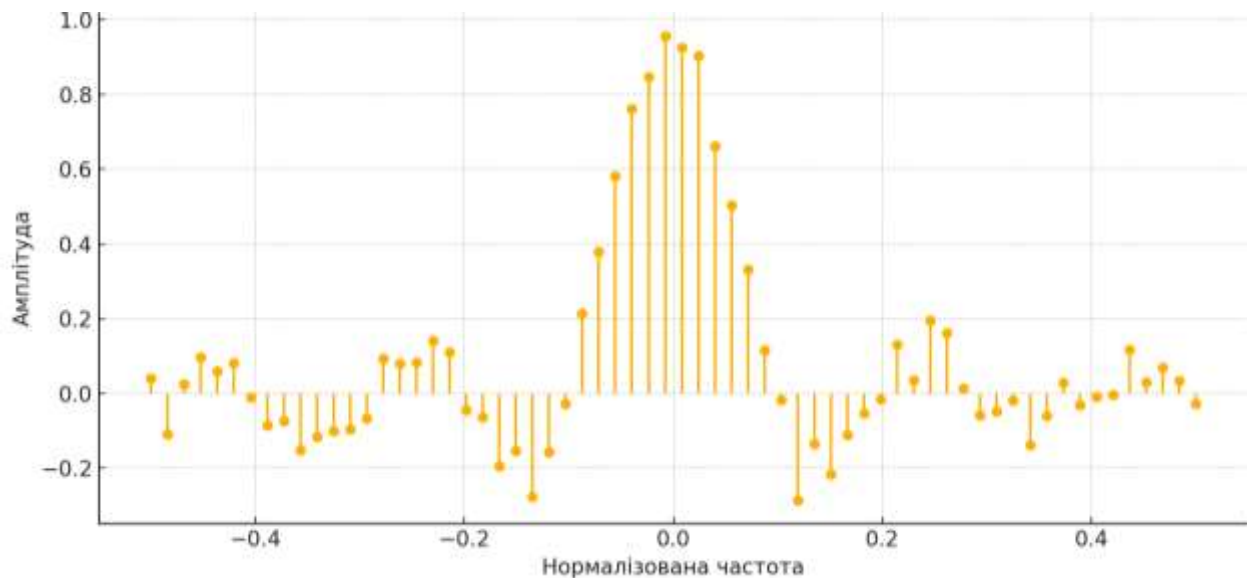


Рис. 2. Розподіл піднесучих OFDM-сигналу відносно амплітудно-частотної характеристики

На стабільність і якість зв'язку між відправником і приймачем впливають різні чинники, зокрема згасання сигналу, втрати на відстані та ефекти розсіювання. Для того, щоб точно оцінити ці характеристики, використовують показник CSI, який дозволяє отримувати дані про стан кожного підканалу для кожної пари антен.

Канальна матриця H , яка представляє собою CSI, містить комплексні значення, що описують характеристики сигналу: його амплітуду та фазу на конкретній піднесучій [4]. У системах MIMO формування цієї матриці відбувається під час передачі: кожен підканал, проходячи через різні траєкторії, створює унікальний слід (або сигнатуру), що відображається у вигляді набору фазових і амплітудних компонентів.

На приймальній стороні пристрій аналізує отримані сигнали, будує відповідну CSI-матрицю і надсилає зворотний зв'язок передавальному пристрою, надаючи повну картину про стан каналу для кожного підканалу.

Дослідження засад функціонування та будови CSI мережі Wi-Fi показало, що її застосування для ідентифікації об'єктів має ряд переваг, включаючи: здатність функціонувати за поганої видимості, невеликі потреби в обладнанні та доступну вартість впровадження системи. Проте, необхідно брати до уваги й деякі мінуси, наприклад, сприйнятливості до шумів та невеликий діапазон дії.

Аналіз наявних способів обробки CSI-даних та алгоритмів машинного навчання підтвердив інтенсивний прогрес цієї сфери. Особливо багатообіцяючими є методи, що використовують нейронні мережі, котрі показують кращу точність розпізнавання навіть у складних умовах.

References

1. Zhu Yi., Zhu Ya., Zhang Z., Zhao B. Y., Zheng H. 60GHz mobile imaging radar. *Mobile computing systems and applications (HotMobile'15)* : Proc. of the 16th Internat. Workshop, Santa Fe, New Mexico, USA. New York, NY, USA, 2015. P. 75–80. DOI: 10.1145/2699343.2699363..
2. Yousefi S., Narui H., Dayal S., Ermon S., Valaee S. A survey on behavior recognition using WiFi Channel State Information. *IEEE Communications Magazine*. 2017. Vol. 55, no. 10. P. 98–104. DOI: 10.1109/MCOM.2017.1700082.

-
3. Abazorius A. New system allows for high-accuracy, through-wall, 3-D motion tracking. *Massachusetts Institute of Technology News* : web site. Publ. Dec. 11, 2013. Retrieved from: <https://news.mit.edu/2013/new-system-allows-for-high-accuracy-through-wall-3-d-motion-tracking-1211> (Last accessed: 13.05.2025).
 4. Sharma S., Raj R., Kumar V. Human activity recognition and prediction based on Wi-Fi channel state information and machine learning. *International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering (IJERCSE)*. 2023. Vol 10, Is. 4. P. 29–35.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.30

Oleksii Tohoiev

DETECTION OF OBJECTS IN A WIFI NETWORK BY ANALYSIS OF CSI PARAMETERS

The article considers the use of Channel State Information (CSI) in Wi-Fi for detecting objects and their movement and the processing of CSI data using neural networks.

Keywords: Channel State Information (CSI), Wi-Fi, OFDM, wireless networks, signal processing, object identification.

Відомості про автора / Information about the Author

Олексій Тогоєв, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: oleksii.tohoiev@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3465-7767>.

Oleksii Tohoiev, Senior Lecturer in Computer Engineering Department at the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: oleksii.tohoiev@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3465-7767>.

© О. Тогоєв

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.31

Роберт Тоотс,
Олена Шаповалова,
Тетяна Наливайко

ПОБУДОВА КРЕСЛЕНЬ ДЛЯ ДЕФОРМОВАНИХ АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ХМАРАМИ ТОЧОК

Тези представляють аналіз сучасного стану наукових досліджень та літератури щодо автоматизації процесів створення креслень архітектурних об'єктів із застосуванням хмар точок, особливо з урахуванням деформацій конструкцій. Акцент зроблено на необхідності розробки точних та ефективних методів автоматичного створення креслень із реальних сканованих даних, які відображають складну геометрію об'єктів та їхні деформації.

Ключові слова: хмара точок, архітектурні об'єкти, деформації, креслення, автоматизація проектування, 3D-сканування.

Сучасні дослідження показують, що технологія 3D-сканування дозволяє отримати високоточні цифрові моделі існуючих архітектурних об'єктів. Водночас автоматичне створення архітектурних креслень, особливо для споруд, які зазнали деформацій, залишається складною і актуальною задачею. Це пов'язано з необхідністю врахування геометричних змін, що виникають у процесі експлуатації споруд під впливом різних факторів: навантаження, температурних змін, впливу навколишнього середовища та часу.

Аналіз літератури свідчить, що ефективними для обробки великих масивів тривимірних даних є алгоритми машинного навчання, такі як PCA (Principal Component Analysis) та LSM (Least Squares Method). PCA дозволяє визначати головні компоненти, які характеризують форму та орієнтацію конструктивних елементів (наприклад, стін, колон і балок), що докладно описано в роботі Kim et al. (2021) [1]. Метод PCA дозволяє ефективно виявляти основні геометричні характеристики споруд та стійкий до шуму в даних, проте його використання переважно обмежене чітко вираженими лінійними формами елементів.

Метод LSM, в свою чергу, дозволяє знаходити оптимальні апроксимаційні рішення для площин або інших геометричних форм шляхом мінімізації суми квадратів відхилень точок від апроксимуючої поверхні, що детально описується у роботі Xu та Stilla (2021) [2]. Цей метод забезпечує високу точність апроксимації, але є чутливим до великих локальних деформацій поверхонь.

Відомими прикладами застосування зазначених методів є реконструкція історичних споруд, таких як готичні собори (наприклад, Нотр-Дам де Парі після пожежі), античні театри (Епідавр у Греції), фортифікаційні споруди доби Ренесансу та середньовічні мости, які зазнали деформацій внаслідок вікових навантажень, воєнних дій або землетрусів [3], а також моніторинг сучасних будівельних об'єктів, які потребують регулярної оцінки структурної цілісності з використанням автоматизованих систем.

Основним викликом при реконструкції архітектурних об'єктів із хмар точок є точна інтерпретація поверхонь, що зазнали суттєвих деформацій. Ця задача ускладнюється кількома факторами:

1. Нерівномірність щільності хмари точок. У випадку сканування об'єктів великої висоти або складної геометрії (наприклад, склепінь чи фасадів соборів), сканер може не покрити окремі ділянки належною кількістю точок, що призводить до появи "пробілів" або недостатньої деталізації. Це ускладнює побудову безперервних поверхонь і підвищує похибку при апроксимації.

2. Наявність локальних деформацій. У випадку об'єктів, що зазнали руйнувань (наприклад, унаслідок пожежі, землетрусу, просідання ґрунту), поверхні можуть містити викривлення, тріщини, зсуви або втрати матеріалу. Традиційні методи, такі як площинна апроксимація LSM, прагнуть "згладити" такі деформації, втрачаючи важливу інформацію про стан конструкції.

3. Відсутність симетрії та регулярності. Багато історичних споруд, зокрема пам'ятки дерев'яної архітектури або старовинні мости, не мають геометричної регулярності або збудовані вручну. У таких випадках стандартні

геометричні припущення (прямі стіни, ортогональні кути) не працюють, і алгоритми потребують адаптивної поведінки.

4. Артефакти сканування та зашумленість. Хмари точок можуть містити сторонні об'єкти (рослинність, людей, транспорт), що заважають точному виділенню геометрії будівельних елементів. Фільтрація таких об'єктів вимагає складної семантичної обробки.

5. Проблеми ідентифікації елементів. Наприклад, важко автоматично відокремити пошкоджену колону від сусіднього фрагмента стіни, якщо між ними немає чіткого геометричного переходу. Це особливо важливо при створенні креслень, які мають містити точні контури кожного елемента.

У зв'язку з цим традиційні алгоритми геометричної апроксимації, як-от метод найменших квадратів, часто недостатньо ефективні при роботі з об'єктами, що не відповідають ідеалізованим моделям. Вони або ігнорують локальні особливості, або не здатні стабільно працювати в умовах шуму й неповноти даних.

Сучасні підходи пропонують залучення методів штучного інтелекту, зокрема згорткових нейронних мереж (CNN) і трансформерів, які дозволяють:

- семантично класифікувати точки (стіна, арка, тріщина, отвір);
- виділяти деформовані ділянки;
- будувати гнучкі адаптивні моделі, що здатні враховувати нерегулярність та локальні особливості форми [4].

Завдяки цьому може зрости точність побудови креслень, а також забезпечити збереження важливих особливостей історичних і сучасних об'єктів, необхідних для реставрації, аналізу стану чи цифрового архівування.

Важливим напрямком сучасних досліджень є інтеграція результатів автоматичної обробки хмар точок у системи автоматизованого проектування (CAD/BIM-системи). Така інтеграція відкриває нові можливості для створення архітектурної документації, дозволяє суттєво скоротити час на обробку даних, зменшити ризик людських помилок та підвищити загальну точність проєктів реконструкції й реставрації.

Процес інтеграції зазвичай включає кілька ключових етапів:

1. Семантична сегментація хмари точок. За допомогою алгоритмів машинного навчання або класифікаторів об'єкти в хмарі поділяються на категорії: стіни, вікна, двері, перекриття тощо. Це створює передумови для подальшого експорту об'єктів у CAD/BIM-моделі як розпізнаних елементів.

2. Геометрична апроксимація та спрощення. Для інтеграції у CAD-середовище необхідно перетворити "розріджену" хмару точок у компактні геометричні представлення — площини, об'єми, контури. Зазвичай це реалізується шляхом побудови сіткових моделей (mesh), NURBS-поверхонь або векторних примітивів (ліній, дуг, кіл).

3. Формування параметричних об'єктів. На основі розпізнаної геометрії та семантики формуються об'єкти BIM/CAD, які мають не лише форму, а й властивості (матеріал, товщина, несуча здатність тощо). Це дозволяє здійснювати повноцінне планування та технічний аналіз об'єкта.

4. Інтерактивне редагування та узгодження. Інженер або архітектор має можливість вручну уточнити окремі об'єкти в інтерактивному середовищі CAD, після чого модель може бути використана для генерації креслень, кошторисної документації або подальших інженерних розрахунків.

Практичне значення такої інтеграції особливо проявляється:

- у реконструкції аварійних об'єктів, де потрібне швидке створення креслень поточного стану;
- у реставрації пам'яток архітектури, де важливо зберегти всі деталі форми;
- у будівельному аудиті та технічному обстеженні перед введенням в експлуатацію;
- у формуванні цифрових двійників будівель для систем керування життєвим циклом об'єкта [5].

Висновки:

1. Аналіз літератури засвідчує високу актуальність та необхідність подальшого розвитку автоматизованих методів побудови креслень на основі хмар точок, особливо з урахуванням деформацій архітектурних споруд.

2. Застосування алгоритмів PCA та LSM, доповнених технологіями штучного інтелекту, суттєво підвищує точність та ефективність процесу автоматизованої реконструкції.

3. Інтеграція описаних технологій у сучасні CAD-системи дозволяє оптимізувати проєктування, реконструкцію та моніторинг архітектурних об'єктів.

Доцільність наукової роботи полягає у подальшому вдосконаленні та інтеграції описаних методів і алгоритмів, що сприятиме суттєвому підвищенню ефективності автоматизованого створення креслень, особливо при роботі з деформованими архітектурними об'єктами.

References

1. Kim, H., Son, H., & Kim, C. (2021). Automated extraction of building elements from 3D point cloud data. *Automation in Construction*, 124, 103573.
2. Xu, Y., & Stilla, U. (2021). Least squares fitting techniques for point cloud-based building modeling. *Remote Sensing*, 13(9), 1789.
3. Yadav, M., & Singh, A. (2022). Machine learning approaches for accurate modeling of point cloud data. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 20(2), 544-560.
5. Zhu, J., Huang, J., & Feng, H. (2023). Deep learning for structural deformation recognition in point clouds. *Engineering Structures*, 281, 115804.
6. Tang, P., Huber, D., & Akinci, B. (2022). Integration of laser scanning and building information modeling (BIM) in construction engineering. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 36(1), 04021056.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.31

Robert Toots, Olena Shapovalova, Tetiana Nalivayko

DRAWING GENERATION FOR DEFORMED ARCHITECTURAL OBJECTS BASED ON POINT CLOUDS

The thesis presents an analysis of the current state of scientific research and literature on the automation of drawing generation for architectural objects using point clouds, with particular attention to deformed structures. Emphasis is placed on the need to develop accurate and efficient methods for the automatic creation of technical drawings from real scanned data that capture the complex geometry of architectural elements and their deformations.

Key words: point cloud, architectural objects, deformations, technical drawings, design automation, 3D scanning.

Відомості про авторів / Information about authors

Роберт Тоотс, аспірант спеціальності "Комп'ютерні науки" Харківського національного економічного університету, ім. Семена Кузнеця, м. Харків, Україна. E-mail: toots.robert@hneu.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2775-1911>

Robert Toots, PhD student in Computer Science, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: toots.robert@hneu.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2775-1911>

Олена Шаповалова, кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Харківського національного економічного університету, ім. Семена Кузнеця, м. Харків, Україна. E-mail: olena.shapovalova@hneu.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4566-6634>

Olena Shapovalova, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Cybersecurity and Information Technologies, Educational and Scientific Institute of Information Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: olena.shapovalova@hneu.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4566-6634>

Тетяна Наливайко, кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Харківського національного економічного університету, ім. Семена Кузнеця, м. Харків, Україна. E-mail: tetyana.nalivayko@hneu.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5069-486X>

Tetyana Nalivayko, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Cybersecurity and Information Technologies, Educational and Scientific Institute of Information Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: tetyana.nalivayko@hneu.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5069-486X>

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.32

Олександр Трунов,
Володимир Бойко

ДИНАМІЧНЕ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПІДРАХУНОК ОБ'ЄМУ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПОВЕРХНЯХ РІЗНОГО ТИПУ

Подано інструмент динамічного 3D-розподілу сипких речовин підрахунку об'єму при параболічній апроксимації CSV даних чисельного інтегрування з векторним відображенням.

Ключові слова: динамічне 3D-моделювання, сипкі речовини, параболічна апроксимація, CSV-імпорт, чисельне інтегрування, векторне відображення, науково-промислові задачі.

Сучасні наукові та прикладні задачі, пов'язані з виміром та підрахунком кількості речовини сипких матеріалів. Точне моделювання форми їх розподілу та потреба підрахунку об'єму насипних форм з поверхнею різної складності спостерігається у різних галузях людської діяльності від будівництва та гірничої справи, сільського господарства та екологічного моніторингу. Необхідність у інструментах підрахунку, здатних адаптуватися до нестандартних форм і забезпечувати швидкі обчислення, стає все більш очевидною. Існуючі рішення часто обмежені або високими вимогами до обчислювальних ресурсів, або жорсткими рамками застосування, що ускладнює їх використання в умовах реальних проєктів. Метою даної роботи є розробка програмного інструменту, який поєднує гнучкість роботи з даними, високу точність обчислень та інтерактивну візуалізацію, що робитиме його універсальним для різноманітних наукових і промислових завдань.

Дослідження спирається на фундаментальні принципи теорії складних систем та нелінійної динаміки, які вивчають колективну поведінку взаємодіючих компонентів [1]. Сипкі матеріали, як об'єкт дослідження, є типовими представниками таких систем, як окремі частинки, підкоряючись простим законам тертя та гравітації, формують макроструктури з властивостями, що не зводяться до їхніх індивідуальних характеристик. Це явище, відоме як самоорганізація, аналогічне процесам у фізиці конденсованих середовищ, де локальні взаємодії призводять до глобальних фазових переходів, раптових змін стану системи, таких як кристалізація або ущільнення. Параболічна апроксимація, використана в моделюванні, відіграє роль математичного каркасу, який балансує між двома протилежними тенденціями. Випадковістю, пов'язаною з хаотичним рухом частинок, та енергетичною ефективністю, що сприяє утворенню стабільних конфігурацій. Цей підхід дозволяє відтворити як статичні форми, так і динамічні процеси, такі як насипання матеріалу, ґрунтуючись на принципі масштабної інваріантності, де одні й ті ж закони діють на різних рівнях системи, від мікроскопічних частинок до макроскопічних структур.

Наукові дослідження в галузі моделювання сипких матеріалів охоплюють різноманітні методичні підходи. Так, методи, засновані на дискретних елементах, забезпечують високу точність за рахунок деталізованого аналізу окремих частинок, проте їх застосування обмежене через значні вимоги до обчислювальних ресурсів, особливо для масштабних задач [1]. Інші підходи, такі як статистичні моделі, пропонують спрощені рішення, але часто не враховують локальні геометричні особливості поверхонь, що знижує їх практичну цінність для складних сценаріїв. У цьому контексті параболічна апроксимація розглядається як перспективний компромісний варіант, оскільки вона дозволяє досягти балансу між точністю та ефективністю обчислень. Однак навіть такі методи часто мають обмеження, зокрема відсутність підтримки імпорту довільних геометрій для відображення форм, що ускладнює їх використання в реальних умовах, де критичною є адаптація до нестандартних поверхонь.

Основу роботи складає алгоритм, що інтегрує три взаємопов'язані компоненти. Це імпорт геометричних даних, генерацію моделі шару сипкого матеріалу та чисельний підрахунок об'єму. На першому етапі користувач завантажує CSV-файл, що містить координати поверхні у форматі (x, y, z), де кожен рядок відповідає точці просторової сітки. Програмний інструмент автоматично виконує підготовку даних, який визначає мінімальні та максимальні значення координат для визначення меж об'єкта, нормалізує дані та генерує рівномірну сітку з кроком, що становить 10% від загальної довжини та ширини поверхні. Цей крок обрано емпірично для

забезпечення балансу між точністю та ефективністю. Сітка формується за допомогою функцій бібліотеки NumPy, що забезпечує векторізоване створення вузлів із подальшим інтерполюванням значень для заповнення пропусків у вхідних даних.

Генерація шару сипкого матеріалу, як показано на рис. 1, ґрунтується на параболічній апроксимації висоти, що моделює природний розподіл матеріалів із куполоподібним профілем. Висота шару визначається як функція, яка досягає максимуму в центрі поверхні та спадає до її країв. Коефіцієнт розподілу та параметри анізотропії враховують геометричні особливості поверхні, такі як її форма, орієнтація та топографічні нерівності [2]. Для кожного вузла сітки обчислюється локальна висота, що дозволяє імітувати реальну поведінку сипких матеріалів, зокрема формування конусів обсипання, і адаптувати модель до різноманітних геометрій, від плоских платформ до складних багатовимірних структур.

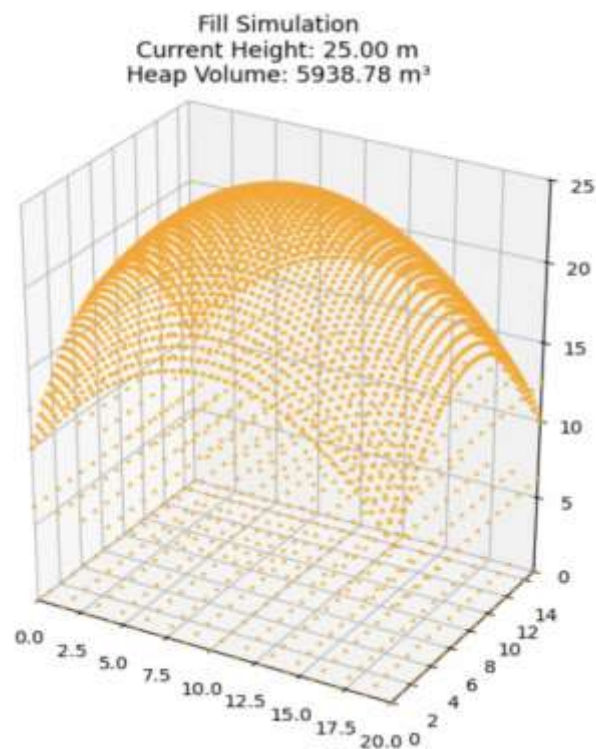


Рисунок 1 – Генерація шару сипучого матеріалу

Чисельний підрахунок об'єму реалізовано за методом прямокутників, де об'єм апроксимується сумою значень висоти в кожному вузлі сітки, помноженої на площу елементарної комірки. Для оптимізації обчислень використано векторизацію операцій засобами бібліотеки NumPy, що дозволило уникнути циклів на рівні інтерпретатора Python та зменшити час розрахунків у 5-7 разів порівняно з послідовними методами.

Важливим аспектом валідації стало порівняльне дослідження з альтернативними підходами [3]. Запропонована методика показала суттєве покращення точності розрахунків об'єму порівняно зі статистичними моделями, а також вищу ефективність обчислень у порівнянні з методами, що ґрунтуються на деталізованому аналізі окремих частинок. Зокрема, застосування алгоритму в задачах аналізу розподілу матеріалів сприяло оптимізації логістичних процесів шляхом виявлення зон нераціонального використання ресурсів та пропозиції альтернативних стратегій розміщення.

Таким чином, інструмент довів свою ефективність як для стандартних, так і для складних геометрій, що робить його універсальним рішенням для наукових та прикладних завдань, де точність обчислень поєднується з вимогами до гнучкості та швидкодії.

Отже, розроблений програмний інструмент для динамічного 3D-моделювання та підрахунку об'єму сипких матеріалів довів свою ефективність у широкому спектрі наукових і прикладних задач. На основі параболічної апроксимації вдалося створити модель, яка поєднує високу точність розрахунків із обчислювальною ефективністю, що є критичним для роботи зі складними геометріями. Алгоритм забезпечує гнучкість завдяки

підтримці імпорту довільних поверхонь через CSV-дані, що дозволяє адаптуватися як до стандартних структур, так і до нерегулярних природних ландшафтів.

Висновки

Розроблена модель параболічної апроксимації та програмний інструмент демонструють здатність відтворювати не лише статичні форми 3D-розподілу сипких речовин, а й динамічні процеси, такі як насипання або перерозподіл матеріалів. Це відкриває нові можливості для застосування інструменту в галузях, де критичними є прогнозування змін у часі, наприклад, у екологічному моніторингу чи промисловій логістиці. Валідація на різних типах поверхонь підтвердила універсальність підходу, а порівняння з альтернативними методами виявило його переваги у балансі між точністю та швидкістю, утворює основу для розвитку методів моделювання складних систем та засобів виміру, демонструючи переваги комплексного поєднання теоретичних принципів нелінійної динаміки з сучасними обчислювальними технологіями для інновацій у технології виміру і контролю у промисловості.

References

1. Yunshandan W., Wenfu W., Kai C., Ji Z., Zhe L., Yaqiu Z. Progress and Prospective in the Development of Stored Grain Ecosystems in China: From Composition, Structure, and Smart Construction to Wisdom Methodology. Agriculture. 2023. P 6–10.
2. Fang Y., Chen Z., Wu L., Muhammad S., Zhou M., Yin J. Design and Experiments of a Convex Curved Surface Type Grain Yield Monitoring System. Electronics. 2024. 5 p.
3. Bazargani K., Deemyad. T. Automation's Impact on Agriculture: Opportunities, Challenges, and Economic Effects. Robotics. 2024. 19 p

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.32

Alexander Trunov, Volodymyr Boiko

DYNAMIC 3D MODELING AND CALCULATION OF VOLUME OF BULK MATERIALS ON SURFACES OF VARIOUS TYPES

A tool for dynamic 3D distribution of bulk materials and volume calculation with parabolic approximation of CSV data of numerical integration with vector mapping is presented.

Keywords: dynamic 3D modeling, bulk materials, parabolic approximation, CSV import, numerical integration, vector mapping, scientific and industrial problems.

Відомості про автора / Information about the Author

Трунов Олександр, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Alexander Trunov, Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Бойко Володимир, студент спеціальності “Автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка” факультету Комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: vboyko333@gmail.com.

Boiko Volodymyr, student of the specialty “Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics” of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: vboyko333@gmail.com.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.33

Олександр Трунов,
Артем Малько,
Максим Хейна

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ВИПРОБУВАНЬ НА БАЗІ МОБІЛЬНИХ РОБОТО-ТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ

Запропоновано інноваційну технологію експериментального дослідження аеро-гідродинамічних характеристик гвинтів із застосуванням мобільних робототехнічних платформ.

Ключові слова: Гвинтові рушії, аеро-гідродинамічні характеристики, мобільні робото-технічні платформи, автоматизовані системи, бездотові прилади.

Вступ

Велика трудомісткість і вартість створення та налаштувального устаткування для експериментального дослідження аеро-гідродинамічних характеристик гвинтів є причиною та чинником пошуку інноваційних технологічних процесів автоматизованого випробування. Потреби виконання робіт з обстеження, відео моніторингу, контрольного виміру у сільському господарстві, лісівництві, при надзвичайних ситуаціях, екологічному обстеженні у повітрі на землі та на воді є причиною екстенсивного розвитку мобільних робототехнічних систем (МРТС) [1-4]. Останнє є чинником пошуку нових типів апаратів, рушіїв та інших елементів, а також причиною розробки нових форм і принципів їх експериментального дослідження [2, 5]. Нові потреби є причиною пошуків виконання нових експериментальних системних випробувань та їх протоколювання. Причиною нових викликів: потреба суттєвого зменшення вартості устаткування та збільшення точності, достовірності та обсягів вибірок [6-9].

2. А наліз останніх публікацій

В роботі [1] викладено та узагальнено досвід різних країн бувшого СНД в сфері механізації та автоматизації технологічних процесів механічної обробки та складання. Викладено прогресивні висновки з автоматизації гнучкого автоматизованого та комп'ютеризованого виробництва, інформатизації та систем числового програмного керування технологічним устаткуванням. Однак, здійснення наступних кроків розвитку і розширення сфер нового впровадження робото-технічних систем, що забезпечуватимуть розширення функціональних можливостей представляється у роботі [2]. Її результати переформовують нашу уяву про потенціальні можливості безпілотних апаратів.

В роботі [3] представлено безпілотні літальні апарати радіаційної розвідки і сільськогосподарського призначення. Продемонстровані в ній можливості літальних апаратів переконливо свідчать про перехід до принципово нового устаткування, що утворює інноваційні можливості для моніторингу та окремих виробничих потреб огляду і спостереження у сільському господарстві. Подальшому розгляду застосування групи дронів як компонент багатоцільових автоматизованих технологічних комплексів присвячено роботу [4]. В роботі викладено математичні моделі, що описують динаміку апарату для комплексного застосування груп безпілотних літальних апаратів при виконанні технологічних задач.

В роботі [5] розглянуто розробку інструменту штучного інтелекту та сенсорних систем. Продемонстровано, що їх застосування у системах інформатизації мобільних роботів з маніпулятором на борту, описується нелінійними моделями, для яких запропоновано ефективні методи оцінки впливу параметрів процесу на величину похибки координат. В роботі [6] викладено особливості проектування зазватів для антропоморфних роботів. Продемонстровано, як аналітичний розв'язок оберненої задачі кінематики відкриває нові можливості проектування їх елементів. В роботі [7] наочно продемонстровано як нові можливості проектування безпілотних апаратів відкривають нові застосування, впровадження яких гальмується відсутністю ефективних систем експериментального випробування елементів нових технічних рішень. Приклади систем, що дозволяють визначати аеродинамічні характеристики різноманітних об'єктів представлено у роботі [8]. Другий прикладом

таких споруд надано в роботі [9]. Однак не зважаючи на фундаментальність досліджень аеродинамічних характеристик в таких трубах їх завантаженість та висока вартість досліджень в них фактично унеможливило їх проведення. Іншими прикладами малогабаритного устаткування є труби, що застосовуються для досліджень вентиляційних систем [9]. Однак дослідження в них обмежується тільки повітряним середовищем.

Таким чином, головною не розв'язаною задачею є: пошук та побудова ефективних систем для експериментального дослідження аеро-гидродинамічних характеристик гвинтів та елементів конструкцій. Причиною та чинником пошуку нових інноваційних технологічних процесів автоматизованого випробування є соціальна не доступність експериментального устаткування аеродинамічних труб та їх послуг.

3. Мета та задачі дослідження

Підвищити ефективність та розширити можливості виміру і дослідження впливу форм на характеристики рушіїв пропелерного та гвинтового типу. Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні задачі:

- розробити структуру автоматизованої системи керування (АСК) випробуваннями, до складу якої включено МРТС;
- розробити структуру вимірювальної системи, що забезпечує автоматичну керуємість та бездротове керування та інформаційний обмін;
- розробити структуру мобільної платформи з маніпулятором на борту та Wi-Fi камерою, що керується по радіоканалу.

4. Формування структури автоматизованої системи випробувань

4.1. Розробка структури автоматизованої системи випробувань, до складу якої включено МРТС

Для реалізації і дослідження потенціальних можливостей МРТС та систем бездротового керування і випробування було розглянуто наступну структуру АСК, концептуальна модель якої подана на рисунку 1.

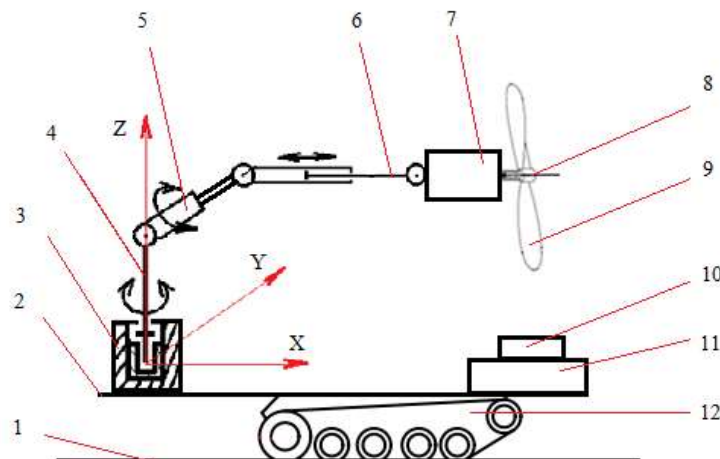


Рисунок 1 – Схематичне представлення концептуальної структури устаткування для експериментального виміру характеристик.

Концептуальна структура устаткування містить наступні елементи: 1 – смуга для руху МРТС; 2 – адаптер для кріплення функціонального устаткування; 3 – опорно-упорний вузол із приводом базової ланки; 4, 5, 6 перша, друга та третя ланки маніпулятора відповідно; 7 – блок приводу пропелера із системою керування і прийому передачі даних, устаткування та блок виміру параметрів експерименту; 8 – вузол кріплення пропелера до валу; 9 – дослідний пропелер; 10 – блок відео Wi-Fi камер, ультра звукових та інфрачервоних датчиків перешкод система прийому та передачі і навігаційної апаратури; 11 – системи керування маніпулятором та рухом платформи; 12 – платформа МРТС на колісному або на гусеничному ході.

Модель АСК передбачала поділ на три частини. Перша з них МРТС разом із маніпулятором на борту, що забезпечує рух за програмою досліджень, який керований по радіо каналу (РК). Друга устаткування, яке проводить весь комплекс вимірів за програмою випробувань та їх протоколювання і передачу по РК до третьої частини. До складу третьої частини включено засоби комунікації (прийому і передачі по РК), обробки, збереження, формування проекту рішень.

Такий поділ МРТС експериментальних випробувань на три частини, перша з яких забезпечує переміщення за заданою програмою рухів та заміру параметрів, а друга завдяки наявному маніпулятору забезпечує зміну кутів

нахилу повітряного потоку, що набігатиме. Заміна платформи наземного руху на надводну забезпечуватиме дослідження гідродинамічних характеристик, якщо в устаткуванні передбачено необхідну герметизацію.

4.2. Розробка випробувальної бездротової системи виміру і експериментального дослідження аеро-гідродинамічних характеристик

Для забезпечення виміру експериментальних характеристик гвинтових рушіїв необхідно, щоб АСК забезпечувала стабілізацію частоти обертання і тільки за цих умов відбувався одночасно вимір сил і моментів сил, температури, тиску і вологості повітря. При гідродинамічному випробуванні вимірюється ще і густина та в'язкість води. Для виміру сил моментів та частоти обертання було запропоновано схему випробувань, яку представлено на рис. 1 А та Б.

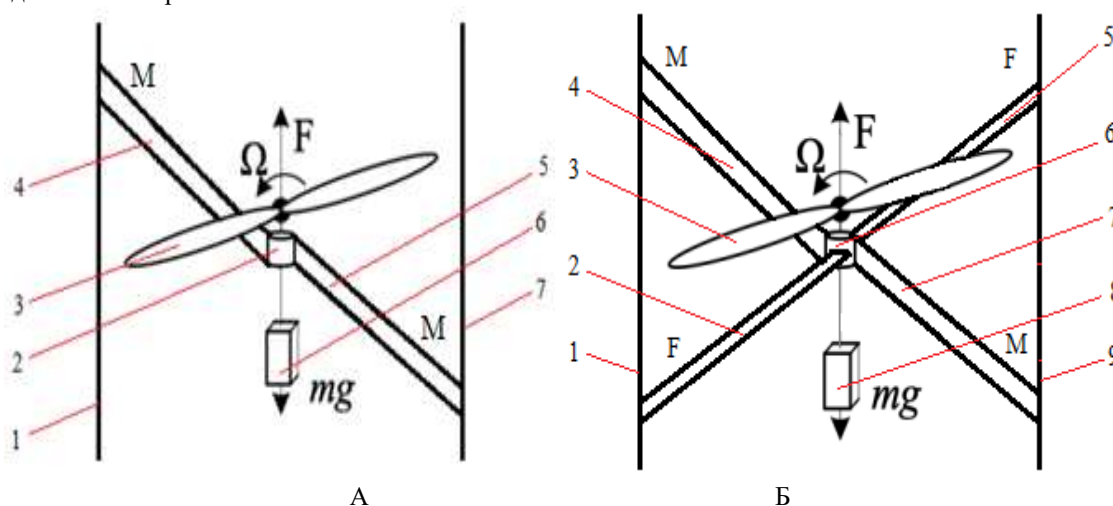


Рисунок 2 – Схематичне представлення ідеї виміру: А – моменту сил опору, що діє на гвинт при обертанні; Б – одночасного виміру і моменту сил та підйомної сили гвинта. На рисунку 1 А вжиті позначення: 1, 7 - несучі стійки; 2 - привод ротору пропелеру; 3- гвинтовий рушій; 4, 5 - балки з тензодатчиками для виміру моменту сил; 6 – навантажувальний пристрій. На рисунку 1 Б вжиті позначення: 1,9 - несучі стійки; 2, 5 - балки з тензодатчиками для виміру сил тяги; 3 - гвинтовий рушій; 4, 7 - балки з тензодатчиками для виміру моменту сил; 6 - привод ротору пропелеру; 8 - навантажувальний пристрій.

Система виміру параметрів як структурний елемент АСК експериментальних випробувань передбачає можливості реєстрації і протоколювання режимних параметрів випробування та додаткових параметрів, що описують стани середовища та систем. Їх перелік, та вимоги до них визначають типи апаратури виміру: температури, вологості та тиску навколишнього середовища, частоти обертання гвинта, сила тяги, моменту сил опору, швидкості та кута потоку, що набігає.

4.3. Розробка структури мобільної плаформи з маніпулятором на борту та Wi-Fi камерою, що керується по радіоканалу

Проведення аеро- гірдинамічних випробувань об'єктів різного призначення потребує створення умов їх ламінарного обтікання, що у свою чергу потребуватиме створення режимів прямолінійних поступальних рухів. Для забезпечення поступальних рівномірних рухів систему необхідно звільнити від зайвих зв'язків, що є причиною нерівномірних сил та моментів у тому числі і дротів. У зв'язку з цим реалізація рішення про усунення всіх дротів обумовлює вимогу автономності МРТС і наявності завадостійких бездротових прийомо-передавачів даних та сигналів керування всіма елементами системи. Останнє забезпечується застосуванням бездротових мережеских протоколів Інтернету речей, наприклад технології LoRa, для роботи на великих відстанях: LoRaWAN, ITU-T Y.4480.

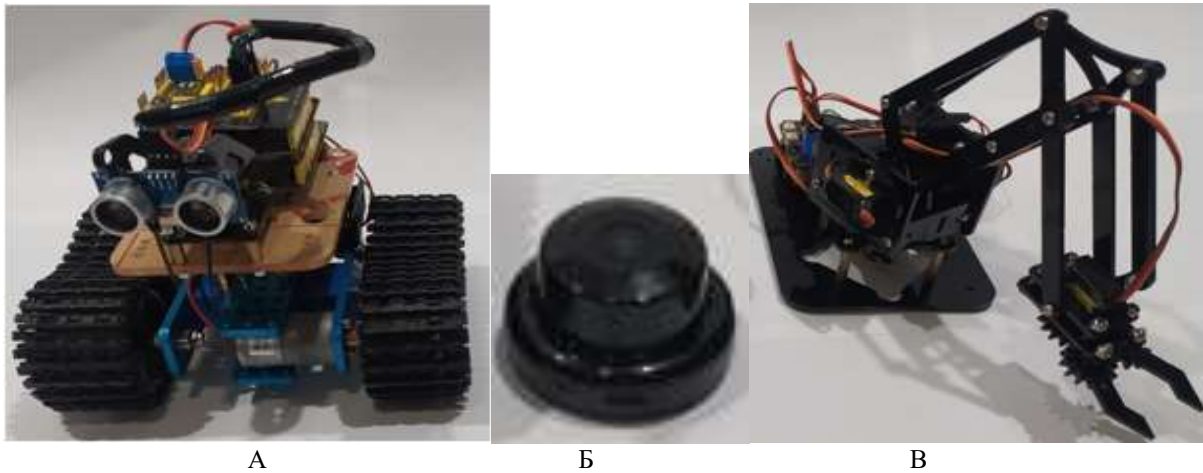


Рисунок 3. – Фото макетів структурних елементів МРТС: А – платформа на гусеничному ході, що керується по радіо каналу; Б – Wi-Fi камера; В – маніпулятор з чотирма ступенями рухливості, що керується по радіо каналу.

Комплексне застосування ультра-звукових датчиків перешкод та Wi-Fi камер огляду інформаційно доповнює даними алгоритми керування рухом МРТС та маніпулятором.

5. Обговорення результатів випробування

За результатами аналізу структури експериментального устаткування для дослідження аеро- гідродинамічних характеристик об'єктів було переглянуто традиційний спосіб їх продувки в аеродинамічних трубах. Відтворення аналогічного потоку, що обтікає об'єкт дослідження забезпечується рухом МРТС, що утворює аналогічну картину відносного обтікання. Її відмінність характеризується збуреннями, що вносять елементи МРТС. Якщо обтікання проводиться у закритому приміщенні великих розмірів збуренням, що виникає у наслідок руху МРТС можна нехтувати. Таким чином, витрати енергії на створення потоків повітря за рахунок роботи потужних вентиляторів або компресорів і витрати енергії на рух із заданною кінетичною енергією об'єкту, який досліджується відрізняються у декілька порядків. У зв'язку з цим застосування мобільних робототехнічних платформ, що запропоновано усуває надмірні експлуатаційні витрати не кажучи вже про витрати на створення вартісного устаткування компресорів або вентиляторів.

Висновки: Комплексне об'єднання мобільних робото-технічних систем, випробувального устаткування, сенсорних систем та засобів керування і передачі інформаційних потоків по радіоканалу утворює передумови для розвитку систем експериментального випробування гідро- аеродинамічних характеристик об'єктів та окремих елементів. Автоматизовані системи для експериментального дослідження інноваційних рухів на основі мобільних робото-технічних систем, що керовані по радіо каналу складатимуть ефективну альтернативу по відношенню до стаціонарних аеро- динамічних труб за вартістю та простотою будови.

References

1. Muliar, Yu. I. Avtomatyzatsiia vyrobnytstva v mashynobuduvanni. Chastyna I : navchalnyi posibnyk / Yu. I. Muliar, S. V. Repinskyi. – Vinnytsia : VNTU, 2019. – 99 s.
2. Strutynskyi V.B., Hurzhii A.M. : Monohrafiia. – Zhytomyr: PP «Ruta», 2023 . – 524 s.
3. Kanchenko V. Ya. Bezpilotni litalni aparaty radiatsiinoi rozvidky i silskohospodarskoho pryznachennia : monohrafiia / V. Ya. Kanchenko, R. V. Karnaushenko, O. O. Kliuchnykov, O. P. Marynoshenko, M. L. Chepur; NAN Ukrainy, In-t problem bezpeky AES. – Chornobyl: In-t problem bezpeky AES, 2015. - 180 s. ISBN 978-966-02-7530-0
4. Dykhta Leonid., Trunov Alexander, Zhuravska Irina. The Drone Grups as a Component of Multy Purpose Automatized Technological Complexes/ Warsaw. Diamond trding tour. 2020. 56p. ISBN978-83-66401-75-4 56 p.
5. Alexander Trunov Development of an artificial intelligence tool and sensing in informatization systems of mobile robots. SMARTINDUSTRY-2024: Int. Conf. on Smart Automation & Robotics for Future Industry, April 18 - 20, 2024, Lviv, Ukraine. pp.15-31 .
6. Alexander Trunov. Formation of the method of description and control of the relative position of the gripper phalanges for anthropomorphic robot SMARTINDUSTRY-2024: Int. Conf. on Smart Automation & Robotics for Future Industry, April 18 - 20, 2024, Lviv, Ukraine pp.100-110.
7. Hylevych Serhii. Letaiuchy avtomobil. Maibutnie nastalo. Land Aircraft Carrier. Xpeng Aeroht. <https://m.youtube.com/watch?v=awGckl8pXQw> data zvenennia 27. 04. 2025.

8. Aerodynamichna truba. https://vue.gov.ua/%D0%90%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%B0. Data zvernennia 29.04.2025.
9. Aerodynamichna truba https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%B0. Data zvernennia 29.04.2025.
10. Mileikovskiy V. O. M 60 Eksperymentalni aerodynamichni doslidzhennia ventyliatsiinykh system. – Kyiv.: Yuston, 2021. – 216 s. ISBN 978-617-7854-49-3

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.32

Alexander Trunov
Artem Malko
Maxim Heyna

AUTOMATIC TESTING SYSTEMS BASED ON MOBILE ROBOTIC PLATFORMS

An innovative technology for experimental research of aero-hydrodynamic characteristics of propellers using mobile robotic platforms is proposed.

Keywords: Propeller engines, aero-hydrodynamic characteristics, mobile robotic platforms, automated systems, drone-unmanned devices.

Відомості про автора / Information about the Author

Трунов Олександр, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Alexander Trunov, Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Малько Артем, студент спеціальності «Автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» факультету Комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: amalko037@gmail.com

Malko Artem, student of the specialty «Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics» of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: amalko037@gmail.com.

Хейна Максим, студент спеціальності «Автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» факультету Комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: mv.heynga@gmail.com

Heina Maksym, student of the specialty «Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics» of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: mv.heynga@gmail.com.

© О. Трунов, А. Малько, М. Хейна

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.33

Олександр Трунов,
Володимир Митрохін

ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАХВАТУ МАНІПУЛЯТОРА ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ

Подано аналіз конструктивних рішень захватів робота збирання врожаю плодоовочевих. Сформовано умову ефективної роботи м'яких оболонкових конструкцій та єдиного приводу.

Ключові слова: Маніпулятор, збирання врожаю, захоплювач, м'які оболонки, привод

Вступ

Виклики сучасності зменшують кількість працездатного населення. У зв'язку з цим актуальним стає поширення безлюдних технологій у всі сфери діяльності суспільства. Аграрні господарства та зокрема тепличні комплекси, дедалі активніше впроваджують безлюдні технології та особливо на одному із відповідальніших етапів - збирання врожаю. Застосування мобільних робото-технічних систем (МРТС) виступає одним із прогресивних рішень. Як засвідчує досвід практичного застосування однією з ключових технічних складових таких систем є маніпулятор із захватним пристроєм, досконалість та продуктивність яких визначає ефективність, точність і якість роботи. Складність завдання збору плодоовочевих культур полягає у великому різноманітті форм, розмірів, структури поверхні та стиглості сільськогосподарських культур, що вимагає особливого підходу до вибору захватного механізму. У зв'язку з цим

2. Аналіз технічних рішень та останніх робіт. Аналіз конструкцій маніпуляторів та їх пристроїв, що використовуються для захоплення показує, що на сьогоднішній день в конструкціях антропоморфних та промислових роботів поширені пристрої, які реалізують виконання функцій захоплення за допомогою системи жорстких упорів, затискуючих об'єкт. У зв'язку з цим для надійного захоплення і утримання необхідно забезпечувати визначену орієнтацію об'єкта. Тому вони потребують точної орієнтації захоплювача відносно об'єкта [1]. Її відсутність може привести до виникнення значних навантажень на об'єкт маніпулювання. Тому застосування даних пристроїв для захвату зрілих плодів є не раціональним. Крім того, для забезпечення широкого переліку застосувань маніпуляторів із такими захоплювачами виникає потреба швидкої перебудови. Одним із раціональних рішень є застосування змінних захоплювачів із вузлом стикування з маніпулятором мобільного робота [2]. Як правило дані вузли мають замок та стикувальну колодку (рис. 1.А), а наявність електричних роз'єднувачів відкриває можливості застосування різноманітних сенсорних систем для їх очутливлення.

У практиці автоматизованого збирання найбільш поширеними є захоплювачі із механічним приводом упорів та твердою поверхнею дотику [3]. Ці захвати використовують щелепні або паралельні механізми приводу зближення упорів, які у більшості приводяться електроприводом. Механічні захвати переважно мають жорстку структуру з металевими або пластиковими щелепами, які фіксують шляхом стиснення. Їх основні переваги: швидкодія, простота конструкції, висока вантажопідйомність. Вони придатні для роботи з більшістю твердих овочів і фруктів (наприклад, яблука, огірки).

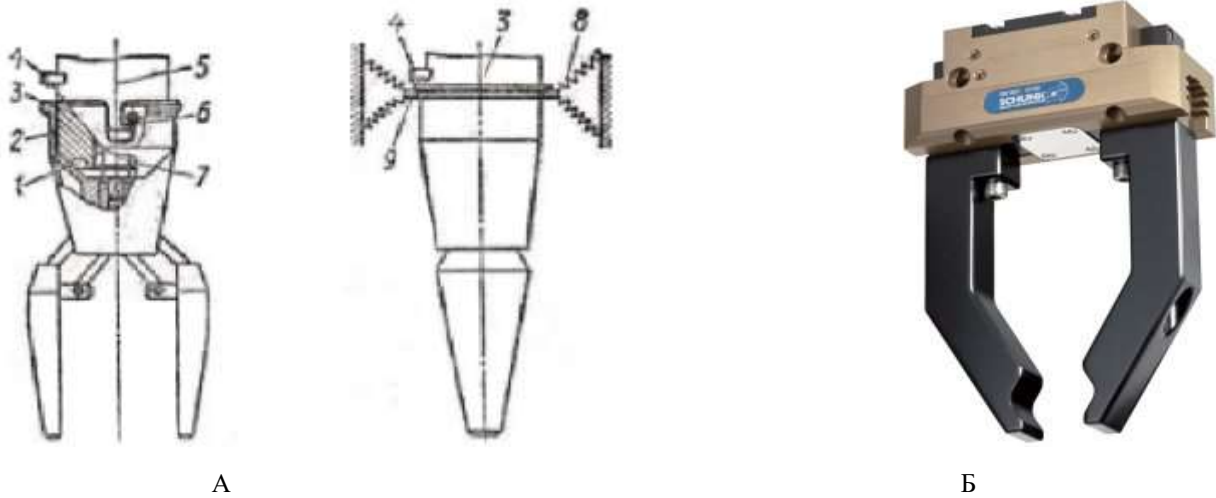


Рисунок 1- Застосування конструкцій змінних захватів для створення маніпулятора широкого застосування [2]:
 А – захоплювач і жорсткими упорами із пристроями швидкого зйому та електричними роз'єднувачами; Б – із пристроєм швидкого зйому [3].

Однак підвищений ризик пошкодження м'яких плодів (томатів, малини), що обмежує сферу їх застосування через високу ймовірність ушкодження плоду. Крім того, жорсткі захвати зазвичай мають низьку адаптивність до змінної геометрії об'єкта. Вакуумні чи пневматичні захвати – засновані на створенні зони низького тиску для підйому плоду. Вони працюють швидко і не потребують фізичного стиснення продукту, що забезпечує високу делікатність при роботі з округлими, гладкими плодами, такими як яблука або перці [3]. До недоліків відносяться: неможливість ефективної роботи з нерівною або вологою поверхнею; потреба в стабільному джерелі стисненого повітря; висока енергетична залежність.

Такі захвати складно використовувати для плодів зі змінною формою або в умовах забруднення (волога, пил, рослини з волосками) [3]. У теплицях, де плоди часто вкриті конденсатом або мають опушення (наприклад, персики, ківі), тоді ефективність вакуумних захоплювачів знижується.

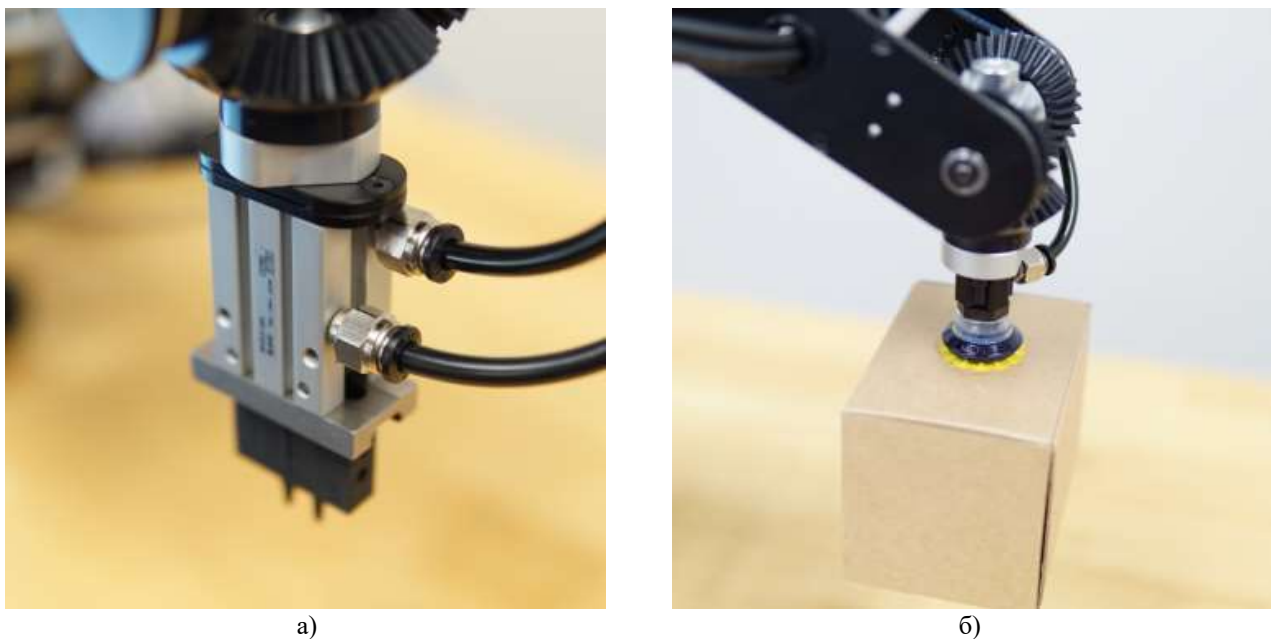


Рисунок 2 – Приклад а) пневматичного захвату; б) вакуумного захвату [3].

Таким чином, для застосування м'яких і вакуумних захватів, що не створюють затискних зусиль вимагає вакуумних систем, які у свою чергу є додатковим устаткуванням та яке тільки збільшує сумарну вартість.

3. Постановка задачі вибору типу та приводу захоплювача маніпулятора збирання плодоовочевих. М'які захвати – це напрямки, який використовує гнучкі матеріали – полімери, силікони, тканини з пневматичним або гідравлічним приводом. Вони імітують принципи біологічного захоплення (наприклад, упори у формі пальців людини чи гумових щупалець восьминога), забезпечуючи високу адаптивність та мінімальний тиск на плід [4].

Для тепличного середовища це дозволяє не тільки уникнути пошкоджень, а й працювати з непередбачуваним розташуванням плодів у просторі. Такі системи успішно застосовуються при зборі полуниці, винограду, малини та інших ніжних культур. Також захвати менше забруднюються, що важливо в умовах високої вологості й біологічної забрудненості. Основні виклики: складність керування, більша вартість у порівнянні з класичними захватами, а також необхідність точного налаштування сили стиснення в залежності від типу плоду [5]. Застосування пневматичного приводу у комбінації із м'якими оболонками розширює можливості захоплювачів, для роботи як з тілами із внутрішніми отворами [4] так і з тілами, які мають непередбачено різноманітні зовнішні форми для виконання розвантажувальних або навантажувальних робіт [5].

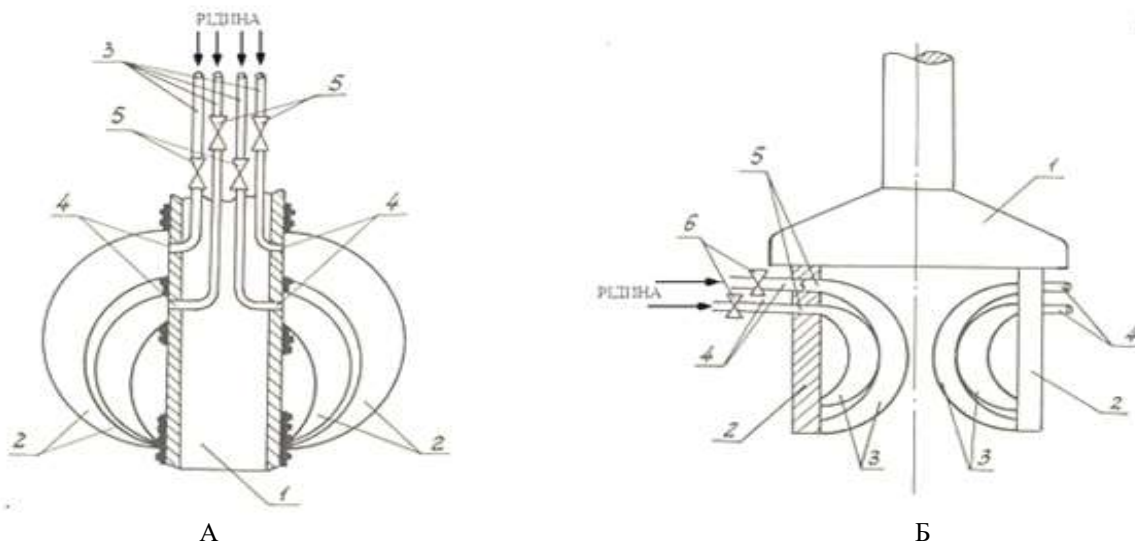


Рисунок 3- Застосування м'яких оболонкових конструкцій для створення захоплювачів маніпуляторів [4]: А - для роботи з тілами із внутрішніми формами у вигляді отворів [4]; Б – для роботи з тілами довільної зовнішньої форми для виконання вантажно-розвантажувальних робіт [5].

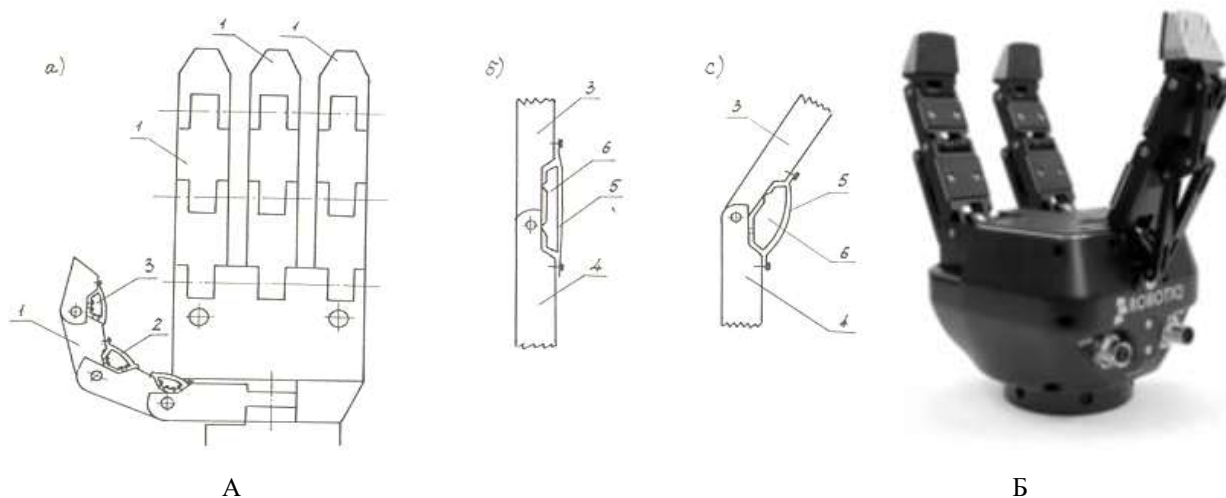


Рисунок 4- Застосування м'яких конструкцій для створення захоплювачів маніпуляторів: А - оболонкових форм антропоморфного робота [6]; Б – м'яких поверхонь дотику [3].

Якість і продуктивність процесу збирання плодоовочевих залежить не лише від точності позиціонування, а й від здатності захвату пристосовуватись до широкого спектра форм, поверхонь і механічних властивостей плодів. Умови тепличного середовища формують специфічні вимоги до конструкції захвату: обмежена мобільність, щільна зелена маса, підвищена вологість і обмежений доступ до плоду, що часто росте всередині куща чи під листям. Традиційні промислові підходи до захоплення виявляються малоефективними через ризик пошкодження продукції або рослини.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика типів захватів

Тип захвату	Адаптивність	Делікатність	Придатність до теплиць	Вартість
Механічний	Низька	Низька	Обмежена	Низька
Вакуумний	Середня	Висока	Середня	Середня
М'який	Висока	Висока	Висока	Висока

Окремо застосовують гібридні конструкції захоплювачів та мніпуляторів, що поєднують переваги м'яких та механічних захватів. Це дозволяє оптимізувати співвідношення між адаптивністю та керованістю. Наприклад, конструкції з жорстким каркасом і м'якими внутрішніми вставками з гелю або пінополіуретану дають змогу зменшити силу контакту при утриманні плоду. Деякі з них додатково оснащуються температуро чутливими датчиками, які дозволяють оцінити стиглість плоду за допомогою температурного профілю або механічної відповіді тканини.

Реалізація безлюдного збору врожаю також потребує інтеграції захватного механізму з візирними та сенсорними модулями. Камери глибини, спектральні сенсори й комп'ютерний зір дозволяють локалізувати плід, оцінити його стиглість, розташування в просторі, відстань до сусідніх елементів рослини. Від цього залежить оптимальна траєкторія руху, швидкість і параметри стиснення. У ряді систем застосовуються нейромережеві моделі, які навчаються на основі тисяч прикладів — як виглядає «готовий до збору» плід.

З технічної точки зору особливу складність становить баланс між розмірами захвату, його маневреністю й точністю приводу. Для мніпуляторів, що працюють у обмеженому об'ємі між гілками рослин, критично важливі такі параметри, як характерний розмір захвату у відкритому й закритому стані, максимальний радіус охоплення та найголовніше, можливість обтискання без втрати зчеплення. Розрахунок таких параметрів ускладнюється варіативністю геометрії плодів і непостійністю їх механічних властивостей — вологість, пружність, щільність можуть змінюватись навіть у межах одного сорту залежно від кліматичних умов або часу доби.

У контексті експлуатації в тепличних умовах варто додатково враховувати наявність агрохімікатів, які можуть взаємодіяти з матеріалами захватів, знижуючи їхню довговічність. Також не менш важливою є швидкість заміни або технічного обслуговування робочих органів, оскільки високий ступінь автоматизації передбачає мінімальне втручання оператора.

Формування вимог до захватного пристрою в умовах тепличного збирання потребує врахування ряду критеріїв: біомеханічних (відповідність анатомії плодів), фізико-хімічних (поверхнева пружність, наявність вологи), сенсорних (здатність адаптувати силу стиснення в реальному часі), а також ергономічних (компактність, обслуговуваність, безпека для рослин). Найперспективнішими залишаються м'які гнучкі захвати з адаптивною формою, керовані через зворотний зв'язок на основі зору та сили, інтегровані в багатофункціональні безлюдні платформи.

Таким чином, при проектуванні МРТС для автоматизованого збирання врожаю слід враховувати великий діапазон потреб та особливостей для конкретного плоду. Саме м'які захвати з адаптивним контролем у поєднанні з сенсорними технологіями дозволяють задовольнити вимогам, підвищити продуктивність і зменшити втрати через пошкодження врожаю. У той же час варто враховувати економічну доцільність впровадження таких рішень для малого аграрного бізнесу, де можуть бути вигідні гібридні або модульні варіанти конструкцій. Виходячи з проведеного аналізу, набуває більшу кількість переваг розробка м'яких захватів із більш доступною вартістю для впровадження у всі види аграрного сегменту для збору врожаю плодоовочевих.

5. Обговорення результатів випробування

Незважаючи на зазначені переваги такі як низький контактний тиск та надійне утримання, пряме застосування змінних конструкцій захоплювачів із м'якими оболонками ускладнюється наявністю двох типів приводів пневматичного та електричного. Для пошуків конструкцій, що дозволяють уникати різно-типовість приводів у

одній конструкції було проаналізовано досвід робіт співробітників кафедри АКІТ ЧНУ ім. Петра Могили. На рис. 5 представлено три варіанти захоплювачів, що реалізовували роботу маніпулятора робота з одним типом приводу. Застосовність таких захватів вивчалась при виконанні робіт за проектом «Уран – 1» у ході створення маніпулятора для глибок 6500 метрів [6].

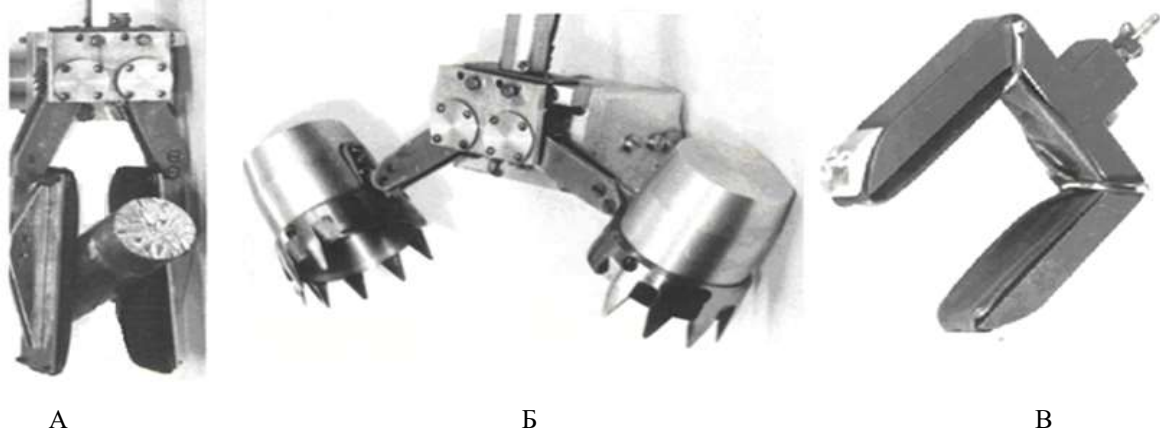


Рисунок 5- Застосування конструктивних різновидів для створення захоплювачів маніпуляторів антропоморфного робота [6]: А – застосування м'яких оболонкових конструкцій без пневмоприводу; Б – застосування без затискного принципу; В – затискний оболонковий пневмопривідний захоплювач.

Як тоді показували випробування захватів, що маніпулятор і захоплювач повинні мати один тип приводу, а для формування форми поверхонь для надійного захоплення необхідно передбачати прогин за рахунок деформації м'яких оболонок (рис. 5 А). Разом з тим було визначено, що пошук принципів захоплення не завжди потребує притискання об'єкту. Такий висновок продемонстрував захоплювач (рис.5.Б), на що тоді ніхто не звернув увагу. Перегляд існуючих рішень і тих експериментальних результатів разом із удосконаленням конструкції і форм заслуговує на подальше випробування для створення захоплювача не затискного типу і слугуватиме напрямом для подальших досліджень.

1. **Висновки:** Конструкції захоплювачів з м'якими оболонками забезпечує надійне і просте захоплення плодовоовочевих. Однак потреба двох типів приводів ускладнює устаткування маніпулятора та збільшує вартість робота у цілому.

References

1. Strutynskyi V.B., Hurzhii A.M. : Monohrafiia. – Zhytomyr: PP «Ruta»,2023 . – 524 s.
2. Trunov O. M., Nykolaev O.L. Zakhvatnoe ustroistvo. Avtorske Svidotstvo SRSR, A.s. №1473943, 1988, s.6.
3. Types Of Robot Grippers And Their Applications. <https://dorna.ai/blog/types-of-grippers-for-robots/> . Електронний ресурс. Дата звернен20.05. 2025
4. Kondratenko Yu. P., Trunov A. N. Zakhvat robota. // A. s. № 677908, SSSR; Opubl. BY № 29, 1979.
5. Kondratenko Yu.P., Tkachenko A. N., Trunov A.N. Zakhvat manypuliatora. // A. s. № 766857, SSSR; Opubl. BY № 36, 1980.
6. Kondratenko Yu.P., Trunov A.N. Zakhvat promyshlennoho robota. // A. s. № 831610, SSSR; Opubl. BY № 19, 1981.
7. Trunov O. M. Otchet po kh.d. teme N 909 Uran-1. Nykolaev : NKY, 1988. 103 c.

FORMATION OF DESIGN FEATURES OF THE MANIPULATOR GRIP FOR HARVESTING

An analysis of design solutions of grips of a fruit and vegetable harvesting robot is presented. The condition for the effective operation of soft shell structures and a single drive is formed.

Keywords: Manipulator, harvesting, gripper, soft shells, drive

Відомості про авторів / Information about the Authors

Трунов Олександр, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Alexander Trunov, Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Мітрохін Володимир, студент спеціальності “Автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка” факультету Комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: mitrohin.vova@gmail.com

Mytrokhin Volodymyr, student of the specialty “Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics” of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: mitrohin.vova@gmail.com.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.34

Олександр Трунов,
Олексій Сільвейстров,
Максим Скоройд

РОЗРОБКА МОБІЛЬНИХ РОБОТО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ВИКОНАННЯ ПРОЦЕДУР ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ М'ЯЗОВОЇ АКТИВНОСТІ

Запропоновано варіанти устаткування реалізації інноваційної технології віддаленого відновлення втраченої м'язової активності у наслідок довготривалих хвороб та травм. Проведено порівняльний аналіз та запропоновано для подальшого розвитку сімейної медицини та віддаленого відновлення, що реалізує нагляд сімейного і спеціальних лікарів, завдяки використанню комунікаційних технологій ІоМТ. Пропонується розвивати модульний принцип побудови устаткування для забезпечення принципу соціальної активності.

Ключові слова: Віддалене відновлення, мобільні платформи, бортовий робот, змінні захвати, процедури за приписом, модульний принцип.

1. Вступ

Відновлення втраченої активності м'яз верхніх та нижніх кінцівок унаслідок завершення гострої фази інсульту, інфаркту [1] і інших довго тривалих хвороб або травм м'язів є трудомістким, довготривалим економічно-витратним процесом, що лягає на плечі кожної родини [2]. В умовах військових дій і постійного стресу населення України, актуальність віддаленого відновлення стає надзвичайно актуальною і важливою проблемою [3]. У свою чергу пошуки інноваційних технічних засобів соціально-доступних легких для швидкої доставки модулів, що реалізують принцип конструктора «увімкни та використовуй» стає актуальною проблемою відновлення суспільства в усьому світі.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Робота [4] оглядає та узагальнює практичний досвід чотирнадцяти професій комплементарної медицини лікарів Австралії, як результат роботи інноваційної багатомодальної дослідницької мережі, що базується на практиці (PBRN). Означені результати та мета і напрямки проєкту PRACI, як засобу сприяння подальшим дослідженням через PRACI PBRN поширюватиметься за межі однієї країни. Очевидно, що доповнення новими можливостями ІоТ створюється нові передумови розвитку і поширення [5]. Робота [6] комплексно подає результати міжвузівської робочої групи з питань інсульту. Створено нею Національне клінічне керівництво щодо інсульту стало підставою для інструментального вдосконалення і впровадження. Нова концепція будови засобів автоматизації і роботизації та покрокового формування інновацій для створення самодостатніх модулів приладів для віддаленої відновлювальної медицини сформульована у роботі [7]. Її подальший розвиток ґрунтується на результатах технічних, винахідницьких [8] і теоретичних [9] робіт спостерігається у подальших роботах [10-13]. Разом з тим нерозв'язаною лишається задача створення технічних засобів соціально-доступних модулів відновлення швидкої доставки до пацієнтів, що реалізують принцип конструктора «включи та використовуй».

3. Мета та задачі дослідження.

Метою роботи є: підвищити ефективність соціально-доступних засобів відновлення, що реалізують принцип конструктора шляхом їх утворення із самодостатніх окремих модулів «включи та користуйся». Для досягнення поставленої мети було поставлено одну із комплексу задач:

- розробити маніпулятор, що забезпечить роботу із змінними модулями відновлення для різних груп м'язів.

4. Формування структури автоматизованої системи віддаленого відновлення

Для реалізації і дослідження потенціальних можливостей мобільних робото-технічних систем (МРТС) та систем бездротового керування було розглянуто наступну структуру автоматизованої системи керування (АСК), концептуальну модель якої може бути зведено до мобільної платформи, маніпулятора, та змінних засобів реабілітації і комп'ютеризованих систем спостереження і комунікаційної мережево-серверної взаємодії. Було поставлено задачу: - розробити маніпулятор, що забезпечить роботу із змінними модулями відновлення для

різних груп м'язів. Забезпечення роботи та реалізація складних рухів маніпулятора, що керується смартфоном відкриває перспективи принципово нового його застосування. Сам маніпулятор, що було виготовлено та налаштовано має чотири ступеня рухливості та складається з трьох серводвигунів MG995, а також одного серводвигуна SG90, мікроконтролера Arduino Uno та Bluetooth датчику HC-05, два блоки живлення постійного струму: перший блок живлення має 12 вольт та живить мікроконтролер Arduino Uno, а другий блок живлення на 5 вольт під'єднується для живлення чотирьох серводвигунів у приводах маніпулятора. Серводвигуни в маніпуляторі обертаються максимум на 180°. При подачі живлення на мікроконтролер з'явиться точка підключення Bluetooth до якої слід під'єднатися за допомогою смартфона під управлінням Android. В програмному застосунку для керування маніпулятором у інтерфейсі передбачено чотири активні візуальні засоби, які змінюються пальцями рук оператора керують кожним із серводвигунів приводів маніпулятора. Зміна положення повзунка змінює пропорційно кутові положення відповідного серводвигуна та ланок маніпулятора. Схему макету підключення зображено на рисунку 1.

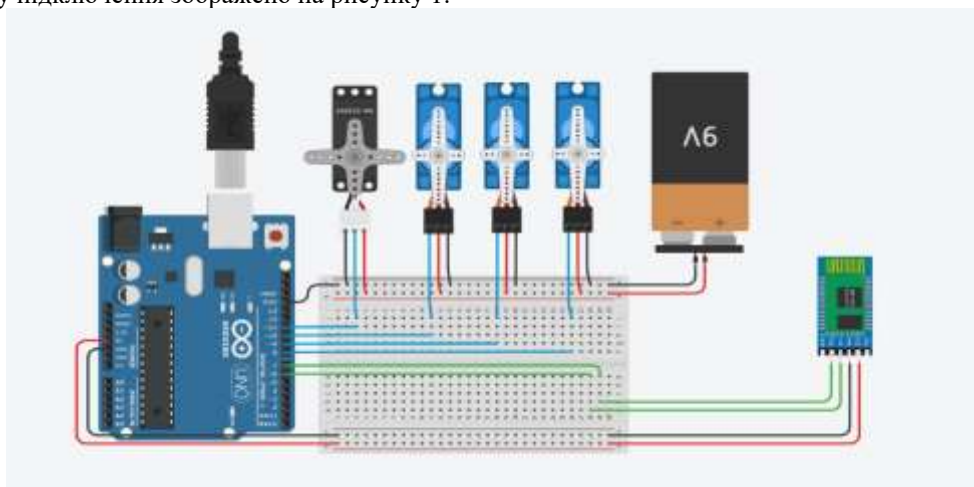


Рисунок 1 – Схема підключення елементів маніпулятора

У ході експериментального дослідження вивчались можливості застосування маніпулятора для виконання процедур відновлення за допомогою засобів, швидкої зміни модуля реабілітації. Фото експериментального маніпулятора представлено на рисунку 2.

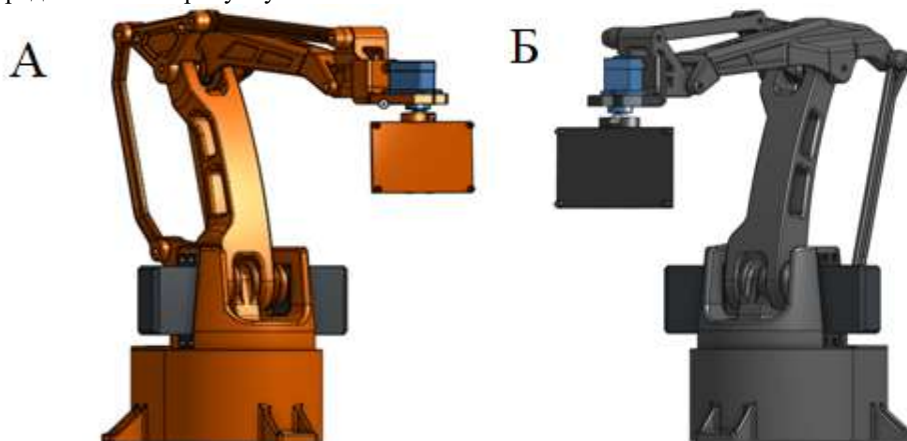


Рисунок 2 - Фото експериментального маніпулятора, який виготовлено за технологією 3D друку:
А – з матрицею електростимуляції; Б – з матрицею вакуумного розтягу

У ході випробувань було встановлено властивості і результати та сформульовано наступні висновки: На підставі дослідження механічної придатності даної конструкції маніпулятора до виконання таких робіт було встановлено, що міцність ланок, потужність та моменти приводів повинні проектуватись не тільки за величиною сили затиску захвату. Також необхідно враховувати при розрахунках на міцність вагу тіла пацієнта і витримувати

навантаження, що виникають у наслідок не передбачуваних його рухів. Поверхні дотику повинні проектуватись міцними, але не твердими із тонкими гострими краями та металевими і холодними.

Крім того ступень рухливості чотири не є достатньою для виконання широкого спектру операцій і повинна бути забезпечена додатковим переміщенням. Конструкція, що здійснює таке переміщення повинна бути жорсткою конструкцією та витримувати дотики та вагу рук і нижніх кінцівок пацієнта. На підставі аналізу результатів роботи з першими макетами було розроблено конструкцію маніпулятора із використанням підкріплень і з'єднань з товстого оргскла, яка здатна витримувати значно більші навантаження. Вибір листового матеріалу різної товщини та технології лазерної різки забезпечив підвищення продуктивності виготовлення деталей конструкції. Таким чином практично було апробовано технічні можливості зменшити собівартість виготовлення деталей маніпулятора для систем відновлення посттравмованих шляхом лазерної різки деталей з оргскла. На рисунку 3 представлено фото маніпулятора, передбачає швидку заміну робочого органу для забезпечення проведення переліку процедур відновлення.

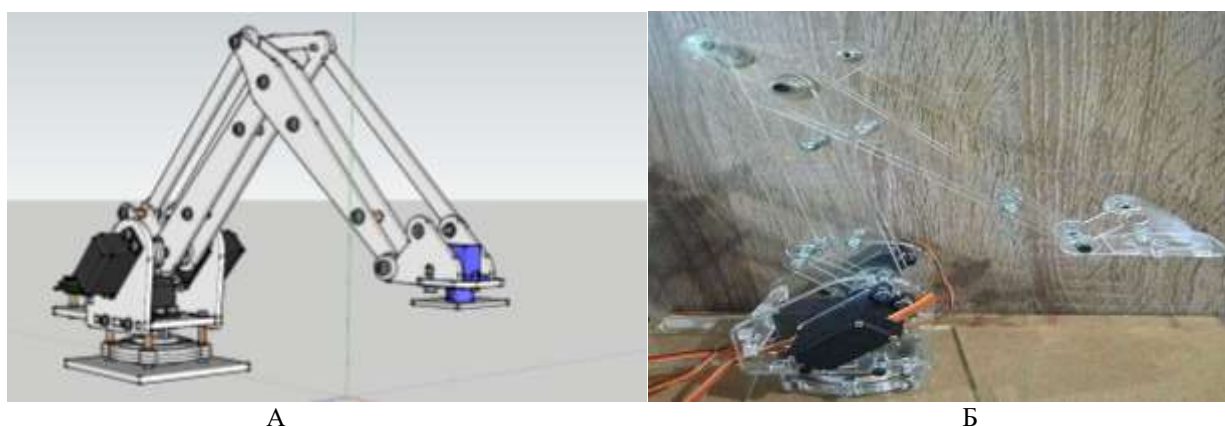


Рисунок 3 –Експериментальний маніпулятор, що керується смартфоном на базі андроїду:
А – 3D модель; Б – фото маніпулятора, що виготовлено за технологією лазерної різки.

Таким чином апробовано два типи технології виготовлення маніпуляторів відновлення. Розроблені технології, що забезпечують простоту виготовлення та малу вартість при одиничних зразках шляхом 3D моделювання та 3D друку, а при серійному виробництві засобами лазерної різки.

Обговорення результатів

Досліджено два типи конструкцій маніпуляторів для проведення процедур відновлення. Застосування композитних матеріалів разом із технологіями 3D моделювання дозволяє формувати технологічні засоби для їх випробування та промислового виготовлення. Складність процесів теоретичного дослідження напружених станів складних конструкцій із композитних матеріалів є напрямком подальших досліджень. Однак, існуюча наявність засобів самостійного дешевого альтернативного виготовлення відкриває шлях до експериментального удосконалення конструкції. У зв'язку з цим у загальній задачі створення соціально-доступних засобів придатних для швидкої доставки модулів, що реалізують принцип конструктора «включи та використовуй», стає на одну проблем менше. Однак, що стосується керування рухом маніпулятора у ході процедури, то очевидного розвитку сучасних засобів комунікації, що продемонстровано у роботах [11-13], вимагатиме їх сумісного застосування дротових і бездротових мереж та Bluetooth.

Висновки

1. Концептуальна модель структури, що зведено до мобільної платформи, маніпулятора, та змінних засобів реабілітації і комп'ютеризованих систем спостереження і комунікаційної мережево-серверної взаємодії є шляхом практичного і теоретичного створення засобів автоматизації віддаленого відновлення.

2. Створення наборів маніпуляторів для віддаленого відновлення як соціально-доступних легких для швидкої доставки модулів, що реалізують принцип конструктора «увімкни та застосовуй» допускає швидку зміну засобів реабілітації.

References

1. Pro reabilitatsiiu u sferi okhorony zdorovia. Stattia 19. Nadannia reabilitatsiinoi dopomohy iz zastosuvanniam telereabilitatsii. ZAKON UKRAINY. Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2021, № 8, st.59. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text>
2. U 2020 rotsi likuvannia hostroho mozkovoho insultu ye priorytetom v prohrami medychnykh harantii. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy, opublikovano 29 zhovtnia 2019 roku o 16:12 (<https://www.kmu.gov.ua/news/u-2020-roci-likuvannya-gostrogo-mozkovogo-insultu-ye-priorytetom-v-programi-medichnih-garantij>.)
3. Iakovlieva O. H. Osnovni shliakhy stanovlennia i rozvytku simeinoi medytsyny v Ukraini yak osnova reorhanizatsii pervynnoi medyko-sanitarnoi dopomohy naselenniu. MEDSESTRYNSTVO. № 2. 2019. – S. 16-21. DOI 10.11603/2411-1597.2019.2.10192
4. An Overview of the Practitioner Research and Collaboration Initiative (PRACI): a practice-based research network for complementary medicine / A. Steel, D. Sibbritt, J. Schloss [et al.] // BMC Complement Altern Med. –2017. – No. 17 (1).– P. 87. doi: 10.1186/s12906-017-1609-3.
5. The Ultimate Comparison of IOT Development Boards. Open Electronics. URL:<https://www.open-electronics.org/the-ultimate-comparison-of-iot-development-boards/>. (дата звернення: 24.04.2020).
6. Intercollegiate Stroke Working Party. National Clinical Guideline for Stroke Fourth Edition. Homepage of Royal College of Physicians. 2012. <https://www.rcplondon.ac.uk/guidelines-policy/stroke-guidelines> (acces. 24. 01 16).
7. Trunov, A., Beglytsia, V., Gryshchenko, G., Ziuzin, V., & Koshovyi, V. (2021). Methods and tools of formation of general indexes for automation of devices in rehabilitative medicine for post-stroke patients. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(2(112)), 35–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239288>
8. Trunov O. M., Volkovinska O. O. Portatyvnyi aparat elektroterapii ta stymuliatsii. Patent na korysnu model. Chornomorskyi derzhavnyi universytet imeni petra mohyly. u200911589 (22) 13.11.2009 (24) 11.05.2010 (46) 11.05.2010, Biul.№ 9, 2010 r.
9. Trunov, A. N. Peculiarities of the interaction of electromagnetic waves with bio tissue and tool for early diagnosis, prevention and treatment / A. N. Trunov // 2016 IEEE 36th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). – 2016. – P. 169–174. doi: 10.1109/elnano.2016.7493041
10. Alexandr Trunov, Ivanna Dronyuk, Vladyslav Martynenko, Ivan Skopenko, and Maksym Skoroid. Expanding the Possibilities of Video Surveillance Monitoring and Recovery Procedures for Post-stroke Patients. Digital Ecosystems: Interconnecting Advanced Networks with AI Applications. Andriy Luntovskyy, Mikhaïlo Klymash, Igor Melnyk, Mykola Beshley, Alexander Schill Editors. Lecture Notes in Electrical Engineering. 2024. pp. 794- 813. ISBN 978-3-031-61220-6 ISBN 978-3-031-61221-3 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-3-031-61221-3>
11. Trunov A., Dronyuk I.M., Martynenko V.S., Skoroid M Formation of a Recurrent Neural Network for the Description of IoMT Processes in Restorative Medicine for Post-stroke Patients, submitted for inclusion in the book titled. “AI Models for Blockchain-Based Intelligent Networks in IoT Systems - Concepts, Methodologies, Tools, and Applications” to be published by Springer Nature Switzerland AG. Chapter 9. DOI : 10.1007/978-3-031-31952-5
12. Trunov, A. Recurrent Approximation in the Tasks of the Neural Network Synthesis for the Control of Process of Phototherapy. Computer Systems for Healthcare and Medicine. Edited By Piotr Bilski, Francesca Guerriero. eBook Published 1 September 2022. Pub. Location New York. ImprintRiver Publishers. DOI<https://doi.org/10.1201/9781003337683> Pages292. Chapter 10, 36 pages. eBook ISBN9781003337683. Scopus
13. Trunov A. Synthesis of Physiotherapeutic Parameters of Devices for Post-medical Restoration of Spinal Zones Alexander Trunov1© The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2021 N. Shakhovska and M. O. Medykovskyy (Eds.): CSIT 2020, AISC 1293, pp. 1–18, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63270-0_59

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.34

Alexander Trunov
Oleksii Silvestrov
Maksym Skoroid

DEVELOPMENT OF MOBILE ROBOTIC SYSTEMS FOR PERFORMING PROCEDURES FOR RESTORING MUSCLE ACTIVITY

Variants of equipment for implementing an innovative technology of remote recovery of lost muscle activity as a result of long-term illnesses and injuries are proposed. A comparative analysis is conducted and proposed for the

further development of family medicine and remote recovery, which implements the supervision of family and specialist doctors, through the use of IoT communication technologies. It is proposed to develop a modular principle of equipment construction to ensure the principle of social activity.

Keywords: Remote recovery, mobile platforms, onboard robot, interchangeable grippers, prescription procedures, modular principle.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Трунов Олександр, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Alexander Trunov, Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Сільвейстров Олексій, PhD студент спеціальності “Автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка” факультету Комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: yboyko333@gmail.com.

Oleksii Silveistrov, PhD student of the specialty “Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics” of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: yboyko333@gmail.com.

Скороїд Максим, викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: hahido71@gmail.com.

Maksym Skoroid, lecturer at the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: hahido71@gmail.com.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА ПЕРЕВАГ ВІД ПОЄДНАННЯ ПРИНЦИПІВ ZERO TRUST ТА ТЕХНОЛОГІЙ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ЗАХИСТУ ДАНИХ У БАГАТОХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Тези представляють теоретико-методологічний аналіз інтеграції моделі нульової довіри (Zero Trust) з блокчейн-технологіями як потенційного чинника посилення кібербезпеки багатохмарних середовищ. Zero Trust виступає інструментом модернізації безпеки, що базується на суворій автентифікації, мінімізації прав доступу та постійному моніторингу. Поєднання Zero Trust із децентралізованими рішеннями блокчейну забезпечує високий рівень надійності, прозорості та незмінності даних. Робота аналізує поточні виклики, переваги та обмеження такого підходу, а також підкреслює перспективи майбутніх досліджень. Особливу увагу приділено розумінню того, як ці підходи можуть зменшити ризики кібератак, забезпечити захист важливої інформації та сприяти розвитку цифрової трансформації. Тези формують основу для подальших досліджень у сфері кібербезпеки.

Ключові слова: кібербезпека, нульова довіра, блокчейн, багатохмарне середовище, контроль доступу, смарт-контракти

У нинішню цифрову епоху поширення кіберзагроз стало серйозною проблемою для окремих людей, компаній і урядів. Кіберзагрози залишаються першорядною проблемою у всьому світі, оскільки організації будь-якого розміру та сектору стикаються зі збільшенням кількості та якості кібератак. Для ефективної протидії кіберзагрозам фахівці дедалі частіше впроваджують сучасні підходи, серед яких концепція нульової довіри (Zero Trust), технології блокчейн та багатохмарні середовища, які відіграють важливу роль у побудові стійкої інфраструктури. Концепція нульової довіри, що базується на принципі «нікому не довіряй, завжди перевіряй», набула критичного значення в умовах розвитку кіберзагроз, особливо у багатохмарних середовищах [1]. Технологія блокчейн є децентралізованою, незмінною, та пропонує нові можливості для забезпечення довіри та прозорості в розподілених системах [2].

Зі зростанням потреби в надійних рішеннях для захисту розподіленої інфраструктури від кіберзагроз з'являється необхідність дослідження поєднання принципів нульової довіри та технології блокчейн у багатохмарних середовищах. Принципи нульової довіри, зокрема суворий контроль доступу та постійна верифікація, є особливо актуальними в умовах багатохмарних рішень, де взаємодіють різноманітні хмарні провайдери. Водночас блокчейн може забезпечити децентралізовані механізми управління ідентифікацією, контролем доступу та цілісністю даних, що підсилює ефективність підходу нульової довіри. Інтеграція цих технологій дозволяє значно підвищити рівень безпеки у багатохмарних середовищах.

Актуальність дослідження нових рішень у сфері кіберзахисту зумовлена зростаючою частотою кібератак на хмарні сервіси, нові виклики які виникають під час керування безпекою в багатохмарних середовищах, де використовуються декілька хмарних провайдерів. Наявні підходи до захисту часто не відповідають сучасним загрозам і обмежують гнучкість роботи хмарної інфраструктури. У контексті поєднання принципів нульової довіри, а саме суворий контроль доступу та постійна перевірка ідентичності, з децентралізованими можливостями блокчейну, зокрема керування ідентифікацією та забезпечення цілісності даних, відкриває нові перспективи розвитку у сфері безпеки для хмарних середовищ. Така інтеграція може підвищити рівень безпеки, зміцнити довіру до обробки даних і допомогти відповідати встановленим стандартам.

Дослідження спрямоване на ретельний огляд поточного стану досліджень у цій сфері, зокрема для виявлення основних проблем і недоліків наявних рішень, оцінки можливостей, які блокчейн-технології пропонують для посилення захисту багатохмарних середовищ, побудованих відповідно до принципів нульової довіри. Це

закладає основу для пошуку нових підходів до керування безпекою в багатомарних середовищах, поєднуючи інноваційні технології з перевіреними методами.

Модель нульової довіри базується на перевірці кожного запиту, незалежно від його джерела, і припущенні загроз як ззовні, так і всередині мережі. Ключовими елементами є принцип найменших привілеїв, мікросегментація, безперервний моніторинг та готовність до інцидентів. У багатомарних середовищах впровадження цієї моделі ускладнюється через різноманітність інструментів і політик різних провайдерів, недостатню видимість ресурсів, проблеми сумісності API та високу ймовірність помилок конфігурації. Додатковим викликом є модель спільної відповідальності, коли обов'язки розподіляються між провайдером і клієнтом. Змінна природа багатомарних середовищ, зокрема використання безсерверних функцій та мікросервісів, ускладнює впровадження сталих правил безпеки, а керування доступом на кількох платформах створює додаткове навантаження на команди [3].

На практиці спостерігається зростання впровадження принципів нульової довіри в різних організаціях по всьому світу, особливо завдяки таким рішенням, як Zero Trust Network Access, що поступово витісняють VPN. Ринок безпекових технологій продовжує розвиватися, адже традиційні моделі безпеки виявляються недостатньо стійкими до нових типів загроз. Проте існуючі підходи все ще мають обмеження, що стимулює пошук інноваційних рішень, серед яких інтеграція блокчейну виглядає перспективним напрямом.

Технологія блокчейн як розподілений реєстр забезпечує незмінність даних за допомогою криптографічного хешування, консенсусних механізмів і смарт-контрактів. Блокчейн дозволяє гарантувати цілісність інформації, підвищувати стійкість до атак на централізовані системи та автоматизувати політики доступу без потреби у довірених посередниках. Дана технологія дозволяє створювати журнали аудиту й автоматизувати управління даними в хмарі, зберігаючи всю історію про операції в одному місці. Завдяки таким властивостям блокчейн може відігравати важливу роль у компенсації деяких обмежень моделі нульової довіри в багатомарних середовищах, одночасно значно підвищуючи безпеку таких середовищ [4].

Інтеграція принципів нульової довіри та блокчейну в багатомарних середовищах відкриває значні можливості для підвищення рівня безпеки, надійності та стійкості хмарної інфраструктури. Поєднання безперервної перевірки доступу та децентралізованої довіри дозволяє зменшити площу атаки, обмежуючи можливість бокового переміщення зловмисників, а також підвищує ефективність виявлення загроз завдяки безперервному моніторингу та незмінним журналам аудиту. Керування ідентифікацією стає більш гнучким, що зменшує ризики викрадення облікових даних, а цілісність і прозорість даних зміцнюють довіру між усіма учасниками системи. Водночас спрощується керування політиками безпеки та полегшується дотримання безпекових вимог, що особливо актуально в умовах взаємодії з численними сторонніми провайдерами [5].

Разом із цим впровадження комбінованого підходу нульової довіри та блокчейну супроводжується низкою викликів. Це, зокрема, складність інтеграції й управління двома технологіями на різних хмарних платформах, потенційні проблеми з продуктивністю та масштабованістю блокчейн-інфраструктури, а також підвищення витрат на ресурси. Додатковим викликом є те, що нормативно-правове регулювання блокчейн-рішень перебуває на стадії формування, а впровадження потребує спеціалізованих знань у двох складних доменах. Окрему увагу слід приділяти правильному проектуванню смарт-контрактів, оскільки помилки на цьому етапі можуть створити нові вразливості.

Порівняння традиційного підходу до безпеки, моделі нульової довіри та її комбінації з блокчейн-технологіями у багатомарних середовищах дозволяє окреслити ключові відмінності між ними. Таблиця 1 узагальнює основні характеристики кожного підходу, підкреслюючи особливості управління доступом, захисту даних, стійкості до загроз, масштабованості та відповідності нормативним вимогам. Такий огляд допомагає сформувати цілісне бачення сильних сторін і обмежень кожної моделі в умовах сучасних багатомарних архітектур [6].

Таблиця 1.

Порівняння традиційної безпеки, нульової довіри та нульової довіри з блокчейном у багатомарних середовищах

Характеристика	Традиційна безпека	Нульова довіра	Нульова довіра та Блокчейн
Модель довіри	Неявна довіра всередині периметра	Нікому не довіряй, завжди перевіряй	Децентралізована довіра, підкріплена криптографією
Верифікація ідентичності	Одноразова аутентифікація при вході до мережі	Постійна верифікація кожного запиту на доступ	Децентралізована та постійна верифікація
Механізми забезпечення цілісності даних	Зазвичай централізовані журнали та системи контролю	Безперервний моніторинг та перевірка цілісності	Незмінні аудиторські журнали в блокчейні,

Характеристика	Традиційна безпека	Нульова довіра	Нульова довіра та Блокчейн
			криптографічне забезпечення цілісності даних
Аудит	Залежить від централізованих систем аудиту	Постійний моніторинг та аналіз поведінки	Прозорий та незмінний аудит усіх дій в блокчейні
Проблеми масштабованості	Може виникати при зростанні інфраструктури	Потенційні накладні витрати на постійну верифікацію	Проблеми масштабованості блокчейну, необхідність оптимізації
Складність керування	Залежить від розміру та складності інфраструктури	Може бути складною в гетерогенних середовищах	Додаткова складність інтеграції та управління блокчейном
Стійкість до єдиної точки відмови	Залежить від архітектури	Підвищена стійкість завдяки розподіленому контролю	Висока стійкість до єдиної точки відмови завдяки децентралізації блокчейну

Порівняльний аналіз демонструє, що інтеграція принципів нульової довіри з блокчейн-технологіями відкриває новий рівень захисту й прозорості для багатохмарних середовищ, водночас створюючи виклики.

Отже, інтеграція безпеки з нульовою довірою з технологією блокчейн в багатохмарних середовищах є одним із перспективних напрямків створення сучасних розподілених інфраструктур з вищим рівнем безпеки. Однак, попри те, що ця комбінація може дати величезні переваги, такі як покращена безпека, краща цілісність даних і легша відповідність нормам, слід враховувати такі проблеми, як масштабованість, проблеми з продуктивністю та складність інтеграції. Подальші дослідження знадобляться для створення потужних і застосовних рішень, здатних задовольнити зростаючі вимоги організацій щодо безпеки їх багатохмарних розгортань.

References

1. Nguyen H., Sharma R., Patel S. Zero trust security architectures for multi-cloud environments: Implementation. ResearchGate. 2025. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/390493182_Zero_Trust_Security_Architectures_for_Multi_Cloud_Environments_Implementation_Strategies_and_Measurable_Outcomes.
2. Zhao X., Rahman S., Martinez L. Leveraging towards access control, identity management, and security in multi-cloud systems, information. MDPI. 2024. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2624-800X/4/4/47>.
3. Wang Y., Alavi M. Zero trust architecture in multi-cloud environments: A security perspective, ResearchGate. 2025. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/387902626_Zero_Trust_Architecture_in_Multi-cloud_Environments_A_Security_Perspective.
4. Singh P., Kaur R. The use of blockchain for identity and access management (IAM) in multi-cloud systems. ResearchGate. 2024. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/382541839_The_Use_of_Blockchain_for_Identity_and_Access_Management_IAM_in_Multi-cloud.
5. Jadhav R. Zero Trust: The absolute solution to cloud security challenges. AccuKnox Blog. 2024. Retrieved from: <https://www.accuknox.com/blog/zero-trust-cloud-security-future>.
6. The impact of blockchain on cloud security / Cloud Security Alliance (CSA). CSA Blog. 2023. Retrieved from: <https://cloudsecurityalliance.org/blog/2023/10/03/the-impact-of-blockchain-on-cloud-security>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.35

Yevhenii Khudolii

ASSESSMENT OF RISKS AND BENEFITS OF COMBINING ZERO TRUST PRINCIPLES AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGY FOR DATA PROTECTION IN MULTI-CLOUD ENVIRONMENTS

The theses present a theoretical and methodological analysis of integrating the Zero Trust model with blockchain technologies as a potential factor for enhancing cybersecurity in multi-cloud environments. Zero Trust serves as a security modernization tool based on strict authentication, minimal access rights, and continuous monitoring. Combining Zero

Trust with decentralized blockchain solutions ensures a high level of reliability, transparency, and data immutability. The work analyzes current challenges, advantages, and limitations of this approach, while also highlighting future research prospects. Special attention is given to understanding how these approaches can reduce cyberattack risks, protect important information, and support the development of digital transformation. The theses provide a foundation for further studies in the field of cybersecurity.

Key words: cybersecurity, zero trust, blockchain, multicloud environment, access control, smart contracts

Відомості про автора / Information about the Author

Худолій Євгеній, магістр з комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: hudoliy.e@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0006-0852-9795>.

Yevhenii Khudolii, Master of Computer Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: hudoliy.e@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0006-0852-9795>.

BIG DATA: ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РИНКОВОГО КОШИКУ

У тезах представлено результати застосування методів інтелектуального аналізу даних, зокрема алгоритму Apriori, для аналізу ринкового кошика на основі реального набору транзакцій супермаркету, що дозволило виявити значущі асоціативні правила та патерни спільних покупок, які можуть бути використані для оптимізації бізнес-стратегій у різних сферах.

Ключові слова: Big Data, Market Basket Analysis, асоціативні правила, алгоритм Apriori, dataset Supermarket.

Інтелектуальний аналіз даних (Data mining) – це процес, у якому алгоритми використовуються для аналізу даних і пошуку цікавих і нетривіальних шаблонів (patterns), які можуть бути корисними, скажімо для бізнесу [1]. Методи пошуку асоціативних правил не потребують вибору атрибуту класу, на відміну від задач регресії, чи класифікації, – усі атрибути набору даних вважаються атрибутами ознак. Методи побудови асоціативних правил призначені для пошуку комбінацій значень атрибутів, на базі яких за комбінацією значень атрибутів первинної множини (так званих «умов») можна спрогнозувати значення атрибутів вторинної множини (так званих «наслідків»). Одним із найпопулярніших методів, які використовуються для цієї мети, є аналіз ринкового кошика, також відомий як аналіз спорідненості (табл. 1). Цей метод передбачає аналіз записів транзакцій (припустимо покупок у супермаркеті), щоб виявити цікаві моделі купівлі, які можна використовувати для покращення бізнес-стратегій, таких як макетування пропозиції продуктів.

Таблиця 1.

Основні галузі застосування «аналізу ринкового кошику»	
Галузь	Застосування «аналізу ринкового кошику»
Роздрібна торгівля	Визначення комбінацій продуктів, які часто купують, і створення рекламних акцій, або стратегій перехресних продаж.
Електронна комерція	Пропозиція клієнтам додаткових продуктів та покращення взаємодії з ними
Ресторанний бізнес	Визначте, які пункти меню часто замовляють разом, і створіть пакети (комплекси) страв або рекомендації щодо меню.
Охорона здоров'я	Розуміння, які ліки (процедури) часто призначають разом, і визначення моделі поведінки пацієнтів, або результати лікування
Банківська справа/фінанси	Визначте, які продукти чи послуги клієнти часто використовують разом, і створіть цільові маркетингові кампанії або пакетні угоди
Телекомунікації	Зрозумійте, які продукти чи послуги часто купуються разом, і створіть комплексні пакети послуг, які збільшать дохід і покращать взаємодію з клієнтами

Знаходження (видобуток) правил асоціації зазвичай розглядається як двоетапний процес:

- 1) по-перше, ідентифікуються всі часті набори елементів (атрибутів). За визначенням, ці набори елементів будуть зустрічатися принаймні так само часто, як попередньо встановлена мінімальна кількість підтримки, відома як *min sup*;
- 2) другий крок передбачає генерацію правил асоціації з цих частих наборів елементів. Ці правила повинні задовольняти як мінімальну підтримку, так і мінімальну довіру (*confidence*).

Weka, один з найкращих сучасних програмних продуктів для інтелектуального аналізу даних, поставляється з низкою реальних наборів даних у каталозі «data» інсталяції Weka [2]. Це дуже зручно, оскільки дає можливості досліджувати та експериментувати з цими добре відомими проблемами та дізнаватися про різні методи, доступні в Weka. Розглянемо зокрема реальний набір даних Supermarket (data/supermarket.arff) [3]. Це набір даних про діючу торгову точку. Всі атрибути номінальні, і кожен екземпляр (інстанція) представляє транзакцію реального клієнта в супермаркеті, придбані продукти та задіяні відділи. Це саме те, що називають Big Data: дані містять 4'627 екземплярів (інстанцій) і 217 атрибутів для кожної з них (рис. 1).

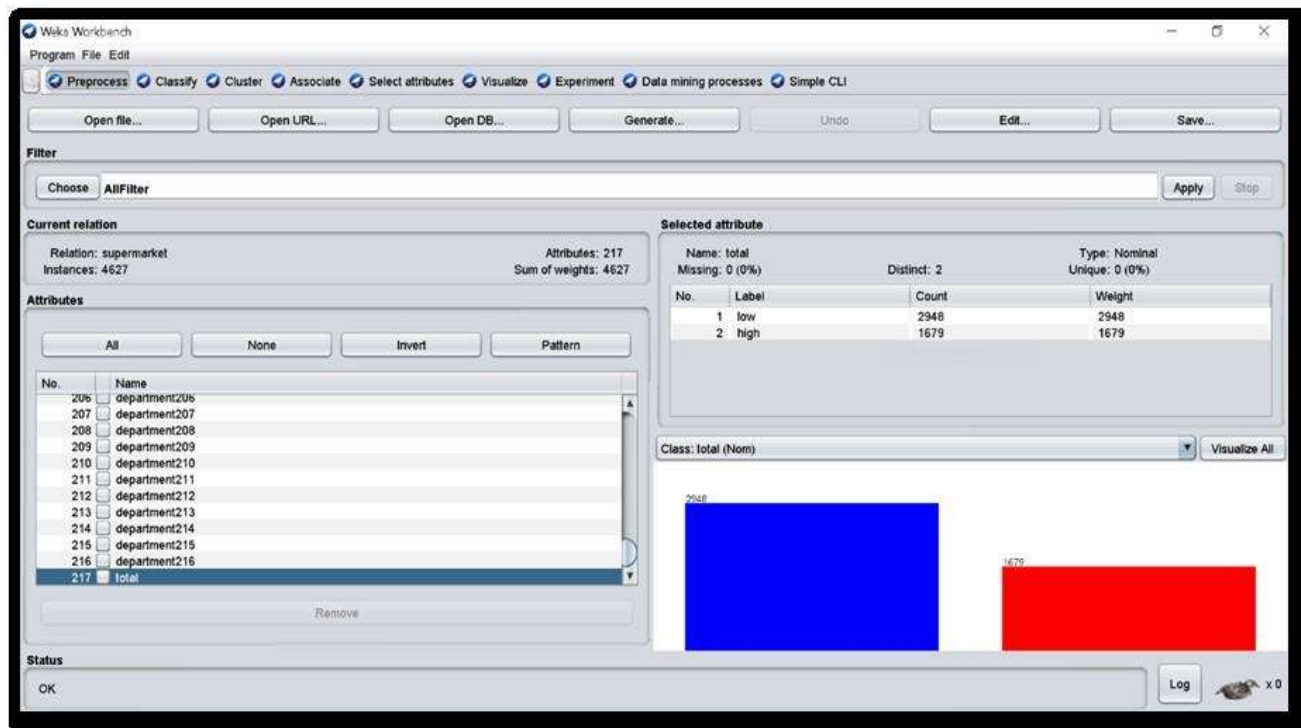


Рис. 1. Набір даних Supermarket у вікні-модулі Explorer Weka

Дані не нормалізовані. Кожен атрибут є двійковим і має значення («t» для істини), або не має значення (знак «?» для відсутності певного значення). Існує також номінальний атрибут класу під назвою «total», який вказує, чи була транзакція (закупівля) за ціною меншою за 100 доларів (low) чи більшою за 100 доларів (high). Тут нема зацікавлення у створенні прогнозованої моделі для номінального класу «total». Натомість нас цікавить, які товари були найчастіше придбані разом. Є зацікавленість у пошуку корисних закономірностей у цих даних, які можуть, або не можуть, бути пов'язані з прогнозованим атрибутом.

Обираємо вкладку «Associate» у Weka Workbench. Застосовуємо алгоритм «Апріорі». Це найвідоміший метод вивчення правил асоціації, тому що він, можливо, був першим (Агравал і Срікант у 1994 році) і загально визнаний як дуже ефективний. Середній комп'ютер витрачає на пошук десяти асоціативних правил в досліджуваному наборі приблизно 3 секунди (дивись звіт під кнопкою Log). Як результат пошуків правил маємо таке вікно (рис. 2).

У вікні «Association output» можна побачити, що алгоритм представив десять правил, отриманих із набору даних супермаркету. Алгоритм налаштований на зупинку на десяти правилах за замовчуванням; втім можна клацнути на назві алгоритму та налаштувати його для пошуку та звітування більшої чи меншої кількості правил, змінивши значення «numRules».

Виявлені правила були такі:

- 1) biscuits=t frozen foods=t fruit=t total=high 788 ==> bread and cake=t 723 conf:(0.92)
- 2) baking needs=t biscuits=t fruit=t total=high 760 ==> bread and cake=t 696 conf:(0.92)
- 3) baking needs=t frozen foods=t fruit=t total=high 770 ==> bread and cake=t 705 conf:(0.92)
- 4) biscuits=t fruit=t vegetables=t total=high 815 ==> bread and cake=t 746 conf:(0.92)

- 5) party snack foods=t fruit=t total=high 854 ==> bread and cake=t 779 conf:(0.91)
- 6) biscuits=t frozen foods=t vegetables=t total=high 797 ==> bread and cake=t 725 conf:(0.91)
- 7) baking needs=t biscuits=t vegetables=t total=high 772 ==> bread and cake=t 701 conf:(0.91)
- 8) biscuits=t fruit=t total=high 954 ==> bread and cake=t 866 conf:(0.91)
- 9) frozen foods=t fruit=t vegetables=t total=high 834 ==> bread and cake=t 757 conf:(0.91)
- 10) frozen foods=t fruit=t total=high 969 ==> bread and cake=t 877 conf:(0.91)

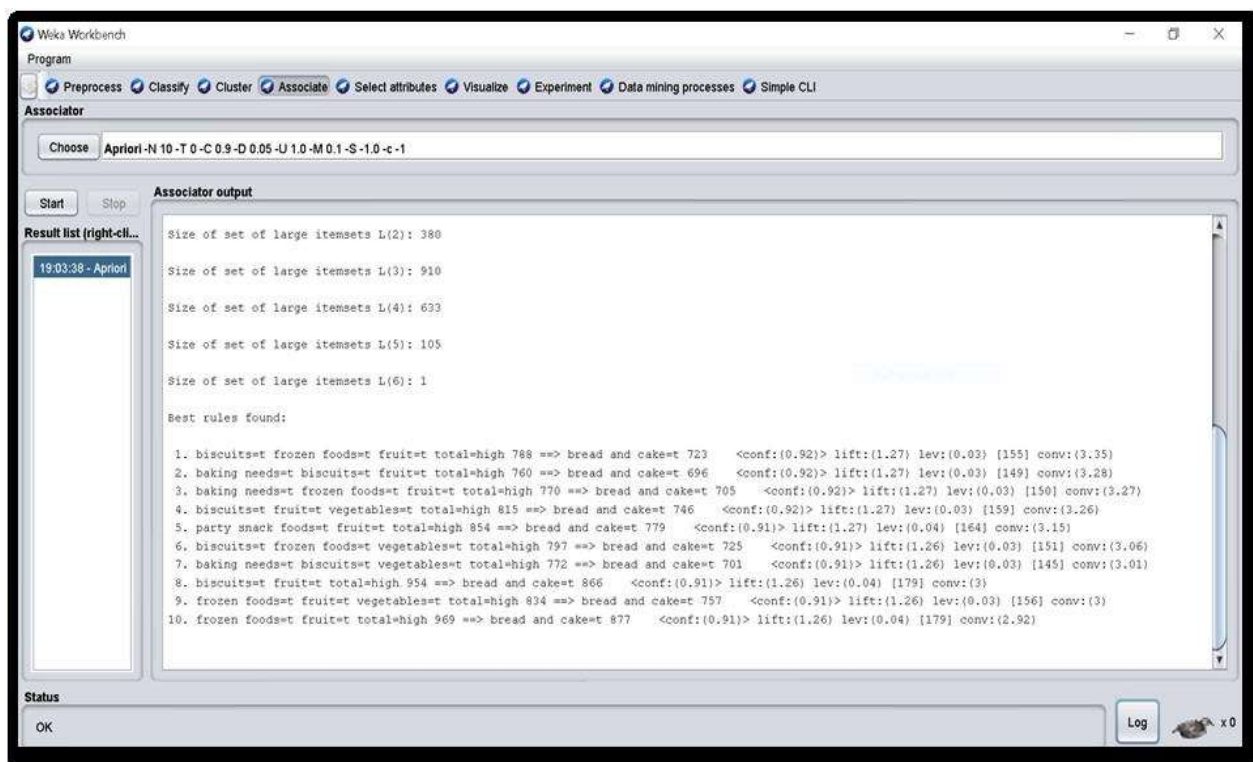


Рис. 2. Десять асоціативних правил знайдених алгоритмом Apriori у наборі даних Supermarket

Правила представлені у форматі antecedent => consequent (умова => наслідок). Число, пов'язане з умовою, є абсолютним охопленням (support) у наборі даних (у цьому випадку це число з можливих 4'627). Число поруч із наслідком – це абсолютна кількість випадків, які збігаються з умовою і наслідком. Число в дужках наприкінці підтверджує правило (кількість умов поділена на кількість відповідних наслідків). Ви бачите, що для вибору правил було використано обмеження в 91 %, згадане у вікні «minMetrics», отже жодне правило не має довірчого інтервалу (confidence) менше ніж 0,91.

Ось лише кілька спостережень, які самі «впадають в око»:

- бачимо, що всі представлені правила мають наслідок «хліб та випічка»;
- усі представлені правила вказують на високу загальну суму транзакції (стосуються класу «high»);
- «печиво» та «заморожені продукти» фігурують у багатьох представлених правилах.

Аналітики повинні бути дуже обережними щодо тлумачення правил асоціації. Це асоціації (що є синонімом кореляцій), які необов'язково є причинно-наслідковими зв'язками. Крім того, короткий антецедент (умова) є більш міцним, ніж довгий антецедент, який, швидше за все, буде крихким. Наприклад, якщо вас цікавить загальна сума, витрачена покупцем, можна намагатися переконувати людей, які купують печиво, заморожені продукти та фрукти, купувати також і хліб і тістечка, щоб вони призвели до високої загальної суми транзакції (правило № 1 вище). Така думка може здатися корисною лише на перший погляд, але вона є помилковим міркуванням. Комбінація продуктів не призводить до високого підсумку витрат клієнта, вона сама є наслідком високих витрат. Іншими словами, асоціативні правила ніколи не діють у зворотному напрямку.

References

1. Agarwal S. Data Mining: Data Mining Concepts and Techniques. 2013 *International Conference on Machine Intelligence and Research Advancement (ICMIRA)*, Katra, India, 21–23 December 2013. 2013. DOI: 10.1109/icmira.2013.45.
2. Duran Z., Akargöl İ., Doğan T. Data Mining, Weka Decision Trees. *Orclever Proceedings of Research and Development*. 2023. Vol. 3, no. 1. P. 401–416. DOI: 10.56038/oprd.v3i1.376.
3. Sharma A., Babbar H. Analysis of Data Mining Algorithms in Market Basket Analysis. 2023 *International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT)*, Gharuan, India, 5–6 May 2023. 2023. DOI: 10.1109/incacct57535.2023.10141816.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.36

Gennady Chuiko

BIG DATA: INTELLIGENT MARKET BASKET ANALYSIS

The theses present the results of applying data mining methods, in particular the Apriori algorithm, for market basket analysis based on a real set of supermarket transactions. This approach made it possible to identify significant association rules and patterns of joint purchases that can be used to optimize business strategies in various fields.

Key words: Big Data, Market Basket Analysis, association rules, Apriori algorithm, Supermarket dataset.

Відомості про автора / Information about the Author

Геннадій Чуйко, д-р фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: genchuiko@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5590-9404>.

Gennady Chuiko, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of Computer Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: genchuiko@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5590-9404>.

© Г. Чуйко

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.37

Володимир Шенкевич,
Анастасія Єлагіна

АВТОМАТИЗОВАНІ ЗАПИЛЮЮЧІ РОБОТИ

Тези присвячено аналізу сучасного стану бджільництва в Україні, де спостерігається високий рівень смертності бджіл та значні втрати галузі через військові дії та вплив негативних факторів навколишнього середовища. Запропоновано концепцію створення роботизованого комплексу для запилення та медозбору, що поєднує сучасні досягнення робототехніки, штучного інтелекту та сенсорних технологій.

Описано конструктивні особливості дронів-запилювачів, їх сенсорні системи, енергетичне забезпечення, а також засоби керування та захисту. Обґрунтовано необхідність мінімізації впливу на природні популяції бджіл та забезпечення екологічної сумісності запропонованої системи. Комплексний підхід до автоматизації бджільництва дозволяє підвищити ефективність галузі при збереженні екосистемного балансу.

Ключові слова: робот-бджола, штучне запилення, екологічна криза, композитні матеріали, точне землеробство, адаптивне керування, альтернативні джерела енергії, кібербезпека, біорозкладні матеріали, смарт-вулик, автоматизація

Для виробництва 1 кг меду бджола має відвідати близько 10 мільйонів квіток та принести 120–150 тисяч нош нектару. Її середня швидкість – до 65 км/год, а з вантажем ($\frac{3}{4}$ маси тіла) – 30 км/год. Для збору меду з квітів, розташованих за 1,5 км від вулика, бджола долає 360–450 тисяч км — відстань, що перевищує довжину екватора. У вулику нектар приймають та переробляють робочі бджоли. У 2024 році в Україні зафіксовано високий рівень смертності бджіл — у середньому 20–25% по країні, що значно перевищує довоєнні показники. Основними причинами цього стали: вплив пестицидів, втрата середовища існування, хвороби, паразитів, зміна клімату та монокультурне землеробство, що обмежує їх доступ до різноманітної їжі. Крім того, загальні втрати галузі бджільництва через війну оцінюються в 30%, а збитки від скорочення бджолосімей становили 31,9 мільйона доларів США станом на кінець 2024 року [1].

Створення повного роботизованого комплексу для запилення та медозбору включає формування високотехнологічної системи, яка об'єднує сучасну робототехніку, штучний інтелект та точне машинобудування.

Корпус має бути оптимізованим і складатися з композитних матеріалів, які забезпечують міцність, також корпус має мати аеродинамічну конфігурацію. Роботи-запилювачі мають модульні кріплення для роторних систем або імітацій крил, тоді як для модулів збору передбачені герметичні відсіки, захищені від проникнення меду та воску. Рухова платформа для авіаційних модулів використовує безщіткові двигуни з адаптивним керуванням обертами, що забезпечує стабільність польоту навіть за складних метеоумов. Наземні збиральні системи оснащуються гібридним шасі з активними підвісками, здатними компенсувати нерівності поверхні вуликів (рис. 1).

Набір датчиків включає мультиспектральні камери, 3D-лідари орієнтування в просторі, інфрачервоні сканери для перевірки теплових станів, лазерні датчики відстані та унікальні біохімічні сенсори для спостереження за станом рослин і меду. Системи керування медозбірниками засновані на кінематичних планах паралельних робіт, які включають гнучкі приводи. Це дозволяє їм виконувати дуже точні дії щодо сот. До нього входять мікроскальпелі з п'єзоелектричним приводом, вакуумні ежектори з регульованою потужністю всмоктування та невеликі пензлики з антистатичним покриттям. Енергетична система інтегрує літій-титанатні акумулятори з швидким заряджанням, сонячні панелі третього покоління та резервні паливні елементи на основі метанолу. Для стаціонарних вузлів передбачено бездротову передачу енергії за допомогою резонансних технологій [2].

Обчислювальний комплекс побудований на гетерогенній архітектурі, де центральний процесор керує нейроморфними процесорами для обробки сенсорних даних і FPGA-модулями для реалізації детермінованих алгоритмів керування. Для забезпечення довговічної та безвідмовної роботи агророботизованих систем необхідна комплексна система технічного обслуговування, яка включає профілактику, діагностику, ремонт та

оновлення. Процес обслуговування організований за принципом проактивного підходу, де регулярні профілактичні процедури комбінуються з оперативним реагуванням на виявлені несправності. Щоденний цикл обслуговування включає очищення оптичних сенсорів та перевірку цілісності корпусу, тоді як щотижневі процедури передбачають більш глибокий огляд механічних вузлів і калібрування робочих інструментів. Раз на місяць проводиться комплексне обслуговування з заміною фільтрувальних елементів, оновленням програмного забезпечення та перевіркою всіх систем на відповідність технічним нормативам.

Для ефективної координації дронів-запилювачів використовується багаторівнева система управління: центральна станція управління: здійснює планування маршрутів, обробку даних та моніторинг стану дронів, міждронна комунікація: забезпечується через mesh-мережі, що дозволяє дронам обмінюватися інформацією про навколишнє середовище та координувати дії., протоколи зв'язку: використовуються адаптивні протоколи, такі як LoRa(бездротова технологія зв'язку, яка забезпечує передачу даних на великі відстані при низькому енергоспоживанні.) для передачі даних на великі відстані з низьким енергоспоживанням, та 5G NR для високошвидкісної передачі великих обсягів даних [3].

Захисні механізми включають: фізичне екранування електроніки від вологи та пилу, системи резервування критичних компонентів, шифрований зв'язок для запобігання кібератакам, аварійні режими роботи при виході з ладу окремих систем Інтеграція з екосистемою передбачає: сумісність з існуючими вуликами та теплицями, можливість роботи в змішаних системах із живими бджолами, адаптацію до місцевих кліматичних умов

Задля того аби мінімізувати вплив на екологію потрібно оцінити наявні проблеми, що виникають та запропонувати шляхи вирішення. Наприклад, щоб зменшити вплив на популяції бджіл та інших запилювачів, необхідно використовувати дронів запилювачів лише там, де спостерігається дефіцит. Також необхідно використовувати або тихі, або безшумні двигуни. Також варто сприяти використанню біорозкладних мастил.

Ця комплексна система демонструє принципово новий підхід до автоматизації бджільництва, де кожен технологічний компонент оптимізований для досягнення максимальної ефективності при мінімальному втручанні в природні процеси.



Рис. 1. Зображення дрона-бджоли
Джерело: <https://chatgpt.com/>

References

1. Hiraguri, T., Shimizu, H., Kimura, T., et al. (2023). Autonomous drone-based pollination system using AI classifier to replace bees for greenhouse tomato cultivation. IEEE Access, 11, 99352–99364. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/373697199_Autonomous_Drone-Based_Pollination_System_using_AI_Classifier_to_Replace_Bees_for_Greenhouse_Tomato_Cultivation [in English].
1. Canicatti, M., & Vallone, M. (2024). Drones in vegetable crops: A systematic literature review. Smart Agricultural Technology, 7, 100396. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375524000017> [in English].

2. Minhaj, J., Sarma, P. P., & Deka, R. J. (2024). Wings of change: Drones revolutionizing pollination practices. ResearchGate. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/385588114_Article_ID_240202011_Wings_of_Change_Drones_Revolutionizing_Pollination_Practices [in English].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.37

Volodymyr Shenkevych
Anastasiia Yelagina

AUTOMATED POLLINATION ROBOTS

The article is devoted to analyzing the current state of beekeeping in Ukraine, where a high bee mortality rate and significant industry losses have been recorded due to military actions and the influence of negative environmental factors. A concept for creating a robotic complex for pollination and honey collection, integrating modern achievements in robotics, artificial intelligence, and sensor technologies, is proposed. The design features of pollinating drones, their sensor systems, energy supply, as well as control and protection measures are described. The need to minimize the impact on natural bee populations and ensure the ecological compatibility of the proposed system is substantiated. The comprehensive approach to beekeeping automation allows for increased industry efficiency while maintaining ecosystem balance.

Key words: bee-robot, artificial pollination, ecological crisis, composite materials, precision farming, adaptive control, alternative energy sources, cybersecurity, biodegradable materials, smart hive, automation

Відомості про автора / Information about the Author

Володимир Шенкевич, викладач кафедри Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна E-mail: vlnshenk@ukr.net.

Volodymyr Shenkevych, lecturer at the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine E-mail: vlnshenk@ukr.net.

Анастасія Єлагіна, студентка 2 курсу спеціальності «Автоматизація комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніка» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: yelahina.a@gmail.com.

Anastasiia Yelagina, 2th year student of the specialty "Automation, computer-integrated technologies and robotics" of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine.. E-mail: yelahina.a@gmail.com .

© В. Шенкевич, А. Єлагіна

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.38

Володимир Шенкевич,
Вікторія Пузаньова

АВТОМАТИЗАЦІЯ АКУСТИЧНИХ ТЮНЕРІВ ДЛЯ СТРУННИХ МУЗИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

У тезах розглядаються проблеми налаштування музичних інструментів, зокрема гітари, з акцентом на важливість точного відтворення частот для якісного музичного виконання. Особливу увагу приділено труднощам, з якими стикаються початківці під час ручного налаштування, зокрема через відсутність об'єктивного еталону звуку та когнітивні обмеження слухового сприйняття. Окрема частина присвячена використанню сучасних цифрових тюнерів, які автоматизують процес налаштування за допомогою алгоритмів аналізу частоти, підвищуючи точність і зменшуючи навантаження на музиканта. Автор підкреслює переваги технологічних рішень у забезпеченні інтонаційної стабільності як у сольній грі, так і в ансамблевому виконанні.

Ключові слова: Автоматизація, тюнер, акустика, електрична схема, частота, цифровий зворотний зв'язок, налаштування інструмента.

Правильно налаштований інструмент дозволяє виконувати музичні твори з точною передачею звучання кожної ноти. Особливо для початківців налаштування інструмента часто стає головною проблемою. Просто знати, як має звучати відкрита струна – недостатньо. У сучасному світі налаштування музичних інструментів стало значно простішим та доступнішим завдяки розвитку технологій. Хоча базові принципи залишаються незмінними, з'явилося безліч інструментів та методів, які полегшують цей процес як для початківців, так і для досвідчених музикантів. Автоматизувавши процес настройки інструменту музиканти позбавляються ряду проблем [1].

Альтернативні строї гітари вимагають від музиканта точного налаштування кожної струни на нетипову частоту, що відрізняється від стандартного еталонного строю «EADGBE». У процесі ручного налаштування без інструментального контролю виникає акустична похибка через інтервальний зсув. Відсутність візуальної або цифрової референції ускладнює досягнення тональної стабільності, особливо за умов багаточастотного контексту гри. Людське вухо сприймає звук не абсолютно, а в межах інтерпретованого когнітивного діапазону, з урахуванням тембру, гучності та контексту.

Це означає, що музикант може сприймати частоту з невеликою похибкою як правильно налаштовану. Відсутність об'єктивного частотного еталону (наприклад, 440 Гц для ноти ля) спричиняє мікроінтонаційні відхилення, що призводить до акустичного конфлікту в поліфонічному середовищі. Через фізичні властивості струни (еластичність, натяг, температурні коливання) її частотна стабільність знижується після активного використання. В умовах неінструментального налаштування кожне згинання або активна вібрація спричиняє мікродеструкцію натягу, що потребує повторного аналізу звучання.

Без цифрового зворотного зв'язку цей процес є непередбачуваним та трудомістким. Під час колективного виконання кожен інструмент має відповідати єдиному темперованому строю. Відсутність централізованого калібрування (наприклад, електронного тюнера, що базується на хронометрованому осциляторі) спричиняє частотне розходження. Такі відхилення створюють фазові зсуви та стоячі хвилі, що порушують інтонаційний баланс у загальному ансамблі.

Процедура налаштування без інструментальної допомоги потребує підвищеної когнітивної обробки слухових сигналів, що залучає робочу пам'ять, увагу та психофізіологічну концентрацію. Такий тип діяльності є ментально енерговитратним і знижує ефективність підготовчого процесу, що особливо критично у стресових або обмежених за часом ситуаціях.

Автоматизовані тюнери з вбудованими алгоритмами зчитування частоти (на основі алгоритму швидкого перетворення Фур'є) здатні точно налаштовувати струни відповідно до заданого спектру частот. Це дозволяє миттєво переходити до нестандартних строїв без необхідності ручного перерахунку інтервалів. Вбудовані

мікропроцесори виконують референцію до внутрішньої таблиці частот, що повністю виключає помилки при переході до відкритих чи нестандартних ладів [2].

Для експериментального кола був обраний лінійний підсилювач LT1886 Dual 700MHz, 200mA. На рисунку 1 показано схему, яка з'єднує світлодіоди від звичайного тюнера, операційний підсилювач, резистори, діоди, джерело живлення і, нарешті, двигун. Діоди в антипаралельній конфігурації були додані до схеми, щоб відсікти будь-які малі напруги, які могли б надіслати хибний сигнал до операційного підсилювача. Запобігання проходженню малих напруг до операційного підсилювача зменшить шум і небажану реакцію двигуна. Резистори 1,5 кОм і 100 кОм були додані для досягнення достатнього підсилення між вхідною напругою світлодіода і бажаною вихідною напругою, що подається на двигун. Останній резистор на 10 кОм був установлений для диференціації між двома входами в операційний підсилювач. Якщо виникне перевищення, існує ймовірність, що обидва світлодіоди можуть увімкнутися одночасно. Той, що матиме більшу напругу в цей момент, залишиться «УВІМКНЕНИМ», а світлодіод, який був «УВІМКНЕНИМ», матиме меншу напругу через резистор 10 кОм, що обмежує протікання струму.

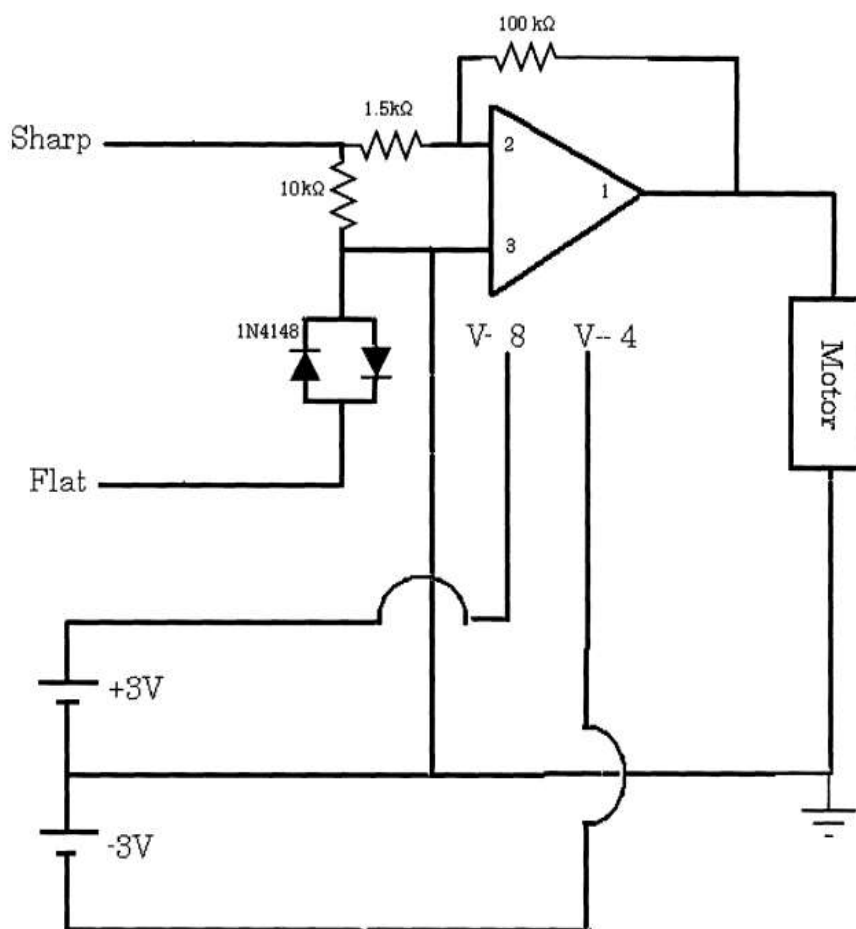


Рис. 1. Схема із звичайним тюнером і мотором

References

1. (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 6, No. 2, 2009 from <https://arxiv.org/pdf/0912.0745>
2. Submitted to the Department of Mechanical Engineering On May 6, 2005 in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Science in Mechanical Engineering from <https://core.ac.uk/download/pdf/4398282.pdf>

AUTOMATION OF ACOUSTIC TUNERS FOR STRING MUSICAL INSTRUMENTS

The article examines the problems of tuning musical instruments, in particular guitars, with an emphasis on the importance of accurate frequency reproduction for high-quality musical performance. Particular attention is paid to the difficulties that beginners face during manual tuning, in particular due to the lack of an objective sound standard and cognitive limitations of auditory perception. A separate part is devoted to the use of modern digital tuners that automate the tuning process using frequency analysis algorithms, increasing accuracy and reducing the load on the musician. The author emphasizes the advantages of technological solutions in ensuring intonation stability both in solo playing and in ensemble performance.

Key words: Automation, tuner, acoustics, electrical circuit, frequency, digital feedback, instrument tuning.

Відомості про авторів / Information about the Author

Володимир Шенкевич, викладач кафедри Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна E-mail: vlshenk@ukr.net.

Volodymyr Shenkevych, lecturer at the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine E-mail: vlshenk@ukr.net.

Вікторія Пузаньова, студентка 2 курсу спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна.. E-mail: puzanevaviktoria@gmail.com .

Viktoria Puzaneva, 2th year student of the Department of Automation, Computer-Integrated Sciences and Robotics, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: puzanevaviktoria@gmail.com .

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.39

Андрій Шилік,
Сергій Пузирьов

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДОСТУПОМ НА БАЗІ RFID ТА SPRING BOOT

Тези представляють аналіз актуальності та перспектив розробки системи керування доступом(СКД) на основі технології радіочастотної ідентифікації (англ. Radio Frequency IDentification, RFID) та фреймворку Spring Boot. У роботі розглянуто принцип роботи RFID, досліджено сучасні СКД, проведено порівняльний аналіз RFID з альтернативними технологіями, з оцінкою їхньої безпеки, зручності та вартості. Визначено вимоги до СКД, що забезпечує автоматизовану ідентифікацію користувачів, централізоване управління доступом та інтеграцію з IoT.

Ключові слова: система керування доступом(СКД), RFID(Radio Frequency IDentification), безпека, тайм-менеджмент.

У наш час системи керування доступом (СКД) є важливою складовою в забезпеченні надійного захисту об'єктів, що потребують обмеженого доступу, таких як офіси, склади, навчальні заклади чи житлові комплекси, вимагає розробки ефективних, надійних і доступних СКД. Поряд із цим, важливим аспектом є оптимізація тайм-менеджменту, оскільки швидке й зручне адміністрування доступу сприяє економії часу, що в сучасних економічних умовах трансформується у фінансові вигоди. Традиційні методи, такі як механічні замки чи паролі, мають обмеження, пов'язані з безпекою, зручністю використання та можливістю масштабування. Отже, розробка інноваційних підходів у цій галузі є актуальною для підвищення рівня безпеки та вдосконалення операційної ефективності організацій.

Актуальність теми кваліфікаційної бакалаврської роботи визначається необхідністю розробки економічно доступних і високоефективних рішень для керування доступом, які поєднують апаратне забезпечення з програмними засобами, забезпечуючи не лише безпеку, а й оптимізацію часу адміністрування.

Метою дослідження є створення СКД, яка забезпечує автоматизовану ідентифікацію користувачів і керування механізмом доступу шляхом розробки апаратно-програмного забезпечення (АПЗ) на основі RFID з вебзастосунком на базі Spring Boot

Технологія радіочастотної ідентифікації RFID являє собою сучасний метод безконтактної ідентифікації об'єктів, що ґрунтується на використанні радіохвиль. RFID-системи набули широкого застосування у сферах логістики, роздрібної торгівлі, охорони здоров'я, транспортній інфраструктурі та інших галузях завдяки їхнім можливостям забезпечення оперативного, автоматизованого та надійного зчитування даних.

Основні складові RFID-систем:

- RFID-мітка: ідентифікаційна мітка, будучи первинним носієм інформації в RFID-системі, конструктивно включає інтегральну мікросхему для зберігання унікального ідентифікаційного коду та, за потреби, додаткових даних, а також антену, що забезпечує комунікацію зі зчитувачем; залежно від джерела енергії, мітки поділяються на пасивні, які не мають власного живлення та активуються електромагнітним полем зчитувача, характеризуючись компактністю, низькою вартістю та обмеженим радіусом дії (до 10 м); активні мітки, що містять автономне джерело живлення, забезпечуючи функціонування на значних відстанях (до 100 м і більше) та можливість ініціювання передачі даних; і напівпасивні мітки, які використовують батарею для живлення мікросхеми, але для передачі сигналу залежать від електромагнітного поля зчитувача;

- зчитувальний пристрій: зчитувач являє собою пристрій, що генерує електромагнітне поле для активації мітки та здійснює прийом радіосигналів, що нею транслюються. Зчитувачі можуть бути стаціонарними (наприклад, інсталюваними на контрольно-пропускних пунктах складських приміщень) або мобільними (портативні сканери). Їхня конструкція включає антени для передачі та прийому сигналів, а також модулі для первинної обробки даних та їхньої подальшої передачі до інформаційної системи;

– інформаційна система: дані, отримані від мітки за посередництвом зчитувача, надходять до комп'ютеризованої системи для подальшої обробки, зберігання та аналізу. Зазначена система може бути інтегрована з базами даних, системами управління складськими запасами (англ. Warehouse Management System) або іншими програмними платформами з метою автоматизації бізнес-процесів.

Схематичне зображення складових RFID-системи (рис. 1).



Рис. 1. Схематичне зображення складових RFID та їх взаємодія

У тому числі, конструкція БПЛА дозволяє здійснити оснащення його, як платформи, необхідними датчиками для виконання збору цифрових даних з метою їх подальшої обробки, аналізу та визначення наявності порушень в конструкціях або їх елементах.

Функціонування RFID-систем ґрунтується на принципі обміну радіосигналами між ідентифікаційною міткою та зчитувальним пристроєм у визначеному частотному діапазоні.

Процес ідентифікації включає наступні етапи:

– генерація електромагнітного поля: зчитувач за допомогою власної антени створює електромагнітне поле в межах операційної зони. Частота даного поля визначається типом використовуваної RFID-системи (низькочастотна, високочастотна або ультрависокочастотна);

– активація мітки: при потраплянні RFID-мітки в зону дії електромагнітного поля, її антена абсорбує енергію. У пасивних мітках отримана енергія використовується для живлення мікросхеми, що ініціює перехід мітки в активний стан. Активні мітки, маючи автономне джерело енергії, здатні самостійно ініціювати процес передачі даних;

– трансляція даних: активована мітка передає збережені дані (наприклад, унікальний ідентифікатор) назад до зчитувача за допомогою радіосигналу. Даний процес отримав назву модуляції сигналу. У більшості систем застосовується принцип зворотного розсіювання (англ. backscatter), при якому мітка здійснює модуляцію відбитого сигналу зчитувача, накладаючи на нього власну інформацію;

– обробка даних: зчитувач здійснює декодування отриманого сигналу, трансформуючи його в цифровий формат, та передає отримані дані до інформаційної системи. Система, у свою чергу, обробляє отриману інформацію, співставляючи її з даними, що зберігаються в базі даних, та ініціює відповідні дії, такі як актуалізація даних про інвентар, верифікація доступу або моніторинг переміщення об'єкта.

Блок-схема принципу роботи RFID-систем (рис. 2).



Рис. 2. Блок-схема, що ілюструє принцип роботи RFID-системи

Аналізуючи доступну інформацію, можна виділити кілька ключових типів систем, які конкурують із RFID, і зрозуміти, чому вони є поширеними. СКД класифікуються залежно від архітектури, способу ідентифікації, рівня безпеки та сфери застосування.

Вибір конкретної СКД визначається комплексом факторів, серед яких ключову роль відіграє контекст її застосування (табл. 1). Біометричні системи набули поширення завдяки високому рівню безпеки, що забезпечується унікальністю та невідчужуваністю біологічних ідентифікаторів, що є критично важливим для об'єктів з високим рівнем ризику. Мобільні системи демонструють зростаючу популярність завдяки зручності

використання та можливості оперативного керування правами доступу через програмні інтерфейси, що є значною перевагою для великих організацій. Кодові замки приваблюють своєю простотою експлуатації та відсутністю потреби у додаткових фізичних носіях, що знижує операційні витрати. Системи з магнітними картками, незважаючи на певні обмеження в безпеці, залишаються затребуваними завдяки їхній економічності та сумісності з існуючою інфраструктурою, особливо в об'єктах старої забудови. Фізичні ключі зберігають свою актуальність у низькотехнологічних середовищах, де простота та автономність є визначальними факторами.

Таблиця 1.

Порівняння основних СКД

№ з/п	Система	Рівень безпеки	Зручність	Вартість	Приклади використання
1	Біометричні системи	Високий	Середній	Висока	Банки, урядові установи
2	Мобільні системи	Середній-Високий	Висока	Середня	Офіси, житлові комплекси
3	Кодові замки	Низький-Середній	Висока	Низька	Малі офіси, гаражі
4	Магнітні картки	Низький	Середній	Низька	Старий офіс, готелі
5	Фізичні ключі	Низький	Низька	Дуже низька	Приватні будинки, малі об'єкти

Нефункціональні вимоги є основою для забезпечення стабільності, безпеки та зручності використання СКД. Вони сприяють створенню гнучкої та масштабованої платформи, що відкриває можливості для подальшого розвитку функціоналу (табл. 2).

Таблиця 2.

Нефункціональні вимоги

№ з/п	Вимога	Опис
1	Продуктивність	Система має обробляти запити на доступ протягом 1 секунди
2	Вартість	Компоненти в сумі не мають бути дорожчими 2'000–3'000 грн
3	Надійність	СКД забезпечує доступність на рівні 99,9 % часу завдяки резервному копіюванню даних і механізмам відновлення після збоїв
4	Безпека	СКД використовує шифрування даних, безпечну автентифікацію, ролевий контроль доступу через Spring Security

Функціонування системи ґрунтується на наступному алгоритмі: RFID-модуль ініціює процес зчитування ідентифікаційної інформації з безконтактної картки. Отримані дані обробляються мікроконтролером, який формує відповідний запит та передає його на сервер через бездротову мережу Wi-Fi. Серверний застосунок на базі Spring Boot здійснює верифікацію прав доступу на основі отриманих ідентифікаційних даних та повертає результат авторизації. На основі отриманої відповіді, мікроконтролер активує сервопривід для забезпечення фізичного розблокування (або підтримує його в заблокованому стані). Локальний дисплей та клавіатура використовуються для конфігурації параметрів мережевого з'єднання з сервером, зокрема для введення IP-адреси. Таким чином, апаратна та програмна складові системи функціонують в режимі реального часу, забезпечуючи централізоване управління доступом до контрольованих зон.

References

- Zhang Z., Yan C. Research on data sharing access control based on blockchain technology. *Autom Control Intell Syst.* 2022. Vol. 10, Is. 1. P 8–13. DOI: 10.11648/j.acis.20221001.12.
- Hassan S., Shibli A. R., Raza R. Ubiquitous computing with Radio Frequency IDentification tags. *Math Comput Sci.* 2023. Vol. 8, Is. 3. P 73–86. DOI: 10.11648/j.mcs.20230803.12.
- Aliyu M. B., Suru H., Gabi D., Garba M., Argungu M. The need for adaptive access control system at the network edge. *American Journal of Information Science and Technology.* 2024. Vol. 8, Is. 2. P. 45–55. DOI: 10.11648/j.ajist.20240802.13.
- RFID tekhnologiiia dlia avtomatyzatsii obliku. Retrieved from: <https://remonline.ua/blog/rfid-technology/> (data zvernennia: 10.05.2025).

6. Shcho take systema RFID, v chomu yii osoblyvosti vykorystannia. Retrieved from: https://idcard.com.ua/ua/blog/chto-takoe-sistema-rfid-v-chem-ee-osobennosti-ispolzovaniya/?srsltid=afmbooptmjvbpzudevj7uwvfhapvaoh1zk_voamfcodjsmtc9u1i1b (data zvernennia: 10.05.2025).

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.39

Andrii Shylik,
Serhii Puzyrov

ACCESS CONTROL SYSTEM BASED ON RFID AND SPRING BOOT

The abstract presents an analysis of the relevance and prospects of developing an access control system (ACS) based on Radio Frequency Identification (RFID) technology and the Spring Boot framework. The study examines the operating principles of RFID, investigates modern ACS, and conducts a comparative analysis of RFID with alternative technologies, evaluating their security, convenience, and cost. Requirements for the ACS are defined, ensuring automated user identification, centralized access management, and integration with IoT.

Key words: access control system (ACS), Radio Frequency IDentification (RFID), security, time management.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Андрій Шилік, бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: andreishulik@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0007-2318-1245>.

Andrii Shylik, BSc Student of the Computer Engineering Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: andreishulik@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0007-2318-1245>.

Сергій Пузирьов, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: svpuzyrev@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0520-1496>.

Serhii Puzyrov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Computer Engineering Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: svpuzyrev@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0520-1496>.

© А. Шилік, С. Пузирьов

Стаття отримана редакцією 20.05.2025.

БЕЗПЕЧНЕ РОЗГОРТАННЯ: СТРАТЕГІЇ ТА НАЙКРАЩІ ПРАКТИКИ В SSDLC

Тези представляють собою дослідження фази розгортання в життєвому циклі розробки безпечного програмного забезпечення (SSDLC) як критичного компонента сучасної інженерії програмного забезпечення. У міру того як організації переходять до гнучких методологій розробки і практику DevSecOps, розгортання — це вже не щось статичне, а динамічний повторюваний процес із значними наслідками для безпеки, доступності та відповідності. Досліджується сучасне значення безпечного розгортання, оцінюється спектр стратегій розгортання (наприклад, синьо-зелена, канаркова, рухлива) і порівнюються традиційні методи з конвеєрами безперервного розгортання та підходами інфраструктури як коду. Розглядається аспект безпеки з рекомендаціями щодо найкращих практик. Зрештою, у цьому документі підкреслюється, як добре реалізована стратегія розгортання може служити як технічною, так і організаційною гарантією, посилюючи безпеку та операційну досконалість на найбільш критичному етапі доставки програмного забезпечення.

Ключові слова: SSDLC, безпечне розгортання, безперервне розгортання, DevSecOps, стратегії розгортання, інфраструктура як код, безпека програмного забезпечення, CI/CD, автоматизація розгортання.

У сучасну епоху, коли програмне забезпечення відіграє невід'ємну роль у багатьох аспектах нашого життя, надання нових функцій, важливих оновлень і виправлень безпеки є надзвичайно необхідною умовою. Отже, етап розгортання SSDLC стає найважливішим у життєвому циклі, оскільки на ньому програмне забезпечення доводиться до користувача. Ми можемо виділити деякі сучасні погляди на важливість цього етапу з точки зору розробки програмного забезпечення.

По-перше, розгортання все частіше визнається як критична для безпеки діяльність. Неправильні конфігурації, відсутність перевірки або незахищений доступ під час розгортання призводять до серйозних порушень безпеки та операційних збоїв. Останні емпіричні дослідження висвітлюють загальні проблеми розгортання, такі як погане планування, неадекватний контроль доступу та недостатня підготовленість команди, які створюють значні загрози для цілісності програмного забезпечення [1].

По-друге, недостатнє впровадження SSDLC серед малих і середніх підприємств (МСП), незважаючи на їхню важливу роль у публікації програмного забезпечення. Дослідження показують, що хоча МСП визнають цінність SSDLC, багато хто не вдається запровадити безпечні практики розгортання через обмеження ресурсів і складність [4]. Ця прогалина становить значний ризик для глобальних екосистем програмного забезпечення та підкреслює потребу в доступних, масштабованих структурах безпеки розгортання.

Нарешті, емпіричні дані від фахівців із розгортання привели до визначення найкращих практик, спрямованих на пом'якшення критичних і високоризикованих проблем під час розгортання. Ці практики включають підвищення готовності команди, створення стратегій відкату та контроль доступу, надання дієвих вказівок щодо безпечного розгортання в різноманітних середовищах [1].

Враховуючи важливу роль, яку розгортання відіграє в забезпеченні безпеки програмного забезпечення та операційної цілісності, важливо знати різні стратегії розгортання, які використовуються сьогодні, їхні відповідні сильні та слабкі сторони, а також їх придатність у безпековому контексті розробки програмного забезпечення.

1. Синьо-зелене розгортання (Blue-Green Deployment) використовує два ідентичні виробничі середовища, які зазвичай називають синім і зеленим, щоб полегшити безперебійний випуск програмного забезпечення. Під час розгортання нова версія розгортається в неактивному середовищі (наприклад, зеленому), де вона проходить ретельну перевірку та тестування перед тим, як живий трафік перемикається з поточного активного середовища (синього кольору) в оновлене. Цей підхід пропонує значні переваги, включаючи мінімальний час простою та можливість прямого відкату у разі виникнення проблем. Оскільки тестування відбувається в ідентичному робочому середовищі, синьо-зелене розгортання надає надійну можливість для всебічної оцінки безпеки, як-от тестування на проникнення та перевірку інтеграції, перш ніж відкривати кінцевим користувачам новий код.

Отже, ця стратегія зменшує вікно впливу потенційно вразливих оновлень і підвищує загальну безпеку розгортання. Однак це розгортання супроводжується значними труднощами. Підтримка двох паралельних середовищ вимагає збільшення ресурсів інфраструктури та може ускладнити синхронізацію між середовищами, ризикуючи дрейфом конфігурації або застарілими налаштуваннями, якщо не ретельно їх контролювати. Незважаючи на ці проблеми, синьо-зелене розгортання особливо добре підходить для критично важливих додатків, де важливі висока надійність і швидкий відкат, особливо в організаціях, обладнаних для підтримки необхідної резервної інфраструктури.

2. Канаркове розгортання (Canary Deployment) передбачає поступовий випуск нової версії програмного забезпечення для невеликої підгрупи користувачів перед поступовим розширенням розгортання на основі спостережуваної поведінки системи та показників продуктивності. Цей контрольований перехід дозволяє командам завчасно виявляти потенційні проблеми, мінімізувати вплив несправних релізів і швидко скасовувати зміни, якщо виявлено аномалії. З точки зору безпеки, це розгортання дозволяє цілеспрямоване тестування критично важливих безпекових функцій, таких як контроль доступу та керування сесіями користувачів, в обмеженому діапазоні, зменшуючи ризик широкого поширення. Крім того, цей підхід підтримує поступове спостереження за змінами поверхні атаки в реальних умовах і полегшує поетапну перевірку виправлень уразливостей перед повним розгортанням. Однак розгортання вимагає складної маршрутизації трафіку та інфраструктури моніторингу, що ускладнює роботу. Також існує ризик неузгодженості взаємодії з користувачем або фрагментації даних під час розгортання, а будь-які прогалини в моніторингу можуть затримати виявлення тонких проблем безпеки. Таке розгортання особливо добре підходить для систем, які вимагають частих оновлень і швидкої ітерації, наприклад додатків SaaS (Software-as-a-Service) і загальнодоступних служб, де поступовий вплив змін зменшує ризик, не перешкоджаючи інноваціям.

3. Поступове розгортання (Rolling Deployment) оновлює екземпляри додатків поступово, замінюючи старі версії новими по одному за раз, доки не буде оновлено всю систему. Цей підхід дозволяє уникнути повного простою та зазвичай потребує менше ресурсів інфраструктури, ніж синьо-зелене розгортання, що полегшує автоматизацію та керування. З точки зору безпеки, таке розгортання підтримує безперервну доступність системи, одночасно впроваджуючи нові функції безпеки та виправлення, що дозволяє відстежувати поведінку різних версій програмного забезпечення в реальному часі. Цей поступовий реліз допомагає зменшити ризик, пов'язаний із розгортанням неперевіреного коду в масштабі. Однак співіснування кількох версій під час розгортання може створити проблеми сумісності та невідповідності безпеки, ускладнюючи комплексне тестування перед повним розгортанням. Крім того, відкат змін може бути повільнішим і важчим для координації порівняно з іншими стратегіями. Поступове розгортання найкраще підходить для середовищ із помірним ризиком, де пріоритетом є постійна доступність і допускається тимчасова фрагментація версій, як-от внутрішні програми чи API.

4. Відтворювання розгортання (Recreate Deployment) передбачає повне завершення роботи поточної версії програми перед розгортанням нової версії, створюючи чистий перехід без дублювання версій. Цей метод є простим у реалізації та дозволяє уникнути складнощів, пов'язаних із керуванням станами версій, забезпечуючи чіткий розподіл між старими та новими розгортаннями. З точки зору безпеки, повторне розгортання мінімізує ризики, пов'язані із залишковим станом або витоком сесій, запускаючи нову версію з відомого, чистого середовища. Це зменшує ймовірність залишкових бекдорів або прихованих уразливостей, перенесених із попередніх версій, зміцнюючи цілісність процесу розгортання [5][6]. Однак основним недоліком цього підходу є неминучий простой, який може порушити роботу користувача та порушити угоди про рівень обслуговування (SLA). Крім того, відсутність миттєвих варіантів відкату зменшує робочу гнучкість під час збоїв розгортання. Через ці обмеження повторне розгортання, як правило, найкраще підходить для некритичних систем або сценаріїв, де вікна запланованого технічного обслуговування дозволяють простої, віддаючи пріоритет простоті та чистим переходам між станами над постійною доступністю [7].

5. Розгортання А/В-тестування (A/B Testing Deployment) випускає два або більше варіантів програми для різних сегментів користувачів одночасно, забезпечуючи цілеспрямовану оцінку конкретних змін у поведінці користувачів і продуктивності функцій. Цей метод підтримує паралельне тестування різних функцій або потоків користувачів і полегшує прийняття рішень на основі даних шляхом порівняння результатів між когортами. З точки зору безпеки, А/В-тестування дозволяє сегментовано перевіряти конфіденційні функції, такі як механізми автентифікації або процеси авторизації, таким чином обмежуючи вплив експериментальних змін на меншу підгрупу користувачів. Цей контрольований підхід допомагає перевірити наслідки для безпеки модифікацій UI/UX і зменшує радіус витоку потенційних уразливостей, створених новими функціями [5] [6]. Однак керування сегментацією користувачів і керування версіями збільшує операційну складність, а недостатня ізоляція експериментальних версій може створити ризики безпеки, такі як неавторизований доступ або витік функціональних можливостей тестування, якщо засоби контролю доступу слабкі [7]. Розгортання А/В-

тестування є особливо ефективним для експериментування функцій у контрольованих середовищах, особливо для зовнішніх додатків, де сегментація користувачів і можливості аналітики мають пріоритет.

6. Фіча-флаги використовують умовну логіку для динамічного ввімкнення або вимкнення функцій під час виконання без необхідності повторного розгортання коду, що зазвичай контролюється через системи керування конфігурацією. Цей підхід дозволяє миттєво активувати або деактивувати функціональні можливості, підтримуючи поступове розгортання або швидке відкочування, якщо необхідно. Позначення функцій також сприяє динамічному експериментуванню та сегментації користувачів, що дає змогу поступово тестувати нові функції чи покращення безпеки. З точки зору безпеки, так звані прапорці, допомагають ізолювати експериментальні або високоризикові функції, доки вони не будуть ретельно перевірені, тоді як чутливі функції, такі як модулі шифрування або адміністративні засоби контролю, можуть бути закриті за певними ролями або механізмами аудиту [5][6]. Ця стратегія підтримує поступове зміцнення додатків, дозволяючи поетапну активацію функцій без повного повторного розгортання. Однак накопичення застарілих або невикористаних позначок може сприяти технічному боргу, що потребує дисциплінованого контролю версій і керування станами конфігурації. Крім того, неправильно налаштовані флаги ризикують виявити незавершені або вразливі шляхи коду, які можуть створювати прогалини в безпеці, якщо їх не ретельно контролювати [3]. Цей механізм особливо добре підходить для середовищ, які вимагають частого розгортання з детальним керуванням, наприклад для програм, орієнтованих на споживача, програм раннього доступу або поетапного розгортання безпеки, що потребує можливості негайного повернення.

Захист фази розгортання в рамках життєвого циклу безпечної розробки програмного забезпечення (SSDLC) вимагає багатогранного підходу, що поєднує автоматизацію, дотримання правил, узгодженість середовища та постійний моніторинг. Оскільки сучасні системи стають більш динамічними та постійно оновлюваними, впровадження безпеки в робочі процеси розгортання є важливим не лише як остаточна перевірка, а як безперервний інтегральний процес.

Основною практикою є інтеграція безпекових перевірок в конвеєри CI/CD. Автоматизовані інструменти для статичного та динамічного аналізу коду, сканування вразливостей і аудиту залежностей повинні позиціонуватися як обов'язкові кроки в робочих процесах розгортання. Крім того, секрети та облікові дані, які використовуються в сценаріях автоматизації, повинні зберігатися та керуватися через централізовані системи керування секретами, щоб запобігти витоків під час процесів розгортання, це проблема, яка виділяється в загальних шаблонах збоїв безпечного розгортання.

Узгодженість інфраструктури є ще однією запорукою безпечного розгортання. Використання інструментів інфраструктури як коду (IaC), таких як Terraform або Ansible, дозволяє створювати відтворювані середовища з керуванням версіями, зменшуючи дрейф конфігурації та ручні помилки. У структурах SSDLC, орієнтованих на хмару, автоматизоване забезпечення інфраструктури має включати засоби контролю ризиків і заходи відповідності, безпосередньо вбудовані в сценарії інфраструктури. Інфраструктура з перевіркою версій забезпечує можливість відстеження розгортань, зводячи до мінімуму ймовірність незадокументованих або зловірдіх змін.

Контроль доступу повинен бути реалізований за принципом найменших привілеїв. Системи розгортання та персонал повинні мати лише мінімально необхідні дозволи для виконання своїх обов'язків. На кожному кроці слід застосовувати надійне керування ідентифікацією та доступом (IAM), контроль доступу на основі ролей (RBAC) і багатофакторну автентифікацію (MFA). Дослідження впровадження SSDLC на малих і середніх підприємствах (МСП) відзначають, що відсутність керування доступом є одним із ключових операційних бар'єрів, який послаблює готовність до безпечного розгортання [4].

Не менш важливим є планування збоїв. Стратегії розгортання повинні включати механізми відкату — чи то за допомогою синьо-зелених, чи канаркових — щоб можна було швидко скасувати несправні чи вразливі релізи. Багато організацій не мають належної інфраструктури або процедур відкату, що призводить до тривалого простою або безпекових ризиків під час відкату розгортання [1]. Чітко визначений протокол реагування на інциденти, що підтримується журналами розгортання та журналами аудиту, забезпечує швидке відновлення та аналіз першопричини, коли виникають збої.

Висновки

Етап розгортання є ключовим і критично важливим для безпеки етапом життєвого циклу безпечної розробки програмного забезпечення (SSDLC), особливо в контексті дедалі складніших хмарних середовищ програмного забезпечення, та середовищ які постійно розгортаються (CD). Було підкреслено розвиток методологій розгортання — від традиційних відтворюваних до складних синьо-зелених і канаркових стратегій — кожна з яких представляє унікальні переваги та невід'ємні міркування щодо безпеки.

У міру того, як доставка програмного забезпечення прискорюється завдяки автоматизації та конвеєрам безперервної інтеграції/безперервного розгортання (CI/CD), потенційна поверхня атак розширюється, що вимагає суворого контролю безпеки, вбудованого безпосередньо в робочі процеси розгортання. Аналіз підтверджує, що застосування методів розгортання без належної уваги до безпеки може створити вразливі місця, які підривають цілісність, доступність і конфіденційність програмних систем. Практикуючі спеціалісти повинні розглядати розгортання не як просто оперативне завдання, а як інтегральну контрольно-пропускну точку безпеки, вбудовуючи профілактичні та детективні засоби контролю, які відповідають ширшим цілям SSDLC.

Підсумовуючи, стратегії безпечного розгортання є фундаментальними для захисту сучасних програмних екосистем. Глибоко інтегрувавши безпеку в процеси розгортання, організації можуть підвищити загальну безпеку, отримуючи переваги від гнучкої та надійної доставки програмного забезпечення.

References

1. Alghamdi A., Niazi M. Toward Successful Secure Software Deployment: An Empirical Study [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3593434.3593966>
2. Wen Z., Cala J., Watson P., Romanovsky A. Cost Effective, Reliable, and Secure Workflow Deployment over Federated Clouds [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7214096>
3. Kao T.-C., Mao C.-H., Chang C.-Y., Chang K.-C. Cloud SSDLC: Cloud Security Governance Deployment Framework in Secure System Development Life Cycle [Електронний ресурс]. – 2012. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6296105>
4. Umeugo W. Secure Software Development Lifecycle: A Case for Adoption in Software SMEs [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://ijarcs.info/index.php/Ijarcs/article/view/6949>
5. Kim S., Lee J., Park H. Secure Deployment Strategies for Web Applications // *Journal of Software Security*. – 2019. – Vol. 15, No. 2. – С. 101–115.
6. Chen Y., Huang X. Mitigating Backdoor Risks in Software Deployment // *Proceedings of the International Conference on Software Engineering and Security*. – 2021. – С. 234–245.
7. Smith A., Jones R. Balancing Simplicity and Availability in Deployment Approaches // *Software Maintenance Review*. – 2020. – Vol. 28, No. 4. – С. 312–327.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.40

Maksym Shyshkin

SECURING DEPLOYMENT: STRATEGIES AND BEST PRACTICES IN THE SSDLC

The thesis represents a focused exploration of the Deployment phase in the Secure Software Development Life Cycle (SSDLC) as a critical component of modern software engineering. As organizations shift toward agile and DevSecOps practices, deployment is no longer a static handoff but a dynamic, repeatable process with significant implications for security, availability, and compliance. This paper explores the contemporary importance of secure deployment, evaluates a spectrum of deployment strategies (e.g., blue-green, canary, rolling), and compares traditional methods with continuous deployment pipelines and Infrastructure-as-Code approaches. The security aspect is examined, with recommendations on best practices. Ultimately, this paper highlights how a well-executed deployment strategy can serve as both a technical and organizational safeguard, reinforcing security and operational excellence at the most critical juncture of software delivery.

Keywords: SSDLC, secure deployment, continuous deployment, DevSecOps, deployment strategies, Infrastructure-as-Code, software security, CI/CD, deployment automation.

Відомості про автора / Information about the Author

Максим Шишкін, студент аспірант за спеціальністю 122 Комп'ютерні Науки, Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, м. Харків, Україна. E-mail: maksim240600@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0553-944X>.

Maksym Shyshkin, postgraduate student in the specialty 122 Computer Science, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine. E-mail: maksim240600@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0553-944X>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.41

Олег Щесюк,
Олег Прищепов,
Вячеслав Андрєєв

ТОПОЛОГІЯ ВІДДАЛЕНОЇ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА

У сучасному інформаційно-суспільному середовищі процес диспетчеризації постає необхідною умовою для задоволення високих управлінських вимог і отримує широке масштабування. Матеріали тез надають інформацію щодо загальних функцій та особливостей роботи служб постійного моніторингу і оперативного реагування. Представлена топологія віддаленої диспетчеризації на прикладі об'єктів водного господарства Миколаївській області та розглянуто засоби автоматизації, що є складовим системи дистанційного моніторингу. Особливе значення приділено комунікаційним безпроводним системам, які забезпечують передавання даних між об'єктами на великих відстанях та диспетчерським центром. Для організації диспетчерського контролю, пропонується використовувати SCADA-систему, що буде підключена до хмарного сховища Cloud за допомогою OPC-сервера, або розробка власної веб-системи що може отримувати дані з хмарного сховища за допомогою відкритого API та http-запитів. Розглянуто кібернетичний захист системи моніторингу від зовнішніх загроз. Захисні програми контролюють потік даних між різними мережами і блокують потенційно небезпечні підключення, та на сьогодні є невід'ємною частиною схеми диспетчеризації.

Ключові слова: Диспетчеризація, віддалений моніторинг об'єктів, точне землеробство, офіс водних ресурсів, компоненти системи, комунікаційні схеми, кібернетичний захист.

Диспетчеризація (від англ. *dispatch* – швидко виконувати) – це процес постійного оперативного контролю завдяки передаванню й обміну інформацією між центром управління та об'єктами диспетчеризації. Зачатки диспетчерської служби з'явилися під час переходу від кустарного до заводського виробництва, ще у XVIII столітті. Вперше диспетчерське управління стало успішно функціонувати на залізничному транспорті завдяки запуску телефонного зв'язку. На сьогодні, з появою сучасних засобів передачі інформації і датчиків контролю параметрів, процес диспетчеризації стає необхідністю для задоволення високих управлінських вимог і отримує широке масштабування [1].

Диспетчеризація – це постійний моніторинг та оперативна реакція на зміни ситуації, а диспетчер – центральний елемент системи [2]. Процес невідкладного контролю охоплює дві важливі функції системи:

- пряма функція – віддалений збір даних про режими роботи приладів і мереж, зберігання отриманої інформації та початковий її аналіз;
- зворотна функція – передача керуючих сигналів у мережу (в автоматичному або ручному режимі), на окремі прилади для корекції режимів їхньої роботи.

Для максимальної ефективності такого моніторингу використовуються спеціальні топологічні схеми та програмні рішення, завдяки яким диспетчеризація забезпечує багаторівневий комплексний контроль і управління, що включає:

автоматичний збір робочих даних і параметрів системи;

- відображення стану роботи елементів системи (обладнання, пристроїв) і подання інформації в зручному для аналізу вигляді (таблиці, графіки, діаграми);
- безперерйну діагностику підпорядкованих об'єктів за переліком контрольованих параметрів;
- ведення журналу подій в автоматичному режимі;
- авторизований доступ до інформації та управління;
- технічний і комерційний облік ресурсів, тощо.

Точне землеробство – це комплексна комп'ютеризована високотехнологічна система сільськогосподарського менеджменту, що охоплює технології глобального позиціонування (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки врожайності (Yield Monitor Technologies), технологію змінного нормування (Variable Rate Technology), технології дистанційного зондування землі (ДЗЗ) і рішення технології «інтернет речей» (IoT). Точне землеробство – глобальна світова тенденція управління родючістю землі, яка обов'язково повинна вміщувати в себе систему керування (а на першому етапі – диспетчеризації) водними ресурсами конкретного регіону.

Системи диспетчеризації можуть бути локальними, віддаленими та гібридними [3]. Для реалізації системи диспетчеризації об'єктів водного господарства що знаходяться у Миколаївській області, достатньо віддалені один від одного і від населених пунктів. Об'єкти не мають провідного, оптоволоконного або супутникового доступу до мережі інтернет є доцільним використання GSM/GPRS мереж операторів мобільного радіозв'язку.

Системи водопостачання, що підпорядковуються Регіональному офісу водних ресурсів вимагають надійності у роботі, тому для організації зв'язку доцільно використовувати обладнання виробників промислових приладів та засобів автоматизації, що позитивно зарекомендували себе для диспетчеризації технологічних процесів на ринку України.

Загальна запропонована топологія диспетчеризації зображена на рис. 1.



Рис. 1 – Система диспетчеризації на базі промислових ПЛК та «хмарного» середовища

Наведемо опис основних компонентів та обґрунтування вибору:

- Сервіс Cloud
- Інтеграція сервісу Cloud з SCADA, WEB і мобільними застосунками
- OPC-сервер та SCADA-системи
- Радіотермінал
- Програмоване реле
- Переваги рішення та можливість інтеграції з 2GIS системами

Центр диспетчеризації – це приміщення, оснащене комп'ютерними системами і пультами управління, де оператор, він же диспетчер, контролює роботу об'єкта. Часто обладнані великими екранами для відображення інформації в режимі реального часу. Для організації диспетчерського контролю, пропонується використовувати SCADA-систему Simple-Scada Professional на 500 терів. Проте можливе використання будь-якої SCADA-системи, що буде підключена до хмарного сховища Cloud за допомогою OPC-сервера, або розробка власної веб-системи

що може отримувати дані з хмарного сховища за допомогою відкритого API та http-запитів. Центральний диспетчерський пульт, попередньо пропонується встановити в м. Миколаїв, у місці з провідним інтернет доступом.

Системи моніторингу та управління – програмно-апаратні комплекси, які збирають дані з датчиків, сенсорів і контролерів. Вони транслюють інформацію диспетчеру й автоматично реагують на зміни стану системи.

Датчики та виконавчі пристрої контролю – елементи, що встановлені на об'єктах, і які збирають дані про параметри роботи обладнання (температура, тиск, витрата, напруга тощо). Інформацію передають у диспетчерський центр для аналізу та ухвалення рішень.

Програмне забезпечення – системи управління, які обробляють і відображають дані, контролюють процеси в реальному часі та керують усім в автоматичному режимі. Дані про стани об'єктів диспетчеризації можуть зберігатись на хмарному сховищі. Дані з хмарного сховища передаватимуться на диспетчерське автоматизоване робоче місце. Крім того за наявності паролю можна переглядати дані і графіки безпосередньо у хмарному сховищі з браузера будь-якого пристрою, за наявності доступу до інтернет.

Зв'язок і мережі передавання даних – комунікаційні системи, які забезпечують передавання даних між об'єктами, пристроями контролю та диспетчерським центром. Це можуть бути як локальні мережі, так і мережі на великі відстані. Можливе використання інтернету. Для організації безпроводного зв'язку кожного об'єкту з центральним диспетчерським пультом пропонується використовувати комплект радіотерміналів системи стільникового зв'язку GSM-900/1800. Радіотермінал ПМ-210 встановлюється по 1 шт. на кожен об'єкт спостереження та керування. Кожен радіотермінал отримуватиме дані по промисловому інтерфейсу RS-485 (протокол Modbus) від промислових контролерів, і передаватиме дані по GSM мережі у спеціалізоване хмарне сховище сервісу Cloud.

На даний час, постає також актуальним кібернетичний захист системи диспетчеризації. Основним принципом захисту є забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних. Для цього можуть застосовуватися різні технічні та організаційні заходи. Наприклад, використовуються міжмережеві екрани (firewalls), які контролюють потік даних між різними мережами і блокують потенційно небезпечні підключення. Також застосовуються системи виявлення вторгнень (intrusion detection systems), які моніторять мережевий трафік і визначають підозрілі активності. Крім того, важливо забезпечити аутентифікацію та авторизацію користувачів. Для цього використовуються паролі, ключі та інші методи ідентифікації. Також застосовуються заходи для запобігання атак на програмне забезпечення, такі як уразливості або відмова в обслуговуванні (DDoS). Для цього регулярно випускають оновлення та патчі безпеки, проводять аудити системи та навчання персоналу.

Захист від зовнішніх загроз є невід'ємною частиною схеми диспетчеризації. Необхідно приділяти достатню увагу як технічним, так і організаційним аспектам безпеки, щоб ефективно реагувати на загрози та запобігати їх виникненню.

References

1. Kropyvnyts'ka V.B., Klym B.V., Romanchuk A.H., & Slabinoha M.O. Doslidzhennya alhorytmiv dyspetcheryzatsiyi v komp'yuternykh systemakh // Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch, 2011, 2(39), pp. 93—105 [in Ukrainian].
2. Kutko D.YU. Detsentralizovana dyspetcheryzatsiya moduliv systemy "Rozumne misto" na bazi tekhnolohiyi Internetu rechey 2020 - KIKS. Kafedra EOM. Natsional'nyy universytet "L'vivs'ka politekhnika" [in Ukrainian].
3. Knizhnik YE. N., Perekrast A. L., & Maslivets' A. V.. Informatsiyne zabezpechennya dlya viddaleno ho monitorynhu teploenerhetychnykh ob'yektiv // Inzhenerni ta osvitni tekhnolohiyi v elektrotekhnichnykh i komp'yuternykh systemakh. № 3/2013 (3). Rezhym dostupu do zhurnal: <http://eetecs.kdu.edu.ua> [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.41

Oleg Shchesiuk
Oleg Pryshchepov
Viacheslav Andrieiev

TOPOLOGY OF REMOTE DISPATCHING AND AUTOMATION TOOLS FOR WATER MANAGEMENT FACILITIES

In today's information and social environment, the dispatching process is becoming a prerequisite for meeting high management requirements and is gaining wide scale. The materials of the thesis provide information on the general functions and features of the work of continuous monitoring and operational response services. The topology of remote

dispatching is presented on the example of water facilities in the Mykolaiv region and the automation tools that are part of the remote monitoring system are considered. Particular attention is paid to wireless communication systems that provide data transmission between long-distance facilities and the dispatch centre. To organise dispatch control, it is proposed to use a SCADA system that will be connected to the Cloud storage via an OPC server, or to develop an own web-based system that can receive data from the cloud storage using an open API and http-requests. The article considers cyber security of the monitoring system against external threats. Security programs control the flow of data between different networks and block potentially dangerous connections, and today they are an integral part of the dispatching scheme.

Key words: Dispatching, remote monitoring of facilities, precision farming, water resources office, system components, communication schemes, cyber security.

Відомості про автора / Information about the Author

Олег Щесюк О.В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: taifun.kv@gmail.com , orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Oleg Shchesiuk – PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: taifun.kv@gmail.com , orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Олег Прищепов, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

Oleg Pryshchepov, PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

Вячеслав Андреев, канд. техн. наук, доцент, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: avi@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1143-8043>.

Viacheslav Andrieiev, PhD, Associate Professor, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: avi@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1143-8043>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.42

Vitalii Onatskyi,
Volodymyr Savinov

INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT AND RESOURCE ALLOCATION IN NEXT-GENERATION NETWORK INFRASTRUCTURES

These theses present an advanced methodology for intelligent traffic management and dynamic resource allocation in next-generation network infrastructures. The proposed approach leverages Software-Defined Networking (SDN) combined with Deep Reinforcement Learning (DRL) techniques to enhance network scalability, optimize Quality of Service (QoS), and ensure efficient resource utilization. Experimental results demonstrate significant improvements in network performance, latency reduction, and anomaly detection accuracy. This study emphasizes the practical applicability of intelligent control systems in large-scale environments, such as 5G, IoT, and smart city networks, paving the way for the development of autonomous, adaptive network management solutions.

Keywords: intelligent traffic management, SDN, DRL, resource allocation, network optimization, QoS, scalability, anomaly detection.

The rapid evolution of communication technologies and the exponential growth of connected devices have dramatically increased the complexity of modern network infrastructures. Ensuring reliable, efficient, and scalable operation under dynamic load conditions has become a critical challenge for network operators. Traditional static traffic management and routing strategies fail to address the needs of large-scale, heterogeneous networks where real-time adaptability is essential.

To overcome these limitations, the integration of intelligent control mechanisms, such as Software-Defined Networking (SDN) and Deep Reinforcement Learning (DRL), offers promising solutions. SDN provides a centralized and programmable network management paradigm, enabling flexible traffic control and resource allocation. Meanwhile, DRL algorithms empower networks with the capability to learn optimal strategies through continuous interaction with the environment, adapting to fluctuating traffic demands and unforeseen anomalies.

This research aims to develop and validate an intelligent framework that combines SDN and DRL for proactive traffic management, dynamic resource distribution, and robust anomaly detection in next-generation network infrastructures.

Recent advancements in network optimization have seen the growing adoption of machine learning techniques for enhancing traffic analysis, routing efficiency, and security. Graph Neural Networks (GNNs) and DRL-based models have been effectively employed for traffic prediction and adaptive resource management, particularly in SDN and IoT ecosystems.

Studies have shown that DRL outperforms traditional routing algorithms by enabling networks to dynamically adapt to changing conditions. For example, DRL-based approaches have been successfully implemented for QoS optimization in vehicular networks and load balancing in SDN-driven edge computing environments. Additionally, deep learning methods have proven effective in real-time anomaly detection, significantly improving network security against sophisticated cyber-attacks.

However, existing solutions often focus on isolated aspects of network optimization, lacking a holistic approach that simultaneously addresses scalability, QoS, resource efficiency, and security. This research bridges this gap by proposing an integrated methodology tailored for large-scale, high-performance network environments.

The proposed framework for intelligent traffic management and resource allocation encompasses three core components:

Adaptive Traffic Routing - utilizing SDN's centralized control, DRL agents dynamically adjust routing paths based on real-time network state observations. The DRL model, trained with the Proximal Policy Optimization (PPO) algorithm, continuously learns to minimize latency, balance loads, and optimize throughput across multiple network segments.

Predictive Resource Management - incorporating delay prediction models adapted from airport capacity management scenarios, the system forecasts potential network bottlenecks. These predictions enable proactive bandwidth

allocation and load redistribution, ensuring uninterrupted service quality even under peak load conditions.

Real-time Anomaly Detection - a Convolutional Neural Network (CNN) model processes flow-level data to identify abnormal traffic patterns, such as Distributed Denial-of-Service (DDoS) attacks and latency anomalies. The model's high detection accuracy significantly enhances network resilience against security threats.

The architecture leverages the SDN controller (OpenDaylight) integrated with DRL agents and anomaly detection modules, enabling seamless coordination and real-time decision-making.

SDN-DRL-based Traffic Optimization System

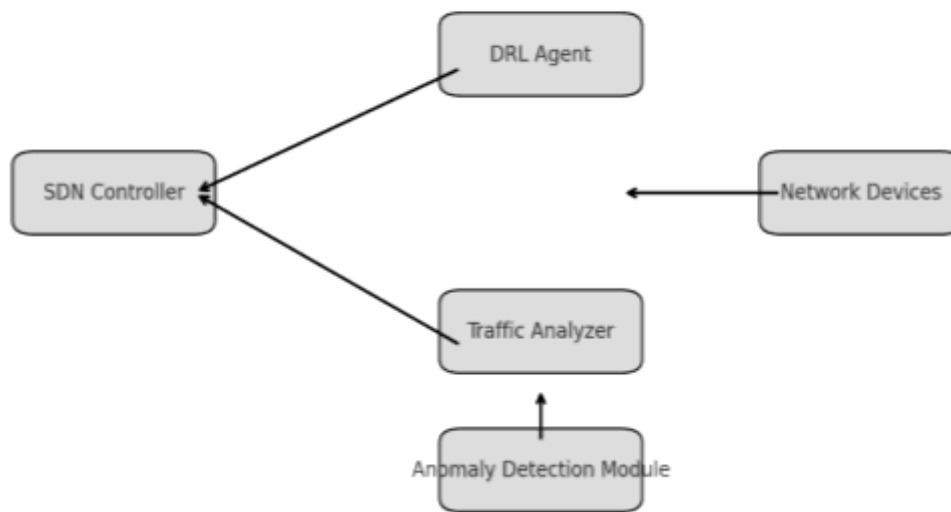


Figure 1. SDN-DRL-based Traffic Optimization System Architecture.

Illustrates the interaction between SDN Controller, DRL Agent, Traffic Analyzer, Anomaly Detection Module, and Network Devices in the proposed system architecture. Solid arrows indicate data flow and control actions.

Experimental Results

The framework was evaluated in a hybrid simulation-emulation environment using mini network and iPerf3 for traffic generation. Performance metrics, including latency, throughput, energy consumption, and anomaly detection accuracy, were assessed under varying network conditions, key findings include:

Latency Reduction: Average end-to-end latency decreased by 18.4% compared to traditional static routing methods.

Throughput Enhancement: Network throughput improved by 10.3%, ensuring better data flow under high-demand scenarios.

Energy Efficiency: The framework achieved an 18.6% reduction in energy consumption through intelligent load balancing.

Anomaly Detection Accuracy: The CNN-based detection model reached a 92% accuracy rate, outperforming conventional methods by 15%.

These results underscore the effectiveness of the proposed methodology in enhancing network performance, adaptability, and security in scalable infrastructures.

Conclusion

This research presents a comprehensive approach to intelligent traffic management and resource allocation in next-generation network infrastructures. By synergizing SDN's programmability with DRL's adaptive learning capabilities, the proposed framework significantly improves network efficiency, scalability, and security.

The experimental validation confirms the superiority of this methodology over traditional approaches, particularly in dynamic and high-load environments such as 5G and IoT networks. The integration of predictive analytics and real-time anomaly detection further reinforces the system's robustness and operational reliability.

Future work will extend this framework to multi-domain network environments and explore federated learning techniques for distributed optimization without compromising data privacy.

References

1. Shaabanzadeh S. S., Carrascosa-Zamacois M. Virtual reality traffic prioritization for Wi-Fi quality of service improvement using machine learning classification techniques. Journal of Network and Computer Applications. 2024. Vol. 230. P. 103939. ISSN 1084-8045. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2024.103939>.
2. Ye S., Xu L., Xu Z. Fast convergent actor-critic reinforcement learning based interference coordination algorithm in D2D networks. Ad Hoc Networks. 2025. Vol. 171. P. 103788. ISSN 1570-8705. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2025.103788>.
3. Mousavi S. H., Khansari M., Rahmani R. A fully scalable big data framework for Botnet detection based on network traffic analysis. Information Sciences. February 2020. ISSN 0020-0255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.11.037>.
4. Khairy M., Mokhtar H. M. O., Abdalla M. Adaptive traffic prediction model using Graph Neural Networks optimized by reinforcement learning. International Journal of Cognitive Computing in Engineering. 2025. ISSN 2666-3074. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2025.02.001>.
5. Kour S., Singh M., Attri V. K., Rana S. B., Sarangal H., Singh B. Simulative investigation of network scalability over MANET routing protocols. Procedia Computer Science. 2025. Vol. 252. P. 500-509. ISSN 1877-0509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.009>.
6. Prabu U., Geetha V. Minimizing the Maximum Link Utilization for Traffic Engineering in SDN: A Comparative Analysis. Procedia Computer Science. 2025. Vol. 252. P. 296-305. – ISSN 1877-0509. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.12.032>.
7. Suja Mary D., Jaya Singh Dhas L. Network intrusion detection: An optimized deep learning approach using big data analytics. Expert Systems with Applications. 2024. Vol. 251. P. 123919. ISSN 0957-4174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123919>.

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.42

Віталій Онацький,
Володимир Савінов

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ ТА РОЗПОДІЛ РЕСУРСІВ В МЕРЕЖЕВИХ ІНФРАСТРУКТУРАХ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

У цих тезах представлено передову методологію інтелектуального управління трафіком та динамічного розподілу ресурсів в мережеских інфраструктурах наступного покоління. Запропонований підхід використовує програмно-визначені мережі (SDN) у поєднанні з методами глибокого навчання з підкріпленням (DRL) для підвищення масштабованості мережі, оптимізації якості обслуговування (QoS) та забезпечення ефективного використання ресурсів. Експериментальні результати демонструють значні покращення продуктивності мережі, зменшення затримки та точності виявлення аномалій. Це дослідження підкреслює практичну застосовність інтелектуальних систем керування у великомасштабних середовищах, таких як мережі 5G, IoT та розумних міст, прокладаючи шлях для розробки автономних, адаптивних рішень для управління мережею.

Ключові слова: інтелектуальне управління трафіком, SDN, DRL, розподіл ресурсів, оптимізація мережі, QoS, масштабованість, виявлення аномалій.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Віталій Онацький, аспірант кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: vitalii.onatskyi@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7207-8375>.

Vitalii Onatskyi, PhD Student of the Computer Engineering Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: vitalii.onatskyi@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7207-8375>.

Володимир Савінов, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: volodymyr.savinov@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0862-5879>.

Volodymyr Savinov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Computer Engineering Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: volodymyr.savinov@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0862-5879>.

ДЛЯ НОТАТОК

[illegible]

ДЛЯ НОТАТОК

[illegible]

[illegible]

Наукове видання

**МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ КОНФЕРЕНЦІЙ
ЧОРНОМОРСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

**MATERIALS OF THE SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
OF PETRO MOHYLA BLACK**

**Матеріали ХХІІ Міжнародної наукової конференції
«ОЛЬВІЙСЬКИЙ ФОРУМ – 2025: стратегії країн
Причорноморського регіону в геополітичному просторі»**

№ 1 (1), 2025

СЕРІЇ: ДИЗАЙН, КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Адреса оргкомітету:

м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10, 54003
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, 8 (0512) 76–55–99, факс: 50–00–69, 50–03–33,
E-mail: avi@chmnu.edu.ua, rector@chmnu.edu.ua

Редактор: *О. Михайлова.*
Комп'ютерна верстка, дизайн: *К. Гросу-Грабарчук*
Друк: *С. Волинець.*
Фальцювальні-палітурні роботи: *О. Мішалкіна.*

Підп. до друку 10.06.2025.
Формат 60х84^{1/8}. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 23,2. Обл.-вид. арк. 13,7. Зам. № 7063

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.