



**NURE**

Kharkiv National University  
of Radioelectronics



VI International Conference  
**MANUFACTURING**  
&  
**MECHATRONIC**  
**SYSTEMS**

M&MS 2022, 21-22 October, Kharkiv, UKRAINE

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2022: матеріали VI-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2022 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2022. – 136 с

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних CAD системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв.

Manufacturing & Mechatronic Systems 2022: Proceedings of VIst International Conference, Kharkiv, October 21-22, 2022: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2022. - 136 p.

The collection includes the theses of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Vladyslav.V. Yevsieiev



© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (KITAM), ХНУРЕ, 2022

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)  
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)  
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)  
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Festo Didactic Україна  
Jabil Circuit Ukraine Limited

ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»  
Факультет автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ)  
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ),  
Державне підприємство «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування»  
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

# МАТЕРІАЛИ

VI-ої Міжнародної Конференції  
**ВИРОБНИЦТВО**  
&  
**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2022**  
(21-22 жовтня 2022)  
Харків, Україна



## ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство  
**освіти і науки**  
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)  
The Ministry of Education and Science of Ukraine



**NURE**  
Kharkiv National University  
of Radioelectronics

Харківський національний університет  
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY  
OF LIFE SCIENCES  
- SGGW**

Варшавський університет сільського  
господарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



Азербайджанський державний університет  
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



ТОВ «Науково-виробниче підприємство  
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise  
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет «Львівська  
політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Науково-дослідний  
технологічний інститут приладобудування»,  
м. Харків, Україна

State Enterprise «Scientific Research Technological  
Institute of Instrumentation», Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний  
проектно-конструкторський та науково-  
дослідний інститут авіаційної промисловості»,  
м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research  
Institute of Aerospace Industries», Kharkiv,  
Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

# КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

## МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Шакирович Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Олександр Іванович Филипенко** заступник голови комітету конференції, лауреат Державної премії України в галузі освіти доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Мурад Анвер огли Омаров** доктор технічних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
- Владислав В'ячеславович Євсєєв** секретар, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Andrzej Chochowski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща
- Pawel Obstawski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща.
- Сергій Богомолів** лектор/доцент, доктор філософії (комп'ютерні науки), Дослідницька школа комп'ютерних наук, Коледж інженерії та комп'ютерних наук, Австралійський національний університет, Австралія.
- Микола Васильович Замірець** доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування, Україна
- Михайло Васильович Лобур** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка», Україна.
- Євген Сергійович Риженко** керівник відділу дидактики ДП «Фесто», Україна
- Сергій Володимирович Демченко** директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «УКРІНТЕХ», Україна.

- Самед Імамалі огли Юсіфов** кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та управління, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Фарід Гаджі огли Агаєв** кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри управління та системної інженерії, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості», Україна.
- Володимир Вікторович Козирський** доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та енергозбереження, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Віталій Пилипович Лисенко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Юрій Францевич Зіньковський** доктор технічних наук, професор кафедри радіоконструювання і виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Володимир Митрофанович Свищ** доктор технічних наук, професор, радник директора Державного науково-виробничого підприємства «Об'єднання Комунар», Україна.
- Віталій Євгенович Овчаренко** доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Державного підприємства «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування», Україна.
- Лариса Сергіївна Глоба** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційно-комунікаційних мереж, Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Анатолій Олександрович Андрусевич** доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу Національного авіаційного університету, Україна.

- Роман Володимирович Артюх** кандидат технічних наук, директор Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна.
- Glen Kurtwitz** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Шотландія.
- Liu Shan** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Китай.
- Володимир Андрійович Павлиш** кандидат технічних наук, професор, перший проректор Національного університету «Львівська політехніка», Україна
- Сергій Іванович Осадчий** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, Центральнорукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна.
- Анатолій Афанасійович Єфіменко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій, Одеський національний політехнічний університет, Україна
- Анатолій Петрович Ладанюк** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем, Національний університет харчових технологій, Україна.
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.



## ЗМІСТ

<i>Володимир Голощанов, Світлана Альохіна</i>	
Проблеми застосування сучасних систем автоматизації при впровадженні малих модульних реакторів в Україні .....	12
<i>Andrii Bondariev, Svitlana Maksymova</i>	
Automated Monitoring System Development .....	15
<i>Ірина Жарікова, Влас Зубенко</i>	
Аналіз технічних засобів для автоматизованої системи керування параметрами мікрокліматув транспортних засобах .....	19
<i>Svitlana Maksymova, Artem Velet</i>	
Development of an Automated System of Terminal Access to Production Equipment Using Computer Vision .....	22
<i>Igor Nevludov, Vladyslav Yevsieiev, Svitlana Maksymova, Oleksandr Klymenko, Maksym Vzhesnievskyi</i>	
Analysis of Software Products for Simulation Modeling of the Operation of the System of Shuttles for Warehousing .....	24
<i>Svitlana Maksymova, Vladyslav Nikitin</i>	
Software for Monitoring Traffic Signs .....	27
<i>Володимир Грицюк, Марко Чугай, Даніїл Нерсесян</i>	
Побудова тривимірної кінцево-елементної моделі автоматизованого комплексу індукційного нагріву металевих деталей .....	31
<i>Володимир Грицюк, Олександра Цуркіна, Максим Малишев</i>	
Визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором .....	34
<i>Vladyslav Yevsieiv, Svitlana Starikova</i>	
Analysis of Existing Zoomorphic Mobile Fish Robots .....	36
<i>Shalko Yevhenii</i>	
Analysis of Production Data Monitoring and Visualization Systems for Cyber-Physical Production Systems .....	39



<i>Антон Бондаренко, Дмитро Янушкевич</i>	
Розроблення засобів формування баз даних про вибухонебезпечні предмети, методи їх пошуку та ідентифікації .....	43
<i>Винник Андрій, Леонід Іванов</i>	
Призначення та класифікація сучасних контакторних груп .....	48
<i>Гайдамака Вадим, Леонід Іванов</i>	
Акумуляторні батареї. Вплив на життєвий цикл акумуляторної батареї	51
<i>Ємець Сергій, Леонід Іванов</i>	
Різновиди та особливості вибору тягового електродвигуна .....	54
<i>Іван Журавель, Дмитро Гурін</i>	
Аналіз методів дозування рідин для ацетонової лазні .....	57
<i>Олександр Каплін, Олександр Цимбал</i>	
Розроблення бортової багатозонавої системи комп'ютерного зору із функціями розпізнавання та ідентифікації .....	61
<i>Лисаченко Владислав, Хрустальова Софія</i>	
Використання систем технічного зору в сучасній промисловості .....	64
<i>Богдан Мальцев, Леонід Іванов</i>	
Ефективність використання сонячних батарей для тролейбусу .....	68
<i>Ігор Руденко, Артем Бронніков</i>	
Система моніторингу автоматизованих систем на підприємстві .....	71
<i>Олександр Малий, Наталія Фурманова, Олексій Фарафонов, Павло Костяной</i>	
Система навігації на основі технології комп'ютерного зору для БПЛА	74
<i>Andrii Sliusar, Sofiia Khrustalova</i>	
Resource Management System for of the Utility Sector at The Base Wireless Sensor Networks .....	78
<i>Vladyslava Holovina</i>	
Analysis of Ground Search and Rescue Robots .....	81

*Богдан Гузенко, Вікторія Невлюдова*

Автоматизований моніторинг доступу до виробничого приміщення на основі однопалатного комп'ютера Raspberry Pi ..... 84

*Чикота Віталій, Дмитро Янушкевич*

Картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами ..... 88

*Данило Шафоростов, Дмитро Янушкевич*

Робототехнічні системи та їх застосування для пошуку вибухонебезпечних предметів ..... 92

*Dmytro Shevchenko*

Robotic Systems for Cooperative Work ..... 95

*Катерина Шевченко*

Аналіз систем розпізнавання об'єктів в рамках концепції Warehouse 4.0 98

*Dmytro Yanushkevych, Leonid Ivanov*

Modern Trends in the Development of Robotic Complexes for Humanitarian Demining ..... 101

*Олег Панченко*

Технологія обміну даними в інфраструктурі Smart-City ..... 105

*Daryna Nienova1, Yurii Romashov*

Approaches to Functional Dependencies Representation for Industrial Automation Systems Mathematical Support ..... 110

*Світлана Шостенко, Олена Чала*

Архітектура програмного забезпечення для супроводження автоматизованих систем оповіщення на виробництві ..... 115

*Софія Хрустальова, Захар Тимченко*

Автоматизована інформаційна система оптимізації діяльності медичного закладу ..... 118

*Владислав Карабін, Вікторія Невлюдова*

Моделі керування вантажно-транспортними пристроями виробів широкого призначення ..... 122

<i>Veronika Rudenko</i>	
Analysis of the Interaction of Zoomorphic Sociorobots with People .....	127
<i>Шило Назар, Олена Чала</i>	
Обмін файлами у веб-застосунках з використанням NODE.JS .....	130
<i>Володимир Безкоровайний, Володимир Ханджян</i>	
Математична модель багатокритеріальної задачі структурно-параметричної оптимізації виробничих технологічних процесів .....	133

# Проблеми застосування сучасних систем автоматизації при впровадженні малих модульних реакторів в Україні

Володимир Голощапов<sup>1</sup>, Світлана Альохіна<sup>1,2</sup>

1. Відділ оптимізації процесів і конструкцій турбомашин, Інститут проблем машинобудування ім.А.М.Підгорного НАН України, УКРАЇНА,

Харків, вул. Пожарського 2/10, e-mail: alyokhina@ipmach.kharkov.ua

2. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: svitlana.alyokhina@nure.ua

**Анотація:** В роботі висвітлені основні положення стратегії впровадження малих модульних реакторів в Україні. Зазначено, які саме існують типи малих модульних реакторів. Зроблено акцент на перспективах впровадження малих модульних реакторів в Україні в контексті стадії їх розробки та стану енергетичного обладнання, що експлуатуються на електростанціях. З наведеної інформації виокремлені основні проблеми, що ставатимуть в сфері автоматизації при впровадженні малих модульних реакторів в Україні.

**Ключові слова:** малий модельний реактор, енергетика, автоматизовані системи управління.

## I. ВСТУП

Широке впровадження відновлюваних джерел енергії та, насамперед, сонячної та вітрової енергетики, що відрізняється нестабільністю та хаотичністю виробництва, серйозно ускладнює проблему регулювання енергосистеми України та потребує створення компенсуючих генеруючих потужностей малої та середньої потужності [1, 2]. Створення таких потужностей на основі вуглеводневих технологій призводить до збільшення викидів вуглекислого газу, що порушують чистоту навколишнього середовища.

Інвестування у розвиток чистих джерел енергії, до яких також може бути віднесено і ядерну енергетику дозволяє:

- зменшити залежність від викопних ресурсів;
- забезпечити енергетичну безпеку;
- забезпечити постачання викопного палива з урахуванням нестабільності зовнішньої торгівлі енергоресурсами;
- знизити екологічний дисбаланс шляхом зменшення шкідливих викидів.

На сьогоднішній день все більший інтерес виробники електроенергії виявляють до малих модульних реакторів (ММР), розглядаючи їх як джерело чистої енергії, що використовується в різних умовах таких як [3]:

- автономні джерела електричної та теплової енергії у районах, де немає електромереж;
- автономне джерело на виробництвах з великим споживанням теплової енергії у технологічному процесі;

– пристрої для генерації електроенергії, які заміщають енергоблоки теплових електростанцій, що виробили свій фізичний ресурс;

– енергоблоки компенсуючої потужності в системах, що включають відновлювані джерела енергії (гібридні системи);

– джерела електроенергії для регулювання навантаження енергомережі;

– теплові джерела для опріснення води.

Метою цієї роботи є висвітлення та аналіз основних проблем при впровадженні ММР в Україні.

## II. ПОНЯТТЯ ММР

Малими модульними реакторами є ядерні установки з вихідною електричною потужністю від 10 МВт до 300 МВт. Реактивні установки з вихідною електричною потужністю 10 МВт і менше відносяться до класу мікромодульних [4, 5].

Конструкція таких реакторів передбачає:

- високий рівень модульного виконання;
- високий рівень стандартизації в умовах заводського виготовлення;
- серійне виробництво, що забезпечує максимізацію економії ресурсів. Ефект серійності є ключовим фактором, який визначає економічну конкурентність ММР. Перспектива заводського виробництва реакторних установок є важливою перевагою.

Серед існуючих типів малих модульних реакторів, над якими йду активна робота, можна виділити наступні [5]:

- ті, що охолоджуються водою та розташовані на землі;
- ті, що охолоджуються водою та розташовані на воді;
- високотемпературні з охолодженням газом;
- реактори на швидких нейтронах;
- реактори на розплавах солей.

## III. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ММР В УКРАЇНІ

Після того, як з'являться діючі моделі ММР, можливо створити цікавий підхід для заміни теплової генерації на вугіллі на атомну з використанням малих

реакторів для створення Київської, Одеської АТЕЦ (атомної електроцентрالی).

Провідні фахівці Міністерства енергетики України вважають перспективним варіант модернізації ТЕЦ або ТЕС із встановленням малих модульних реакторів на 50 чи 150 МВт за умов дотримання всіх вимог ядерної та радіаційної безпеки.

Україна розглядає можливість оснастити такими реакторами теплові електростанції, які спричиняють значні викиди вуглецю. Міністр енергетики України Герман Галущенко відмітив, що "йдеться про перспективи розвитку атомної енергетики в Україні протягом найближчого півстоліття".

Прийнятий також в Україні курс на розвиток відновлюваних джерел енергії та насамперед на будівництво великих сонячних електростанцій (СЕС) та вітрових електростанцій (ВЕС) дозволяє проаналізувати можливий розвиток ядерно-відновлюваних енергетичних систем [1].

Інтенсифікація відновлюваних джерел з ядерної складової може вплинути на підвищення попиту на електроенергію. Крім того, відсутність викидів парникових газів відіграє велику роль у вирішенні екологічних проблем.

Комбінуючи поновлювані джерела з атомними, тобто використовуючи ММР, можна задовольнити потребу економічного розвитку та населення, а також досягти економічної доцільності у використанні викопного палива.

Проектування гібридної ядерно-відновлюваної енергетичної системи залежить від конкретного використання, технічних вимог та економічних факторів, пов'язаних із обслуговуванням системи. Вона має бути адаптована для динамічної оптимізації використання електричної та теплової енергії, коли реактор працюватиме в умовах близьких до стаціонарних розрахункових, при цьому витрати на технічне обслуговування будуть мінімальними.

Розташування та розміри гібридної ядерно-відновлюваної системи є базовим рівнем для процесу її проектування з урахуванням оптимізації її елементів та умов експлуатації. В цілому, конфігурація та розміри можуть бути виконані із залученням різних методів визначення характеристик: імовірнісного, інтерактивного, аналітичного та модельного. При цьому необхідно врахувати тепловий, механічний, хімічний, водневий, електричний та інформаційний взаємозв'язок процесів, що протікають, з їх основними вимогами. Ефективність гібридної системи значною мірою залежить від інтелектуальної системи моніторингу та автоматизованої системи управління, питанням розробки яких необхідно приділяти значну увагу.

#### IV. СТАН ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

До складу теплової енергетики України входять теплові електростанції, які організаційно розділені на чотири генеруючі компанії Дніпроенерго, Центренерго, Донбасенерго, Західенерго та ТОВ «Східенерго», а також блок-станції та комунальні ТЕЦ.

На ТЕС встановлено 6 енергоблоків потужністю 150 МВт, 43 блоки потужністю 200 МВт, 42 блока потужністю 300 МВт (з них 2 газомазутних), 6 газомазутних блоків потужністю 800 МВт та 1

пилівугільний блок потужністю 800 МВт. На крупних ТЕЦ експлуатуються 5 газомазутних блоки потужністю 300 МВт. Потужність українських енергоблоків та їх строки введення в експлуатацію на електростанціях наведено в табл. 1 [6].

Таблиця 1. Характеристики блочних ТЕС України

Назва станції	Потужність енергоблоків (проектна), МВт	Рік введення в експлуатацію
Луганська	8x200, 1x100	від 1961 до 1969
Старобешевська	10x200	від 1961 до 1967
Слав'янська	1x720	від 1967 до 1971
Вуглегорська	4x300, 3x800	від 1972 до 1977
Курахівська	1x200, 6x210	від 1971 до 1975
Зуївська	4x300	від 1981 до 1988
Придніпровська	4x150, 4x300	від 1958 до 1965
Криворізька	10x300	від 1965 до 1973
Запорзька	4x300, 3x800	від 1972 до 1979
Зміївська	6x200, 4x300	від 1960 до 1969
Трипільська	6x300	від 1969 до 1972
Ладизинська	6x300	від 1970 до 1971
Доброворська	2x150, 3x100	від 1963 до 1964
Бурштинська	12x200	від 1965 до 1969
Харківська ТЕЦ-5	1x250, 2x110	1986
Київська ТЕЦ-5	2x250, 2x100	від 1974 до 1976
Київська ТЕЦ-6	2x250	від 1982 до 1984

Як видно з таблиці, усі енергоблоки старші за 30 років, отже мають суттєвий термін експлуатації. Такий вік обумовлює не лише стан обладнання, а точніше ступень його зношення, а й тип встановленого обладнання. Так, якщо вважати, «серцем» енергоблоку його енергогенеруюче обладнання (турбоустановку), то «мозком» є блочний щит керування, який, очевидно, встановлювався у ті ж терміни, що і вводилось в експлуатацію енергетичне обладнання. Час вводу в експлуатацію блочного щита керування обумовлює й тип обладнання, що на ньому встановлене. На рис. 1 наведено типовий блочний щит керування, які встановлені на багатьох електростанціях.



Рис. 1. Типовий блочний щит керування електростанції

З рис.1 видно, що обладнання, яке застосовується, переважно аналогового типу, відсутні системи цифрового моніторингу, обробки та збереження інформації.

## V. ОСНОВНІ ВИКЛИКИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ММР

Малі модульні реактори – це сучасна технологія, отже при її впровадженні застосовуються останні досягнення науки і техніки, зокрема, впроваджуються досягнення зі сфери автоматизації.

Автоматизована система управління технологічним процесом, що реалізована на реакторах цієї технології потребує особливої уваги [7]. Наприклад, зв'язки між підсистемами безпеки різних класів повинні бути досить простими та зрозумілими та використовувати обладнання найвищих класів безпеки [8].

Зазначені проблеми є досить частим зауваженням при ліцензуванні ММР [9]. Але навіть після їх усунення залишається питання інтеграції нових систем до вже існуючих АСУ ТП, які експлуатуються на енергоблоках (адже саме підхід інтеграції ММР до енергоблоків, що вже експлуатуються, пропонується використовувати в Україні). Так, старі АСУ ТП можуть використовувати дещо інше обладнання, яке може не задовольняти вимогам безпеки, або мати принципово інший принцип роботи.

Таким чином, при інтеграції до української енергосистеми сучасної технології ММР, які використовують сучасні системи автоматизації, виникає проблема поєднання різних рівнів технологій, що, в свою чергу, вимагає суттєвих фінансових витрат. Наприклад, при впровадженні ММР на вже існуючій ТЕЦ, що експлуатується понад 30 років, скоріш за все, буде необхідно замінити блочний щит керування. Очевидно, що це вимагатиме широкого спектру робіт та значних фінансових вкладень. Слід зауважити, що проблема інтеграції нового та старого обладнання та оптимізація використання ресурсів та фінансових витрат потребує окремого глибокого дослідження.

## VI. ВИСНОВКИ

З метою підтримки сталого розвитку енергетичної галузі України, енергонезалежності країни та впровадження екологічно чистих технологій

перспективним є впровадження технології малих модульних реакторів. Такий підхід розвитку енергетики зафіксований на державному рівні та підтримується відповідними державними органами.

На основі аналізу сучасного стану енергогенеруючого обладнання, яке встановлене на вітчизняних електростанціях, показано, що воно пройшло значний термін експлуатації, адже було встановлено більш ніж 30 років тому. Відповідно й системи автоматизації, які задіяні на електростанціях морально застаріли. Це може стати одним із перепонів впровадження малих модульних реакторів та потребувати додаткових фінансових вкладень.

## ПОСИЛАННЯ

- [1] Priymak, O., N. Yefimenko, V. Shepichak, and I. Redko. "Ecological Expediency of using Traditional Fuels as Opposed to Solar Energy", *Lecture Notes in Civil Engineering*, Vol. 290 LNCE, 2023. doi:10.1007/978-3-031-14141-6\_33.
- [2] Bogachov, S., A. Kirizleyeva, O. Mandroshchenko, S. Shahoian, and Y. Vlasenko. "Economic Policy of Eastern European Countries in the Field of Energy in the Context of Global Challenges." *Global Journal of Environmental Science and Management* 8 (1): 1-16. 2022. doi:10.22034/gjesm.2022.01.01.
- [3] Hedayat, A. 2022. "The Role of Advanced Nuclear Reactors in Non-Electrical and Strategic Applications, Producing Sustainable Energy Supplies and Reducing the Greenhouse Gasses." *Kerntechnik*. doi:10.1515/kern-2022-0029.
- [4] Singh, O. P. 2021. "Nuclear Reactors of the Future." In *Physics of Nuclear Reactors*, 695-746. doi:10.1016/B978-0-12-822441-0.00006-6.
- [5] "Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS)", IAEA, 2020.
- [6] Шубенко, А. Л., Швецов, В. Л., Голощанов, В. Н., Солодов, В. Г., Алехина, С. В. "Совершенствование термодинамических характеристик проточных частей мощных паровых турбин" // Под общ. ред. чл.-корр. НАН Украины А. Л. Шубенко. Х.: Цифрова друкарня №1, 2013. 172 с.
- [7] Cummins, D. and E. T. Quinn. 2020. "Instrumentation and Control Technologies for Small Modular Reactors (SMRs)." In *Handbook of Small Modular Nuclear Reactors: Second Edition*, 117-145. doi:10.1016/B978-0-12-823916-2.00006-0.
- [8] Hesketh, K. W. and N. J. Barron. 2020. "Small Modular Reactors (SMRs): The Case of the United Kingdom." In *Handbook of Small Modular Nuclear Reactors: Second Edition*, 503-520. doi:10.1016/B978-0-12-823916-2.00020-5.
- [9] Black, R. L. 2020. "Licensing of Small Modular Reactors (SMRs)." In *Handbook of Small Modular Nuclear Reactors: Second Edition*, 279-298. doi:10.1016/B978-0-12-823916-2.00011-4.

# Automated Monitoring System Development

Andrii Bondariev<sup>1</sup>, Svitlana Maksymova<sup>1</sup>,

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauki Ave. 14., e-mail: andrii.bondariev@nure.ua

**Abstract** - The relevance of the topic of monitoring and its impact on the production efficiency of the enterprise is given. Data transmission standards of both hardware and software parts of the system, as well as transmission over the Internet, were analyzed. An analysis of the impact of the lack of monitoring, as well as the situation of non-compliance with the operating conditions of the sensors, was carried out. Modern automated monitoring systems were considered and analyzed. The development prospects of the development of an automated monitoring system in production are described.

**Keywords:** Automated System, Monitoring, Sensors and Sensors, Arduino Microcontroller, Web Service Amazon Web Services, Web Technologies, IoT.

## I. INTRODUCTION

Monitoring of information technology systems is a component of the management of the information infrastructure of the enterprise, which consists in the constant observation and periodic analysis of the components of the work processes with the tracking of the dynamics of the changes that occur with it. The key task of monitoring systems is to receive, save and analyze information about the state of controlled elements of the company's structure. The development web application allows you to quickly react to a problem in the operation of services, as well as effectively prevent the occurrence of problems [1]. That is why the idea was put forward to create a similar system, which will be an automated system for monitoring and managing work processes in production.

Today, in various companies with production, the need for self-monitoring of components used in work processes during the performance of important tasks is growing. The need to find methods of detecting problems in production during the execution of work processes is an important component and indicator of the productivity of the business structure. For the necessary effectiveness, it is necessary to be able to notice and solve such problems in a timely manner, so that they do not allow negative perspectives, critical incidents and do not involve material losses in the company. The relevance of the topic of monitoring in the technological sphere is especially relevant, because poor-quality use of production capacity or materials can entail a tendency for negative production efficiency and its unprofitability in the distant possible forecast. While having even the simplest monitoring can prevent these bad consequences.

The key task of monitoring systems is to receive, save and analyze information about the state of controlled elements of the company's structure, and the AWS cloud web service copes well with this task. For more than 15 years, Amazon Web Services has been the most complete and widely used cloud service in the world[2]. AWS is constantly expanding

its technologies to support almost any cloud solution. Today, it has more than 200 full-featured services for computing, storage, databases, networking, analytics, machine learning and artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), mobile devices, security, hybrid, virtual and augmented reality (VR and AR), media, the entire application development cycle. The listed services cover 81 availability zones in 25 geographic regions. Millions of customers, including the fastest-growing startups, corporations, and leading government agencies, trust AWS to transform their infrastructure to become more elastic and lower costs.

## II. DESIGN AND FORMATION OF AUTOMATED MONITORING SYSTEM

The purpose of this work is to create an automated system for monitoring important indicators during work processes in production with the help of sensors and modern information and technical technologies. Work processes mean the creation of a material product necessary for the existence and development of production as a business structure, and monitoring is a necessary part of improving the efficiency of the creation of this product.

For example, you can consider an enterprise that produces a material product, and for which it is important to observe the temperature regime for materials of various kinds - these can be products of the chemical industry, with electrical conductivity. Violation of the climatic regime during the processing and production of such goods can lead to a significant defect rate in the final version. To prevent this, monitoring based on a humidity and temperature sensor can be set up in the working areas, which will transmit the indicators to the appropriate directory. There can be as many such sensors as necessary, and this need is calculated using the same indicators that can affect the quality of the manufactured product.

An urgent task is to create an automated system for monitoring lighting, temperature and humidity, noise and vibration - important indicators during work processes in production using sensors and modern IT technologies using AWS. Work processes mean the creation of a material product necessary for the existence and development of production as a business structure, and monitoring is a necessary part of improving the efficiency of the creation of this product[3]. At that time, AWS is an important part of this system because it is in the web cloud that the deployment of the completed application will take place. In addition to the fact that the AWS web service performs its task well, it is also worth considering the best aspects of this cloud provider:

The cloud gives an easy access to a wide range of technologies so you can innovate faster and create almost



anything you can imagine. From infrastructure services such as compute, storage, and databases to IoT, machine learning, data analytics, and more, you can quickly scale resources as needed. Thanks to the capabilities of AWS, the implementation is several orders of magnitude faster than before and it gives the freedom to experiment, test new ideas to differentiate the customer experience and transform your business.

AWS is designed to be the most flexible and secure cloud computing available today[2]. The AWS core infrastructure is designed to meet the security requirements of the military, global banks, and other highly sensitive organizations. This is supported by a comprehensive set of cloud security tools with 230 services and features for security, compliance and management. AWS supports 90 security standards and compliance certificates, and all 117 AWS services that store customer data offer the ability to encrypt that data. This suggests that using AWS will make the development monitoring system more secure.

In order to comply with technological norms during the production of a material product, optimal indicators that can contribute to production efficiency must be maintained. The work will consider sensors that can provide information to the monitoring system, namely:

- light sensor;
- temperature and humidity sensor;
- noise sensor;
- vibration sensor.

The question arises as to the use of the system, which will be the process of interaction of a microcontroller based on a microcontroller with sensors, from where information will be displayed in software using a cloud web service and wireless technologies. This work will describe the creation of a similar automated monitoring system at the production site, which can be seen in Fig. 1

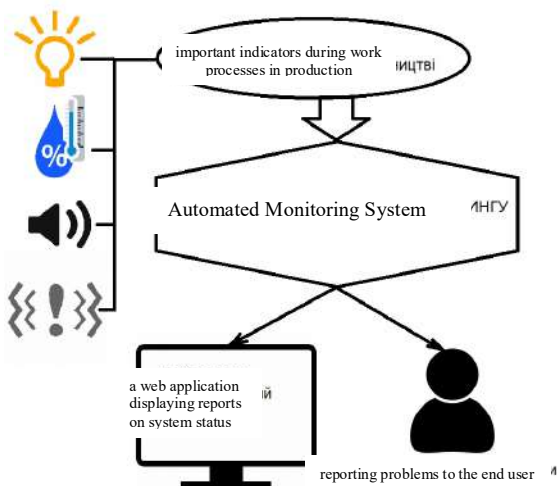


Figure1. Automated Monitoring System Functions

Of course, it would be possible to do without a complex system and choose instruments for measuring indicators that would immediately provide information. And after a person

would have received information about the indicators, he would write them down in a regular journal with a pen, and that journal had to be kept manually every day. Of course, it is simpler and maybe even cheaper, but here you still need to take into account the presence of the human factor, which will be reflected in the incomplete radius and inaccuracy of the calculations, since a person cannot physically fit where an electric sensor can. Manual logging, because of its inconvenience, will have consequences in the transfer and exchange of information, as well as in the ability to back it up.

Thus, it becomes relevant to create an automated monitoring system that will allow control without human intervention, and all information will be collected digitally, which will simplify transfer, processing, storage and interaction with data.

AWS offers Internet of Things (IoT) services and solutions to connect and manage billions of devices. These cloud services connect your IoT devices to other devices and AWS cloud services[2]. AWS IoT provides device software that can help you integrate your IoT devices into AWS IoT-based solutions. If your devices can connect to AWS IoT, AWS IoT can connect them to cloud services provided by AWS (Figure 2).

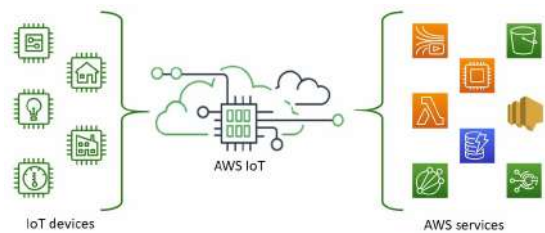


Figure 2. Work Scheme AWS IoT

Also as a practical example of the use of the AWS infrastructure and, as a result, trust among public authorities, you can consider how on July 15, in London, the Minister of Digital Transformation Mykhailo Fedorov and the Director of Digital Transformations in the Public Sector Amazon Web Services (AWS) Liam Maxwell signed a Memorandum on mutual understanding regarding acceleration of digital transformation and implementation of innovations in Ukraine[4]. "For many years, Amazon (AWS) has had a strong, loyal and growing customer community in Ukraine. We welcome the signing of this Memorandum of Understanding with the Ukrainian Government and look forward to working together in the direction of the digital development of the state," — Liam Maxwell, Director of Digital Transformation in the Public Sector, Amazon Web Services in Europe.

### III. SEQUENCE AND PRINCIPLES OF SYSTEM OPERATION

For the automated processing of data from indicators of noise, lighting, temperature and humidity and vibration sensors, it is proposed to create a system that will take into account and solve the shortcomings of existing popular

analogues, taking existing components as a basis, and improving efficiency.

It is proposed to include the following elements [5] (Fig. 3) in the composition of the proposed system for the automation of control and accounting of indicators:

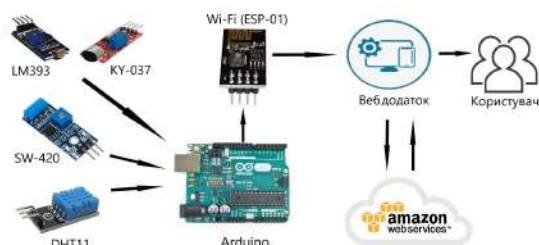


Figure 3. General Scheme of Automated Monitoring System Operation

Wi-Fi module ESP-01 is the most popular module of the ESP8266 series. The controller communicates with the ESP8266 via UART (Serial port) using a set of AT commands. Work on receiving and transmitting data looks like interaction with a TCP socket or with a serial port of a computer. You can program and download firmware through the Arduino IDE [6], just like when working with Arduino. The reaction to AT commands is simply a function of the standard firmware installed at the factory. Since there are 2 input/output ports on the board, after the firmware you can do without an additional controller by connecting the peripherals directly to the module. To flash the module, you will need an ordinary programmer, as well as for some Arduino boards. The PCB antenna of the module provides a communication range of up to 400m in open space. Using the Wi-Fi module ESP-01 is possible thanks to the existing and booming software. The ESP-01 module is successfully used in stationary and mobile devices as part of smart home systems, mobile and wearable devices. Thanks to the use of ESP-01, modern household appliances become an ecosystem of the Internet of Things. Wi-Fi wireless communication and the function of reducing power consumption are especially relevant in robotic complexes that move, with power from chemical sources of current or from solar batteries. This module is ideal for solving the problem of processing information from a microcontroller to a web application based on the AWS cloud web service.

The LM393[7] sensor is able to determine the distance to objects and obstacles, as well as the level of illumination in Lux. The sensor module includes: an IR LED with a programmable driver, two photodiodes for determining total illumination (Ch0) and illumination in the IR range (Ch1), amplifiers with programmable gain, MC, ALU, ADC, RAM, I2C bus controller ( contacts SDA and SCL). The illumination and proximity sensor can be used in Arduino projects to implement mechanisms for changing the brightness of screens depending on the illumination or the approach-removal of objects.

The DHT11 is a digital humidity and temperature sensor consisting of a thermistor and a capacitive humidity sensor.

The sensor also contains an ADC for converting analog values of humidity and temperature. The DHT11 sensor does not have high speed and accuracy, but it is simple, inexpensive and excellent for training and indoor humidity control.

The KY-037 sensor is characterized by high energy efficiency in operation mode (consumes from 3.1 to 6 mA) and automatic noise control. The last advantage manifests itself well when working with borderline sounds in the noise range (quiet sounds are amplified, and loud sounds are amplified). The built-in electric microphone is sensitive to sounds in the frequency range from 22 Hz to 22 kHz. The standard connection of the module to the controller (for example, the Arduino board) is performed via three contacts: Vdd (“+”), GND (“-”), OUT (to the analog input). Using the GAIN contact, you can control the value of the maximum volume gain (by 40 dB, 50 dB, or by 60 dB). The AR contact is used to set the trigger time.

The SW-420 vibration sensor is designed to capture vibrations in Arduino-based systems. The module is widely used from anti-theft systems to the creation of earthquake detectors. The SW-420 vibration sensor responds to shocks and vibrations. The sensitivity of the module can be adjusted using a tuning resistor. The sensor has small dimensions, but is equipped with two LEDs, one of which allows you to monitor the presence of power, and the second turns on when triggered. Unlike other analogues, this sensor is not triggered by constant vibration - one push is enough.

On the basis of the sensors described above, the solution of the task will be performed to automate the data processing of the indicators selected for the task and create a system that will work on the basis of the Arduino microcontroller and informative graphs will be built in real time based on the output data. The image will be displayed in the windows of the software, which in turn will be deployed through the AWS web service. Monitoring will be available through the web version in the secure environment of the cloud provider, so it will not be necessary to install new computers or other digital devices, it will only be enough to have access to the web version and conveniently use an effective system that will help the company monitor its own important work processes.

With cloud computing, you don't have to allocate extra resources up front to handle future peak levels of business activity. Instead, you provide the required amount of resources. You can scale these resources up or down to instantly increase and decrease capacity as your business needs change. For example, AWS container and orchestration services make it easy to manage the underlying infrastructure, both on-premises and in the cloud. This allows you to focus on innovation and the needs of your business. Nearly 80 percent of all containers in the cloud today run on AWS. Customers like Samsung, Expedia, GoDaddy, and Snap choose to run their containers on AWS for security, reliability, and scalability.

AWS IoT allows you to choose the most appropriate and modern technologies for your solution. To help you manage and support your IoT devices in the field, AWS IoT Core supports the following protocols:

- MQTT (message queue and telemetry transport)
- MQTT via WSS (Websockets Secure)
- HTTPS (hypertext transfer protocol - secure)
- LoRaWAN (global long-range network)

In Fig. 4, you can familiarize yourself with the operation scheme of the Arduino microcontroller in the cloud computing system using the services of the AWS platform and the third-party monitoring service Grafana.

Grafana will help to visualize the metrics that the system will provide during operation, and with the help of this service, it will be possible to evaluate the system's performance more comfortably and efficiently. It is also well integrated with the AWS platform, which makes the use of Grafana an effective way of implementing a monitoring system.

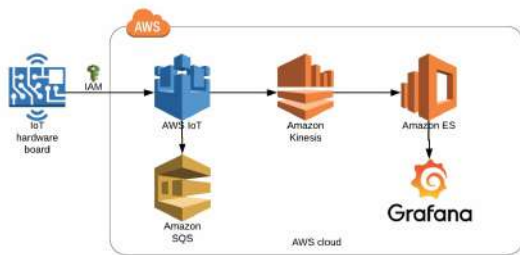


Figure4. Scheme of Automated Monitoring System Operation

#### IV. CONCLUSION

The topic of motion or presence sensors was touched upon in this work. Their analysis was carried out, their role in human life, and a new device was proposed that performs the same tasks, but without the sensor itself, namely an automated information processing module. Thanks to the listed sensors, it will be possible to monitor the necessary lighting, temperature and humidity, noise and vibration. Controlling these indicators will help keep production in an efficient and fault-tolerant state. The automated monitoring system covers important indicators during work processes in production and deals with the processing of data from indicators with the help of sensors and modern information and technical technologies to stabilize and improve the efficiency of creating a material product, which is necessary for the existence and development of production as a business structure.

Thanks to the use of the proposed automated monitoring system using the AWS cloud web service, it will be possible to monitor the necessary lighting, temperature and humidity, noise and vibration. Controlling these indicators will help keep production in an efficient and fault-tolerant state. The automated monitoring system covers important indicators during work processes in production and deals with the processing of data from indicators with the help of sensors and modern information and technical technologies to stabilize and improve the efficiency of creating a material product, which is necessary for the existence and development of production as a business structure. Also,

thanks to the use of cloud technologies of the AWS web provider, the development system will be more protected by the encryption and security methods of the cloud provider's infrastructure and more flexible in completing functions and introducing new capabilities.

Thus, the automation of the process of monitoring indicators will increase the speed of response to problems during production, will allow quality analysis of conditions and will prevent critical situations at the enterprise.

#### REFERENCES

- [1] aProduction Monitoring System and Its Benefits / techna-tool.com. – Режим доступа: [www/](http://www.techna-tool.com) URL: <https://www.techna-tool.com/blog/production-monitoring-system-and-its-benefits/> – 22.09.2022
- [2] Cloud computing with AWS / aws.amazon.com. – Режим доступа: [www/](http://www.) URL: [https://aws.amazon.com/what-is-aws/?nc1=f\\_cc](https://aws.amazon.com/what-is-aws/?nc1=f_cc) – 22.09.2022
- [3] j PRTG Enterprise Monitor / paessler. – Режим доступа: [www/](http://www.) URL: <https://www.paessler.com/prtg-enterprise-monitor> – 22.09.2022.
- [4] Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
- [5] Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.
- [6] Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.
- [7] Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70.1, 139-145.
- [8] Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, J. Math. Comput. Sci., 11(1), 520-542.
- [9] Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. Advances in Dynamical Systems and Applications, 16(2), 441-455.
- [10] Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(10), 7465-7473.

# Аналіз технічних засобів для автоматизованої системи керування параметрами мікроклімату в транспортних засобах

Ірина Жарікова<sup>1</sup>, Влас Зубенко<sup>1</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки, 14., email: vlas.zubenko@nure.ua

**Анотація:** У роботі розглянуто основні тенденції розробки інтелектуальних систем для транспортних засобів. Проаналізовано шляхи автоматизації керування параметрами мікроклімату в автомобілях.

**Ключові слова:** мікроклімат, транспортні засоби, система керування, датчик, температура.

## I. ВСТУП

Розумні системи автомобілів сьогодні розвиваються стрімкими темпами, і з кожним роком автовиробники все більше намагатимуться вдосконалити існуючі технології. Очікується, що бортові системи будуть ставати функціональнішими, зможуть забезпечувати все більший комфорт та все більшу безпеку під час експлуатації транспортних засобів.

Високотехнологічні автомобілі розробляються для того, щоб звільнити автомобіліста від необхідності вирішувати численні завдання в процесі руху, зробити подорож комфортнішою та зменшити будь-які можливі ризики.

Багато експертів вважають, що передача хоча б частини обов'язків з керування транспортним засобом штучному інтелекту дозволить зробити дороги безпечнішими, уникнути численних аварійних ситуацій та зменшити кількість людських жертв.

Параметри мікроклімату можуть суттєво впливати на стан водія та пасажирів, тому розробка інтелектуальних систем керування параметрами мікроклімату у транспортних засобах також є актуальним завданням.

Метою даного дослідження є аналіз технічних засобів, які можуть бути використані у складі інтелектуальної системи керування параметрами мікроклімату в транспортних засобах.

## II. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Сучасне обладнання робить рух безпечним, виступає як додаткові органи чуттів, допомагаючи водієві керувати транспортом, знижує ймовірність ДТП і дозволяє автомобілісту менше концентруватися на дорозі без негативних наслідків.

Штучний інтелект в автомобілях здатний повністю брати на себе завдання керування транспортним засобом: це було неодноразово доведено компаніями Google, Tesla та іншими розробниками безпілотних автомобілів.

Крім безпосередньої участі в управлінні рухом, розумні авто здатні вибудовувати оптимальний маршрут поїздки і в режимі реального часу повідомляти водія про будь-які можливі неприємності та пробки.

Так, наприклад, щоб зробити машину безпечнішою, багато виробників сьогодні використовують спеціальне аварійне сповіщення. Його головне завдання – передача інформації у разі екстрених ситуацій, які фіксуються датчиками транспортного засобу. Сигнал може надсилатися у таких випадках:

- небезпека зіткнення;
- фізичний контакт з узбіччям, розміткою, огорожами чи іншими учасниками дорожнього руху;
- виникнення несправностей, які можуть призвести до аварії.

У деяких випадках система може автоматично повідомляти екстрені служби про необхідність допомоги або з'єднувати людей з такими службами.

Під мікрокліматом розуміють внутрішні метрологічні умови, що діють на організм людини. Вони можуть бути оптимальними або допустимими. Перші не викликають у людини будь-якого дискомфорту, другі можуть призводити до невеликих збоїв у терморегуляції та зниження працездатності, але при цьому все одно не шкодять здоров'ю.

Автоматизовані системи вимірювання параметрів мікроклімату дозволяють отримувати точну та детальну інформацію про поточний стан повітря безпосередньо в місці їх розташування, окрема, у виробничих приміщеннях, транспортних засобах, житлових і офісних будівлях тощо [1-3].

Зокрема, використання подібних систем є затребуваним на промислових підприємствах [4-9], в лісничих господарствах, на рухомих об'єктах (кораблях, нафтових платформ) тощо, де вкрай важливою є точність вимірювання зазначених параметрів.

До основних функцій таких систем керування параметрами мікроклімату належать:

- вимірювання температури, атмосферного тиску та вологості;
- визначення концентрації шкідливих речовин і небезпечних газів у повітрі, таких як: NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, пари алкоголю, бензину, диму, CO<sub>2</sub>;
- передбачення погоди на основі зміни атмосферного тиску;
- виведення на LCD-дисплей часу та дати;

– виведення на LCD-дисплей поточних показників датчиків;

– побудова графіків показників з датчиків за годину та добу;

– індикація концентрації CO<sub>2</sub>.

Основними параметрами мікроклімату, які потребують контролю та регулювання всередині транспортних засобів – це температура повітря, вологість та чистота повітря, наприклад, у легковому автомобілі чи вантажівці. Також важливою функцією у цьому випадку також є визначення концентрації шкідливих речовин і небезпечних газів у повітрі, наприклад, контроль продуктів випаровування бензину (у разі порушень цілісності паливної системи), диму або CO<sub>2</sub>.

Умови, створені завдяки розробленій системі для керування мікроклімату у транспортних засобах, дозволять водію комфортно себе почувати під час водіння та не відволікатися від подорожі, а також запобігти небезпечним ситуаціям за рахунок виведення на дисплей інформації для водія та пасажирів у разі підвищення концентрації шкідливих речовин у повітрі салону/кабіни.

Тривалий час основним завданням системи опалення, вентиляції та кондиціонування була подача повітря комфортної температури в салон автомобіля. Сьогодні автоматичні системи, що створюють комфортний мікроклімат для кожного пасажира, стають дедалі складнішими. З урахуванням поточних тенденцій розвитку електромобілів, важливість цих систем як частини силової установки постійно підвищується.

У двигуні внутрішнього згорання контури кондиціонування та охолодження двигуна рознесені. Основне призначення системи охолодження двигуна – підтримання теплового режиму, необхідного для нормальної роботи.

Влітку охолодження двигуна захищає його від перегріву. Салон охолоджується до комфортної температури за допомогою кондиціонера.

У зимовий період кількість тепла для обігріву салону практично необмежена. Контур кондиціонування може включатися для видалення вологи та змашування системи.

Чотирьохзонний клімат-контроль дозволяє регулювати потік повітря окремо для кожного місця в салоні. Температура в області голови та ніг регулюється незалежно одна від одної. Продумана система повітроводів забезпечує акустичний комфорт та відсутність протягів.

Варто відзначити, що більш ефективно кондиціонування забезпечує менша витрата пального. У минулому споживання пального системою кондиціонування становило близько 0,5 л на 100 км у середньому протягом року. Сучасні системи вимагають лише 0,2 л на 100 км. Інженери націлені на подальше скорочення цього показника шляхом підвищення паливної ефективності транспортних засобів, незалежно від кількості використовуваного холодоагенту та конфігурації приводу.

Зменшення робочого об'єму двигуна з одночасним використанням турбонаддуву забезпечує ефективне скорочення витрати палива. Для оптимізації роботи такого двигуна потрібен охолоджувач наддувального повітря – інтеркулер. Охолодження двигуна впливає на ефективність робочого процесу, оскільки інтеркулер має власний низькотемпературний контур охолодження, терморегулювання необхідне у декількох контурах з різною температурою [10].

Тож, машини оснащують кліматичними пристроями. Логічним продовженням стандартного кондиціонера стала система клімат-контролю, що поєднує складні технології для керування температурою всередині транспортного засобу.

Автомобільний клімат-контроль – це інженерне рішення, спрямоване на підтримання комфортного мікроклімату всередині машини, незалежно від параметрів навколишнього середовища. Стандартна система складається з таких елементів, як:

- кондиціонер для охолодження повітря;
- радіатор для обігріву;
- модуль HVAC;
- вентиляційні канали;
- електронний блок керування;
- різні типи датчиків.

### III. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ

Кількість можливих функцій клімат-контролю залежить від моделі автомобіля, його типу та використовуваних датчиків. До списку можливостей входить [11]:

- підтримання потрібної температури;
- облік температури навколишнього середовища за допомогою сигналів від датчика аналізу сонячної радіації, що визначає вплив ультрафіолетового випромінювання, а також датчика забортної температури;
- рециркуляція та очищення повітря в салоні автомобіля;
- регулювання температури в різних зонах салону;
- профілактика запотівання скла в салоні в зимовий час завдяки якісному та рівномірному опаленню.

У деяких дорогих автомобілях передбачені додаткові опції, наприклад, іонізація повітря.

Було проаналізовано основні технічні засоби, які можуть бути використані для розробки системи [12-14].

Для визначення вищенаведених параметрів використовують різноманітні датчики. Вони працюють в автоматичному режимі та виводять результати на дисплей. Компанія «Аквааналітик» займається реалізацією двох варіантів датчиків подібного призначення – EE210 (рис.1) та EE220. Перший підійде для вантажних автомобілів.

Датчик вологості та температури повітря EE210 відповідає найвищим вимогам щодо контролю показників мікроклімату у різних напрямках. Другий датчик призначений для фармакології, біотехнологій,



«чистих кімнат», інкубаторів, камер охолодження та зберігання.

На рис.2 наведено приклад сучасних автомобільних очисників повітря та виду їх монтажу у салоні транспортного засобу.



Рис.1. Датчик EE210



Рис.2. Автомобільний очисник повітря Baseus Original Ecological

#### IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, у роботі проаналізовані сучасні напрями створення та впровадження технічних засобів керування транспортним засобом, які надають йому інтелектуальних властивостей. Зокрема розглянуто варіанти складових частин системи керування параметрами мікроклімату.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Ігнатенко Д. В., Боцман І. В. Розробка автоматизованої системи вимірювання параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях // *Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020.* – К.: НУХТ, 2020. – С. 93-94.

[2] Боцман І. В. Автоматизація контролю концентрації двоокису вуглецю на виробництві // *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції, 16-22 березня 2020 р., м. Черкаси.* – Черкаси, 2020. – С. 17-19.

[3] Боцман І. В. Розробка макета автоматизованої системи контролю параметрів деталей на виробництві // *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку», Черкаси, 11-17 березня 2019 року.* – С. 38-40.

[4] Андрусевич А. А., Невлюдов І. Ш., Жарикова І. В. Методи моніторингу технологічного обладнання при виробництві радіоелектронних засобів // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць.* – 2012. – № 9. – С. 44-52.

[5] Filipenko, O., Chala, O., Bortnikova, V., Sychova, O., & Botsman, I. (2019, September). Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation. In *2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL)* (pp. 371-374). IEEE.

[6] Невлюдов І.Ш. Технологічне забезпечення якості гнучких комутаційних структур: Монографія / І.Ш. Невлюдов, І.В. Боцман, В.В. Невлюдова, Є. А. Разумов-Фризюк. – Кривий ріг : КК НАУ, 2018. – 256 с.

[7] Невлюдов І. Ш., Боцман І. В., Гресько С. І. Дослідження термічного впливу етапів корпусування MEMS емпіричних датчиків тиску на параметри їх функціонування // *Технологія приладобудування.* – 2019, № 2. – С. 3-5.

[8] V. Bortnikova, I. Nevludov, I. Botsman and O. Chala, “Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing,” in *CEUR Workshop Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI'2019)*, June 12-15, 2019, Kherson, Ukraine.

[9] Igor Nevludov, Olena Chala, Iryna Botsman, Oleksandr Klymenko, Maksym Vzheshniykyi. Automation of Mathematical Modeling of Physical and Technological Processes in the Electronic Devices Manufacture // *Proceedings of the XII International Scientific Conference «Functional Basis of Nanoelectronics» – Odessa, September 20-24, 2021.* – PP. 74-77;

[10] Зміна мікроклімату в автомобілі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <http://www.automaster.net.ua/artykuly/zmina-mikroklimatu-v-avtomobili,54467>.

[11] Клімат-контроль в авто – що потрібно знати [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://itechua.com/other/178613>.

[12] EE210 Промисловий датчик вологості та температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://poltraf.ru/vlazhnost/datchiki\\_vlazhnosti\\_vozdukha\\_gazov/ee210-promyshlennyu-datch/](https://poltraf.ru/vlazhnost/datchiki_vlazhnosti_vozdukha_gazov/ee210-promyshlennyu-datch/).

[13] Цифровий датчик температури та вологості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/czifrovoj-datchik-temperatury-i-vlazhnosti-modul-dlya-arduino-na-dht11-ky-015\\_106937.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/czifrovoj-datchik-temperatury-i-vlazhnosti-modul-dlya-arduino-na-dht11-ky-015_106937.html).

[14] Пристрої контролю параметрів мікроклімату приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aqaanalytic.com/katalog/sistema-neprreryvnogo-monitoringa-aerazolnyx-chastic-i-parametrov-mikroklimata/datchiki-parametrov-mikroklimata/>.

# Development of an Automated System of Terminal Access to Production Equipment Using Computer Vision

Svitlana Maksymova<sup>1</sup>, Artem Velet<sup>1</sup>

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauki Ave. 14., e-mail: igor.nevliudov@nure.ua

**Abstract:** In this article authors propose an overview of the main approaches to solving computer vision problems, with an emphasis on the development of an automated system for terminal access to production equipment using computer vision technologies.

**Keywords:** Computer Vision, OpenCV, Arduino, Access Control System.

## I. INTRODUCTION

Significant growth in the computing power of computers and the emergence of new mathematical models and algorithms in recent years has made it possible to achieve significant progress in the field of computer vision. New technologies based on machine learning make it possible to create reliable solutions for complex tasks of visual image recognition. Many of these solutions have practical applications in the market, and therefore attract more and more investments.

It is the facts given above that explain the relevance of using computer vision in access control systems, because it speaks not only about the high reliability of this technology, but also about the high quality of work

## II. ANALYSIS OF THE TASK FIELD

Computer Vision, also known as Machine Vision, is a scientific field engaged in research in the field of automatic fixation and various types of image processing (detection, tracking, identification) using a computer [1].

The increase in the quality of computer vision technology has made it possible to actively use it in various branches of industry and business. For example, many modern conveyors are equipped with automatic mechanisms for checking the quality of parts, correct marking, alignment of parts and other tasks. Also, an example of the use of computer vision technology is the use of company employee identification when entering the work area, thus outsiders will not be able to enter the premises.

The main goal of computer vision is to obtain useful information from an image or a series of images. Tasks can be such as [1]:

- calibration of optical systems, adjustment and synchronization of camera settings,
- determination of the movement of objects (Motion Tracking),
- object recognition task,
- the scene reconstruction task (usually a 3D scene from one or more 2D frames),
- the task of comparing images and identifying changes.

Planned researches will consider the industrial field of application and will develop an automated control system for terminal access to production equipment using image recognition technology - identification of a QR code with information and a face in a photo (Fig. 1-2).



Figure 1. - Employee Identification System



Figure 2. - Access Control System on the Equipment

Physically, computer vision systems consist of an image capture device (a camera or multiple cameras) and a general-purpose computer used for image processing. At the same time, special software tools are used. Many software tools can work "in the cloud", remotely, which allows scaling computer vision systems and centralizing their management [2].

For the effective implementation of the computer vision system, a convenient software platform – OpenCV was selected. It is the most popular free and open source package. It is a library of mathematical algorithms for image analysis, implemented in C++, but has APIs for many popular programming languages, such as Python, Java, Matlab and others.

Following the tradition of the Arduino programming language, you can configure a ready-made version of the equipment access control system.



Following the tradition of the Arduino programming language, you can configure a ready-made version of the equipment access control system.

Algorithms and methods of computer vision can be conditionally divided into two groups:

– "Classic" computer vision, applied when it is necessary to obtain some quantitative information about the image (related to color, shape, number of objects, etc.). It works most reliably in tasks that can be formalized and broken down into subtasks. Most of the methods in this group first obtain useful features from the image and then work with them to solve the problem. QR code recognition refers to the "classical" method [2].

– Machine learning systems, in particular deep machine learning (neural networks). These are complex systems that are much more demanding on computing resources and data volumes, but have been developing rapidly in recent years. Systems of this kind partially imitate human abilities to perceive an image, and therefore allow extracting much more complex information from an image. It makes sense to use such systems in cases where the breakdown of the task and assembly is extremely time-consuming or completely impossible. This method is suitable for face recognition [3].

Computer vision is a growing field of research that is already transforming many industries, as well as everyday human life. The accuracy of pattern analysis and recognition is steadily increasing, enabling the creation of increasingly complex commercial applications. The main trends in the development of computer vision can be summarized as follows:

– Expanding the use of computer vision in industrial systems. Computer vision is increasingly used in medicine and pharmaceuticals, in the production of food products, in the conveyors of technically complex industrial processes and allows to organize a system of control of access to equipment or entrance to an institution.

– Cloud systems. Increasing requirements for computer performance in deep learning systems creates a demand for renting cloud servers for computing, which allows you to perform the necessary calculations faster.

– Robotics. The increase in the use of industrial robots inevitably leads to an increase in the demand for computer vision systems.

### III. CONCLUSION

In the course of the work, an analysis was made of modern access control systems.

Authors plan to consider the industrial field of application and will develop an automated control system for terminal access to production equipment using image recognition technology - identification of a QR code with information and a face in a photo.

### REFERENCES

- [1]. Forsyth, David A., Computer vision. A modern approach.: / David A. Forsyth, Jean Ponce. Translated from English. - M.: Publishing House. «Williams», 2004.
- [2] M. Nielsen, "Neural Networks and Deep Learning", Determination Press, 2015  
<http://neuralnetworksanddeeplearning.com>
- [3] Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
- [4] Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.
- [5] Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.
- [6] Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevludov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70.1, 139-145.
- [7] Nevludov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, J. Math. Comput. Sci., 11(1), 520-542.
- [8] Nevludov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. Advances in Dynamical Systems and Applications, 16(2), 441-455.
- [9] Nevludov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(10), 7465-7473.
- [7]. Darina Dupláková, Ján Duplák, Dušan Mitaľ, Enes Sukic. Analysis of approaches to the material flow in the production process with the use simulation. Univerzitet za poslovni inženjering i menadžmen. Issue No: 1; 2020. Page Range: 36-44
- [8]. Mohammed Farhan; Brett Göhre; Edward Junprung. Reinforcement Learning in Anylogic Simulation Models: A Guiding Example Using Pathmind. In 2020 Winter Simulation Conference (WSC), 14-18 December 2020. Conference Location: Orlando, FL, USA. DOI: 10.1109/WSC48552.2020.9383916
- [9]. Tone Lerher, Matjaz Sraml, Iztok Potrc, Tomaz Tollazzi. Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems. International Journal of Production Research, Taylor & Francis, 2010, 48 (11), pp.3151-3172. DOI:10.1080/00207540902796008.hal-00580106.
- [10]. VDI 2692 Blatt 1. Automated vehicle storage and retrieval systems for small unit loads. URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2692-blatt-1-automated-vehicle-storage-and-retrieval-systems-for-small-unit-loads>.
- [11]. FEM 9.865 Energy consumption - determination methods (ECoDeMISE). URL: <https://woe.eu.com/vi/p1221>

# Analysis of Software Products for Simulation Modeling of the Operation of the System of Shuttles for Warehousing

Igor Nevludov<sup>1</sup>, Vladyslav Yevsieiev<sup>1</sup>, Svitlana Maksymova<sup>1</sup>,  
Oleksandr Klymenko<sup>2</sup>, Maksym Vzheshnievskyi<sup>2</sup>

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauki Ave. 14., e-mail: igor.nevludov@nure.ua

2. «Kapelou» LLC, UKRAINE, Kyiv, Mashynobudivna st, 03067., e-mail: kan@kapelou.com.ua

**Abstract:** In this paper, the analysis of simulation systems for the work of a warehouse of a chaotic storage method with a high density is carried out. The authors analyze warehouse operation modeling strategies within the framework of Warehouse 4.0 concepts, and also consider existing modeling systems. During the analysis, attention is paid to parameters, such as the energetic calculation of the shuttle system, which directly affects the throughput of the simulated warehouse.

**Keywords:** Industry 4.0, Warehouse 4.0, Shuttle Systems, Discrete Simulation.

## I. INTRODUCTION

The introduction of new technologies such as robotics, cloud computing, artificial intelligence, and IIoT gave impetus to the creation of cyber-physical production systems as an integral part of Industry 4.0 [1-3]. One of the important elements of ensuring cyber-physical production is the concept of Warehouse 4.0 [4,5]. Warehouse 4.0 is a complex ecosystem that implements warehouse management functions using modern computing systems, robotic platforms and IoT technologies to achieve optimal production conditions and customer satisfaction. The development of such systems is a very complex and economically expensive project, as a result of which, before its implementation, it is necessary to conduct simulation modeling of its operation under maximum load in order to identify "weak" points in order to achieve economic efficiency and optimal performance of the specified functions. Given that modern Warehouse 4.0 is equipped with shuttle systems that allow to automatically manage the flow of loading and unloading goods from warehouses

## II. ANALYSIS OF MODELS AND STRATEGIES FOR MODELING SHUTTLE SYSTEMS

To solve the problems of simulation modeling of the operation of a warehouse with a shuttle Shatolov system, developers use different software packages such as: ARENA [6], AutoMod [7] and AnyLogic [8]. Let us consider them from the point of view of achieving the set tasks of simulating the work of a warehouse with a shuttle Shatolov system.

ARENA Simulation Software is a discrete event simulation and automation software developed by System Modeling and acquired by Rockwell Automation in 2000. It uses the SIMAN processor and a modeling language.

AutoMod simulation reality - is software for simulations of production and logistics systems. The software is designed for detailed analysis of operations and flows. Although mainly used in manufacturing and material handling systems analysis, AutoMod's flexible architecture allows it to be used in a wide range of application areas, from airports to semiconductor industry.

AnyLogic is a simulation software developed by The AnyLogic Company. The tool has a modern graphical interface and allows to use the Java language for model development.

Discrete event modeling is used mostly; accordingly, model variables change only when an event occurs. While analytical modeling usually only considers random warehousing, and other types of strategies are not included in the calculation due to their complexity, several types of strategies are explored in simulation modeling:

- formation of the order;
- formation of the game;
- zoning;
- lifting strategy;
- storage strategy;
- outsourcing strategy;

These models calculate throughput for single shelf shuttle systems FEM-9.860 [9] and are known for their double depth shelving systems and related strategies. Throughput simulation allows many aspects of shuttle systems to be taken into account, such as latency, delays, prioritization, etc.

Using a simulation environment to develop and test situational storage strategies is, in addition to experimentation on real systems, the most efficient way to determine throughput. Consider the factors that affect the throughput of the warehouse:

- energy calculation of shuttle systems. According to VDI-2692 [10], a distinction is made between decentralized and centralized energy supply. In a decentralized version, batteries or supercapacitors are used to control vehicles. In the case of a central power supply, vehicles are connected to the main network using cables.

- energy consumption of shuttle systems and flow factors. All factors have a decisive influence on throughput, initially affecting the power consumption of the shuttle system. Therefore, the following factors should be taken into account:

- the mass of transported cargo units and / or shuttles,
- construction and integration of vehicles,

- if any, building a feedback system,
- building a control system,
- consumption in standby mode.

Depending on the type of shuttle system, containers, shuttle vehicles, or both are transported. Accordingly, the mass of the transported unit has a different effect on the consumption of the shuttle system.

The design of vehicles (shuttles) affects energy consumption through the coefficient of friction or efficiency. The way vehicles are integrated into the shuttle system also affects overall consumption. If an energy recovery system is installed, energy is recovered when the shuttle vehicles decelerate or when the elevator moves down. The design of the regenerative module plays a role in the amount of energy that must be recovered from the regenerative efficiency, and if this amount of energy is used in the shuttle system, it reduces the energy consumption of the shuttle system.

The control system takes over the various tasks in the shuttle system. It can perform everything from simple coordination tasks between top-level systems and the shuttle system to complex overall control of the shuttle system. Correspondingly, the corresponding energy consumption is also reduced.

The shuttle system does not work in standby mode, but still consumes power in order to be able to start working immediately after receiving the order. Depending on the design of the shuttle system, various uses are available for this purpose.

In the specialized literature, various publications on the calculation of energy for shuttle systems are presented. All approaches separate individual vehicle trips and determine the energy consumption for each trip. Handling equipment or reserve consumption are not counted as small quantities. The energy consumption per trip is calculated differently. FEM-9.865 [11] provides a model for calculating the energy of a number of internal logistics systems, including shuttle systems. Energy  $E$  is referred to as the ability to do mechanical work and as the integral of power  $P_{Total}(t)$  over the period from  $t_0$  to  $t_1$ , during which power is performed, as represented in next way:

$$E = \int_{t_0}^{t_1} P_{Total}(t) dt$$

Two methods of calculation are also shown to determine performance.

1. A simple calculation method assumes that the overall efficiency of shuttle vehicles is 70 percent. In other words, only 70 percent of the energy produced by the shuttle system is converted into propulsion. The remaining 30 percent are considered losses.  $E$  is determined by calculating the force of movement. This calculation method is recommended with an accuracy of 30 percent after validating the model against measurements, if the advanced calculation method is not possible due to an unknown degree of performance.

2. Using the advanced calculation method, friction losses and individual transmission efficiency are taken into account. This means that the calculation of the generated power is somewhat more complicated, but more accurate.

In the instructions, the accuracy of this calculation method is indicated at the level of 20 percent.

The analytical model for calculating the energy consumption of the shuttle system in motion is divided into phases:

- acceleration;
- moving at a constant speed;
- braking.

In each case, the traction force on the rear drive wheel and the required machine power are calculated. Energy recovery through the use of energy generated during braking is also taken into account. It is assumed that the overall efficiency and friction coefficients are constant and known. In addition, the expected value of energy consumption per trip is formed as a quadratic function of the consumption of each phase, while the length of the trip is always equal to half the length of the passage. This normalized consumption, among other things, is multiplied by the number of trips per hour and the number of vehicles, number of vehicles, distance and shift hours to determine the desired consumption period.

To calculate energy consumption, a model is proposed that is calculated as a weighted average of energy consumption for each storage location.

$$E_c^H = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot E_i^H$$

$\rho_i$  - is the probability that the vault  $i$  will be controlled,  $n$  - is the number of all storage bins in a single deep aisle and  $E_i^H$  - energy consumption. To store a loading unit from a storage and retrieval point to a storage location  $i$ , or to retrieve from a storage location  $i$  to a storage and retrieval point.  $E_i^H$  includes energy consumption both vertically and horizontally during shuttle movements. When calculating  $E_i^H$  the consumption of handling equipment, recovery efficiency and the coefficient of friction in the acceleration phase are also not taken into account. In addition, acceleration and transit delay values are equated. In this model, too, the efficiency and friction coefficient in the constant velocity phase are assumed to be constant and known.

### III. CONCLUSION

In the course of the work, an analysis was made of modern simulation systems, which make it possible to study the throughput and performance of the storage system using shuttle systems. As you can see, the modeling of such systems is a complex scientific and technical task using a discrete approach to the description of the system. The authors conducted a study of existing modeling strategies that allow calculating the throughput and determined the parameters that make it possible to optimize such systems. In the future, it is planned to carry out improvements in the design of the shuttle, which will optimize the control system by reducing the time for unloading/loading products from the warehouse.

## REFERENCES

- [1]. Jamwal A, Agrawal R, Sharma M, Giallanza A. Industry 4.0 Technologies for Manufacturing Sustainability: A Systematic Review and Future Research Directions. *Applied Sciences*. 2021; 11(12):5725. <https://doi.org/10.3390/app11125725>
- [2]. Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demaska. Study of the Structure of Cyber-Physical Production Systems in Industry 4.0. The I International scientific-practical conference "Problems of modern science and practice", September 21-24, 2021, Boston, USA p. 431-434. DOI: 10.46299/ISG.2021.III
- [3]. Jeff Morgana, Mark Halton, Yuansong Qiao, John G. Breslina. Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines. *Journal of Manufacturing Systems*, Volume 59, April 2021, Pages 481-506. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.001>
- [4]. Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demaska. Research Problems of Modern Warehouse Management Systems. With Proceedings of The international Scientific and Practical Conference «Theoretical And Empirical Scientific Research: Concept and Trends», December 10, 2021, OXFORD, UK. P.141. Pp:15-18. DOI: 10.36074/logos-10.12.2021.v2.04
- [5]. Igor Nevliudov, Vladyslav Yevsieiev, Oleksandr Klymenko, Nataliia Demaska, Maksym Vzhesnievskyi. Evolutions of the Development of Group Management of Mobile Robotic Platforms in Warehousing 4.0. *Innovative Technologies and Scientific Solutions For Industries*, (4 (18), pp. 57-64. doi: 10.30837/ITSSI.2021.18.057
- [6]. Kawthar A. Mohammed Hasan, Ali H. Kadhum, Ameer H. Morad. Evaluation of Yogurt Production Line Simulation Using Arena Software. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, Vol. 15, No. 4, December, (2019) P. P. 71-78. <https://doi.org/10.22153/kej.2019.10.003>.
- [7]. Darina Dupláková, Ján Duplák, Dušan Mitaľ, Enes Sukic. Analysis of approaches to the material flow in the production process with the use simulation. *Univerzitet za poslovni inženjering i menadžmen*. Issue No: 1; 2020. Page Range: 36-44
- [8]. Mohammed Farhan; Brett Göhre; Edward Junprung. Reinforcement Learning in Anylogic Simulation Models: A Guiding Example Using Pathmind. In 2020 Winter Simulation Conference (WSC), 14-18 December 2020. Conference Location: Orlando, FL, USA. DOI: 10.1109/WSC48552.2020.9383916
- [9]. Tone Lerher, Matjaz Sraml, Iztok Potrc, Tomaz Tollazzi. Travel time models for double-deep automated storage and retrieval systems. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, 2010, 48 (11), pp.3151-3172. DOI:10.1080/00207540902796008.hal-00580106.
- [10]. VDI 2692 Blatt 1. Automated vehicle storage and retrieval systems for small unit loads. URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2692-blatt-1-automated-vehicle-storage-and-retrieval-systems-for-small-unit-loads>.
- [11]. FEM 9.865 Energy consumption - determination methods (ECoDeMISE). URL: <https://woe.eu.com/vi/p1221>

# Software for Monitoring Traffic Signs

Svitlana Maksymova<sup>1</sup>, Vladyslav Nikitin<sup>1</sup>

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauki Ave. 14., e-mail: igor.nevliudov@nure.ua

**Abstract:** In this work, an analysis of existing libraries for the creation of traffic sign control was carried out. Analysis of existing devices and applications to ensure the control of road signs, to assist the driver and control them.

**Keywords:** Tenserflow, Machine Learning, Web Application, Usability, Computer Vision.

## I. INTRODUCTION

Today, there are approximately 169.5 thousand km of state roads in Ukraine. The network of main routes is spread throughout the country and connects all major cities of Ukraine, as well as provides cross-border routes with neighboring countries.

Due to such an increase in cars on the roads of Ukraine, the number of offenses is increasing, according to statistics, one offense or traffic accident occurs every 15 minutes.

For assistance and control of traffic signs, navigation systems are most often used, such systems use pre-loaded maps. Usually, such navigation systems use a touch screen to control the device, the quality of the screen in navigation systems is much worse than in modern smartphones, except for the most modern systems, but usually their cost is very high. Another exception may be untimely updating of traffic signs, or termination of support by the manufacturer, as well as outdated maps in such products.

Also, navigation systems integrated into the car are used to help drivers, such systems can be supplemented with external cameras that analyze the situation around the car in real time, and can warn the driver if the speed limit is exceeded, relying on traffic signs. However, such systems do not have a mass character in the automotive world, and are most often installed on cars of the highest class, of which there are few on the roads.

So, our research theme is extremely topical.

## II. SOFTWARE DEVELOPMENT

Various technologies are suitable for recognizing road signs. One of the most popular OpenCV (Open Source Computer Vision Library) is an open source computer vision and machine learning library.

The library contains more than 2,500 optimized algorithms, including a complete set of both classic and state-of-the-art computer vision and machine learning algorithms. These algorithms can be used to detect and recognize faces, identify objects, classify human actions in video, track camera movements, track moving objects, extract 3D object models, create 3D point clouds from stereo cameras, connect images to obtain high resolution. image of an entire scene, find similar images in an image database, remove red-eye from flash images, track eye

movements, recognize scenery and set markers to overlay it with augmented reality, and more. OpenCV has a community of over 47,000 users and an estimated number of downloads exceeding 18 million. The library is widely used by companies, research groups, and government agencies.

OpenCV has C++, Python, Java, and MATLAB interfaces and supports Windows, Linux, Android, and Mac OS, and is also mostly targeted at real-time vision applications and takes advantage of MMX and SSE instructions when available.

With the help of OpenCV, it is possible to create applications that will qualitatively recognize road markings and work on many platforms. At the same time, the problem arises that for each device you need to create your own application and use different technologies, which is a very time-consuming process that requires in-depth knowledge of various programming languages. Also, with the help of OpenCV, it is not possible to create an application for devices based on IOS.

The solution to this problem is the creation of a web application. With the help of this approach, it is possible to solve several problems at once. Today, most of the devices that people use every day have access to the Internet using browsers. Having created a web application, it becomes possible to use the same application, regardless of which operating system a person uses. That is, the developer must possess only one set of skills, and close the need for users of any devices. Another problem that the creation of a web application solves is the problem of memory. The browser is installed by default on most devices, the user does not need to download any additional applications, only have the address to the web application, which does not take up additional space on the device, and always works with the latest version available.

To solve this problem, you can use TensorFlow.js, an open source library that can be used to define, train and run machine learning models entirely in the browser using Javascript and a high-level API.

The use of the TensorFlow.js model has grown exponentially over the past few years, and many JavaScript developers are now looking to take existing state-of-the-art models and retrain them to work with user data unique to their industry. The act of taking an existing model (often called a base model) and using it in a similar but different domain is known as transfer learning.

Transfer learning has many advantages over starting learning from a completely blank model. You can reuse the knowledge gained from the previously trained model and you will need fewer examples of the new item you want to classify. In addition, training is often much faster because

only the last few layers of the model architecture need to be retrained instead of the entire network. For this reason, transfer learning is very well suited for a web browser environment where resources may vary depending on the execution device, but also has direct access to sensors for easy data collection.

Client side in a web browser using vanilla JavaScript:

- Server side and even IoT devices like Raspberry Pi that use Node.js;

- Desktop applications using Electron;
- Native mobile apps using React Native.

TensorFlow.js also supports multiple backends in each of these environments (the actual hardware environments in which it can run, such as CPU or WebGL. "Backend" in this context does not mean a server-side environment - the backend for execution can be on client-side, such as in WebGL) to ensure compatibility as well as ensure fast performance. TensorFlow.js currently supports:

- running WebGL on the device's graphics card (GPU) is the fastest way to run larger models (larger than 3MB) with GPU acceleration;

- web assembly execution (WASM) on the CPU - to improve CPU performance on various devices, including, for example, old-generation mobile phones. This is better for smaller models (less than 3MB in size), which can actually run faster on the CPU with WASM than with WebGL due to the overhead of loading content to the GPU;

- CPU execution is a backup option if none of the other environments are available. This is the slowest of the three, but always handy.

Running TensorFlow.js in a web browser on a client machine can lead to several benefits.

- Privacy, it is possible to train and classify data on the client machine without sending the data to a third-party web server.

- Speed, because there is no need to send data to a remote server, inference (the act of classifying data) can be faster. Even better, there is direct access to device sensors such as camera, microphone, GPS, accelerometer, etc. if the user grants access.

- Anyone in the world can click on the link, open the web page in their browser and use the app. There's no need for complex server-side Linux setup with CUDA drivers and more to just use a machine learning framework.

- No server costs mean the only thing you need to pay for is a CDN to host your HTML, CSS, JS and model files. The cost of a CDN is much cheaper than keeping a server (perhaps with a connected video card) running 24/7.

Server functions, using the TensorFlow.js implementation in Node.js, provide many features. Full CUDA support, server-side, for GPU acceleration, you must install NVIDIA CUDA drivers to enable TensorFlow to work with the GPU (unlike a browser that uses WebGL - no installation required). However, with full CUDA support, you can fully utilize the capabilities of your lower-level graphics card, resulting in faster learning and inference times. Performance is on par with the Python implementation of TensorFlow because they both use the same C++ server.

For the latest research models, it is possible to work with very large models, perhaps gigabytes in size. These models cannot currently be run in a web browser due to

memory usage limits for each browser tab. To run these larger models, you need to run Node.js on your own server with the hardware specifications required to run such a model efficiently.

IoT, Node.js is supported on popular single-board computers such as the Raspberry Pi, which in turn means that it is possible to run TensorFlow.js models on such devices.

Node.js is written in JavaScript, which means it benefits from compile-time. This means that you can see performance gains when using Node.js because it will be optimized at runtime, especially for any pre-processing that is done.

Running ML(machine learning) in the browser means that there is no need to install libraries or drivers from the user's point of view. Just open a web page and your app is ready to run. In addition, it is ready to work with GPU acceleration. TensorFlow.js automatically supports WebGL and will accelerate your code as soon as the GPU is available. Users can also access a web page from a mobile device, in which case your model can use data from sensors, such as a gyroscope or accelerometer. Importantly, all data remains with the client, making TensorFlow.js useful for low-latency output as well as privacy-preserving applications.

There are three workflows you can use when working with TensorFlow.js:

- it is possible to import an existing, pre-trained model for output. If an existing TensorFlow or Keras model that was previously trained offline is available, it can be converted to TensorFlow.js format and loaded into the browser for output;

- the ability to use transfer learning to supplement an existing model trained offline using a small amount of data collected in the browser using the Image Retraining method. This is one way to quickly train an accurate model using only a small amount of data;

- in-browser model generation with TensorFlow.js to fully define, train, and run models in the browser using Javascript and high-level API layers.

TensorFlow.js also includes a low-level API (formerly deeplearn.js) and Eager execution support Fig.1.1

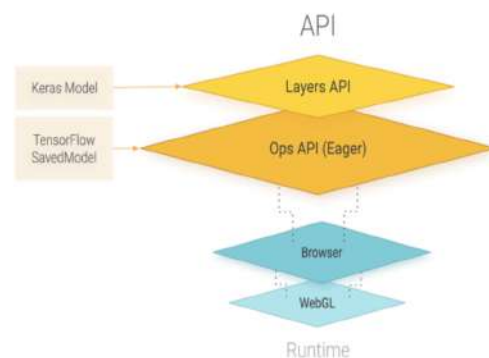


Figure 1.1 – TensorFlow.js Structure

TensorFlow.js is based on WebGL and provides a high-level API for defining models and a low-level API for linear algebra and automatic differentiation. Tensor

Flow.js supports importing TensorFlow SavedModels and Keras models.

TensorFlow.js, a JavaScript ecosystem for machine learning, is the successor to deeplearn.js, now called TensorFlow.js Core. TensorFlow.js also includes the Layers API, which is a high-level library for building machine learning models using Core, as well as tools for automatically migrating TensorFlow SavedModels and Keras hdf5 models.

At work, transfer learning is used, it involves the use of already acquired knowledge to help learn different, but similar things. Humans do this all the time, there are a bunch of neurons in the brain that know how to identify tree-like objects, and other neurons that are good at finding long straight lines. This can be reused to quickly classify a willow tree, which is a tree-like object with many long, straight, vertical branches. Similarly, if there is a machine learning model already trained on a domain, such as image recognition, it is possible to reuse it for a different but related task.

This is exactly what can be done with an advanced model like MobileNet, which is a very popular research model that can perform image recognition on 1000's of different object types. From dogs to cars, it was trained on a huge dataset known as ImageNet, which contains millions of labeled images.

During training, this model has learned to pick out the common features important to all of these 1,000 objects, and many of the lower-level features it uses to identify such objects can be useful for detecting new objects that it has never seen before. After all, in the end, everything is just a combination of lines, textures, and shapes.

Looking at a traditional Convolutional Neural Network (CNN) architecture (similar to MobileNet) shows how transfer learning can use this trained network to learn something new. The image below shows a typical architecture of a CNN model, which in this case was trained to recognize the handwritten digits 0 to 9 in Fig. 1.2.

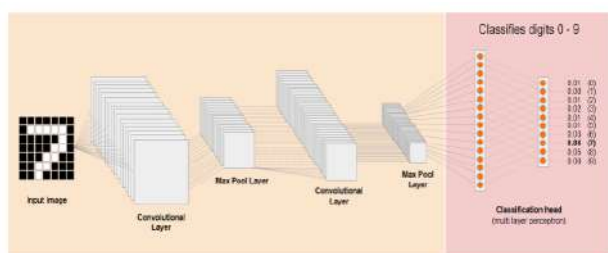


Figure 1.2 - Traditional Convolutional Neural Network Architecture

If it were possible to separate the pre-trained lower-level layers of an existing trained model, as shown on the left, from the end-of-model classification layers shown on the right (sometimes called the model's classification head), then using the lower-level layers to generate output functions for any given image based on the raw data it was trained on. The same network with removed classification head is presented on Fig. 1.3.

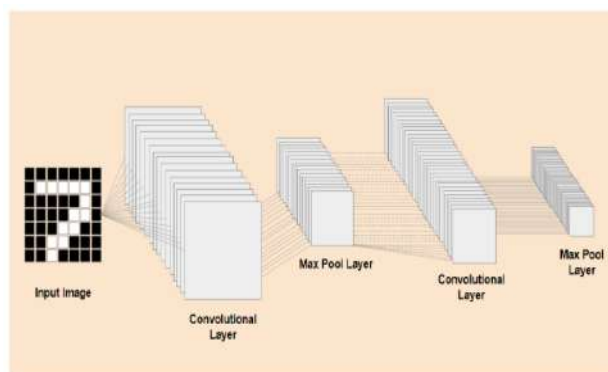


Figure 1.3 - Network with Removed Classification Head

Assuming that the new subject being recognized can also use the same input features that the previous model trained, then there is a good chance that they can be reused for a new purpose.

In the diagram above, this hypothetical model was trained on numbers, so what it already learned about numbers can also be applied to letters like a, b, and c.

So now we can add a new classification head that will try to predict a, b or c instead, as shown in Fig. 1.4.

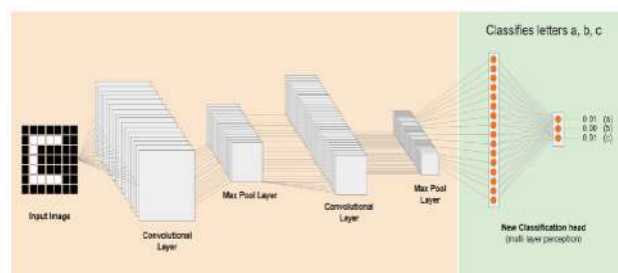


Figure 1.4 – New Classification Head

Here, the lower-level layers are frozen and untrained, only the new classification head will be updated to learn the features provided from the pre-trained sliced model on the left. The act of doing this is known as transfer learning, and that's what the Teachable Machine does behind the scenes. It can also be seen that the multilayer perceptron at the very end of the network trains much faster than if you had to train the entire network from scratch.

### III. CONCLUSION

In the course of the work, an analysis was made of modern computer vision systems and software for their development.

The developed web application allows you to use it on any device, it reduces the time for its creation and maintenance, it does not take up extra space and does not require additional utilities. With its help, it is possible to control traffic signs, which adds safety when driving road transport.

### REFERENCES

- [1]. Akshay Kulkarni, Adarsha Shivananda, " Natural Language Processing Projects. 1st Ed. Akshay Kulkarni, Adarsha Shivananda," pp.38-254, 2022.
- [2] Andre Ye "Modern Deep Learning Design and Application Development," in 1st Int. Workshop TLM, Apress. Victoria, Canada, Nov. 2021, pp. 104-328.



[3] Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.

[4] Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.

[5] Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.

[6] Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70.1, 139-145.

[7] Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.

[8] Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455.

[9] Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473.

# Побудова тривимірної кінцево-елементної моделі автоматизованого комплексу індукційного нагріву металевих деталей

Володимир Грицюк<sup>1</sup>, Марко Чугай<sup>1</sup>, Данііл Нерсесян<sup>1</sup>

1.Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки,  
Харків, пр. Науки, 14, УКРАЇНА, e-mail: volodymyr.hrytsiuk@nure.ua

**Анотація:** В роботі представлено основні етапи побудови тривимірної кінцево-елементної моделі автоматизованого комплексу індукційного нагріву металевих деталей.

**Ключові слова:** комплекс індукційного нагріву, вихрові струми, тривимірна модель, метод кінцевих елементів, теплопередача.

## I. ВСТУП

При розробці автоматизованих комплексів індукційного нагріву металевих деталей необхідно на етапі проектування виконати кількісний аналіз основних характеристик електротеплового процесу та виробити рекомендації щодо вибору раціональних параметрів та режимів нагріву. Це дозволить обрати найбільш раціональний режим нагріву, а отримані значення потужностей можуть слугувати орієнтирами при подальшому налагодженні технологічного циклу [1].

Найвища точність аналізу електротеплового процесу забезпечується при розрахунку тривимірної задачі. Це стає можливим при врахуванні більшості фізичних ефектів, які глибше проявляються в умовах повноцінного відтворення геометрії пристрою.

Сучасні установки індукційного нагріву є складними комплексними пристроями. Їх основними складовими є: індуктор із деталлю або заготовкою, система управління, система електроживлення, система подачі деталей та інше [2, 3]. Змінне магнітне поле індуктора збуджує в середині деталі або заготовки вихрові струми тієї ж частоти, які створюють у деталі внутрішні джерела тепла. У промисловості використовуються наступні основні типи конструктивного виконання установок індукційного нагріву – періодичний нагрів, методичний і безперервний, а також періодичний нагрів зі зворонь-поступальним переміщенням заготовки.

Просторово-часовий розподіл температури по об'єму заготовки в процесі індукційного нагріву описується досить складною системою рівнянь Максвелла і Фур'є для електромагнітного та температурного полів. Рішення системи цих рівнянь може бути реалізовано лише чисельними методами [1]. Для проведення чисельних розрахунків обрано програмний комплекс Comsol Multiphysics.

Метою роботи є представлення основних етапів побудови тривимірної кінцево-елементної моделі

автоматизованого комплексу індукційного нагріву металевих деталей.

## II. ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ

В процесі підготовки розрахунку можна виділити кілька етапів.

Перший етап – синтез моделі в середовищі Comsol Multiphysics. Починається цей етап з вибору розмірності моделі та фізичних модулів. У нашому випадку – це тривимірна модель (3D). На рис. 1 показано вікно навігатора вибору розмірності моделі. Далі в загальному випадку обираємо фізичний модуль «Heat Transfer Module» (Теплопередача), а в ньому розділ «General Heat Transfer». У модель додається другий модуль «AC/DC» > Quasi-Statics, Magnetic > Induction Currents, Vector Potential. (Модуль «AC/DC» > Квазистатика, Магнетизм > Індуковані струми, Векторний потенціал).

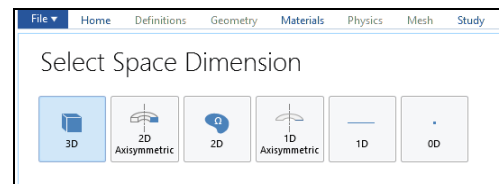


Рис.1. Вікно навігатора розмірності моделі

Проте, в нових версіях Comsol Multiphysics є можливість обрати модуль, що вже максимально адаптований для розрахунків в пристроях індукційного нагріву – «Induction Heating». Це можна зробити через гілку «Electromagnetic Heating», як показано на рис. 2.

Мультифізичний модуль (інтерфейс) «Induction Heating» використовується для розрахунків індукційного та вихрострумового нагріву і включає в себе інтерфейс магнітних полів та інтерфейс теплопередачі у твердих тілах. Мультифізичні зв'язки додають розсіювання електромагнітної потужності як джерела тепла, а електромагнітні властивості матеріалу можуть залежати від температури. Крім того, підтримуються комбінації моделювання в частотній області для інтерфейсу «Магнітні поля» і стаціонарного моделювання для інтерфейсу «Теплопередача в твердих тілах», що зветься частотно-стаціонарним і частотно-перехідним моделюванням.

Інтерфейс «Теплопередача в твердих тілах» надає функції для моделювання теплопередачі шляхом теплопровідності, конвекції та випромінювання. Твердотільна модель активна за замовчанням у всіх доменах. Рівняння температури, визначене у твердих областях, відповідає диференціальній формі закону Фур'є, який може містити додаткові джерела тепла.

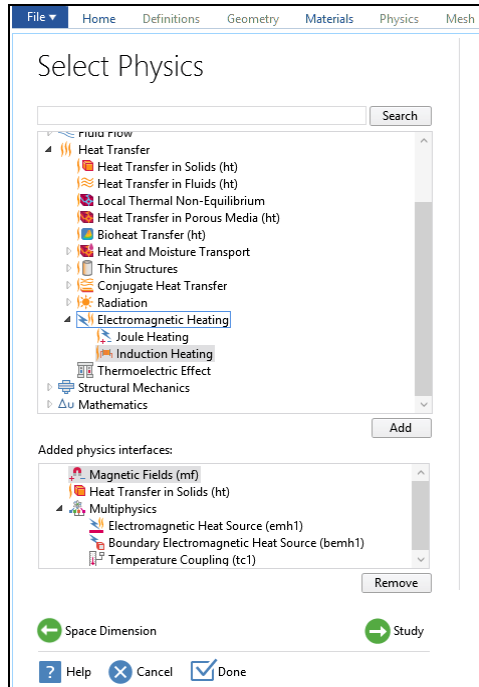


Рис.2. Вікно навігатора фізичних модулів та вибір

#### Синтез геометрії моделі.

Модель являє собою три циліндричні індуктори та деталь (заготовку). На рис. 3 зеленим кольором показані розрахункові ділянки індукторів.

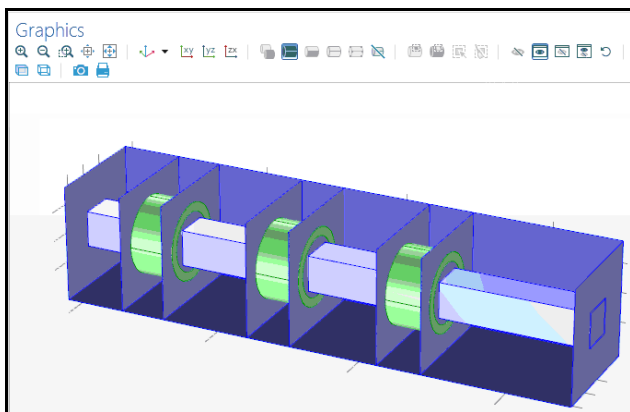


Рис.3. Тривимірна геометрія моделі та налаштування параметрів електромагнітної задачі

Задавались такі геометричні розміри індукторів і заготовки: довжина індуктора  $l_1 = 0,13$  м; зовнішній радіус  $r_2 = 0,14$  м; внутрішній радіус  $r_1 = 0,11$  м; довжина заготовки  $L_1 = 1,4$  м; розміри перетину –  $0,1$  м  $\times$   $0,1$  м. Швидкість переміщення заготовки –  $30$  мм/с. На поверхні та всередині заготовки обираємо контрольні точки, які необхідні для аналізу процесу

нагріву заготовки. Таких точок може бути будь-яка кількість.

Геометрія модель може бути побудована як засобами Comsol Multiphysics, так і в середовищі AutoCAD з подальшим імпортом в Comsol Multiphysics. Довжину, перетин і матеріал деталі або заготовки можна досить легко змінити за необхідності. Після побудови геометричної моделі задаються константи. Застосування констант спрощує переналаштування моделі.

У нашому випадку рекомендується ввести дві константи – це  $J$  – густина струму в індукторі. Вона дорівнює добутку струму і числа витків індуктора, поділеній на площу області відповідну індуктора. А також  $f$  – частота струму в індукторі.

Завдання фізичних констант та властивостей. Електромагнітна задача.

Для цього в меню вибираємо Multiphysics > Azimuthal Induction ... Для початку відкриваємо меню Physics > Application Scalar Variables відкриється вікно введення. У вікні `mu_emqa` задаємо константу  $f$ . Це дозволить змінювати частоту мережі в експериментах. В нашому випадку це  $50$  Гц.

Відкриваємо вікно в меню Physics > Subdomain Settings. Вікно містить кілька вкладок. Нам необхідно заповнити вкладку Magnetic Parameteres. Активізуємо область завантаження та у вікні для `mu` задаємо відносну магнітну проникність. Якщо заготовка феромагнітна, але температура не перевищує точку Кюрі, цю величину можна задати постійної або у вигляді кривої, яка враховує насичення. З огляду на те, що вся теплова енергія виділяється в тонкому шарі, який дорівнює глибині проникнення струму, то для наближених розрахунків досить задати одне значення `mu`. Активуємо область «індуктор» і у вкладці Electric Parameters у вікні для `J_cp` вводимо значення  $J$ .

Налаштування теплової задачі Multiphysics > General Heat Transfer.

Активуємо панель Subdomain Settings. Обираємо області, які не відносяться до завантаження, і прибираємо прапорець у вікні Active in this domain – це виключить ці області з розрахунку. Для області «завантаження» задаємо фізичні властивості заготовки: Thermal conductivity (Теплопровідність), Density (Щільність) і Heat capacity at constant pressure (Теплоємність). Heat source (Джерело тепла). Цей параметр визначається в електромагнітному розрахунку. У вікно вводимо `Qav_emqa`. Граничні умови задаються через Physics > Boundary Settings або F7. Вибираємо необхідні границі в полі Boundary selection і задаємо Heat transfer coefficient (коефіцієнт тепловіддачі). У спокійному повітрі цей коефіцієнт можна прийняти рівним  $25$  Вт/м<sup>2</sup>·К. Вікно налаштувань фізичних параметрів теплової задачі на прикладі властивостей металеві деталі наведено на рис. 4.

Побудова сітки кінцевих елементів.

Найбільшу точність обчислень (при рівній кількості кінцевих елементів) забезпечують параболічні елементи, оскільки вони мають більш точні функції форми (апроксимуючі функції). Однак розрахунок із застосуванням кінцевих елементів (KE) високих порядків вимагає великих апаратних ресурсів.

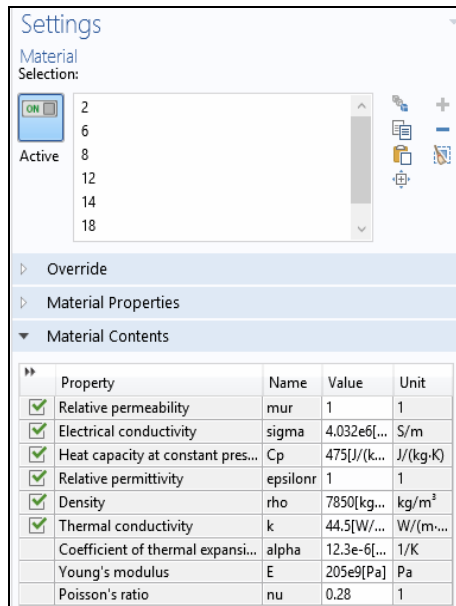


Рис.4. Вікно налаштувань фізичних параметрів теплової задачі

Найбільший вплив на час розрахунку (число ітерацій) крім наявності нелінійностей надають розміри KE і ступінь відповідних апроксимуючих функцій, що визначаються числом вузлів KE. Мінімальний розмір KE (при заданому порядку полінома апроксимуючої функції) і мінімум розрахункового часу необхідно приймати виходячи з умов здобуття необхідної точності розрахунку електромагнітного поля. Зі зменшенням розміру KE розрахунковий час збільшується, а рішення прагне до точного. На рис. 5 представлена кінцево-елементна сітка моделі. Вибір параметрів і оптимізація структури сітки здійснюються в ході чисельних експериментів шляхом встановлення компромісу між точністю моделювання і тимчасовими витратами на виконання розрахунків.

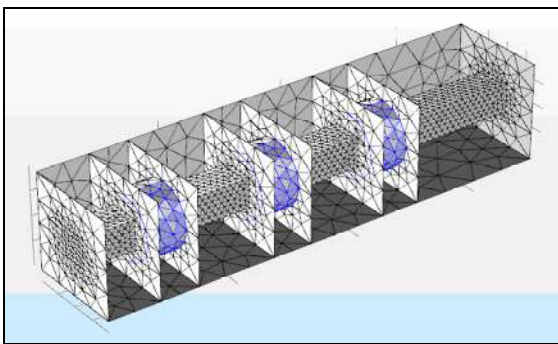


Рис.5. Кінцево-елементна сітка моделі

Налаштування вирішувача.

В меню Solve (Вирішити) обираємо Solver Parameters. У вікні Analysis types обираємо тип вирішувача. Для завдання Azimuthal > Time-harmonic, для General .. > Transient. На вкладці General в першому полі Times вводимо 0: 1,1. Натискаємо кнопку Solve.

Після закінчення розрахунку визначаємо температуру в контрольних точках. В меню Postprocessing > Point Evaluation у вікні Predefined

quantities обираємо Temperature і задаємо точки, в яких будемо контролювати температуру. Натискаємо кнопку Apply.

У нижній частині робочого вікна повинні з'явитися результати. Повторюємо розрахунок, але запускаємо розрахунок кнопкою Restart. Особливість такого запуску полягає в тому, що розрахунок повторюється, але початковими умовами є кінцеві результати попереднього розрахунку. Визначаємо температуру в тих же контрольних точках. Зберігаємо проведену серію розрахунків в форматі m-файлу.

Для моделювання нагріву, отриманий раніше m-файл необхідно відредагувати.

Знаходимо оператор

```
I4 = postint (fem, 'T', ...
             'Unit', 'K', ...
             'Recover', 'off', ...
             'Dl', 7, ...
             'Edim', 0, ...
             'Solnum', 'end');
```

Цим оператором визначається температура в точці 7. Цей оператор завершує перший цикл розрахунку. Подальший розрахунок рекомендується розмістити всередині циклу, наприклад оператора «for end».

Всередині циклу додаємо умови зміни струму індуктора – це може бути функція часу або температури. Припустимо, ім'я ідентифікатора струму в стрижні «Ist». Знаходимо оператор equ.Jerph1 = {0,0, 'I'}; Замінюємо текстову константу 'I' на Ist. Відредагований оператор має вид equ.Jerph1 = {0,0, Ist};

Результати визначення тривимірної розподілу електромагнітного та теплового полів всередині індукторів та деталі будуть представлені в наступних роботах.

### III. ВИСНОВКИ

При розробці автоматизованих комплексів індукційного нагріву металевих деталей необхідно на етапі проектування виконати кількісний аналіз основних характеристик електротеплового процесу та виробити рекомендації щодо вибору раціональних параметрів та режимів нагріву. В роботі представлено основні етапи побудови тривимірної кінцево-елементної моделі автоматизованого комплексу індукційного нагріву металевих деталей.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н. Мультифизическое моделирование в электротехнике // Киев: Институт электродинамики НАН Украины. – 2015. – 305 с.

[2] Випанасенко С.І., Дрешпак Н.С. Аналіз способів регулювання потужності в електротехнологіях індукційного нагріву // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2018. – № 53. – С. 193-199.

[3] Kostyk K.O., Akimov O.V., Ostroverkhova K.V. Дослідження електромагнітних параметрів індукційної тигельної печі з кусковим завантаженням шихти для виплавки сталі 35л // Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – 2020. – № 2. – С. 85-92.

# Визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором

Володимир Грицюк<sup>1</sup>, Олександра Цуркіна<sup>1</sup>, Максим Малишев<sup>1</sup>

1.Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, пр. Науки, 14, УКРАЇНА, e-mail: volodymyr.hrytsiuk@nure.ua

**Анотація:** В роботі представлено результати експериментального визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором. Зниження електромагнітного моменту внаслідок нагрівання ротора важливо враховувати при проектуванні асинхронного двигуна з порожнистим ротором.

**Ключові слова:** асинхронний двигун, нагрів, порожнистий ротор, вихрові струми.

## I. ВСТУП

Асинхронні двигуни (АД) з порожнистим ротором широко використовуються в різних пристроях автоматики та управління (траєкторне управління, стежучі системи передачі кута, покажчики швидкості повороту тощо). Разом з тим, сьогоднішнє зростання інтересу до електричних машин з феромагнітною вторинною частиною обумовлене можливістю їх нового застосування [1]. Серед недавніх зарубіжних публікацій зустрічаються роботи, присвячені розробці обертально-лінійних електромеханічних перетворювачів, здатних одночасно здійснювати обертання та рух уздовж своєї осі. При цьому, як правило, порожнистий феромагнітний елемент циліндричної форми функціонує як ротор з декількома ступенями свободи. Такі перетворювачі становлять невелику групу електроприводів, що дозволяють забезпечити ширші можливості руху, ніж традиційні приводи, а підвищення вимог до мехатронних пристроїв тільки сприяє їхньому неухильному розвитку. Вони використовуються в пристроях, призначених для перемішування та свердління [2]. Фактично, їхнє потенційне застосування варіюється від верстатів до робототехніки та різних пристроїв, що використовуються

для складання, захоплення, переміщення, упаковки, струшування тощо [3, 4, 5].

Електромагнітні процеси в АД з гладким неферомагнітним та феромагнітним ротором мають багато спільного [6]. Підхід до розв'язання задач поля щодо обох типів роторів ряд авторів вважають аналогічним. Водночас, необхідно враховувати характерні якісні особливості електромагнітних процесів у феромагнітному роторі, що пов'язані з проявом поверхневого ефекту, насиченням та гістерезисом масиву. Наявність феромагнітного масиву визначає основні особливості розподілу напруженостей електричного та магнітного полів у вторинному ланцюзі. Дану ознаку покладено в основу класифікації конструкцій АД з масивним феромагнітним ротором (рис. 1).

Особливістю застосування деяких АД з порожнистим ротором є характерні часті пуски, реверси, зупинки, тобто, нестаціонарні режими роботи. Характер розподілу вихрових струмів визначає товщину струмонесучого шару, а значить і величину активного опору порожнистого ротора. Одночасно, теплові втрати від вихрових струмів підвищують температуру нагріву ротора, збільшуючи його опір. Все це відіграє першорядну роль у формуванні вихідних показників і властивостей АД, в першу чергу, таких як електромагнітний момент.

Метою роботи є експериментальне визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором.

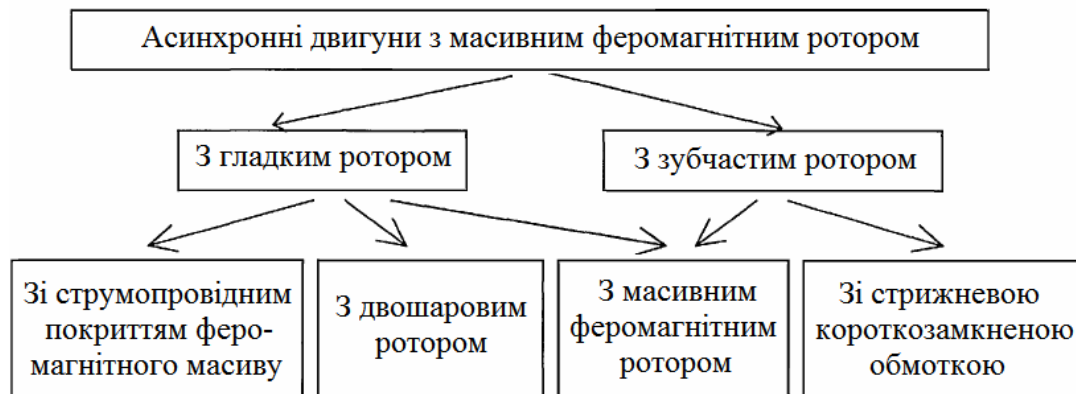


Рис.1. Класифікація АД з масивним феромагнітним ротором [6]



## II. ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ

Ефекти, пов'язані з нагріванням масивного ротора спричиняють істотний вплив на механічну характеристику АД [7]. Дійсно, за умови рівномірності нагріву всього ротора, ковзання машини, що відповідає заданим значенням напруги, частоти та електромагнітного моменту, пропорційне питомому опору матеріалу ротора, яке, як відомо, змінюється з температурою у відповідності з виразом:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0)), \quad (1)$$

де  $\rho_0$  – значення питомого опору при температурі  $T_0$ ;  $\alpha = 0,005$  – температурний коефіцієнт опору сталі;  $T$  – температура ротора.

Згідно з цим виразом, підвищення температури ротора на кожні  $10^\circ\text{C}$  призводить до збільшення ковзання на  $5\%$ .

В роботі було використано двигун з порожнистим ротором, що мав наступні конструктивні параметри: зовнішній діаметр –  $85\text{ мм}$ ; товщина стінки –  $3,5\text{ мм}$ ; довжина –  $75\text{ мм}$ . Довжина магнітопроводу статора дорівнювала довжині ротора.

Експеримент, проведений з порожнистим ротором, показав, що підвищення його температури на  $25^\circ\text{C}$  призводить до зниження величини електромагнітного моменту на  $8\ldots 10\%$  практично при всіх значеннях ковзання (рис. 2). Тому, зниження електромагнітного моменту внаслідок нагрівання ротора необхідно враховувати при проектуванні АД з порожнистим ротором.

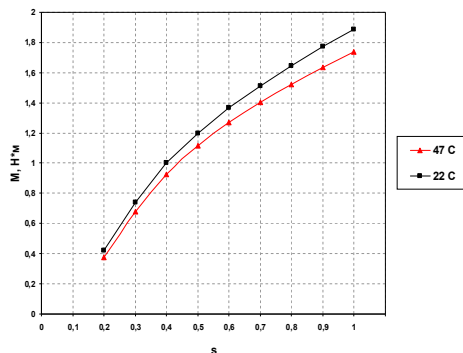


Рис.2. Вплив нагріву ротора на механічну характеристику АД з порожнистим ротором

При проведенні експериментальних досліджень вплив нагрівання ротора на механічну характеристику АД з порожнистим ротором можливо враховувати шляхом перерахунку вимірних значень ковзання відповідно до вимірних значень температури ротора. Однак цей спосіб недостатньо точний через нерівномірність нагрівання ротора. До того ж, практично можливим є визначення тільки температури поверхні ротора. Єдино надійною є така методика експерименту, при якій нагрів ротора практично відсутній, тобто температура ротора при знятті кожної експериментальної точки мало відрізняється від температури навколишнього середовища.

При визначенні механічної характеристики необхідні умови експерименту мають забезпечуватися шляхом інтенсивного примусового охолодження активної частини АД з порожнистим ротором і мінімізації часу, необхідного для встановлення необхідного режиму та зняття показань всіх вимірювальних приладів. Час зняття однієї точки має становити  $5\text{--}6$  секунд. При цьому, після зняття всієї характеристики температура поверхні ротора може підвищуватися на  $5\text{--}7^\circ\text{C}$  (цьому відповідає максимальна помилка у визначенні ковзання  $3,5\%$ ).

## III. ВИСНОВКИ

В роботі представлено результати експериментального визначення впливу нагріву ротора на механічну характеристику асинхронного двигуна з порожнистим ротором. Проведений експеримент показав, що підвищення температури порожнистого ротора на  $25^\circ\text{C}$  призводить до зниження величини електромагнітного моменту на  $8\ldots 10\%$  практично при всіх значеннях ковзання.

Зниження електромагнітного моменту внаслідок нагрівання ротора важливо враховувати при проектуванні асинхронного двигуна з порожнистим ротором.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] J. F.Gieras, S. Juha, "Performance calculation for a high-speed solid-rotor induction motor," IEEE Transactions On Industrial Electronics, vol. 59(6), pp. 2689-2700, June 2012.
- [2] M. Szczygiei, K. Kluszczycski, "Rotary-linear induction motor based on the standard 3-phase squirrel cage induction motor – constructional and technological features," Czasopismo Techniczne. Elektrotechnika, 2016, pp. 395-406.
- [3] P. Bolognesi, O. Bruno, A. Landi, L. Sani, and L. Taponocco, "Electromagnetic actuators featuring multiple degrees of freedom: a survey," in ICEM conference, Tech. Univ. of Lodz, Sept. 2004, pp. 1-6.
- [4] P. Bolognesi, "A novel rotary-linear permanent magnets synchronous machine using common active parts," 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, pp. 1179-1183, Apr. 2010.
- [5] Zablodskiy N., Pliugin V., Gritsyuk V. Submersible electromechanical transformers for energy efficient technologies of oil extraction // Progressive technologies of coal, coaled methane, and ores mining. – 2014. – С. 223-227.
- [6] A. Annenkov, S. Sizikov, A. Shiyonov "Asynchronous motor with perforated hollow rotor", Energy. Proceedings of higher educational institutions and energy associations of the CIS, vol. 61, No. 2, 2018.
- [7] Грицок В. Ю. Асинхронний двигун з порожнистим перфорованим ротором для теплогенераційних систем : дис. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2013.

# Analysis of Existing Zoomorphic Mobile Fish Robots

Vladyslav Yevsiev<sup>1</sup>, Svitlana Starikova<sup>2</sup>

1. Department of CITAM, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauki Ave. 14., email: vladyslav.yevsieiv@nure.ua

2. Kharkiv secondary school of I-III stages №68 of the Kharkiv City Council of Kharkiv region, UKRAINE,  
Zernova Street, 12., email: lana.charming@ukr.net

**Annotation:** This paper analyzes the characteristics and parameters of existing zoomorphic mobile robots - fish. During the analysis, the authors set the task of considering the possibility of using them to solve the problems of monitoring the environment in the event of man-made disasters.

**Keywords:** zoomorphic robots, fish robots, mobile robots.

## I. INTRODUCTION

The modern development of advanced technologies makes it possible to develop and implement mobile robots in the fields of human activity. One of the basic aspects that are embedded in the concept of the fifth industrial revolution (Industry 4.0) is the development of "collaborative robots". A collaborative robot (cobot) is an automatic (intelligent) device that can work together with a person to achieve a goal. Based on this, many world leaders such as Festo [1], ABB [2], KUKA [3], RobotiQ [4], Yaskawa [5] and many others are engaged in research in this direction. However, it is worth noting that most of the research is focused on the development of manipulative mobile platforms that are designed for production systems, while not paying attention to the development of mobile robots for natural exploration and study of the environment. Conducting an analysis, it can be noted that not so many companies pay attention to the development of zoomorphic mobile robots, a striking example is the development of Festo as part of the Bionic program. BionicAnts - research in the field of group decision-making by a group of robots to achieve a given task or SmartBird - an ultralight ornithopter that flies by flapping its wings. [6,7] PowerVision is a division of Xiaomi that develops automated drones with computer vision systems. [8] One of the directions of their development is the PoweRey underwater drone, which allows underwater shooting, but unfortunately it has control through a wired system with a cable length of 50 to 70 meters, therefore it has limited mobility.

Based on this, we can conclude that the development of zoomorphic mobile robots is an urgent task that will allow not only the natural study of the eco-environment, but can also be used in man-made disasters, to assess damage to ships, as well as to assess the damage caused to the environment.

## II. ANALYSIS OF ZOOMORPHIC ROBOTS-FISH

BIKI is the first bionic wireless underwater drone, or simply fish robot, created by the Robosea team. [9,10] The general view of BIKI is shown in Figure 1.



Figure 1. – Bionic fish robot BIKI

The BIKI fish robot features a nine-axis sensor, which makes it possible to self-stabilize in water and provide dynamically soft descent and ascent. The features of this model include that the control of this mobile robot is carried out based on the closed Robosea algorithm. The main technical characteristics are presented in table 1.

Table 1. Main technical characteristics robot fish BIKI

Parameter	Values
The weight	1 kg
Dimensions	27*10*15cm
Speed	1.9 km/h
Maximum immersion depth	60 m
Video	4K (3840x2160)
Noise level	55db
Autonomous robot time (up to 60 m)	150 min
Price	~1350\$

Also, the BIKI fish robot is equipped with a lighting system and a GPS system for returning to the starting point.

Research group The Center for Automation and Robotics (CAR) is a joint center of CSIC and the Technical University of Madrid (UPM) (CAR CSIC-UPM) researchers, together with the University of Florence, have developed a zoomorphic mobile water quality monitoring robot. [11,12] The laboratory layout of the developed zoomorphic fish robot is shown in Figure 2.

A feature of this zoomorphic robot fish, developed by CAR CSIC-UPM, is an attempt to partially imitate both external and interleaving methods of a real biological object. According to the authors of this development, this will minimize inconvenience and stress in live fish, this is achieved by an adaptive control system for swimming modes depending on the state of the water. The following characteristics are available from open sources of information: the length of the robot fish is 30 cm, drives



made of shape memory alloys, 1 mm thick, are used. According to the developer Claudio Rossi, the developed robot will provide early information about environmental changes in water quality and the operation of fish farms.

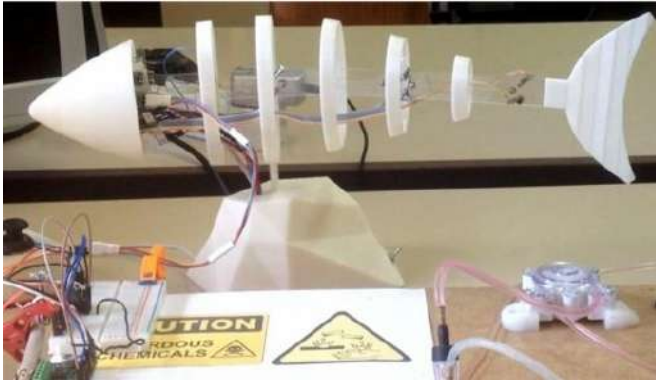


Figure 2. – Zoomorphic robotic fish developed in CAR CSIC-UPM. [11]

As part of the Naro project from ETH Zurich (Swiss Federal Institute of Technology), a Nanin Naro fish robot was developed, a general view of which is shown in Figure 3.

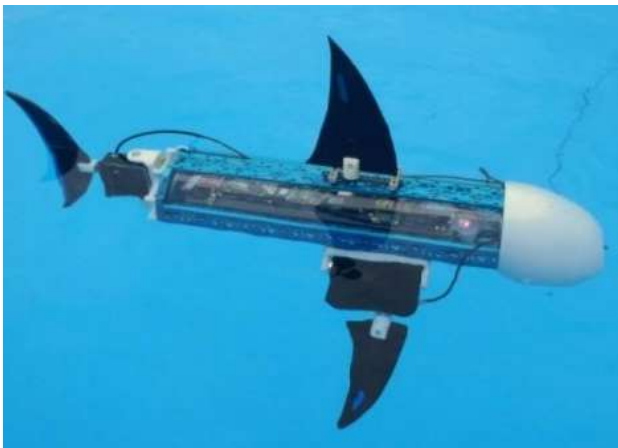


Figure 3. – Robot fish Nanin Naro. [12]

The design of Nanin Naro fish robot is based on anodized aluminum surrounding polycarbonate tubes, inside of which there is plexiglass. The control system is designed based on Raspberry Pi with OS Robot Operating System (ROS) installed on it. Main technical characteristics are presented in table 2.

Table 2. Main technical characteristics robot fish Nanin Naro

Parameter	Values
The weight	7 kg
Dimensions (length)	50 cm
Speed	1,9 km/h
Maximum immersion depth	~20 m
Autonomous robot time (up to 60 m)	160 min
Price	~2550\$

In the article, Qunhong Tian from the Harbin University of Engineering Qingdao Ship Science and Technology Co and his team [13] conducted a series of mathematical studies of building a path for moving a bionic robotic fish, the layout of which is shown in Figure 4.



Figure 4. – Layout of the bionic robotic fish Qunhong Tian [13]

The feature of this robotic fish, developed by the Qunhong Tian team, was that it was designed to build a path in difficult ocean conditions. The main technical characteristics are presented in table 3.

Table 3. Main technical characteristics robot fish Qunhong Tian

Parameter	Values
The weight	2 kg
Dimensions	67x23x15 cm
Speed	0,4 km/h
Maximum immersion depth	~10 m
Autonomous robot time (up to 60 m)	~30 min
Price	-

Renxiang Wu from the School of information Engineering, China University of Geosciences, [14] developed a research model of a zoomorphic mobile fish robot based on the Arduino control system, a general view of which is shown in Figure 5.

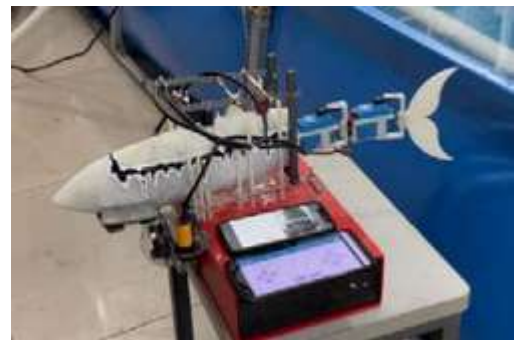


Figure 5. – Zoomorphic mobile robot fish Renxiang Wu [14]

The features of this development include the fact that the control is carried out using the Bluetooth module, that is, at short distances, the OpenMV module is also used to transmit the video signal and the streaming video signal is transmitted via Wi-Fi.

In the works of Jiayong Chen from the South China University of Technology [15], a model of a zoomorphic mobile robot is proposed, which is shown in Figure 6.



Figure 6. – Zoomorphic mobile robot fish Jiayong Chen[15]

A feature of this robot is that it is implemented based on the STM32F103 microprocessor and is controlled via radio frequency (module E62-433T20D). The main technical characteristics are presented in table 4.

Table 4. Main technical characteristics robot fish Jiayong Chen

Parameter	Values
The weight	до 1 kg
Dimensions	47x23x11 cm
Speed	0,2 km/h
Maximum immersion depth	~10 m
Autonomous robot time (up to 60 m)	~10 min
Price	-

In addition, the GP2Y0A21 module is used to detect obstacles, which makes it possible to analyze obstacles at a distance of 10 cm to 80 cm. Unfortunately, this robot is designed to study the movement of the tail, to build a more natural movement of the robot in the aquatic environment, as a result of which there is no video camera.

### III. CONCLUSIONS

Based on the analysis of modern zoomorphic mobile robots, we can draw the following conclusions:

- research in this area is an urgent task that allows you to solve a number of problems related to the study of the aquatic environment and biological species;
- when managing mobile robots, there are problems with the transmission of information through the separation of air and water;
- at the moment, many researchers in this field are studying methods of moving biological species in water and, based on the knowledge gained, are developing mobile robotic fish;
- there are no methods for constructing routes and trajectories of movement of mobile fish robots in the aquatic environment, in which undercurrents, pits, etc. are taken into account;

Despite all of the above, we can conclude that research in this area is only in the initial phase and there are many interesting tasks, the solution of which will allow using the developed zoomorphic mobile fish robots to control, monitor and study the water expanses of our planet, and

also provide an opportunity use them in rescue operations in man-made disasters.

### REFERENCES

- [1]. Festo. [Type of medium]. Available: [https://www.festo.com/us/en/e/journal/robotics-id\\_9229-129/](https://www.festo.com/us/en/e/journal/robotics-id_9229-129/)
- [2]. ABB. [Type of medium]. Available: <https://new.abb.com/uk>
- [3]. KUKA. [Type of medium]. Available: <https://www.kuka.com/>
- [4]. Robotiq. [Type of medium]. Available: <https://robotiq.com/>
- [5]. Yaskawa. [Type of medium]. Available: <https://www.yaskawa.eu.com/products/robots>
- [6]. BionicAnts. [Type of medium]. Available: [https://www.festo.com/at/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2015-to-2017/bionicants-id\\_33396/](https://www.festo.com/at/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2015-to-2017/bionicants-id_33396/)
- [7]. SmartBird. [Type of medium]. Available: [https://www.festo.com/us/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2010-to-2012/smartbird-id\\_33686/](https://www.festo.com/us/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2010-to-2012/smartbird-id_33686/)
- [8]. PowerVision. [Type of medium]. Available: <https://store.eu.powervision.me/>
- [9]. ROBOSEA BIKI Wireless Remote Control Underwater Drone. [Type of medium]. Available: <https://www.ebay.com/itm/204070448861>
- [10]. BIKI: First Bionic Wireless Underwater Fish Drone. [Type of medium]. Available: <https://www.kickstarter.com/projects/1114649432/biki-first-bionic-wireless-underwater-fish-drone>
- [11]. CAR – Centro de Automática y Robótica / CSIC-UPM. [Type of medium]. Available: [https://echord.eu/essential\\_grid/car-centro-de-automatica-y-robotica/index.php.html](https://echord.eu/essential_grid/car-centro-de-automatica-y-robotica/index.php.html)
- [12]. Naro-nanin educational robot fish takes a dip. [Type of medium]. Available: <https://newatlas.com/naro-nanin-robot-fish/28309/>
- [13]. Tian, Qunhong, Tao Wang, Yunxia Wang, Changjiang Li, and Bing Liu. 2022. "Robust Optimization Design for Path Planning of Bionic Robotic Fish in the Presence of Ocean Currents" *Journal of Marine Science and Engineering* 10, no. 8: 1109. <https://doi.org/10.3390/jmse10081109>
- [14]. Renxiang Wu, Gang Du, Zheng Liu, Dongxia Zhang and Yingjie Yu. Design of Bionic Robot Fish Propelled by Two Joint Caudal Fin. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021. DOI:10.1088/1742-6596/1982/1/012056
- [15]. Chen, J., Yin, B., Wang, C. et al. Bioinspired Closed-loop CPG-based Control of a Robot Fish for Obstacle Avoidance and Direction Tracking. *J Bionic Eng* 18, 171–183 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42235-021-0008-0>

# Analysis of Production Data Monitoring and Visualization Systems for Cyber-Physical Production Systems

Shalko Yevhenii<sup>1</sup>

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE, Kharkiv, Nauky Ave. 14., email: yevhenii.shalko@nure.ua

**Annotation:** In this material, a study of modern systems of monitoring and visualization of production data for cyber-physical production systems (CPPS) based on Industry 4.0 was conducted. In the course of the study, the production monitoring system, its main components, and structure will be considered, in addition, we will pay attention to the advantages and disadvantages of similar systems.

**Keywords:** Industry 4.0, Real-time, Internet of things, Production monitoring system (PMS).

## I. INTRODUCTION

Every year, production becomes more and more complex, efficient and precise tools are needed to meet the needs. Because of this, the demand for the implementation of the concept of Industry 4.0, which is one thing, is increasing every year. of the main modern requirements in any production. This concept is one of the most important and popular because it requires the implementation of full automation of production processes, while their management will be carried out in real-time with minimal outside intervention.

Cyber-physical production systems are a logical continuation of the implementation of the Industry 4.0 concept, the essence of which is the creation of a virtual double of real production, which allows you to control various physical processes and make decentralized decisions on various tasks, that is, the creation of distributed systems [1]. The development of cyber-physical production systems requires the solution of many problems related to the processing of data obtained in production, such as storage, access, security, and others. One of the main problems that need to be solved during the implementation of cyber-physical production systems is the monitoring of production processes with the possibility of visualization of these processes. Monitoring the performance and condition of equipment has always been an integral part of information systems used in the industry to improve efficiency and minimize unplanned downtime. In general, monitoring system applications play an important role in predicting production improvements, reducing costs [2], and providing an early warning system [3,4]. Also, due to the increase in the volume of data collected in the production process, monitoring systems become even more important factors in making management decisions, as well as the effective operation of enterprises. Modern technologies, such as sensors based on the Industrial Internet of Things (IIoT), can be used as a solution to ensure effective monitoring of the production

process[5]. Similar technologies can be used and integrated with monitoring systems. Research conducted in the manufacturing industry has shown significant benefits of using IoT-based sensors for monitoring, such as improving working conditions [6], preventing design errors [7], diagnosing faults [8], predicting quality [9], and assisting managers in making more effective decisions [10].

Real-time monitoring and control allow teams to respond appropriately to production-related issues. Machine operators can identify bottlenecks in real-time for continuous improvement. A proactive team can effectively and efficiently manage and resolve issues. From the above, we can conclude that a production monitoring system (PMS) is needed by companies in all manufacturing industries[11].

Some immediate benefits of PMS:

- a. Process monitoring: visualization of the technological process at the production facility in real-time. More advanced systems can visualize processes in various modules of the production management system in the form of interactive diagrams that accurately reflect the topography of the enterprise.
- b. Monitoring of integrated IIoT devices is usually valid for users of next-generation systems equipped with a reliable API.
- c. Accurate tracking of supply chain data.
- d. Monitoring of machine indicators, such as their physical condition, alerts, and warnings about possible violations and downtime;
- e. Track overall equipment effectiveness (OEE), i.e. equipment availability, productivity, and product quality.
- f. Production line metrics such as productivity, order lead time, cycle time, overhead, and waste.
- g. Staff monitoring capabilities include tracking work hours, productivity, delays, and disruptions. This allows managers to better plan staffing needs, production, product shipments, and process lead times.

## II. ANALYSIS OF THE PRODUCTION MONITORING SYSTEM

The data obtained during production monitoring are divided into two main groups: the state of resources and the state of tasks [12]. Task status represents data on each completed operation, estimated production time,

sequences, and others. This group provides information about order flow to improve production sequences. It should also be noted that real-time monitoring of production processes supports a paperless approach to reporting. That is, it allows you to compare the planned and actual volumes of production, which makes it possible to more realistically plan the production plan, and also helps to meet the delivery deadlines.

The second group, the so-called state of resources, is used to control machinery and equipment, personnel, and the working environment (Fig. 1). This group shows machine workload, downtime, availability, and performance as a result of monitoring. Thanks to this, in case of equipment failure, operators know exactly why and can change planned operations in time, which saves time and money. Such data provides real-time and historical details of what is/has been happening in the equipment shop. In turn, personnel monitoring includes optimal movement tracking; planned and actual workforce data, etc. Various indoor positioning systems can be used to track the location of people and equipment [13], which is part of the Global Manufacturing Efficiency (GPE) concept[14].

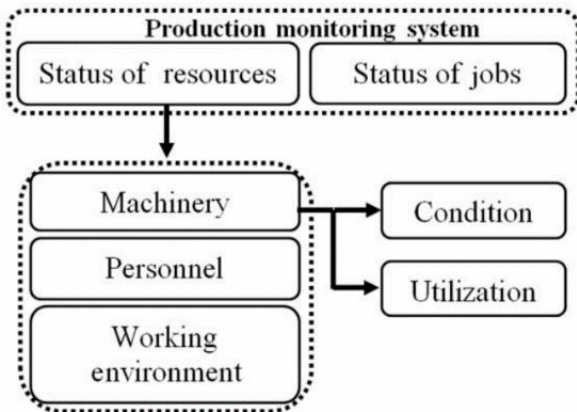


Fig. 1. Classification of production control systems

Such systems include HMI/SCADA software, which helps in the management of industrial enterprises in many industries. HMI/SCADA is a category of control system software architecture that uses network data to provide a graphical user interface through which an operator can monitor the performance of multiple pieces of equipment and issue process commands and settings. This result is achieved using a dedicated screen, a mobile device, or any PC connected to the control network via a web browser.

HMI/SCADA enables operators to improve situational awareness, anytime, anywhere visualization mobility, and control of critical equipment providing a centralized view of operations[15].

HMI/SCADA collects data from remote terminals, programmable logic controllers and other control devices. This data is provided to the operator using a Human Machine Interface (HMI). HMI allows the operator to see what is happening in the plant in real-time, including configurable mnemonics, alarms, trends, etc., to make decisions on adjusting any controls or machine settings.

HMI/SCADA is used in conjunction with other technologies to improve productivity, such as a data logger, to provide trending and other analysis over a long period of time.

State-of-the-art HMI/SCADA, including data archive and centralized visualization technologies, enable a high-performance development and visualization environment that optimizes plant operations, supported by faster development, democratization of tools and capabilities throughout the plant, increased productivity, reduced costs, and employee mindset change . and the culture of continuous work[16].

Data from the groups discussed above allow you to support the functions of production process planning systems, and logistics for the supply of materials and resources, and also allow you to provide feedback at all stages of production. Such a system makes it possible to implement an effective system of informing all departments about what is happening in the shop and helps to respond in a timely manner to unplanned situations.

In most cases, data from different groups are treated as a single data set to identify, for example, the causes of quality problems, unplanned downtime, poor performance, etc. productivity, quality level, and overall equipment effectiveness (OEE). Different strategies can be used to diagnose equipment malfunctions:

- Preventive maintenance is the periodic shutdown of services for manual inspection. The main disadvantage of such a strategy is the need to temporarily turn off the equipment during the inspection to identify equipment problems.
- Condition-based monitoring – fault diagnosis through appropriate observations based on an acoustic signal, temperature, electrical current, vibration monitoring, etc.

PMS systems should be considered as a subset of the manufacturing management system (MES), which includes the same functions as data acquisition and collection, maintenance management, resource status, product tracking, and production performance analysis [17, 18.]

There are many special software products for managing production processes. They may be presented as MES, but functionality depends on customer expectations or tools (e.g. spreadsheets, complex management applications). The main functions of MES solutions developed by leading suppliers of industrial software and automation systems are inventory management and production status data collection with limited equipment status data with supporting functions such as performance analysis and maintenance management. The main focus of these solutions is on medium and large-sized companies, mainly in the processing (chemical, oil, gas, food) and automotive industries.

The main disadvantage of these solutions is investment costs. In some cases, such systems may have weak reconfigurability or require expert knowledge of the system, which may affect the flexibility of the company, when each change in the configuration must be prepared by the software provider and imported into the system [19,20,21]. Many companies offer solutions with limited functionality and work in a specific industry (e.g. Evocon Line Efficiency, Wintriss ShopFloorConnect). Such solutions are usually designed to capture the most important inputs from the production line (machine): unit count and flow rate, job list, downtime, quality reports, etc.

### III. CONCLUSION



The functionality of the main PMS elements is described. One of the main advantages is that the proposed production monitoring system is based on open-source software and hardware, which makes it more accessible to users and supports collaborative knowledge creation.

But despite all the advantages, such systems have many shortcomings, which have a rather large impact, both at the stage of implementation of such solutions and operation. Among them, you can single out the following:

- a. Determining the areas to be monitored in a monitoring system is an extremely complex matter that depends on a huge variety of needs, technological constraints, contractual obligations, and business considerations.
- b. Building a team and set of technologies that are truly needed and will deliver the right set of tools is a daunting task that requires a wide range of technical expertise and time to properly configure and maintain.
- c. In such systems, it is quite difficult to integrate a new tool or update an existing one, as it depends on the developers of the given system. Due to this quite simple problems can arise during the update stage. This makes changes to the system inflexible.
- d. Many tools rely on logical checks and thresholds: these are static configurations that are extremely inflexible. Systems scale and evolve, so this mode of operation must be replaced by pattern recognition technologies.
- e. Many tools have missing or poor integrations (APIs) and cannot be easily extended. These tools have been designed with a lot of assumptions about the system they will monitor, resulting in one of two solutions:
  - 1) Or improvement and adjustment of the existing system, to the criteria of new tools that must be implemented;
  - 2) Choosing tools that are not ideal for your needs but work well with your current system.
- f. Many tools are not fast enough with reporting and analysis. Latency issues are incredibly expensive and painful for any organization.
- g. Many tools do a very poor job of collecting metrics, and throwing away data after providing warnings. This problem exists due to legacy configurations that do not take into account the rapid growth of cloud storage and big data analysis that has occurred in recent years.
- h. In case of errors in the system, it is extremely difficult to determine the location of the failure.
- i. Many tools provide - due to poor system design or problematic configurations - information that is ultimately invalid. This creates a psychological burden on users and costs them valuable time.
- j. Many tools are expensive in themselves and in addition have a slow payback due to huge configuration needs, multiple teams involved, tools to integrate, workflows to change, etc.
- k. Many tools promise to deliver certain things but end up requiring additional costs for support, professional services, and important additional features.

Based on the analysis, it is planned to develop a sensor management system based on IoT technology, a part of which will be a production monitoring system using data received through the API. The planned system should solve the problems of system expansion due to the ease of adding new devices, detection of breakdowns in the

system, cost-effective installation and exploitation of the product, and relevance and accuracy of data.

## REFERENCES

- [1] Є.В. Шалько Система стеження і підрахунку об'єктів складної геометричної форми на виробництві з використанням інфрачервоних датчиків. Збірник студентських наукових статей «Автоматизація та приладобудування» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов – Харків: ХНУРЕ, – 2020. – 279 - 283 с. – 23.04.2021
- [2] Zhang, X.; Zhang, J.; Li, L.; Zhang, Y.; Yang, G. Monitoring Citrus Soil Moisture i Nutrients Using an IoT Based System. *Sensors* 2017, 17, 447..
- [3] Manes, G.; Collodi, G.; Gelpi, L.; Fusco, R.; Ricci, G.; Manes, A.; Passafiume, M. Realtime Gas Emission Monitoring на Hazardous Sites використання Distributed Point-Source Sensing Infrastructure. *Sensors* 2016, 16, 121.
- [4] Cheung, W.-F.; Lin, T.-H.; Лін, Y.-C. A Real-Time Construction Safety Monitoring System for Hazardous Gas Integrated Wireless Sensor Network and Building Information Modeling Technologies. *Sensors* 2018, 18, 436.
- [5] Madakam, S., & Uchiya, T. (2019). Industrial internet of things (IIoT):principles, processes and protocols. In *The Internet of Things in the Industrial Sector*, P. 35–53, DOI: 10.1007/978-3-030-24892-5\_2.
- [6] Moon, Y.S.; Choi, H.R.; Kim, JJ; Kim, DW; Cho, JH; Kim, JW; Jeong, J.W. Розробка IoT-Based Sensor Tag для Smart Factory. *Int. Res. J. Electron. Comput. Eng.* 2017, 3, 28–31.
- [7] Salamone, F.; Danza, L.; Meroni, I.; Pollastro, M.C. A Low-Cost Environmental Monitoring System: Нижче до Prevent Systematic Errors в Design Phase через Combined Use of Additive Manufacturing and Thermographic Techniques. *Sensors* 2017, 17, 828.
- [8] Li, J.; Xie, J.; Yang, Z.; Li, J. Fault Diagnosis Method for Mine Hoist in Internet of Things Environment. *Sensors* 2018, 18, 1920.
- [9] Lee, J.; Noh, S.D.; Kim, H.-J.; Kang, Y.-S. Implementation of Cyber-Physical Production Systems for Quality Prediction and Operation Control in Metal Casting. *Sensors* 2018, 18, 1428.
- [10] Calderón Godoy, A.J.; González Pérez, I. Integration of Sensor and Actuator Networks and SCADA System to Promote the Migration of Legacy Flexible Manufacturing System towards Industry 4.0 Concept. *J. Sens. Actuator Netw.* 2018, 7, 23.
- [11] Snatkin, A., Eiskop, T., and Kõrgesaar, K. Production monitoring system concept development. In *Proc. 9th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering* (Otto, T., ed.). Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia, 2014, 198–203.
- [12] Cowling, P. and Johansson, M. Using real-time information for effective dynamic learning. *Eur. J. Opera. Res.*, 2002, 139, 230-244.
- [13] Gu, Y., Lo, A., i Niemegeers, I. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2009, 11(1), 13–32

- [14] Lanza, G., Stoll, J., Stricker, N., Peters, S., and Lorenz, C. Measuring Global production effectiveness. *Procedia CIRP*, 2013, 7, 31-36.
- [15] Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70.1, 139-145.
- [16] Smoczek S. , Sznytko J. The HMI/SCADA in control systems and supervision processes of manufacturing transport. *Łukasiewicz Research Network - Institute of Aviation European Science Society of Powertrain and Transport KONES Poland*, 2008, Vol. 15, No. 3, 499-507. *Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych*
- [17] Saenz de Ugarte, B. , Ariba, A., i Pellerin, R. Manufacturing execution system – a literature review. *Prod. План. Control*, 2009, 20, 525-539.
- [18] Meyer, H., Fuchs, F., i Thiel, K. *Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning, and Deployment*. McGraw-Hill, New York, 2009.
- [19] Bo, L., Zhenghang, C., and Ying , C. Research on reconfigurable manufacturing execution system. *Y Proc. 2004 International Conference on Intelligent Mechatronics and Automation*. Piscataway, NJ, 2004, 157-161.
- [20] Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455.
- [21] Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473
- [22] Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>

# Розроблення засобів формування баз даних про вибухонебезпечні предмети, методи їх пошуку та ідентифікації

Антон Бондаренко<sup>1</sup>, Дмитро Янушкевич<sup>1</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: anton.bondarenko@nure.ua

**Анотація:** В даному матеріалі наведено інформацію щодо засобів формування баз даних вибухонебезпечних предметів, методів їх пошуку та ідентифікації.

**Ключові слова:** ВВП, РКВП, ідентифікація, розмінування, вибуховий пристрій.

## I. ВСТУП

Всі воєнні конфлікти супроводжуються широким застосуванням протипіхотними сторонами протипіхотних мін та вибухонебезпечних предметів (ВВП). Однією з проблем, з якою країни у всіх регіонах, де велись бойові дії або існують воєнні конфлікти, які були породжені міжнародними та міжнародними визвольними рухами (наприклад: Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія, Україна тощо), стикаються з проблемами пошуку та ідентифікації вибухонебезпечних предметів.

Згідно зі звітом Міжнародного руху за заборону протипіхотних мін (International Campaign to Ban Landmines, ICBL) за 2020 рік, 2019-й рік став одним з найтрагічніших за рівнем смертності від вибухів мін в світі. Найбільше число смертей від розривів мін було зафіксовано в Афганістані, Колумбії, Іраку, Малі, Нігерії, Україні та Ємені. Третина (33%) смертей від вибухів протипіхотних мін в 2019 р. була зафіксована в 55 країнах, що приєдналися до Оттавського договору. Вибухи протипіхотних мін в 2019 р. забрали не менше 2 170 життів по всьому світу, ще 3 357 осіб отримали поранення. Понад 80 % загиблих від вибухів мін – цивільні особи, 43 % з яких діти.

Наприклад, за роки воєнного конфлікту на Донбасі (Україна), який почався у 2014 р., він перетворився на одну з найбільш насичених мінами й ВВП територій в світі. За оцінкою Організації Об'єднаних Націй (ООН), за роки війни тут заміновано 1,6 млн га землі, з них 700 тис. на території, підконтрольній уряду України. Площа забруднених регіонів, що містять міни та ВВП, становить майже 7 тис. км<sup>2</sup> на підконтрольній території та орієнтовно 14 тис. км<sup>2</sup> на окупованих територіях Донецької, Луганської областей та Автономної Республіки Крим. На цих територіях може знаходитися близько 3,3 млн протипіхотних мін

## II. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Гуманітарне розмінування спрямоване на зменшення шкідливого фактору дії вибухових речовин на життєдіяльність людей. Мета розмінування полягає

в тому, щоб знизити мінну небезпеку до рівня, при якому люди можуть жити безпечно; при якому економічний, соціальний і фізіологічний розвиток може здійснюватися безперешкодно, не наражаючись впливу обмежень, що викликаються впливом наземних мін.

Вибухонебезпечні предмети – вибухові матеріали, боєприпаси, що містять вибухові речовини, а також біологічні та хімічні речовини: бомби і боєголовки; керовані і балістичні ракети; артилерійські, мінометні, ракетні боєприпаси і боєприпаси до стрілецької зброї; усі міни, торпеди і глибинні бомби; піротехнічні вироби; касетні бомби і касети; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої тощо.

Після закінчення другої світової війни у всіх регіонах світу продовжували виникати численні військові конфлікти, породжені національно-визвольними і громадянськими війнами, міжнародними і міжнародними протипіхотними. Всі ці конфлікти неодмінно супроводжувалися широким застосуванням протипіхотними сторонами наземних мін, причому з року в рік активність і масштаби їх застосування неухильно зростали.

В результаті, як свідчать офіційні дані ООН, у всіх регіонах світу на територіях 64 країн встановлено близько 110 мільйонів мін і приблизно 100 мільйонів їх знаходиться на складах в готовності до негайного застосування.

Застосування наземних мін обумовлена в наступними причинами:

- високою ефективністю дії - здатністю виводити з ладу важкі бойові машини і транспортні засоби, вражати живу силу і наносити особовому складу важкі поранення, що вимагають тривалого і дорогого лікування (лікування одного пораненого на міні в середньому коштує 5000 доларів США);
- простотою конструкції, що дозволяє використовувати малокваліфіковану персонал, на підготовку якого потрібно мало часу;
- низькою вартістю виробництва боєприпасів (ряд зразків протипіхотних мін має вартість 3 долари США за 1 шт., а протитанкових - 75 доларів, в той час як сумарні витрати по нейтралізації однієї міни становили 300 - 1000 доларів);
- наявністю великого міжнародного ринку наземних мін (всього зафіксовано понад 700 моделей мін, більшість яких мають вартість 0,5-30 доларів);

– здатністю країн-розробників і експортерів поставляти покупцеві великі партії простих і дешевих мін (сумарна продуктивність промисловості становила 10 мільйонів мін на рік, яка щорічно отримувала від їх продажу дохід у 100–200 мільйонів доларів).

Проблеми також пов'язані з постійним ускладненням ситуації із застосуванням мін та поглиблюються небезпекою підриву населення на боєприпасах (вибухонебезпечних предметах), які не підірвались (не здетонували). Таких мін та боєприпасів на полі бою і в районах нанесення ракетно-артилерійських ударів залишається все більше. Це особливо характерно для територій на сході України.

Такі боєприпаси становлять ще більшу небезпеку, ніж міни та сприяють зростанню втрат серед місцевого населення. Особливе занепокоєння викликає факт невідповідності темпів проведеного розмінування розмаху триваючої установки мін.

Слово «міна» вживається у двох значеннях:

- як артилерійський снаряд до міномета;
- спеціальний боєприпас, призначений для встановлення на землі / під землею / у воді, і який уражає ціль внаслідок її присутності або безпосереднього впливу на міну.

За призначенням розрізняють міни:

- протитанкові (ПТМ);
- протипіхотні (ППМ);
- протитранспортні;
- об'єктні;
- спеціальні.

Найбільш важко виявляються протипіхотні міни. Протипіхотні міни використовуються також для пристрою «мін-сюрпризів» та «мін-пасток».

Протитранспортні міни призначаються для мінування автомобільних доріг і залізниць, аеродромів.

Об'єктні міни призначаються для руйнування мостів, тунелів та інших споруд. Вони встановлюються всередині об'єкта в спеціальних мінних колодязях (камерах) або в ґрунті.

Починаючи з 2014-го, на території проведення АТО/ООС виявлено та знищено понад 480 000 вибухонебезпечних предметів, здебільшого боєприпасів ствольної та реактивної артилерії (калібрів 122 мм, 125 мм, 152 мм), мінометних мін (82 та 120 мм), гранатометних пострілів (ПГ-7, ВОГ-17, ВОГ-25), протитанкових мін (ТМ-62, ПТМ-3), протипіхотних мін (ОЗМ-72, МОН-50, ПМН-2, ПФМ-1, ПОМ-2), саморобних вибухових пристроїв [4].

Згідно даних організації з гуманітарного розмінування HALO Trust, на сході України виявлено 297 мінних полів загальною площею понад 26 мільйонів м<sup>2</sup>, де знаходиться близько 3,3 мільйона мін та вибухонебезпечних предметів (ВНП). На розмінування цих територій України знадобиться не менше 25-30 років.

Роботи по створенню роботизованих систем та комплексів (РТС) військового (подвійного) призначення, включаючи роботизовані системи для проведення гуманітарного розмінування ведуться в Україні і за кордоном [1...4].

Розглянемо сучасні методи ідентифікації які широко використовуються у наш час. Усі методи, що

досліджують наявність (тобто виявлення та розпізнавання) вибухових речовин та пристроїв як під час виконання експертних завдань, так і в позалабораторних умовах (оперативне застосування), на мій погляд, можна об'єднати в чотири основні групи:

- 1 група – фізичні методи;
- 2 група – фізико-хімічні методи;
- 3 група – хімічні методи;
- 4 група – органолептичні методи.

До першої групи (фізичні методи) можна віднести такі методи:

- дрейф-спектрометричний метод ґрунтується на спектрометрії рухливості іонів в електричному полі;

- мас-спектрометричний метод ґрунтується на молекулярному рівні, тобто за рахунок великої швидкості молекули групуються залежно від своєї маси;

- метод спектроскопії ґрунтується на спектральному аналізі вибухової речовини у фізичному середовищі (розчинники), зокрема ІЧ-спектроскопія;

- метод інтроскопії ґрунтується на взаємодії всієї (або частини) маси вибухових речовин з проникаючим випромінюванням, в якому використовується потік теплових нейтронів або променів певного спектра електромагнітних коливань;

- метод ядерно-магнітного резонансу ґрунтується на дистанційному аналізі елементного складу вибухової речовини за рахунок ядерного випромінювання;

- метод нейтронної активації ґрунтується на виявленні вибухової речовини як об'єкт з підвищеним вмістом водню та ін. методи.

До другої групи (фізико-хімічні методи) відносять:

- газо-хроматографічний метод ґрунтується на виявленні часток вибухової речовини за рахунок розподілу її компонентів на межі фаз високочистих газів-носіїв (аргон, азот) та чутливого сорбенті;

- рідинно-хроматографічний метод ґрунтується на виявленні часток вибухової речовини за рахунок його властивостей розчинятися в рідинах-носіях та утримуватися певний час на сорбенті;

- потенціометричний метод ґрунтується на зміні електричного опору речовини (вибухової речовини) під дією електричного струму;

- поляриметричний метод – під дією світлового потоку кожна речовина (вибухової речовини) має свій спектр та ін. методи.

Ця група методів використовується для виявлення вибухової речовини в прихованих предметах, наприклад, багажу, ручному вантажу, сумках, пакетах тощо [1].

До третьої групи (хімічні методи) належать:

- метод крапельної реакції (крапельні тести) ґрунтується на зміні кольору слідів вибухової речовини під дією певного хімічного реагенту;

- метод тонкошарової хроматографії ґрунтується на властивостях вибухової речовини в певних умовах (насичена пароповітряна суміш розчинників) розкладатися на чисті речовини та ін. методи.



Ця група методів застосовується для виявлення часток вибухової речовини, що залишаються на різних предметах, на шкірі, одязі тих осіб, які перенесли або мали стикання з вибуховою речовиною та наявності самої речовини.

До четвертої групи (органолептичні методи) відносять візуальний та біофізичний методи.

Біофізичний метод у свою чергу поділяється на такі:

- біосенсорний метод ґрунтується на виявленні азотомістовних речовин за допомогою собак, свиней тощо;

- біолоюмінесцентний метод ґрунтується на виявленні за допомогою УФ-люмінесценції залишок вибухової речовини на руках, одязі тощо;

- ферментативний метод ґрунтується на виявленні мікрочасток вибухової

- речовини на руках, багажу тощо при нанесенні її на спеціальний оброблений тампон.

Ця група методів застосовується для виявлення слідів таких видів вибухової речовини, що залишаються у прихованих різних предметах, на шкірі, одязі тих осіб, які перенесли або мали стикання з вибуховою речовиною.

Технічна реалізація цих методів забезпечується спеціальними приладами, засобами, комплексами, за допомогою яких виявляють наявність вибухової речовини (вибухового пристрою) або їх залишків за певними ознаками [2].

Кожен з цих методів застосовується залежно від ситуації, способу (наявності вибухової речовини чи можливого її знаходження), обставин, суб'єкта (працівник органу дізнання, оперативник, митник тощо), спеціаліста (криміналіста, експерта) та труднощів дослідження вибухової речовини.

Таким чином для здійснення ідентифікації характерним є зростання уваги до проблем створення робототехнічних комплексів та систем військового, спеціального та подвійного призначення (РКВП). Це обумовлюється намаганням усіх передових країн світу до збереження людського життя, в контексті якого використання РКВП дозволяє досягти позитивних результатів. Крім того, ця тенденція пояснюється стрімким розвитком новітніх технологій в інформаційній сфері, тобто «роботизація» різноманітних напрямів діяльності людини, зокрема, військової сфери, що відповідає змісту сучасного постіндустріального суспільства на базі концепції Industry 4.0.

Роботи по створенню РКВП проводяться в різних країнах світу. Так, США визнали, що застосування РКВП – один з найперспективніших напрямів розвитку військової справи. США можна вважати лідером не тільки розробок, а й практичного використання роботів, хоч багато зусиль нині здійснюють також Китай, Великобританія, Ізраїль, Туреччина та Іран [3, 4].

Плани Міністерства Оборони США DARPA полягають у тому, щоб у 2025 році здійснити перехід до повноцінної робототехнічної армії. Наземні роботизовані комплекси сухопутних військ, на думку фахівців, здатні вирішувати широкий спектр завдань, основними з яких є [5]:

- виявлення, обстеження та знешкодження мін, фугасів та саморобних вибухових пристроїв;

- ведення розвідки та спостереження;

- виявлення позицій снайперів, вогневих засобів, засідок та систем спостереження ворога;

- обстеження будівель, споруд та окремих об'єктів;

- доставка матеріально-технічних засобів за місцем призначення.

Розробку дистанційних робототехнічних систем ведуть не лише у США. У цьому напрямі працюють інші технологічно розвинені країни. Серед тих країн, які ведуть розробки, найактивніше слід назвати – Ізраїль, Південну Корею, Індію, Китай, Японію та Росію. В Ізраїлі автоматизація бойових дій стала основною тенденцією. Уздовж 60-кілометрової смуги Газа зараз встановлюються роботи-снайпери. Розроблені ізраїльським військовим концерном Rafael стаціонарні системи See-Shoot оснащені автоматичними кулеметами із камерами. Дальність їхнього бою досягає 1500 м [3].

Згідно міжнародного стандарту ISO 8373:2012 «Robots and robotic devices. Terms and definitions», робототехнічний комплекс (robot system) – це комплекс, що складається з одного або декількох роботів, їх робочих органів та будь-яких механізмів, обладнання, приладів або датчиків, що забезпечують виконання роботом функціонального призначення (завдання) [8].

Створенням робототехнічних комплексів військового призначення активно займаються провідні країни світу, беручи за основу свої наукові, технічні та промислові накопичення [4].

Створення РКВП потребує суттєвого опрацювання ядра найважливіших технологій, які необхідні для створення всієї номенклатури перспективних РКВП. При цьому типовий зразок РКВП може бути представлений у вигляді сукупності функціонально пов'язаних елементів. Зокрема [9]:

1. Базовий носій – це може бути мобільна платформа, шасі чи корпус будь-якої конфігурації, призначені до застосування у різних середовищах.

2. Спеціалізоване навісне (вбудовуване) обладнання у вигляді набору знімних модулів корисного (цільового) навантаження.

3. Засоби забезпечення та обслуговування, що використовуються при підготовці до застосування та технічної експлуатації робота.

Склад спеціалізованого обладнання встановлюється, виходячи з функціонального призначення РКВП і може включати:

- засоби розвідки;

- засоби озброєння;

- навігаційні пристрої;

- спеціальне технологічне обладнання;

- засоби телекомунікації;

- спеціалізовані обчислювачі та контролери із програмно-алгоритмічним забезпеченням;

- засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ);

- захисні засоби.

Крім цього, РКВП потребують забезпечення та обслуговування, тобто до складу комплексу додатково включаються [3]:

- пункт управління, контролю та обробки інформації;
- засоби доставки, транспортування та запуску;
- засоби спорядження, заправки та зарядки;
- засоби підготовки фахівців;
- комплект керівних документів;
- комплект запасного приладдя.

Таке уявлення типового РКВП дозволяє виділити технології для розробки перелічених елементів. Критичні технології робототехніки можна декомпонувати на:

- основні, тобто розроблювані безпосередньо для робототехнічних комплексів;
- допоміжні – розроблювані для широкої номенклатури зразків озброєння та перспективи застосування РКВП.

До основних можуть бути віднесені такі технології:

- систем сприйняття та обробки сенсорної інформації, оцінки ситуації та планування дій;
- автоматичного наведення та управління;
- дистанційного та автономного управління рухом;
- автоматичного розпізнавання образів (цілей), аналізу ситуацій та динамічних сцен;
- штучного інтелекту та навчання;
- людино-машинного інтерфейсу;
- інтелектуальних систем групового керування.

До допоміжних можна віднести технології:

- автоматизованого керування;
- енергетики;
- створення та застосування нових матеріалів та речовин;
- геоінформаційні та точного глобального позиціонування;
- створення перспективних систем датчиків та їх елементів;
- створення оптичних та оптико-електронних засобів.

Володіння такими технологіями – запорука успіху у забезпеченні необхідного ступеня автономності та інтелектуальності безпілотних літальних апаратів (БПЛА), наземних РКВП та автономних морських апаратів.

Сучасному стану та перспективам розвитку РКВП присвячено ряд досліджень одні з яких були теоретичного та експериментального характеру, що стосуються розробки маніпуляторів для мобільних роботів спеціального призначення, адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами РКВП [5], та дослідження щодо методів пошуку мін та ВВП [6, 7]. Як показав аналіз цих досліджень, вони стосуються лише питань розробки та застосування РКВП для ведення бойових дій, боротьби з тероризмом, пошуку ВВП. Проте питанням комплексного застосування РКВП для здійснення гуманітарного розмінування (пошук, ідентифікація, знешкодження ВВП) уваги приділено недостатньо. Таким чином, роботи по створенню засобів формування баз даних вибухонебезпечних предметів, методів їх пошуку та ідентифікації є актуальним завданням.

Пошук та ідентифікація ВВП для розмінування є комплексним завданням. РКВП для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними маніпуляторами та детекторами

(сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВВП.

Виявлення ВВП означає їх пошук, зумовлений факторами, до яких відносяться [6]:

- наявність вибухової речовини та локально розташованої маси металу;
- специфічна форма мін, фугасів та ВВП;
- неоднорідності середовища, де розміщений ВВП.

До ознак вибухонебезпечних предметів відносяться: наявність металевих та пластмасових деталей, напівпровідникових приладів (діодів, транзисторів, інтегральних мікросхем) підривних пристроїв, провідних ліній, антен, певна форма корпусу (циліндр, паралелепіпед) тощо.

Однією з найважливіших характеристик розроблення, що робить можливим його використання в конкретному регіоні світу для пошуку конкретних вибухонебезпечних предметів, є гранична чутливість – гранична концентрація парів вибухонебезпечних предметів у повітрі, яка може бути виявлена. У світі уже розроблено багато моделей РКВП. На цей час для виконання особливо небезпечних робіт з пошуку та ідентифікації ВВП широко використовуються робототехнічні дистанційно-керовані засоби і системи. Найбільш відомі такі моделі, як «Хантер» (Великобританія), «Гарант-1» (Швейцарія), «КАРРА» (Німеччина), «Марка» (Ірландія) тощо.

Значний досвід використання робототехнічних дистанційно-керованих апаратів накопичено в тих державах, у яких вчинення терористичних актів із застосуванням вибухових пристроїв значно почастишали, наприклад, у Великобританії (Північній Ірландії), Ізраїлі, США, Росії тощо.

Робототехнічні дистанційно-керовані апарати, як правило, виконуються у виді шасі із системою телекерування і маніпулятором, на якому залежно від визначених завдань може у різних комбінаціях установлюватися таке обладнання:

- засоби пошуку ВВП; телекамери спостереження;
- захват (з крюком і буксирним тросом), кішка з фалом;
- засоби руйнування ВВП ближнього радіусу дії (від 0,1 до 2 м).

Шасі робототехнічного дистанційно-керованого апарата виконується гусеничним (з гумовими гусеницями) або колісним (з гумовим покриттям та всіма ведучими колесами).

Привод коліс – механічний (від двигуна внутрішнього згорання) або електричний (від зовнішнього джерела через проводову систему керування або від бортової батареї акумуляторів). Керування даним апаратом здійснюється за допомогою радіосигналу (якщо вибуховий пристрій має систему радіо керування) або через проводову систему.

Прохідність більшості подібних апаратів така, що забезпечує пересування по твердих поверхнях (асфальту, бетону), і має обмежену можливість руху по м'якому ґрунту, луґу тощо. Апарат може долати

невеликі перешкоди, наприклад, бордюри, бруківка, тротуари тощо. Окремі моделі спеціально сконструйовані таким чином, що можуть підніматися сходами будинку, а також по трапу літака.

Робототехнічні дистанційно-керовані апарати можуть використовуватися для вирішення таких завдань:

- дистанційний візуальний огляд предметів і приміщень щодо наявності в них вибухонебезпечних предметів;

- візуальна ідентифікація (по можливості) типу вибухонебезпечних предметів, його підривача, маси заряду вибухової речовини, наявності або відсутності уламків корпусу;

- пошук й ідентифікація вибухонебезпечних предметів за допомогою технічних засобів пошуку: газоаналізатора типу «АРГУС», стетоскопа, міношукача; приладу для взяття проб повітря;

- приведення до спрацьовування оптичних підривачів і підривачів з натяжними (що розкидаються) датчиками цілі (розтяжками) в приміщеннях і на відкритій місцевості;

- доставка до ВВП різного роду засобів руйнування ближнього радіусу дії і локалізаторів дії вибуху, закріплення на вибухонебезпечних предметах й інших предметах фала.

В Україні розроблено та впроваджено РКВП для розвідки та знешкодження ВВП (рис. 1). На практиці даний вибухотехнічний апарат показав високі показники та ефективність його застосування.



Рис. 1. Дистанційно-керований апарат для розвідки та знешкодження вибухонебезпечних предметів

Цей прилад використовується для пошуку і безпечного знешкодження вибухонебезпечних предметів в умовах міста і промислової забудови. РКВП включає саморухому базу на колісному шасі (всі колеса – ведучі), систему дистанційного керування, оглядову телекамеру з системою передачі інформації на монітор, джерело ПЧ-підсвітлення, лазерний датчик, одноступінчатий маніпулятор із закріпленою на ньому платформою для додаткового обладнання. Привод коліс – електричний, від вбудованої батареї акумуляторів.

Проте, в реальному застосуванні, найбільш перспективним є застосування різних комбінацій або поєднань електромагнітного, оптичного та механічного методів.

Обмеженням досліджень є те, що сучасні методи та детектори виявлення ВВП не достатньо повно пройшли експериментальну перевірку в умовах реальних обставин, які можуть бути на територіях, забруднених ВВП. Можливим розвитком цього дослідження може бути розробка РКВП, які можуть здійснювати пошук (не тільки на поверхні ґрунту, але і на певній глибині), ідентифікацію та прийняття рішення щодо їх знешкодження.

### III. ВИСНОВКИ

В даному матеріалі проведено аналіз актуальності розробки засобів формування баз даних вибухонебезпечних предметів, методів їх пошуку та ідентифікації. Було наведено світову статистику, основні види пошуку вибухонебезпечних предметів у наш час та розроблено пропозиції щодо їх покращення.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Johns P. B. "A symmetrical condensed node for the TLM method," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-35, pp.370-377, Apr. 2007.

[2] V. Trenkic, C. Christopoulos, and T.M. Benson, "Efficient computational algorithms for TLM," in *1st Int. Workshop TLM*, Univ. Victoria, Canada, Aug. 2015, pp. 77-80.

[3] Nevliudov I., Yanushkevych D., Ivanov L. (2021). Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian mining. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62), 47-52.

[4] Толкунов І. О., Попов І. І., Янушкевич Д. А. Застосування сучасних роботизованих систем і комплексів у гуманітарному розмінуванні (2022). *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗУ. С. 112-114.

[5] Струтинський В. Б., Юрчишин О. Я., Кравець О. М. (2021). Розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами. *Матеріали XXII міжнародної НТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта»*, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, С. 129-131.

[6] Наземні бойові роботи: лідери та Україна. Available at: [https://lb.ua/news/2021/11/17/498795\\_nazemni\\_boyovi\\_roboti\\_lideri.html](https://lb.ua/news/2021/11/17/498795_nazemni_boyovi_roboti_lideri.html).

[7] Kasban H., Zahran O., Sayed M. Elaraby, M. El-Kordy, F. E. Abd El-Samie. (2010). A Comparative Study of Landmine Detection Techniques. *An International Journal Sensing and Imaging* volume 11, 89–112.

[8] Aggregated Standards List [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://robotistry.org/standards/StandardsList.html>.

[9] Common Requirements for Robots [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nrp.gov.sg/engineering/standards/>.

# Призначення та класифікація сучасних контакторних груп

Винник Андрій<sup>1</sup>, Леонід Іванов<sup>1</sup>,

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: andrii.vinnyk@nure.ua.

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: Leonid.ivanov@nure.ua.

**Анотація:** У роботі виконано огляд основних понять, характеристик та типів контакторної групи, а також проведено аналіз переваг та недоліків.

**Ключові слова:** контактор, електродвигун, громадський транспорт, тролейбус.

## I. ВСТУП

Одним із найважливіших показників рівня технічного розвитку будь-якої країни є нині рівень розвитку її енергетики.

Сучасна енергетика – це переважно електроенергетика, тобто. виробництво та споживання електричної енергії.

Електрична енергія використовується у всіх галузях промисловості, будівництва, транспорту та сільського господарства внаслідок низки властивих лише їй властивостей. Електричну енергію можна передавати великі відстані, а як і перетворювати на інші види енергії – механічну, теплову і хімічну.

Велике значення має можливість перетворення електричної енергії на механічну, яка здійснює за допомогою конструктивно простих та зручних для експлуатації електродвигунів.

Застосування електродвигунів замість громіздких і складних парових машин і двигунів внутрішнього згоряння дозволяє раціональніше використовувати виробничі площі підприємств, знизити експлуатаційні витрати, здійснювати автоматизацію виробничих процесів.

Про масштаби застосування електродвигунів свідчить те що, що на рух у промисловості витрачається понад 50% всієї електроенергії.

Широке застосування знаходить електрику у промисловості, а й у сучасному залізничному і внутрішньоміському транспорті.

За допомогою електричної енергії варять сталь, зварюють та ріжуть метал, створюють гальванічним способом на поверхні металів стійкі антикорозійні покриття.

Незалежна роль електрики в автоматизації виробничих процесів та телеуправління цими процесами.

В автоматизації та телеуправлінні жоден вид енергії, відомий сучасній науці, не може повністю замінити електричну енергію.

Контактор – двопозиційний апарат, призначений для приватних комутацій струмів, які не перевищують струмів навантаження відповідних електричних

силових ланцюгів. Замикання або розмикання контактів контактора може здійснюватися руховим (електромагнітним, пневматичним або гідравлічним) приводом. Найбільшого поширення набули електромагнітні контактори.

Контактори різняться за родом струму: постійного, змінного ( частотою 50 і 60 Гц ), і навіть змінного струму підвищеної частоти ( до 10 Гц ).

Контактори постійного струму комутують ланцюг постійного струму і мають, як правило, електромагніт постійного струму.

Контактори змінного струму комутують ланцюг змінного струму.

Електромагніт цих контакторів може бути виконаний або для роботи на змінному струмі або для роботи на постійному струмі.

## II. ТИПИ ТА ПРИНЦИПИ ДІЇ ЕЛЕМЕНТІВ КОНТАКТОРНОЇ ГРУПИ

Існують три типи контакторів: електромагнітні, пневматичні та гідравлічні.

Розглянемо деякі типи.

Електромагнітний контактор (рис. 1.) представляє собою електричний апарат, що призначений для комутації силових електричних ланцюгів в електровозах. [1]. Замикання або розмикання контактора виконується найчастіше за допомогою електромагнітного привода.



Рис. 1. – Зовнішній вигляд електромагнітного контактора

Електромагнітні контактори поділяються за:



- а) родом струму головного кола та кола керування (включаючої котушки):
  - постійного струму;
  - змінного струму;
  - постійного і змінного струму.
- б) числом головних полюсів: від 1 до 5;
- в) номінальним струмом головних кіл: від 1,5 до 4800А;
- г) номінальною напругою головних кіл: від 27 до 2000В постійного струму та від 110 до 1600В змінного струму частотою 50, 60, 500, 1000, 2400, 8000, 10000Гц.
- д) номінальною напругою котушки, що включається: від 12В до 440В постійного струму, від 12В до 660В змінного струму частотою 50Гц, від 24В до 660В змінного струму частотою 60Гц.
- е) наявністю допоміжних контактів: з контактами та без них.

Контактори також поділяються за родом приєднань провідників головного кола та кола керування, за способом монтажу, за видом приєднання зовнішніх проводів.

Нормальна робота контактора допускається:

1) При напрузі головного кола до 1,1 і кола керування від 0,85 до 1,1 номінальних напруг відповідних кіл;

2) При зниженні напруги змінного струму від 0,7 до номінального струму. Котушка, що включається, повинна утримувати якор електромагніту контактора в повністю притягнутому положенні, а при знятті напруги не утримувати його.

Електромагнітні контактори розраховані на застосування в різних кліматичних поясах, на роботу в різних умовах навколишнього середовища і, як правило, не мають спеціального захисту від доторкувань і зовнішньої дії.

Розглянемо конструкцію електромагнітних контакторів.

Конструкція контакторів всіх типів аналогічна.

Контактори складаються з наступних основних складальних вузлів: ізолюючого стрижня, на якому закріплені кронштейн нерухомого контакту, головних контактів, дугогасної системи, електромагнітної системи, допоміжних контактів (кронштейну рухомого контакту, пневматичного приводу з ізоляційною тягою) та дугогасної камери.

Головні контакти виконують замикання та розмикання силового кола. Вони повинні витримувати довготривале проходження струму та часті включення та відключення при великій її кількості. Нормальним вважається положення контактів, коли через втягуючу котушка контактора не проходить струм та звільнені всі механічні защілки.

Головні контакти можуть бути ричажного та мостикового типу.

Ричажні контакти мають поворотну систему, мостикові контакти – прямохідну систему.

Дугогасні камери контакторів постійного струму побудовані на принципі гашення дуги поперечним магнітним полем в камерах із повздовжніми щілинами. Магнітне поле більшості конструкцій збуджується послідовно з контактами включеною котушкою.

Дугогасна система забезпечує гашення електричної

дуги, яка виникає при розмиканні головних контактів. Способи гашення дуги та конструкції дугогасних систем визначається родом струму головного кола та режимом роботи контактора.

Пневматичні і гідравлічні типи контакторів мають однаковий принцип дії, заснований на переміщенні вихідного органу під дією тиску газу або рідини.

Пневматичні контактори (рис. 2) застосовуються для перемикання силових ланцюгів в залежності від виконуваної роботи; вони бувають лінійними, гальмівними, лінійно - гальмівними і для ослаблення збудження.



Рис.2. – Електропневматичний контактор ПК-356

В міському електричному транспорті (тролейбусах і трамваях) застосовуються електромагнітні контактори первинного перетворювача типу КПП113 (1 - серійний номер; 1 - кількість головних нормально відкритих контактів; 3 - габаритний розмір) [2].

Контактори електромагнітні постійного струму цієї серії відкритого виконання з примусовим гасінням дуги, з природнім повітряним охолодженням призначені для комутації електричних кіл постійного струму напругою до 220 В з живленням включаючих котушок постійним струмом та напругою до 680 В. Номінальна напруга включаючих котушок постійною напругою: 24В, 100В, 220В, 440 В, 680 В. Маса 5,5 кг.

Електромагнітний контактор для комутації кіл постійного струму з напругою до 750 В, виготовлений у відкритому виконанні, з вбудованою системою гасіння дуги, з охолодженням від природних повітряних потоків, призначений для підключення до джерела живлення БПСН і приймачів струму вагонів. Котушка під'єднується до ланцюга тридцять шостого проводу, а в ланцюг первинного перетворювача - контакт силового типу.

На електропоїзді ЕР2Т (електропоїзд Ризький, 2-й тип, виконання «Т»); приміський електропоїзд постійного струму з рекуперативно-реостатним гальмуванням виробництва Ризького вагонобудівного заводу (РВЗ), що є подальшим розвитком електропоїзда ЕР2Р.) застосовують однополюсні контактори ПКУ - 1 (в якості лінійно - гальмівних і для ослаблення збудження) і двополюсні ПКУ - 2 (як лінійних і гальмівних).

Контактор ПК - 356 складається з металевого прямокутного стрижня з ізолюваною ручкою, верхнього і нижнього кронштейнів, пневматичного

приводу, дугогасильної камери і блокувального пристрою. Верхній кронштейн являє собою складну латунну деталь, відлиту спільно з дугогасним рогом, на якому укріплені нерухомий контакт і дугогасна котушка. Кронштейн надягають на ізольований стрижень і кріплять його двома гвинтами. Між кронштейном і стрижнем прокладена прокладка, яка захищає ізоляцію стрижня від пошкодження гвинтами. Для запобігання відвернення гвинтів на їх головки надягають запірні шайби, які кріплять болтиками.

Дугогасна котушка являє собою електромагніт, призначений для створення магнітного поля, необхідного для гасіння дуги при розмиканні контактора під струмом. Нижній кронштейн відлитої з латуні, має дві консолю. Права (довга консоль) має валик для установки дугогасильної камери, а ліва (коротка) шарнірно з'єднана з контактним важелем.

Контактний важіль - це фасонна латунна вилка з трьома кінцями. Один кінець являє собою вилку, яка вільно охоплює стрижень контактора і шарнірно з'єднана з кронштейном. З протилежного боку розташована пружина і утримувач рухомого контакту, який закріплений шарнірно. Нижній кінець (третій) служить для шарнірного з'єднання важеля з тягою пневматичного приводу.

Пневматичний привід контактора виконаний з литого чавунного циліндра з напливом, служить для кріплення до стійки. У циліндрі розміщують поршень, на який діє зверху сильна пружина, яка його відключає. Шток поршня виходить вгору, де з'єднується з нижнім кінцем ізоляційної тяги. Ущільнення поршня має шкіряну манжету, щільність прилягання якої до стінок забезпечується постановкою пружинних металевих зіркоподібних шайб. До циліндру прикріплений вентиль, через який подається повітря в циліндр та випускається з нього при виключенні контактора.

Дугогасильну камеру застосовують трьохщільного типу. Вона являє собою коробку, зібрану з асбоцетних листів. Всередині камера розділена на три паралельні щілини двома поздовжніми перегородками.

Для включення контактора збуджують котушку вентиля, в результаті чого стиснене повітря подається в нижню частину циліндра і викликає рух поршня вгору, при цьому вимикаюча пружина стискається. Шток поршня через ізоляційну тягу викликає рух важеля рухомого контакту до замикання з нерухомим контактом. Замикання контактів здійснюється наступним чином: спочатку з'єднуються допоміжні поверхні, потім завдяки додатковому стисненню притираються пружини, рухливий контакт перекинується по нерухомому з невеликим ковзанням, що забезпечує зачистку контактних поверхонь, і нарешті, відбувається повне зіткнення основних поверхонь контактів.

При виключенні контактора повітря через вентиль випускається з циліндра. Під впливом вимикаючої

пружини поршень йде вниз, за рахунок ізоляційної тяги викликає розмикання контактів. Контакти розмикаються не відразу. На початку, під впливом притираючої пружини відбувається зворотне перекинування рухомого контакту по нерухомому і контакти стикаються тільки в зоні допоміжних поверхонь. Потім рухливий контакт відходить від нерухомого. При цьому між контактами виникає електрична дуга. Струм, який проходить по дугогасній котушці, створює магнітний потік, що пронизує простір дугогасильної камери. Взаємодія струму, що проходить по дузі з магнітним потоком, викликає викидання дуги в камеру. При цьому дуга переходить на дугогасильні роги, в камері розділяється перегородками, охолоджується і гасне [3].

Більшість тролейбусів, що знаходяться в депо міськелектро транспорту, використовують електромагнітні контактори, основним недоліком яких є низька надійність роботи силових контактів, тому що за робочу зміну кількість включень контакторів дуже велика, що приводить до зниження працездатності робочої поверхні контакторного засобу. Також відомо, що комутація великих струмів пов'язана з виникненням дуги між контактами, яка нагріває, плавить і як наслідок вони виходять з ладу.

Тому, для підвищення надійності роботи контакторів тролейбусів необхідно буде розробити пропозиції щодо удосконалення їх роботи.

### III. ВИСНОВКИ

Таким чином, у статті проведено аналіз контакторів, їх типів та принципів роботи.

На основі отриманих даних аналізу був зроблений висновок про існуючі недоліки роботи контакторів; визначено напрямок удосконалення технічних засобів складових контакторів та матеріалів, з яких виготовляються ці засоби; пропонується в подальшому розробити метод удосконалення, який зможе збільшити їх зносостійкість та термін служби.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Сучасний тролейбус: опис улаштування та принципу роботи / Наука і техніка, 2016. [Електронний ресурс]; режим доступу (<https://naukatehnika.com/sovremennyj-trolleybus.html>); дата використання [02.10.2022].

[2] Елементи та пристрої систем управління автоматики. [Електронний ресурс]; режим доступу (<https://optictoday.com/katalog-statej/stati-na-ukrainskom/elementi-ta-pristroi-sistem-upravlinnya-avtomatiki/page/4>); [02.10.2022].

[3] Контактори електропневматичні. [Електронний ресурс]; режим доступу (<http://spezmash.com/products/kontakteryi-elektropnevmaticheskie/>); дата використання [02.10.2022].

# Акумуляторні батареї. Вплив на життєвий цикл акумуляторної батареї

Гайдамака Вадим<sup>1</sup>, Леонід Іванов<sup>2</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: Leonid.ivanov@nure.ua

2. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: Leonid.ivanov@nure.ua

**Анотація:** У роботі виконано огляд основних понять, характеристик та типів акумуляторних батарей, а також розглянуто вплив на життєвий цикл акумуляторної батареї.

**Ключові слова:** акумуляторна батарея, життєвий цикл.

## I. ВСТУП

Винахід електричного струму став революцією в науці, електричні прибори на підставі його застосування спростили життя людей у побуті та на виробництві. Проте, існувала проблема у застосуванні таких приладів: без джерела струму поруч вони не мали користі, були немобільні. Тому встало питання: як зберігати і передавати електричний струм? Вирішенням цієї проблеми і стала акумуляторна батарея.

Електричний акумулятор є вторинним хімічним джерелом струму багаторазової дії, основна специфіка якого полягає в зворотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багаторазове циклічне заряджання [1]. Призначений для автономного електроживлення різноманітних електротехнічних пристроїв, для накопичення електричної енергії, а також для забезпечення резервних джерел енергії у медицині, побутових і промислових джерелах безперебійного живлення, транспорті, альтернативній енергетиці тощо.

Кілька акумуляторів, об'єднаних в один електричний ланцюг, складають акумуляторну батарею.

Акумулятори щільно увійшли в повсякденне життя людей. Це джерела живлення наших стільникових телефонів, цифрових фотоапаратів, відеокамер, планшетів і ноутбуків.

Найбільшого поширення набули свинцеві та лужні (залізно-нікелеві та кадмій-нікелеві) акумулятори, також використовуються цинк-срібні, цинк-повітряні та марганцеві.

Принцип дії акумулятора заснований на зворотності хімічної реакції. Найпоширеніші електричні кислотні та лужні акумулятори накопичують хімічну енергію внаслідок зворотних хімічних реакцій між речовиною електродів та електролітом. Подібна конструкція забезпечує акумулятору високий (до 95%) ККД. Працездатність акумулятора може бути відновлена шляхом заряду, тобто пропусканням електричного струму в напрямку, зворотному напрямку струму при розряді: на від'ємному електроді (катоді) реакція окиснення замінюється реакцією відновлення, а на позитивному електроді (аноді) реакція відновлення змінюється на реакцію окиснення.

## II. ТИПИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основними характеристиками акумуляторної батареї є енергетична ємність та ємність акумулятора.

Ємність акумулятора – це максимально можливий корисний заряд, що віддається повністю зарядженим акумулятором при розряді до найменшої допустимої напруги. В міжнародній системі одиниць SI ємність акумуляторів вимірюють в кулонах (Кл). На практиці використовується позасистемна одиниця Ампер-година:  $1 \text{ A} \cdot \text{год} = 3600 \text{ Кл}$ .

Енергетична ємність – енергія, що віддається повністю зарядженим акумулятором при розряді до найменшої допустимої напруги. В міжнародній системі одиниць SI енергетична ємність вимірюється у Джоулях (Дж). На практиці використовується позасистемна одиниця Ватт-година:  $1 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 3600 \text{ Дж}$ .

Типи акумуляторних батарей.

До найбільш поширених типів акумуляторних батарей відносять (див. рис.1):

- нікелево-кадмієві (Ni-Cd);
- нікелево-металогідридні (Ni-MH);
- літійово-полімерні (Li-polymer);
- літійово-іонні (Li-Ion);
- свинцево-кислотні (LEAD ACID).



Рис. 1 – Типи акумуляторних батарей  
1.1 - Ni-Cd; 1.2 - Ni-MH; 1.3 - Li-polymer; 1.4 - Li-Ion;  
1.5 - LEAD ACID

Основні переваги нікелево-кадмієвого акумулятора:

- низька вартість;
- висока стійкість до перепадів температур;



– хороша стійкість до великих струмів заряду і розряду;

– велика кількість циклів «заряду-розряду».

Недоліки нікелево-кадмієвого акумулятора:

– наявність так званого «ефекту пам'яті»;

– даний тип акумулятора екологічно забруднений;

– порівняно низька питома ємність.

Переваги сучасного нікелево-металогібридного акумулятора в порівнянні з Ni-Cd:

– велика питома ємність на меншу вагу;

– менш схильний до «ефекту пам'яті»;

– до складу акумулятора входить менша кількість токсичних металів;

– на даний час він вважається екологічно чистим.

Недоліки сучасного Ni-MH акумулятора:

– має набагато меншу кількість циклів заряду розряду;

– температурний режим роботи менше, ніж у Ni-Cd акумулятора,

– в порівнянні з Ni-Cd і Li-Ion акумуляторами, у Ni-MH акумулятора найнижча навантажувальна здатність - він не може видавати великі струми, цей тип акумуляторів «боїться» глибоких розрядів, тому що довговічність батареї безпосередньо пов'язана з глибиною розряду,

– саморозряд більш ніж в 1,5 рази вище, ніж у Ni-Cd акумулятора, що є важливим параметром при зберіганні.

Літій-іонний акумулятор (Li-ion) - тип електричного акумулятора, який широко поширений в сучасній побутовій електронній техніці і застосовується як джерело енергії в електромобілях і накопичувачах енергії в енергетичних системах. Це найпопулярніший тип акумуляторів в таких пристроях як стільникові телефони, ноутбуки, цифрові фотоапарати, відеокамери і електромобілі.

Головна перевага літій-іонних акумуляторів полягає у високій питомій ємності Li-Ion, яка принаймні, в два рази більша, ніж у Ni-Cd акумулятора. Літій дуже легкий метал, має найбільший електрохімічний потенціал і забезпечує найбільший вміст енергії у малих корпусах. Крім того, Li-Ion має відносно низький саморозряд і в ньому повністю відсутній «ефект пам'яті», завдяки чому час від часу можна дозаряджати не зовсім розряджений акумулятор. Глибокий розряд повністю виводить з ладу літій-іонний акумулятор.

Літій-іонні (Li-ion) батареї зазвичай мають термін служби 300 - 500 циклів. При звичайному використанні можна очікувати, що після 300 циклів заряду-розряду (приблизно рік роботи) її ємність знизиться до 80% від початкової.

Основний недолік літій-іонних (Li-Ion) батарей - це висока вартість і малий діапазон робочих температур.

Відповідно до принципів позначень МЕК (Міжнародної електротехнічної комісії) у найменуванні літій-іонних акумуляторів перша буква I означає електрохімічну систему, друга — матеріал катода (С, N або M для кобальту, нікелю або

марганцю), третя буква R або P — конструктивне виконання (циліндричне або призматичне). Цифри у циліндричних акумуляторах після букв позначають діаметр (мм, дві цифри) і висоту (десятих мм, три цифри), призматичних — довжину, ширину й висоту (мм) послідовно [1].

Найбільш поширені циліндричні Li-Ion, акумулятори. Типове маркування таких АКБ ICR18650. У цифровому коді "18650", зашифрований діаметр "18" у міліметрах, висота "650" у десятих частках міліметра.

Літій-полімерна батарея заснована на використанні твердого електроліту на полімерній основі. Щільність енергії цього типу батарей ще більше, тобто приблизно в три рази вище, ніж у нікелево-кадмієвого акумулятора, а саморозряд значно нижче. Використання твердого електроліту дозволяє довести розміри елементів акумулятора до 1 мм завтовшки. Завдяки тому, що дана конструкція не містить рідкого електроліту і реалізується набором різних плівок, то можна отримувати дуже гнучкі конструктивні форми.

Найбільш поширені призматичні літій-полімерні (Li-Pol) акумулятори. Типове маркування таких АКБ li-Pol 751535. У цифровому коді "75 15 35" зашифрована товщина "75" у десятих частках міліметрах (7,5 мм), ширина "15" у міліметрах, довжина "35" у міліметрах.

Переваги літій-полімерних (Li-Pol) акумуляторів:

– мала товщина від 1-го мм;

– висока ємність;

– великий запас енергії у малих корпусах;

– великий ресурс;

– можливість отримувати гнучкі форми;

– низький саморозряд;

– нема «ефекту пам'яті».

Недолік літій-полімерного акумулятора полягає в тому, що він не може видавати великі струми розряду і, як і літій-іонний (Li-Ion), не любить низьких температур.

Переваги свинцево-кислотних батарей:

– повна відсутність «ефекту пам'яті»,

– низький саморозряд,

– висока кількість циклів «заряду-розряду».

Недоліки свинцево-кислотних батарей:

– мають найнижчу питому ємність,

– даним батареям «страшні» глибокі розряди.

Важливою перевагою нових видів акумуляторів є їх ультрашвидкий заряд. Також особливо вражає довговічність нових батарей. Ресурс супернових алюміній-іонних батарей становить більше 7500 циклів заряду-розряду, причому без втрати потужності.

Прогрес в даній області не стоїть на місці, на черзі наступне нововведення - гнучкий акумулятор. Це акумулятор на основі еластичного полімеру.

### III. ВПЛИВ НА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ

Існує два чинники, які негативно впливають на рівень заряду: неправильне дотримання циклів заряджання-розряджання і невідповідний режим зберігання.

Щодо циклів заряджання-розряджання потрібно дотримуватися технічних вимог виробника. Однак

існують загальні положення для Li-Ion-акумуляторів. Так, на життєвий цикл батарей впливає рівень розряду перед наступним зарядженням, а також напруга струму самого зарядного пристрою. Глибоке розрядження виводить батарею з ладу. А при підвищеній напрузі під час зарядження вона втрачатиме ємність майже вдвічі. До того ж, на втрату ємності впливає опір струму акумуляторної батареї та зарядного пристрою, тому рекомендується використовувати тільки «рідні» зарядні пристрої, а не аналоги.

Також основним впливом на життєвий цикл акумуляторної батареї можна вважати температуру.

Акумуляторна батарея будь-якого типу підпорядковується закону електрохімічної активності, її знос знаходиться в експоненціальній залежності від температури. Чим температура вища, тим більш активні електрохімічні процеси проходять в акумуляторі і швидше йде втрата його робочих характеристик. Тому робоча температура є, мабуть, самим критичним параметром для свинцево-кислотних батарей (лужні нікель-кадмієві акумулятори в меншій мірі схильні до впливу температурного чинника, тому в суворих кліматичних умовах - арктичних, і, навпаки, надто жарких - застосовують саме цей тип батарей).

Літій-іонні акумулятори чутливі до температури. Їх так званою «точкою кипіння» вважається +60 °С, тобто, коли буде досягнута ця температура, батарея може спалахнути. Також до займання можуть призвести: перевищення напруги під час зарядження, потрапляння солоної води, вплив на батарею прямого сонячного випромінювання тощо.

Оптимальний температурний діапазон, при якому зберігається номінальна ємність і забезпечується максимальний термін служби батареї від +20° до +25°С. Вважається, що ресурс батарей зменшується в два рази при збільшенні температури на кожні десять градусів. Це досить реалістичний і поширений на практиці показник. Граничні робочі температури для кислотно-свинцевих акумуляторів - не вище +50°...+60°С. З подальшим підвищенням температури може виникнути так званий «тепловий розгін», і батарея вийде з ладу.

При зниженні температури електрохімічні реакції йдуть повільніше, що має збільшувати термін служби акумуляторної батареї. Насправді це не так, тому що при низьких температурах зі зменшенням електрохімічної активності знижуються і можливості батареї з віддачі у навантаження енергії, її ємність зменшується. При цьому акумуляторна батарея може працювати на межі своїх можливостей, що також знижує термін її служби. Тому є такий своєрідний «острів» стабільної роботи акумуляторів в діапазоні температур від +5 до +25°С.

Для запобігання витоку електроліту, нагрівання й вибуху потрібно дотримуватись таких заходів та правил безпеки:

– зберігати його в сухому прохолодному місці, якщо він не використовується;

- не використовувати і не залишати акумулятор поблизу джерел відкритого вогню або тепла;
- для зарядження використовувати тільки призначені для цього акумулятора зарядні пристрої;
- не підключати акумулятор до пристроїв, не призначених для живлення від нього;
- не кидати акумулятор у вогонь і не нагрівати його;
- не замикати між собою позитивний і негативний виводи акумулятора металевими предметами або дротами;
- не зберігати акумулятор разом з металевими предметами;
- не піддавати акумулятор механічним впливам;
- не паяти акумулятор та не проколувати його гострими предметами.

#### IV. ВИСНОВКИ

У представленій статті надано класифікацію, проведений аналіз сучасних типів та видів акумуляторних батарей, окреслені їх переваги та недоліки, виявлено вплив на життєвий цикл АКБ.

Подальшого дослідження потребують літій-іонні та літій-полімерні акумулятори як найбільш сучасні і прогресивні. Вони мають високу щільність енергії з низьким саморозрядом та повну відсутність «ефекту пам'яті», але вони дуже вразливі перед впливом температур. Тому при розробці нових, у тому числі портативних пристроїв потрібно враховувати їх температурні умови роботи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Акумуляторні батареї, види акумуляторних батарей [Електронний ресурс]; режим доступу <http://www.ecosvit.net/ua/akumulyatorni-batarei-akumulyatori-lipo>); дата використання [23.09.2022].

[2] Електричний акумулятор [Електронний ресурс]; режим доступу ([https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80)); дата використання [23.09.2022].

[3] Які параметри акумулятора потрібно контролювати [Електронний ресурс]; режим доступу [https://pulsar.kiev.ua/ua/yak\\_parametri\\_akumulyatornih\\_batarey\\_potrbno\\_kontrolyuvati](https://pulsar.kiev.ua/ua/yak_parametri_akumulyatornih_batarey_potrbno_kontrolyuvati)); дата використання [23.09.2022].

# Різновиди та особливості вибору тягового електродвигуна

Ємець Сергій<sup>1</sup>, Леонід Іванов<sup>1</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: serhii.yemets@nure.ua

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: Leonid.ivanov@nure.ua

**Анотація:** У роботі виконано огляд різновидів тягових електродвигунів та їх характеристики.

**Ключові слова:** тролейбус, тягова система, тяговий електродвигун.

## II. КЛАСИФІКАЦІЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

### I. ВСТУП

Вибір того чи іншого тягового електродвигуна для побудови системи тягових електроприводів залежить від області застосування рухомого електротехнічного комплексу і вимог, поставлених до нього з боку основного технологічного процесу. Незважаючи на те, що кожний тяговий електропривод має свої власні вимоги до системи управління і має оптимальні характеристики лише в певному діапазоні частот обертання, до нього пред'являються наступні основні вимоги:

- простота виготовлення;
- надійність;
- зручність обслуговування;
- легкість регулювання показників робо-ти та системних параметрів;
- простота системи керування;
- високий обертовий момент у всьому діапазоні частот обертання;
- можливість здійснення рекуперативного гальмування;
- високий коефіцієнт корисної дії (ККД).

Дослідження питання побудови систем тягових приводів з різними типами двигунів є актуальними з точки зору досягнення максимального рівня енергоощадності за рахунок виконання всіх перелічених вимог [1].

Засоби підвищення енергетичної ефективності та продуктивності рухомих електротехнічних комплексів в умовах складної ситуації на ринку енергетичних ресурсів дозволяють забезпечити зростання незалежності вітчизняної транспортної галузі від цілої низки економічних та політичних чинників, що мають значний вплив на основні показники роботи багатьох підприємств та бюджет приватних власників транспортних засобів і забезпечують оптимальне проектування та більш ефективну роботу різних галузей господарства.

Енергозбереження та раціональне використання енергії під час виконання технологічних процесів у всіх службах та господарствах транспорту є основним резервом розвитку та забезпечення стабільності багатьох суміжних галузей в найближчій перспективі.

Тяговий електродвигун (ТЕД) - це електричний двигун, призначений для приведення до руху транспортних засобів, зокрема електровозів, електропоїздів, тепловозів, трамваїв, тролейбусів, електромобілів, електроходів, великовантажних автомобілів з електроприводом, танків і машин на гусеничному ході з електропередачею, підйомно-транспортних машин, самохідних кранів тощо).

Основною відмінністю ТЕД від звичайних електродвигунів великої потужності є те, що монтаж таких двигунів трудомісткий, тому ці двигуни можуть розташовуватись тільки у спеціальних конструкціях (відповідні діаметри і довжина, спеціальні засоби для кріплення тощо).

Тягові двигуни міського і залізничного транспорту, а також двигуни мотор-коліс автомобілів експлуатуються в складних погодних умовах, у вологому і запиленому повітрі. Також, на відміну від електродвигунів загального призначення, ТЕД працюють в різноманітних режимах (короткочасних, повторно-короткочасних з частими запусками), що супроводжується широкою зміною частоти обертання ротора і навантаження по струму (при зрушенні з місця режими можуть в 2 рази перевищувати номінальні) [4].

При експлуатації тягові двигуни піддаються механічним, тепловим і електричним перенавантаженням. Тому під час їхнього проектування враховують підвищену електричну і механічну міцність деталей і вузлів, теплостійку і вологостійку ізоляцію струмопровідних частин і обмоток, стабільну комутацію двигунів.

Розвиток напівпровідникової техніки надав поштовх до переходу від двигунів з електромеханічною комутацією до вентильних машин з комутацією, за допомогою напівпровідникових перетворювачів.

Через те що умови роботи тягових двигунів можна вважати важкими, та зважаючи на їхні габаритні розміри тягові двигуни відносять до машин граничного використання.

Тягові електродвигуни класифікують за:  
струмом:

- постійного (в тому числі випрямленого багатофазного пульсуючого, з пульсацією до 10%);
- пульсуючого (в тому числі випрямленого однофазного пульсуючого, з пульсацією до більше 10%);
- змінного;

ТИПОМ:

- постійного струму,
- синхронні,
- асинхронні;
  - типом підвищення:
- опорно-осьове,
- опорно-рамне;
  - конструкцією:
- за наявності колектору:
  - колекторні
  - безколекторні (безконтактні, вентильні),
    - за типом руху:
  - обертальні (циліндричні)
  - лінійні (циліндрично-сегментні і повздовжні);
    - режимом роботи:
  - працюють в тривалому режимі,
  - працюють в короткотривалому режимі (робочий період 15-90 хвилин),
  - працюють в повторно-короткочасному режимі (тривалість увімкнення 15-60%);
    - ступенем захисту
    - способом охолодження:
  - з природним охолодженням,
  - з повітряним обдувом (з незалежною вентиляцією і з самовентильною),
  - з рідинним охолодженням (водяним).

### III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ЩОДО ВИБОРУ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Порівняння робочих характеристик двигунів показує, що двигун постійного струму показує більш вигідні для рухомих електротехнічних комплексів характеристики, ніж асинхронний, лише при тривалій роботі на низьких швидкостях і для широкого діапазону швидкостей при постійній потужності, що є більш характерним для вантажоперевезення та виконання важкої механічної роботи.

Перевантажувальна здатність у короткочасному режимі залежить не тільки від параметрів двигуна, але, у значній мірі, від характеристик перетворювача частоти. Чим ширшим є діапазон швидкостей, у якому двигун може видати максимальну потужність, тим оптимальніше такий двигун може бути адаптований до процесів, що вимагають забезпечення постійного моменту у всьому діапазоні швидкостей [2-3].

Двигуни постійного струму мають значно меншу висоту осі обертання і масу ротора, ніж асинхронні двигуни, отже мають більш низький момент інерції ротора, що є істотною перевагою у динамічних системах, тому що це впливає на час розгону і динамічний відгук двигуна у всіх чотирьох квадрантах роботи під час розгінних та гальмівних процесів. Більш низькі маса й габарити двигунів постійного струму (стандартний ступінь захисту IP 23), у порівнянні з асинхронними двигунами (стандартний ступінь захисту IP 54), особливо важливі для електротехнічних комплексів, у яких двигун повинен переміщатися разом з вантажем в системах, де важливо компактне розміщення.

Основним з недоліків аналогових електроприводів постійного струму є низька завадостійкість, складність у налаштуванні й нестабільність параметрів. У якості

датчика зворотного зв'язку по швидкості застосовується тахогенератор, що має ті ж недоліки, що і звичайний колекторний двигун. Для реверсивних тяглових електроприводів після тахогенератора доводиться встановлювати спеціальну діодну систему на основі містка, що обмежує діапазон регулювання на малих швидкостях через особливості сигналу зворотного зв'язку[3].

Сучасні мікроконтролери, що управляють частотним перетворювачем та тягловим електродвигуном, дозволяють обробляти дані за період у кілька десятків мікросекунд, що дозволило розширити діапазон регулювання зі зворотним зв'язком до 1:1000 з точністю підтримки швидкості 0,2 оберту у всьому діапазоні. Це наближає частотні приводи за якістю характеристик до сервоприводів.

Основа інформаційних підсистем сучасних тяглових електроприводів, як правило, складають мікроконтролерні пристрої, що мають ряд істотних переваг у порівнянні з аналоговими пристроями управління, які реалізують типові арифметичні і логічні функції, обробку масивів, регулювання електромагнітних і механічних змінних, стабілізацію, корекцію і компенсацію нелінійностей, спостереження, імітацію об'єкта управління і обробку законів роботи. Сучасні мікроконтролери є однокристальними електронно-обчислювальними машинами, цифровими сигнальними процесорами, адаптованими до завдань управління в реальному часі з цілим рядом інтегрованих пристроїв:

- аналого-цифрові перетворювачі для введення сигналів аналогових давачів;

- формувачі вихідних широтно-імпульсних сигналів для прямого цифрового керування силовими перетворювачами;

- порти для сполучення з системами керування більш високого рівня.

Серед переваг мікроконтролерів слід назвати:

- гнучкість (можливість оперативної зміни структури, законів і параметрів системи керування);

- можливість реалізації разом з традиційними законами керування, прийнятими в аналогових системах, складніших методів для використання в адаптивних, самоналагоджувальних, взаємозв'язаних і багатоконтурних системах управління;

- оперативне тестування і діагностика поточного стану системи автоматичного управління та її елементів, що сприяє ранньому виявленню несправностей та попередженню аварій;

- висока точність обробки інформації (в цифрових системах похибки, характерні для аналогових керуючих пристроїв, відсутні);

- можливість фіксації, зберігання і візуалізації масивів параметрів процесів керування, оперативної взаємодії з обслуговуючим персоналом;

- висока надійність, зменшена маса та габарити мікроконтролерних і комп'ютерних систем управління в порівнянні з аналоговими системами.

Наявність в складі мікроконтролерів великого об'єму пам'яті дозволяє реалізувати складні послідовності обробки даних і робити енергетичні об'єкти доступними за широким комплексом інформації з мікроконтролерів, що може

характеризувати дані об'єкти. При цьому, навіть за використання відомих методів прямого вимірювання, необхідних для управління величинами, стає можливим, маючи невелике число здавачів (переважно електричних величин) і, відповідно, каналів збору первинної інформації, визначати необхідну додаткову інформацію за допомогою обчислень в реальному часі. Така тенденція підкріплюється наявністю недоліків підходу прямого використання значної кількості давачів для вирішення завдань регулювання в системах змінного струму:

- високі вимоги до роздільної здатності первинних вимірювачів;
- необхідність побудови додаткових гальванічних розв'язок для підключення давачів;
- складність сполучення різних систем давачів в одному контурі регулювання.

Перехід до цифрового управління відкриває можливості реалізації складних законів управління, які раніше було практично неможливо застосовувати.

Інші типи електродвигунів змінного струму (синхронні, індукторні), у багатьох аспектах поступаються асинхронному двигуну за якістю характеристик, проте продовжують вивчатися стосовно до використання в тягових системах. Виконаємо порівняльний аналіз різних типів двигунів однієї потужності (табл. 1).

Тип двигуна	Маса, кг	Середній ККД	Відносна вартість
Колекторний, постійного струму	99	0,84	1
Асинхронний, з коротко замкненим ротором	45	0,935	0,26
Синхронний з електромагнітним порушенням	55	0,93	0,32
Синхронний з постійними магнітами	45	0,935	0,26
Синхронний дисковий з постійними магнітами	34	0,96	0,20

З наведеної табл. 1 видно, що за однієї встановленої потужності тягового двигуна двигуни змінного струму мають значно меншу масу та вартість при більш високому ККД, ніж двигун постійного струму

#### IV. ВИСНОВКИ

В результаті проведеного аналізу отримала подальший розвиток методика визначення типу та параметрів тягових двигунів рухомого електротехнічного комплексу шляхом врахування заданих вимог з боку виконавчого механізму. Зокрема, проведено аналіз практичного досвіду вибору тягових двигунів та узагальнення методики визначення виду та параметрів тягових двигунів при заданих вимогах з боку рухомого електротехнічного комплексу, що дозволяє проводити точний вибір типу та параметрів двигуна в залежності від умов експлуатації електротехнічного комплексу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Кулагін Д. О. Чернецький Б. С. Особливості вибору тягових електродвигунів для побудови систем рухомих електротехнічних комплексів // *Technology audit and production reserves* — № 2/1(22), 2015.

[2] Васьковський Ю.Н., Гайденко Ю.А. Применение полевого анализа для усовершенствования конструкции тяговых асинхронных двигателей // *Електромашинобудування та електрообладнання*, Випуск 67, 2006, с.88 – 94.

[3] Васьковський Ю.М., Гайденко Ю.А. Дослідження методами теорії поля характеристик асинхронних двигунів при несиметрії параметрів ротора // *“Електротехніка і електромеханіка”*, №3, 2007, с.19 – 22.

[4] Тяговий електродвигун [Електронний ресурс]; Режим доступу( <https://www.wiki.uk-ua.nina.az/>) дата використання [23.09.2022]

[5] Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.



# Аналіз методів дозування рідин для ацетонової лазні

Іван Журавель<sup>1</sup>, Дмитро Гурін<sup>2</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА  
Харків, пр.Науки. 14., e-mail:ivan.zhuravel@nure.ua

2. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр.Науки. 14.  
e-mail: dmytro.gurin@nure.ua

**Анотація:** В даному матеріалі наведено аналіз методів дозування рідин для різних видів матеріалів.

**Ключові слова:** дозування, ацетонова лазня.

## I. ВСТУП

У світі існує багато способів дозування рідин: за вагою, порціями, пропорційне дозування та інші. Кожен спосіб використовується у різних сферах діяльності, виробничих чи технологічних процесах, дозування рідин в аптеках тощо.

Дозатори рідини, вживані в різних технологічних установках, знаходяться під впливом різноманітних факторів, що залежать як від дозованої рідини, так і від зовнішнього середовища в місці установки дозатора. Значний вплив на вибір типу конструктивне оформлення дозатора надають властивості і стан дозованої рідини. Найважливішими з цих факторів є температура, агресивність, абразивність, консистенція, вогнебезпечність і токсичність. Великий вплив на конструкцію надає також необхідний перепад тисків і абсолютне значення тиску в апараті, в якому проводиться дозування.

## II. ДОЗУВАННЯ РІДИНИ АЦЕТОНОВОЇ ЛАЗНІ

З появою 3D друку виникає потреба в обробці деталей. Але ручна обробка не ефективна, тому що негативно впливає на якість постобробки.

Якщо обробляти деталь за допомогою пензлика, є ймовірність пошкодження поверхні деталі.

Обробка за допомогою занурення деталі в ацетон має більший ризик, що шари пластику пошкодяться та за рахунок цього деталь може втратити свою форму.

Існує обробка за допомогою дрібнодисперсного розпилювача, але при цьому способі можуть бути краплі ацетону, що може привести до зміни форми деталі або частковому її пошкодженню.

За рахунок автоматизації процесу дозування в ацетонової лазні дозволяє позбавитися більшості недоліків.

В той же час постає проблема яким чином проводити дозування, тому що необхідно дотримання точності дозування та герметичності процесу постобробки.

Саме тому необхідно провести аналіз методів дозування рідин.

## III. ПОСТІЙНЕ ТА КВАЗІПОСТІЙНЕ ДОЗУВАННЯ

Виробничі процеси, які мають справу з безперервним виготовленням або обробкою чогось в основному вимагають постійного додавання різних хімічних речовин, таких як кислоти, луги, барвники, ароматичні речовини, флокулянти.

Рідкісні та дуже дорогі моделі дозувальних насосів можуть подавати рідину дійсно безперервно [1].

Більшість стандартних насосів дозування можуть подавати речовини не безперервно, а порціями. У межах секунди подача рідини показує значні коливання. Однак ці коливання однорідні і рівномірні і тому протягом тривалого періоду часу середня подача рідини дозувальним насосом прагне константи. Для тих процесів, де час виробництва (обробки) об'єкта триває від кількох хвилин до кількох годин, зміна подачі реагенту насосом дозування в межах секунди не має ніякого значення.

На рис.1 приведений приклад постійного та квазіпостійного дозування. Тут показано 3 варіанти подачі реагенту. Зліва показано постійне дозування з безперервною швидкістю. По центру та праворуч показана подача рідини порціями (осцильована подача). Імпульси у варіанті "по центру" мають форму прямокутника. Імпульси у варіанті "праворуч" мають синусоїдальну форму. Якщо період дозування відносно великий (одна хвилина і більше), всі 3 методи подачі є рівноцінними. Однак для невеликих періодів дозування (кілька секунд і менше) допустима лише подача реагенту в безперервному режимі (варіант "ліворуч").

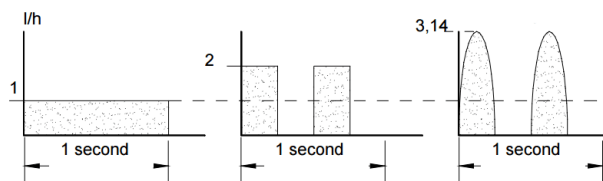


Рис.1 Постійне та квазіпостійне дозування

## IV. ДОЗУВАННЯ ПОРЦІЯМИ

При порційному дозуванні завдання полягає в тому, щоб відміряти заданий обсяг реагенту та додати його до вихідної речовини. Для цього дозуючий насос зазвичай працює протягом заданого періоду часу (наприклад, за таймером) або виконує заздалегідь задану кількість робочих тактів. Інша можливість полягає в тому, щоб заповнити бак вихідною речовиною до необхідного рівня, а потім додати певну кількість реагенту. Якщо реагент має бути подано в систему під тиском, відкритий бак не підходить для цього завдання. Натомість слід вибрати дозуючий пристрій, здатний подати реагент у систему незалежно від протитиску.

Приклад дозування порціями показаний на рис.2.

При автоматичному режимі роботи тара 4 подається на вагову платформу транспортером 5. Після того, як тара встановлена на вагову платформу, включається привід 2 живильника об'ємного принципу дії 1. При досягненні необхідної ваги матеріалу з вагової платформи 3 подається керуючий сигнал відключення приводу 2.



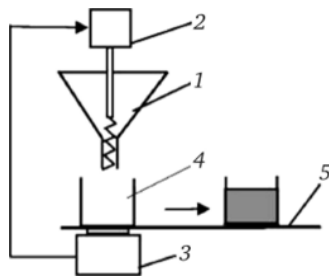


Рис.2. Дозування порціями

Зменшення динамічних навантажень на вагову платформу від падаючого матеріалу використовують двошвидкісний режим роботи живильника. На першій стадії живильник працює з досить великою продуктивністю. Після того, як вага матеріалу досягає 90-95% від заданого значення, суттєво (приблизно в 10 разів) зменшують продуктивність живильника. Цей технологічний прийом дозволяє підвищити точність дозування, але значно зменшує продуктивність дозатора.

## V. ПРОПОРЦІЙНЕ ДОЗУВАННЯ

Пропорційне дозування може застосовуватись у двох типах систем:

1. Якщо потік основної речовини може змінюватися протягом часу, то подача реагенту теж повинна пропорційно змінюватися. Це робиться за допомогою сигналу, що управляє. Хімічна речовина подається в інше середовище таким чином, щоб співвідношення обсягів обох речовин постійно було постійним.

2. Також пропорційне дозування правильно застосовувати у системах із високою інерцією. Якщо між упорскуванням реагенту та реакцією проходить досить тривалий час (наприклад, через велику довжину трубок подачі реагенту), то системи, засновані на зворотному зв'язку (наприклад, з рН-датчиками і автоматичними контролерами) будуть помилятися в подачі реагенту. Як результат подача реагенту буде весь час або трохи надмірною або трохи недостатньою.

На рис.3 приведений приклад пропорційного дозування. Насос дозування отримує сигнал від витратоміра і завжди видає в лінію подачі води кількість реагенту пропорційно потоку води.

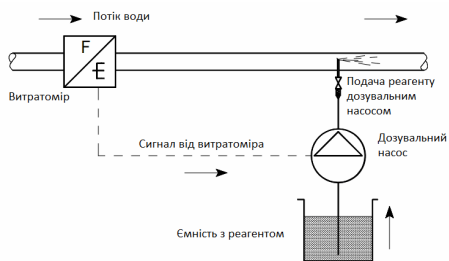


Рис.3. Схема пристрою системи пропорційного дозування.

## VI. ДОЗУВАННЯ В СИСТЕМАХ ЗІ ЗВОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

Щоб отримати воду або іншу рідину із заданими характеристиками, може знадобитися додати різну кількість реагенту для одного і того ж об'єму води. У

такому випадку пропорційне дозування не підходить для правильного результату.

Якщо властивості води на вході в систему постійно змінюються, система дозування повинна безперервно аналізувати якість води, щоб визначити кількість реагенту для додавання.

На рис.4 приведений приклад дозування в системах зі зворотнім зв'язком. Датчик передає інформацію про поточний склад води на контролер. Контролер, своєю чергою, змінює тактову частоту роботи насоса чи довжину ходу пістона, щоб подати необхідну кількість реагенту воду.

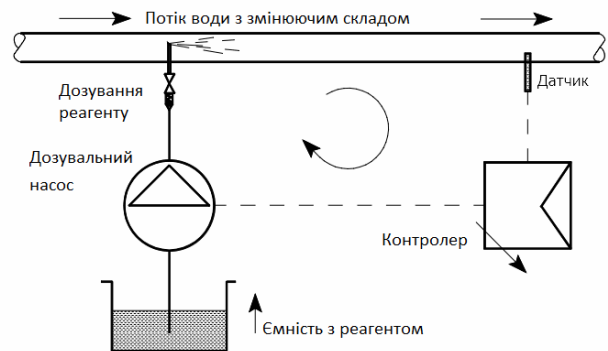


Рис.4. Дозування в системах зі зворотнім зв'язком.

## VII. ВАГОВЕ ДОЗУВАННЯ

Вагове дозування полягає у відмірюванні дозатором заданої дози продукту за вагою за допомогою важільних, пружинних, електротензометричних, індукційних, гідравлічних або інших вагових механізмів та фасування її в тару.

Для багатьох технологічних процесів важливо додавати реагент для не одиницю обсягу, але в одиницю маси. Однак біда в тому, що виміряти обсяг (витрата) речовини набагато простіше, ніж масу. Для середовищ, де співвідношення маси та обсягу постійно, використовують саме об'ємне дозування (наприклад, пропорційний метод дозування), адже його найпростіше реалізувати.

Таке постійне співвідношення маси та обсягу характерне для рідин.

При обробці сипких матеріалів їхня щільність може змінюватися. Відповідно змінюється і маса розрахунку одиницю обсягу. Об'ємне дозування у такому разі не підходить. У цьому випадку необхідно зважувати кожен окрему партію речовини та додавати до неї певну кількість реагенту.

Приклад вагового дозування приведений на рис.5.

У ємність, встановлену на ваговимірювальній платформі 2, за допомогою живильника 3 подається сипкий матеріал [2]. Сигнал з датчика ваги подається на контролер 4 і порівнюється із заданою величиною. Коли вага сипучого матеріалу, що знаходиться в ємності 1, досягне необхідного значення, контролер 4 подає керуючий сигнал приводу живильника 3 і подача матеріалу припиняється. Порція матеріалу вивантажується з ємності 1 і повторюється операція зважування.

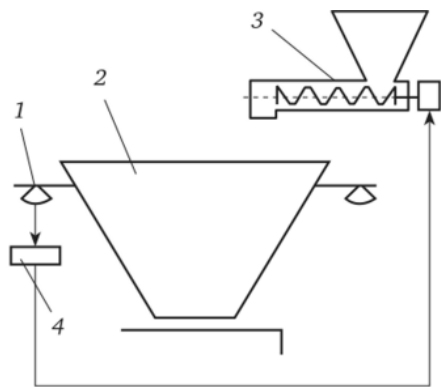


Рис. 5. Вагове дозування

## VIII. ДОЗУВАННЯ ЗА ЧАСОМ

Дозування за часом полягає у відмірюванні необхідної кількості продукту за тривалістю його безперервної подачі із заданою продуктивністю у великогабаритну тару або безпосередньо транспортний засіб. При цьому рівномірний безперервний потік продукції, що завантажується в таких дозаторах, створюють відповідні вагові або об'ємні живильники (стрічкові, барабанні, насосні, тарілчасті, шнекові, вібраційні, аераційні та інші).

## IX. ДОЗУВАННЯ ЗА ОБ'ЄГОМ

При дозуванні за обсягом дозатор відмірює за допомогою мірної ємності, насоса, що дозує, і витратного лічильника, шнекового або іншого мірного механізму дозу продукту певного об'єму і фасує її в тару [3].

## X. ДОЗУВАННЯ ЗА РІВНЕМ

Дозування за рівнем полягає в тому, що тара будь-якої місткості заповнюється дозатором до заданого рівня, що контролюється відповідним пристроєм (датчиком). При цьому точність дозування визначається ідентичністю обсягів стандартної тари, що наповнюється, і досконалістю датчиків, що контролюють заданий рівень наповнення [4].

Приклад дозування за рівнем приведений на рис.6.

В якості датчику рівня використовується так звана барботажна трубка(БТ). Барботажна трубка утворює разом з (регульованим) дроселем дільник тиску. Пневматичний опір БТ мізерний, а тому доти, поки рідина в тарі не досягне нижньої кромки БТ, тиск на її вході (середній точці дільника) дорівнює 0. Як тільки рівень рідини досягне нижньої кромки БТ, тиск на її вході почне зростати. Підсилювач з високим коефіцієнтом посилення перетворює цей тиск на тиск, достатній для спрацювання елементів керуючого пристрою. Барботажна трубка є дуже надійним датчиком рівня, оскільки вона весь час продувається повітрям, і рідина, що дозується, не потрапляє в БТ.



Рис.6. Дозування за рівнем

Як тільки дозована рідина підніметься вище нижньої кромки БТ на 2-3 мм в.ст., спрацює пристрій управління системою дозування, і налив рідини буде припинений. Ця проста схема вимірювання рівня наливу дозволяє системі дозувати рідини за рівнем із точністю вище 0,5%.

## XI. КОМБІНОВАНЕ ДОЗУВАННЯ

Комбіноване дозування полягає в тому, що формування необхідної порції продукту здійснюється в дозаторі декількома з перерахованих способів. Наприклад, основна частина порції відміряється об'ємним дозуванням, а потім проводиться її досипання за вагою заданої величини.

Більшість виробників дозувальних насосів орієнтуються на постійне дозування, пропорційне дозування та дозування із зворотним зв'язком. Залежно від особливостей процесу зручніше застосовувати один із цих трьох методів:

- найпростішим у реалізації виглядає метод постійного дозування. Він хороший, якщо властивості оброблюваної рідини та її потік постійні;

- якщо властивості рідини залишаються незмінними, але потік змінюється, слід використовувати пропорційне дозування;

- якщо може змінюватися як потік рідини, так і її властивості, то на допомогу приходять системи дозування із зворотним зв'язком.

Порційне та вагове дозування складніше автоматизувати:

- порційне дозування використовують у випадках, коли вихідна речовина не подається безперервно, а обробляється рівними "порціями". При появі нової порції вихідної речовини насос дозування повинен видати заздалегідь певну дозу реагенту за допомогою таймера або лічильника тактів;

- вагове дозування використовується для потоку середовищ зі змінною густиною.

## XII. ВИСНОВКИ

Кількість оброблюваних деталей дуже важлива, так як це впливає на якість постобробки. Пари циркулюють в закритій ємності, що дає змогу постійно впливати на заготовку. Знаючи кількість деталей, що

потрібно обробити та їх розміри, дозволяє додати вірну дозу оброблюваної речовини. Тому ефективним способом дозування рідини є вагове дозування. За допомогою цього способу можна забезпечити герметичність процесу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Методи дозування рідин [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8\\_%D0%B4%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D1%80%D1%96%D0%B4%D0%B8%D0%BD](https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8_%D0%B4%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%80%D1%96%D0%B4%D0%B8%D0%BD)

[2] Основні способи вагового дозування [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://studme.org/143344/tehnika/osnovnye\\_sposoby\\_vesovogo\\_dozirovaniya](https://studme.org/143344/tehnika/osnovnye_sposoby_vesovogo_dozirovaniya)

[3] Характеристика методів дозування та способів фасування рідкої продукції. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/8807010/page:3/>

[4] Принцип дозування за рівнем [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://flexmash.com/chto-takoe-dozator/>

# Розроблення бортової багатозонової системи комп'ютерного зору із функціями розпізнавання та ідентифікації

Олександр Каплін<sup>1</sup>, Олександр Цимбал<sup>2</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, проспект Науки 14., e-mail: oleksandr.kaplin@nure.ua
2. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, проспект Науки 14., e-mail: oleksandr.tsymbal@nure.ua

**Анотація:** у даній роботі розглянуто існуючі системи комп'ютерного зору. Обґрунтовано необхідність розробки бортової багатозонової системи комп'ютерного зору із функціями розпізнавання та ідентифікації для забезпечення безпеки в процесі пошуку вибухонебезпечних об'єктів. Ця система буде розпізнавати та ідентифікувати вибухонебезпечні об'єкти.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір, розпізнавання, ідентифікація, багатозонова, система.

## Введення

В наші дні людина намагається автоматизувати як змога більше процесів при виконанні різного роду робіт. Це зумовлено тим, що є робота яка потребує дуже великої точності або взагалі є небезпечною. Для кожної системи автоматизації необхідні компоненти, які будуть надавати інформацію щодо навколишнього середовища. Їх існує дуже велика кількість. Наприклад камери. Камери доволі часто використовуються в системах автоматизації для отримання інформації з навколишнього середовища. До прикладів можна віднести військові дрони, які обладнані камерами за допомогою яких робляться знімки ворожих позицій. Ці дрони надають можливість людині дистанційно робити знімки і крім цього людина знаходиться в безпеці. Наразі в Україні триває війна і після її завершення буде велика кількість снарядів, ракет та інших вибухонебезпечних об'єктів, які не розірвалися і їх необхідно буде розмінувати. Процес їх пошуку та розмінування дуже небезпечний і саме тому цей процес необхідно автоматизувати та використовувати мобільну пересувну платформу за допомогою якої можна виконувати пошук вибухонебезпечних об'єктів дистанційно. Ця платформа може бути обладнана системою комп'ютерного зору, яка в свою чергу і буде виявляти вибухонебезпечні об'єкти. Це зможе зменшити ризики в процесі пошуку вибухонебезпечних об'єктів і зберегти не одне життя.

## II. Комп'ютерний зір

Комп'ютерний зір - це галузь штучного інтелекту, пов'язана з аналізом, класифікацією і розпізнаванням зображень і відео [1].

До завдань комп'ютерного зору можна віднести [2]: - розпізнавання – одне з базових та першорядних завдань у обробці зображень, комп'ютерному та машинному зору. Воно допомагає класифікувати і ідентифікувати об'єкти, що характеризуються певним набором властивостей та ознак.

- відновлення зображень – це видалення шуму з використанням різних методів, наприклад, розмиття за допомогою фільтрів на основі машинного навчання (шум датчика, розмитість рухомого об'єкта і т. д.).

- аналіз руху - завдання використовує комп'ютерний зір для оцінки швидкості руху об'єктів у відео. Також застосовується для оцінки рухів, у яких послідовність відеоданих обробляється для знаходження швидкості кожної точки зображення чи 3D сцени.

- відновлення чи реконструкція сцени – допомагає відтворити тривимірну модель зображення або сцени, що вводиться за допомогою зображень чи відео. Найчастіше моделлю служить набір точок тривимірного простору.

- обробка та аналіз зображення – завдання зосереджено на перетворення одного 2D-зображення в інше. Реалізується за допомогою піксельних операцій, таких як підвищення контрастності або поворот зображення.

- високорівнева обробка – невеликий набір даних. Вона використовує різні методи для вилучення інформації з сигналів в цілому, наприклад, набір точок або ділянка зображення, в якому імовірно знаходиться певний об'єкт, що цікавить частина даних.

Для того, щоб система комп'ютерного зору мала змогу розпізнавати вибухонебезпечні об'єкти вона використовує алгоритми на основі машинного навчання. В свою чергу, щоб навчити алгоритми розпізнавати об'єкти необхідно використовувати набори розмічених даних – датасети. Вони містять відмінності одного об'єкту від іншого. Слід зауважити, що точність розпізнавання та ідентифікації об'єктів залежить від розміру датасету. Чим більше об'єм датасету, тим точніше працює система комп'ютерного зору.

Процес пошуку об'єктів на зображенні складається з трьох етапів, а саме, розпізнавання, ідентифікація, формування дескрипторів для об'єктів сцени.

Розпізнавання – процес розмітки сцени, що представляє собою проекцію тривимірного робочого простору ПР на площину об'єктива, реєструючого пристрою – цифрову камеру або ультразвукової модуль [3].

Ідентифікації об'єктів – процес тісно пов'язаний з розпізнаванням, що полягає в об'єднанні всієї отриманої інформації від процесу розпізнавання в єдине ціле з метою класифікувати об'єкт [3].

Фінальним етапом розпізнавання об'єктів є процес формування дескрипторів для об'єктів сцени.

Дескриптори в свою чергу являють собою структуру, яка описує властивості об'єкта.

## II. Системи комп'ютерного зору

Методики комп'ютерного зору активно використовуються для розробки систем комп'ютерного зору. До таких систем можна віднести:

- системи призначені для керування процесами;
- системи призначені для відеоспостереження;
- системи призначені для обробки та систематизації інформації;
- системи для моделювання об'єктів;
- системи моделювання антропомашинної взаємодії.

Системи комп'ютерного зору сьогодні використовуються у різних сферах нашого життя, зокрема [4]:

- автономні транспортні засоби;
- перевірка якості продукції;
- роздрібна торгівля;
- медична візуалізація;
- громадська безпека;
- військова справа.

Автономні транспортні засоби. Методи комп'ютерного зору активно використовуються у безпілотних автомобілях. Безпілотні автомобілі оснащені одною чи декількома камерами з кожної сторони автівки. Кожна камера передає зображення до центрального процесора автівки, який обробляє зображення з камер використовуючи методи комп'ютерного зору та на основі результатів обробки зображень керує автівкою. Прикладом такої автівки може бути Tesla. Крім безпілотних автомобілів, методи комп'ютерного зору використовуються у системах автопаркування та круїз-контролю. Принцип роботи такий самий, як і у безпілотних автомобілів. Тільки камер менше і самі системи простіші і без водія все одно не обійтись, на відміну від безпілотного автомобіля.

Перевірка якості продукції. На будь-якому виробництві існує процес перевірки якості продукції. Для того, щоб автоматизувати цей процес використовуються системи візуального огляду на основі штучного інтелекту. Візуальна перевірка на основі штучного інтелекту передбачає використання машинного навчання для автоматичної перевірки якості продукції шляхом аналізу зображень і відеоданих. Технології штучного інтелекту та комп'ютерного зору дозволяють виробникам автоматизувати виявлення дефектів продукції, заощаджуючи час і гроші, покращуючи контроль якості [5].

Роздрібна торгівля. Системи комп'ютерного зору в цій сфері використовуються для перевірки активності клієнтів. Крім цього системи комп'ютерного зору на основі штучного інтелекту можуть ідентифікувати незадоволених покупців або вітати постійних клієнтів. Це також може сприяти програмі утримання клієнтів. Завдання систем комп'ютерного зору в роздрібній торгівлі також включають оцінку стратегій розміщення товарів і відстеження запасів. Такі гіганти електронної комерції, як Amazon, також масово

впроваджують технологію візуального пошуку для показу добре оптимізованого вмісту.

Медична візуалізація. Класифікація зображень і виявлення шаблонів лежать в основі медичних програмних систем. Вони допомагають лікарям у діагностиці небезпечних станів. Значний прорив у комп'ютерному зорі також дозволяє нам використовувати дані медичних зображень. За останні кілька років спостерігається зростання застосування методів комп'ютерного зору до статичних медичних зображень. Рентгенологія, патологія та офтальмологія стали основними напрямками в яких застосовуються методи комп'ютерного зору. Прикладом такої системи може бути InnerEye від Microsoft. InnerEye — це дослідницький проект від Microsoft Health Futures, який використовує сучасну технологію машинного навчання для створення інноваційних інструментів для автоматичного кількісного аналізу тривимірних медичних зображень [6]. InnerEye використовує тривимірні радіологічні зображення, доступні для всіх медичних установ.

Громадська безпека. Виявлення та розпізнавання обличчя є одними з найскравіших прикладів використання методів комп'ютерного зору. Розпізнавання обличчя з використанням методів комп'ютерного зору може виявляти та запобігати злочинам. Алгоритм комп'ютерного зору допомагає зафіксувати обличчя та надіслати його в систему для подальшого аналізу. Поєднання алгоритмів аналізу та розпізнавання – це те, що фактично становить систему розпізнавання обличчя.

Військова справа. Військові дуже активно використовують системи комп'ютерного зору для виконання різноманітних задач. Наприклад виявлення транспортних засобів, ворожих солдатів. Крім цього методи комп'ютерного зору використовуються в системах наведення ракет. Така система наведення може працювати наступним чином. Ракета досягає певної області без використання системи комп'ютерного зору. Після перетину попередньо заданої області активується система наведення ракети, яка використовуючи методи комп'ютерного зору виконує наведення на ціль.

Ще одним прикладом застосування систем комп'ютерного зору може бути безпілотний літальний апарат. Безпілотні літальні апарати, які оснащені системою комп'ютерного зору можуть виконувати різні задачі. Літальний апарат може використовувати камери для розвідки. Іншим варіантом використання безпілотного літального апарату може бути пошук та знищення ворога. Такі літальні апарати працюють за принципом ракет, який наведено вище.

Крім цього системи комп'ютерного зору можуть виступати у ролі допоміжної системи. Прикладом такої системи може бути шолом пілота військового літака. Такі шоломи допомагають легше та точніше прицілюватися або сповіщують пілота про небезпеку.

## III. Програмна реалізація бортової багатозонавої системи комп'ютерного зору

Для реалізації програмної частини бортової багатозонавої системи комп'ютерного зору із функціями розпізнавання та ідентифікації було вирішено

використовувати бібліотеку OpenCV 4. OpenCV – це бібліотека з відкритим кодом, який включає в себе декілька сотень алгоритмів комп'ютерного зору [7]. Ця бібліотека надає дуже велику кількість можливостей. До основних можливостей цієї бібліотеки можна віднести такі, як кадрування, зміна розміру зображення, поворот зображення, переведення кольорового зображення в чорно-біле або градації сірого, розмиття, згладжування, малювання прямокутників і ліній, написання тексту на зображенні і розпізнавання об'єктів.

Для написання програмного коду буде використовуватися мова програмування Python 3. Цю мову програмування було обрано з наступних причин:

- ця мова доволі проста для розуміння і значно спрощує процес розробки;

- ця мова програмування активно використовується для машинного навчання. Для цієї мови програмування уснує дуже велика кількість бібліотек для роботи із машинним навчанням.

- python доволі популярна мова програмування і тому існує дуже велика кількість книг та публікацій із вирішення різного роду задач.

Програмне забезпечення буде працювати наступним чином. Оператор керує мобільною платформою і на екрані бачить зображення із камери, яка розташована спереду пересувної платформи. Усі камери передають зображення на аналіз обчислювальному блоку. Щоб не перенавантажувати оператора кількома зображеннями, на дисплей монітору буде виводитися зображення лише з камери, яка знаходиться спереду мобільної платформи. Усі інші камери роботають у фоні. Оператор зможе переключатися між камерами. Якщо будь-яка камера розпізнала та ідентифікувала підозрілий об'єкт, то на дисплеї оператора буде повідомлення про це, потім запропоновано переключитися на камеру, яка знайшла об'єкт або залишитися на поточній. На зображенні з камери підозрілий об'єкт буде обведено для аналізу оператором і після чого оператор зможе зробити висновок, що робити.

#### IV. Апаратна реалізація бортової багатозонової системи комп'ютерного зору

Для апаратної реалізації системи планується використовувати декілька невеличких камер, кожна з яких буде покривати певну зону навколо об'єкту на якому розташовується система. Це рішення обумовлено тим, що камери, які мають кут огляду триста шістьдесят градусів дорожчі ніж декілька більш простих камер. Крім цього треба взяти до уваги модульність. Якщо вийде з ладу одна камера, но об'єкт не буде мати можливості розпізнавати об'єкти і виконувати роботу. У випадку із декількома камерами, система продовжить функціонувати. Слід ще додати, що з точки зору витрат на підтримку системи буде дешевше замінити один чи декілька модулів камер ніж заміна одного дорогого модуля. Цей фактор теж доволі важливий і його необхідно враховувати.

Структурна схема бортової багатозонової системи комп'ютерного зору із функціями розпізнавання та ідентифікації (Рис.1) складається з корпусу на якому

розташовані 5 камер. Кожна камера, а саме К1, К2, К3, К4, К5, покриває певну зону навколо пристрою.

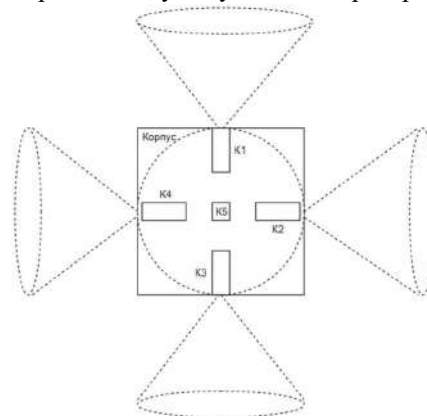


Рис.1. Структурна схема бортової багатозонової системи комп'ютерного зору із функціями розпізнавання та ідентифікації

#### Висновки

Отже, виходячи з усього вище описаного можна стверджувати, що розробка бортової багатозонової системи комп'ютерного зору із функціями розпізнавання та ідентифікації для забезпечення безпеки в процесі пошуку вибухонебезпечних об'єктів є дуже актуальною. Впровадження цієї системи дозволить дистанційно на безпечній дистанції виконувати пошук вибухонебезпечних об'єктів, що в свою чергу забезпечить безпеку саперу і збереже не одне життя.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] Як розібратися з Computer Vision [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dev.ua/news/yak-roz%D1%96bratisya-z-computer-vision>.

[2] Як працює комп'ютерний зір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://blog.algorithmia.com/introduction-to-computer-vision/>

[3] Цимбал О.М. Системи адаптації роботів та технологія OpenCV / О.М. Цимбал, А.І. Бронніков – Харків, ХНУРЕ, 2019. – 134 с.

[4] Computer Vision: Algorithms and Applications 2nd Edition / Richard Szeliski – Berlin, Springer, 2022. – С. 5.

[5] AI-based Visual Inspection Automates. Product Defect Detection [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://super.ai/blog/ai-based-visual-inspection#what-is-ai-based-visual-inspection-and-why-is-it-better->

[6] Project InnerEye – Democratizing Medical Imaging AI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/medical-image-analysis/>

[7] Використання OpenCV і Face Recognition в системах розпізнавання облич на одноплатних комп'ютерах типу Raspberry [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/open-cv-face-recognition.html>



# Використання систем технічного зору в сучасній промисловості

Лисаченко Владислав<sup>1</sup>, Хрустальова Софія<sup>2</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА  
Харків, пр.Науки. 14., e-mail: vladyslav.lysachenko@nure.ua

2. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр.Науки. 14.  
e-mail: sofia.yakubovska@nure.ua

**Анотація:** В даному матеріалі наведено аналіз сучасних рішень використання систем технічного зору у промисловості.

**Ключові слова:** технічний зір, сенсор.

## I ВСТУП

У сучасному світі широко поширене використання обробки зображень для вирішення різних завдань автоматичного контролю, управління та вимірювання.

Щоб промислові роботи та інші системи автоматизації виробництва цілеспрямовано взаємодіяли з об'єктами та спокійно рухалися у просторі, що оточує виробничі лінії, вони повинні мати можливість бачити та аналізувати навколишнє середовище.

Це саме те, із чим комп'ютерні системи зору можуть допомогти.

Технічний зір включає аналіз візуальної інформації для подальшого ухвалення рішень. [1].

## II ДВОМІРНІ ТА ТРЬОХМІРНІ ДАТЧИКИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

Двомірні датчики використовуються для визначення наявності, а також розмірів, форми, розташування або схеми розміщення цільових об'єктів.

У сучасних камерах використовується метод кадрового фотозатвору, що забезпечує високу точність зображень, а інтегровані датчики забезпечують основними функціями контролю для різноманітних застосувань.

Трьохмірні датчики також можуть використовуватись для промислової автоматизації, вимірювань та аналітичного моніторингу. Застосування датчиків варіюється від моніторингу процесів промислового обладнання, захисних зон та розпізнавання зображень до вимірювання погоди. Для виробничої, комерційної, логістичної надійності та аналізу процес може бути упорядкований із застосуванням ідентифікації об'єктів, таких як сканери штрих-коду.

Трьохмірні мають переваги над двомірними так як можуть точно розпізнавати неструктуроване оточення в режимі реального часу і точно позиціонувати об'єкти з різною кінематикою у просторі.

## III СУЧАСНІ ПРОМИСЛОВІ ДАТЧИКИ ЗОРУ

У цьому розділі пропонуємо розглянути сучасні двохмірні та трьохмірні промислові датчики різноманітного застосування.

Датчик контуру – Розпізнавання об'єктів O2D.

Контролює правильне положення невеликих частин в автоматичних механізмах, що подають, напр. вібраційні контейнери, погані деталі відхиляються.

Можливості застосування датчика контуру efactor dualis: моніторинг наявності, положення та орієнтації за допомогою сортування та обчислення завдань контролю якості.

За допомогою інтуїтивного, покрокового інтерфейсу та зразків «хороших» / «поганих» деталей, користувач створює модель об'єкта, що розпізнається.

Програма розпізнавання порівнює об'єкти з моделями, незалежно від орієнтації, і передає результати (вдалий тест, невдалий, становище, орієнтація).

Зображення датчика приведено на рис. 1.



Рис. 1. – Зображення датчику O2D.

Лічильник пікселів – Датчик машинного зору O2V.

Стандартні датчики машинного зору контролюють частини на основі певних контурів (як датчик контуру O2D), новий лічильник пікселів O2V порівнює їх на основі різних характеристик.

Користувач не визначає контур об'єкта, а його відносні характеристики, які використовуються датчиком для оцінки об'єкта або фону. За допомогою покрокового налаштування відхилення від еталона датчик виявляє такі характеристики, як площа, розмір, округлість або компактність об'єкта.

Значення яскравості за сірою шкалою можуть використовуватися для оцінки. Датчик технічного зору O2V надійно використовується для контролю повних/порожніх транспортних та виробничих резервуарів, контролює наявність етикетки чи друку, наприклад, дати виробництва чи термін зберігання. Датчик також надійно розпізнає кольорові мітки, наприклад, монтажні або дефектні мітки – нанесені машиною або вручну.

Виявлення подвійного листа при захопленні листового матеріалу маніпуляторами, що часто застосовується в автомобільній промисловості, також можливе використання для підрахунку листів або механізмів захоплення. Якщо поверхня листа відсвічує, то використання систем технічного зору заснованих на визначенні контуру не дозволяє досягти бажаного результату. Системи технічних зору засновані на підрахунку кількості пікселів справляються із цим завданням краще.

Зображення датчику приведено на рис.2.



Рис.2. – Зображення датчику O2D.

Датчики технічного зору – серія VG.

Знімки, зняті за допомогою вбудованої камери датчика технічного зору серії VG, використовуються для визначення наявності, а також розмірів, форми, розташування або схеми розміщення цільових об'єктів. завдяки використанню методу кадрового (глобального) затвору при захопленні зображень та дев'яти основним функціям контролю ця вдоскоалена система забезпечує підвищену продуктивність та ефективність.

Зображення з датчиків серії VG можуть зберігатися та передаватися на FTP-сервери. В залежності від налаштування обладнання користувач може зберігати всі зображення, лише вдалі або лише невдалі зображення. Ці функції дозволяють спростити роботу з зображеннями: перегляд, керування, аналіз та зберігання даних.

Датчики оснащені 9 основними функціями контролю: вирівнювання, яскравість, контрастність, площа, край, довжина, кут, діаметр, підрахунок об'єктів.

Датчики даної серії у харчовій, косметичній, фармацевтичній, напівпровідниковій, автомобільній та пакувальній промисловості, у логістиці та виробництві медичного обладнання.

Зображення датчику VG приведено на рис.3.



Рис.3. – Зображення датчику VG.

Двовимірні датчики зображення VOS.

Датчики зображення можна збирати на основі таких вимог застосування, як поле огляду або завдання вимірювання, і їх можна індивідуально налаштувати, використовуючи безліцензійне ПЗ, що входить до обсягу постачання.

Всі датчики мають стандартизовані з'єднання для можливого розширення з такими зовнішніми компонентами як окреме освітлення, лінзи з кріпленням C-mount з різною фокусною відстанню, або навіть водонепроникним корпусом для лінз із захистом IP67. Компанія Pepperl+Fuchs пропонує три різні конструкції корпусу для серії VOS з різними умовами застосування: VOS1000, VOS2000 та VOS5000.

Різні інструменти двовимірних датчиків зображення можуть об'єднуватись або параметризуватись для одного робочого завдання. Серія VOS пропонує користувачам можливість налаштувати безліч робочих завдань у камері – які можна легко замінювати, дублювати чи переносити з однієї камери на іншу. На підприємстві один датчик може використовуватись для різних завдань.

Завдяки попередній обробці вимірювань безпосередньо на датчику або камері, серія VOS забезпечує максимальну простоту використання навіть при комплексних завданнях. У камерах є вбудований інструмент технічного зору для оцінки (вбудований комп'ютер), тому на відміну від звичайних систем технічного зору на базі ПК тут для обробки даних не потрібно подальше розпізнавання зображень на зовнішніх системах ПК. Графічний інтерфейс користувача забезпечує легке та просте введення в експлуатацію та параметризацію датчиків.

Під час автоматичного етикетування, заповнення та закупорювання пляшок, етикетки можуть бути неправильно приклеєні або кришки можуть бути неправильно закручені. Тут датчики зображення VOS використовуються для перевірки етикеток та кришок для пляшок. Використовуючи інструменти технічного зору датчик за одну операцію перевіряє і положення етикетки, і фіксацію кришки. Серія VOS пропонує датчик зображень кадрового фотозатвора із вбудованою оптикою, освітленням та електронною оцінкою – поєднуючи в одному корпусі всі компоненти, необхідні для роботи системи технічного зору. Це робить датчики на основі камери придатними для завдань з позиціонування та навігації, виявлення та

вирівнювання, оптичного вимірювання, а також ідентифікації та розпізнавання тексту (OCR).  
Зображення датчику VOS приведено на рис.4



Рис. 4. – Зображення датчику VOS.

Датчик технічного зору - KUKA\_3D Perception.

Сенсор із вбудованою системою 3D-стереокамер дозволяє здійснювати 3D-сприйняття у режимі реального часу та забезпечує 3Dвимірювання та позиціонування у просторі. Таким чином, орієнтація в просторі та технічний зір стають реальністю. [2].

Стереосенсор KUKA\_3D Perception розпізнає точно неструктуроване оточення в режимі реального часу і точно позиціонує об'єкти з різною кінематикою у просторі. Це перший 3D-сенсор у світі, який наділяє роботів такими здібностями.

Результат цього прогресивного рішення: робот може фіксувати своє становище просторі з точністю до міліметра і вирішувати завдання ще швидше і ефективніше. Завдяки інтегрованій технології KUKA\_3D Perception обробляє дані зображення безпосередньо в сенсорі та фіксує поточний стан об'єкта з точністю до міліметра.

Масиви точок створюються дуже просто. 3D-сенсор може розпізнавати своє оточення як у умовах природного світла, і при недостатньому освітленні. Навіть при швидких переміщеннях забезпечується надійна точність. Крім того, у невеликому просторі без труднощів та збоїв можуть працювати декілька сенсорів.

Інтегрована графічна картка дозволяє обробляти зображення глибини безпосередньо у сенсорі. Зовнішні розрахунки не потрібно - ідеально підходить для мобільних робототехнічних систем. Високопродуктивне апаратне забезпечення розроблено для використання у роботизованому середовищі, розраховане на температуру до 50 °C та відповідає класу захисту IP 54 – гарна умова для паралельних кінематик.

Зображення датчику KUKA\_3D приведено на рис. 4.



Рис.5. - Зображення датчику KUKA\_3D

FANUC Система iRVision.

iRVision – це розроблена компанією FANUC система візуального виявлення за технологією plug&play. Вона повністю інтегрована з контролером R-30iB, швидко встановлюється, відрізняється простотою використання та високою гнучкістю.

Завдяки системі розпізнавання двох або тривимірних деталей вона може визначати місце розташування довільно розташованих виробів будь-якої форми та розміру. Вона також може зчитувати штрих-код, виконувати сортування за кольором, гнучку подачу деталей, високошвидкісне візуальне лінійне відстеження (iRPickTool) та взяття коробів/панелей. Система iRVision відіграє ключову роль у збільшенні продуктивності та забезпечує додаткову економію засобів, оскільки знімає необхідність у технологічному оснащенні.

Нааявність у вашого робота «очей» дає безліч переваг, які допомагають знизити витрати, у тому числі меншу кількість кріплень, підвищену ефективність заміни деталей, мінімальні доопрацювання системи, необхідні для впровадження нових продуктів, та можливість усунення помилок у процесі виробництва. [3]

Зображення системи iRVision приведено на рис.6.



Рис. 5. - Зображення системи iRVision.

На сьогоднішній день велику популярність набувають СТЗ як пристроїв визначення положення координат корисного вантажу під час роботи з маніпуляційними роботами. Прості представники таких систем дозволяють визначити Декартові координати  $x$  і  $y$ , а також кут орієнтації  $R$  корисних вантажів, що знаходяться в одній площині робочого простору маніпуляційного робота, причому параметри цієї площини мають бути наперед відомі.

Більш складні рішення дозволяють визначити три координати  $x$ ,  $y$  та  $z$  у робочому просторі. Комплексні рішення дозволяють визначити всі шість координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $\varphi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ , але такі рішення вимагають особливих функціонування, тому їх сфера застосування сильно обмежена; крім того, у багатьох технологічних процесах відсутня необхідність визначення повного набору координат корисних вантажів, тому вартість та використовуваний функціонал для таких систем будуть невиправданими.

СТЗ дозволяють без значних витрат переконфігурувати робоче місце, оскільки система визначення положення у значній частині настроюється на програмному рівні. Як правило, однієї камери, що входить до складу СТЗ, достатньо для отримання

даних про робочий простір великої площі. У разі зміни технологічного процесу цю ж камеру можна використовувати для визначення положення корисних вантажів в нових умовах без необхідності втручати в її конструкцію або електричну схему.

Функціональні завдання СТЗ, характерні для роботехнічних комплексів, що умовно поділяються за рівнем їх відносної складності. До простих завдань можна віднести: виявлення наявності будь-якого об'єкта, вимірювання відстані до нього, обчислення його лінійних та кутових переміщень, швидкості; вимірювання геометричних параметрів об'єкта (лінійні та кутові розміри, площа), визначення фізичних характеристик випромінювання від об'єкта, підрахунку числа об'єктів у кадрі. Складніші завдання виконує система, яка надає маніпулятору інформацію, необхідну для захоплення неупорядкованих об'єктів. До цих завдань належать: огляд робітника простору для пошуку об'єкта, що цікавить, який може бути одиночним або одним з декількох або його місцезнаходження може бути ізольовано, перекриватись іншими об'єктами. При цьому спостерігаються об'єкти можуть відрізнятися не тільки формою та розміром, але й кольором, текстурою та інші, перебуває в русі або лежить на місці.

#### IV. ВИСНОВКИ

Правильна постановка задачі зможе однозначно відповісти на питання які саме датчики необхідно використовувати у системі. Трьохмірні мають низьку перевагу на двомірними, але і мають більш високу собівартість і складність налаштування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] WHAT IS MACHINE VISION?. Retrieved September 1, 2022, from website: [HTTPS://MACHINEVISION.CO.UK/MACHINE-VISION-PRODUCTS/ROBOTICS-HARDWARE/](https://machinevision.co.uk/machine-vision-products/robotics-hardware/)

[2] The Role of Machine Vision in the Automotive Industry. Retrieved September 1, 2022, from website: [https://www.photonics.com/a58196/The\\_Role\\_of\\_Machine\\_Vision\\_in\\_the\\_Automotive](https://www.photonics.com/a58196/The_Role_of_Machine_Vision_in_the_Automotive)

[3] Top benefits of integrated robotic machine vision. Retrieved September 1, 2022, from website: <https://www.fanucamerica.com/docs/default-source/articles/fabshop-benefits-of-vision-by-josh-person.pdf>



# Ефективність використання сонячних батарей для тролейбусу

Богдан Мальцев<sup>1</sup>, Леонід Іванов<sup>1</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: bohdan.maltsev@nure.ua

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, e-mail: Leonid.ivanov@nure.ua

**Анотація:** У роботі виконано огляд основних понять, характеристик та типів сонячних батарей, а також проведено аналіз переваг та недоліків.

**Ключові слова:** сонячна батарея, громадський транспорт, тролейбус, альтернативна енергетика.

## I. ВСТУП

В багатьох країнах світу активно розвивається зелена енергетика. Ведуться дослідження і впроваджуються розробки по використанню альтернативних джерел енергії, в тому числі, енергії сонця.

Одним із актуальних питань використання альтернативних джерел енергії є накопичення та перетворення енергії сонця за рахунок використання сонячних панелей для модернізації громадського транспорту [1].

Сонячна батарея — з'єднання фотоелектричних перетворювачів (фотоелементів) — напівпровідникових пристроїв, що прямо перетворюють сонячну енергію в постійний електричний струм.

Сфери застосування сонячних батарей різноманітні: портативна електроніка, електромобілі, авіація, енергозабезпечення виробництв та споживачів, дорожні покриття, медицина, космос тощо.

Метою даної роботи є дослідження можливостей застосування сонячної енергії у роботі тролейбусів.

Транспорт у майбутньому беззаперечно стане екологічно чистим завдяки використанню альтернативних джерел енергії для забезпечення перевезень. Поступове зменшення вартості та поширення розповсюдження сонячних панелей у різних галузях промислового виробництва є відправною точкою для переведення громадського транспорту в екологічно чистий вид пересування.

Серед переваг застосування сонячних панелей на дахах тролейбусів можна назвати наступні:

1. Як резервне джерело живлення - забезпечення автономності ходу тролейбусів у випадку відключення постачання електроенергії. При цьому сонячні батареї можуть забезпечити енергією не тільки підтримку клімат-контролю в салоні, Wi-Fi зв'язок, але і роботу двигуна деякий час;

2. Розміщувати сонячні панелі на дахах тролейбусів зручніше, ніж на авто, оскільки площа даху набагато більша. Таким чином вирішується головна проблема — наявність достатньої площі для розміщення необхідної кількості сонячних панелей;

3. Тривалий термін експлуатації без заміни компонентів та незначна ймовірність поломки системи.

4. І, безумовно, це екологічна безпека. Сонячні батареї не шкодять навколишньому середовищу, їх робота майже безшумна.

Проте, сучасні сонячні панелі не здатні повністю забезпечити потрібну тривалість руху через нестабільну сонячну активність у різні пори року. Отже, обов'язковим є додаткове заряджання акумуляторів на стаціонарних електропідстанціях. Як наслідок, головним у розвитку зеленої енергетики для міського транспорту є створення батарей з тривалим терміном експлуатації.

## II. ТИПИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Існують три типи сонячних батарей:

- тонкоплівкові;
- монокристалічні;
- полікристалічні.

Фотоелементи на основі кремнію є найпоширенішими.

Тонкоплівкові фотоелементи (рис.1) використовують тонкі плівки, що є найбільш дешевою технологією. Для їх виготовлення використовується аморфний (розплавлений) кремній, що наноситься шляхом напилення на різні поверхні: полімерну плівку, скло, пластик. Завдяки цьому є можливість виготовлення фотоелементів з різним ступенем прозорості та забарвлення, а це, в свою чергу, створює більш широкий спектр їх застосування [2-3].

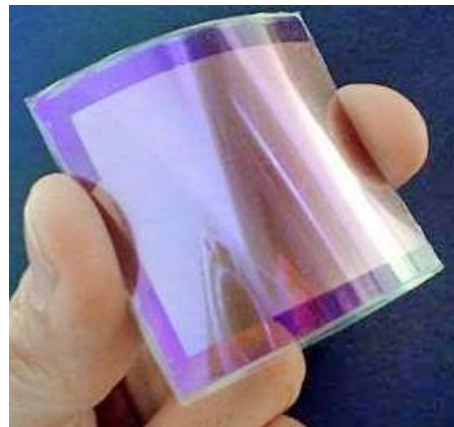


Рис.1. Зовнішній вигляд тонкоплівкового фотоелементу

Тонкоплівкові панелі не вимагають попадання на них прямого сонячного проміння, працюють при розсіяному випромінюванні, завдяки чому сумарна потужність, що виробляється за рік, більша на 10 – 15%, ніж виробляють традиційні кристалічні сонячні панелі (монокристалічні та полікристалічні). Також потрібно сказати, що встановлення плівкових сонячних батарей можливе не тільки на дахах, але й на бічних поверхнях будівель [2]. Завдяки сучасній технології виробництва і відсутності металевих частин такі панелі важать в 2 рази менше, ніж стандартні фотомодулі.

Недоліком є те, що такі фотоелементи найменш ефективні (наприклад, ККД перетворення світла у електричну енергію досягає 13% в нових модулях Solar Frontier S-серії). Гарантійний термін використання до 5 років, вони дуже залежні від погодних умов.

Монокристалічні фотоелементи найбільш складні і дорогі. Для їх виготовлення використовується цільний кристал кремнію. На кремнієві фотоелементи нанесена сітка з металевих електродів. Це найбільш ефективні панелі, в яких високий ККД перетворення світла у електричну енергію досягає 25% [2].

Монокристалічні панелі мають алюмінієву рамку, вони закриті протиударним антибліковим склом. Монокристалічні фотоелементи (рис.2) мають темно-синій або чорний колір. Сонячні панелі монтується у надійний корпус, що забезпечує експлуатаційний термін тривалістю 25-40 років.

Недоліком монокристалічних панелей є їх ціна, що обумовлено складністю їх виробництва. Крім того, для досягнення максимальної продуктивності панелей необхідно контролювати їхню орієнтацію щодо сонця, що передбачає встановлення додаткового обладнання.



Рис.2. Монокристалічна сонячна батарея

Прикладом можливої монокристалічної панелі є модуль LR6-72НРН. Має потужність 550 Вт, що є дуже високим показником на початок 2021 року. Коефіцієнт корисної дії фотомодуля складає 21,3% в парі з інвертором, дозволяє її ефективно використовувати за програмами «зелених тарифів» або автономного енергозабезпечення. Має низький рівень нагрівання, поверхня панелі надійно захищена 3,2-міліметровим загартованим склом.

Конструкція здатна витримувати снігове навантаження до 5200 Па та вітрове навантаження до 2400 Па. Стійка до впливу солоної вологи, аміаку та пилу, що підтверджено незалежним тестуванням.

Клас захисту приладу IP68 означає, що він повністю захищений від проникнення пилу та витримує

короткочасне занурення у воду на глибину до 1-го метра. Випадковий контакт електричних елементів з людиною виключається.

Полікристалічні моделі відрізняються різнобічною орієнтацією кремнієвих кристалів. Полікристалічні фотоелементи дешевші у виготовленні. Для їх виготовлення використовуються пресовані кристали різної форми, тому їх іноді ще називають мульткристалічними фотоелементами. Панелі на основі аморфного кремнію виготовляються з його гідриду. Така технологія дозволяє розташовувати фотоелементи на гнучких поверхнях.

Полікристалічні фотопанелі спеціально розроблені для отримання максимальної ефективності при використанні в умовах інсоляції не більше 1200 кВт\*ч/м<sup>2</sup> на рік, яка притаманна центрально-європейському регіону.

Сучасні полікристалічні панелі достатньо ефективні, ККД перетворення світла у електричну енергію в цих моделях доведено до 17-20%.

Особливістю полікристалічних моделей є їх функціонування безпосередньо в умовах денного розсіяного освітлення та стабільна висока надійність в екстремальних умовах навколишнього середовища (сильний солоний туман, аміак, піщані вітри, град тощо). Майже всі види батарей ефективно працюють в температурному діапазоні від -40°C до +85°C.

Завдяки малій вазі таке обладнання не перевантажує покрівельну конструкцію, його можна встановлювати там, де традиційні панелі не підходять за вагою, а також на бічних поверхнях. Полікристалічна сонячна батарея має вигляд (рис.3).

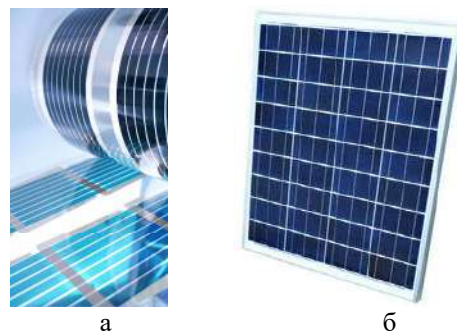


Рис.3. Полікристалічна сонячна батарея:  
а – на гнучкій поверхні; б – на рівній поверхні

Всі види панелей потребують прозорого зовнішнього шару зі скла чи полімерів для захисту від вологи і механічних пошкоджень.

Полікристалічні сонячні панелі доцільно встановлювати в промислових сонячних електростанціях. В космосі також користуються полікристалічними сонячними панелями, але при цьому чистота кремнію в них доходить до 99,999%. Їх виробляють за складною технологією багат шарового нанесення, що дає можливість перетворювати на електрику сонячне випромінювання різної частоти. Це доводить ККД до неймовірних 40%, які поки що неможливо отримати в земних умовах.

Останнім часом з'явився дуже цікавий і перспективний гібрид сонячних батарей – Smartflower. Він схожий на величезну квітку соняха. Розмір



пелюсток до 10 метрів, сервомотор повертає їх за сонцем і регулює кут нахилу. А під час сильного вітру, вночі або в дощ агрегат автоматично складає робочі поверхні і опускає їх у безпечне положення. Заявлена потужність 3,2 кВт/годину, за рік можна отримати від 3200 до 6400 кВт залежно від клімату. «Сонячна квітка» вже користується масовим попитом в Європі і США [4].

### III. ПЛЮСИ ТА МІНУСИ СОНЯЧНОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ТРАНСПОРТУ

Конструктивно сонячні панелі транспортних засобів не відрізняються від своїх стаціонарних варіантів. Вироблена енергія використовується як забезпечення роботи двигуна, так і електроживлення бортових систем транспорту, і кондиціонування в салоні.

У процесі вироблення енергія може накопичуватися в акумуляторних батареях з метою подальшого використання. Застосування сонячних елементів дозволяє наростити запас ходу транспортних засобів і при цьому обійтися без підзарядки тягових акумуляторів від традиційної електромережі [3-4].

Головне питання полягає в тому, чи переважають переваги сонячної станції її недоліки.

З одного боку, в довгостроковому плані сонячна енергія стане дешевше, ніж існуюча електроенергія. З іншого боку, вона вимагає значних фінансових вкладень і підходить не для кожного типу застосування.

Незважаючи на те, що впровадження сонячних панелей є досить перспективним напрямком в енергетиці, глобальному та швидкому переведенню транспорту на використання таких систем перешкоджає ціла низка факторів. Так, ефективна робота батарей забезпечується лише у сонячну ясну погоду. Якщо ж небо похмуро, або машина працює в нічний та вечірній час, то застосування сонячних панелей неможливе.

Таким чином, у більшій частині сучасного транспорту сонячні батареї можуть використовуватися лише як допоміжний енергетичний компонент як доповнення до стандартних акумуляторів.

Крім того, слід враховувати і фінансову сторону застосування сонячних батарей. Незважаючи на те, що генерування енергії здійснюється безкоштовно, самі сонячні панелі досить дорогі. Більшість їх компонентів виробляється з використанням кремнію на екологічно небезпечних підприємствах, і це є одним із головних факторів гальмування процесу переходу транспорту на сонячні панелі.

Сонячні батареї мають ряд недоліків в силу суто конструктивних особливостей. Панелі не здатні протистояти сильним вібраціям та іншим навантаженням, характерним для транспортного засобу, що рухається [3].

### IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, у роботі проведено ретельний аналіз типів сонячних батарей, окреслено їх переваги та недоліки.

На основі отриманих даних був зроблений висновок про те, що основна перевага сонячних батарей – це

можливість використовувати енергію завдяки застосуванню сонячних елементів як для забезпечення роботи двигуна, так і для електроживлення бортових систем транспорту, що дасть можливість наростити запас ходу транспортних засобів і, при цьому, обійтися без підзарядки тягових акумуляторів від традиційної електромережі.

Проте, існують недоліки для їх широкого застосування, а саме: висока вартість сонячної батареї та неможливість протистояти сильним вібраціям та іншим навантаженням, характерним для транспортного засобу, що рухається міськими шляхами.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Solar Energy and Battery Development for Unmanned Aerial Vehicles: Leading to Increased Proliferation?: Salus Journal, № 2, 2018. [електронний ресурс].

Режим доступу: [http://www.salusjournal.com/wp-content/uploads/sites/29/2018/09/Westbrook\\_Salus\\_Journal\\_Volume\\_6\\_Number\\_2\\_2018\\_pp\\_59-77.pdf](http://www.salusjournal.com/wp-content/uploads/sites/29/2018/09/Westbrook_Salus_Journal_Volume_6_Number_2_2018_pp_59-77.pdf)

[2] Дуфанець І.Б., Зелених О.М., Пинчук М.В., Голубов-ська О.М. Проблеми забезпечення сучасними навчально-тренувальними засобами підготовки екіпажів бойових машин: Збірник тез-доповідей Міжнародної науково-технічної конференції: Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ. – Львів, 2018.

[3] Переваги й недоліки сонячної енергетики [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ukrenerho.com/perevagi-i-nedoliki-sonyachnoyi-energetiki/>

[4] Як влаштовані і працюють сонячні батареї [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://pobuduvati.ru/zamiskij-budinok/elektrika/cikavi-elektrotehnicni-novinki/8116-jak-vlashtovani-i-pracjуют-sonjachni-batarei.html>

# Система моніторингу автоматизованих систем на підприємстві

Ігор Руденко<sup>1</sup>, Артем Бронніков<sup>2</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: ihor.rudenko@nure.ua

**Анотація:** Останнє десятиріччя відзначається прискореними темпами проникнення інформаційних технологій в усі сфери життя людини. В даний час одним з головних напрямків підвищення ефективності на основі розширення сфери застосування обчислювальної техніки є комплексна автоматизація обробки інформації, що призводить до утворення інтелектуальних систем підтримки та прийняття рішень.

**Ключові слова:** автоматизована система управління, алгоритми обробки даних, моделі станів технічних систем, робототехнічні системи, маніпулятори.

## I. ВСТУП

Перед компаніями машинобудівної галузі стоїть завдання підвищення якості продукції з мінімізацією витрат. Актуальність роботи обумовлена потребою у рекомендаціях щодо здійснення оперативного моніторингу процесів виробництва промислових підприємств за комплексними показниками їх діяльності, а також:

- відстеження та коригування в режимі реального часу виконання програм реструктуризації підприємств, відповідно до зміни ключових виробничо-господарських параметрів;

- проведення порівняльного аналізу виробничо-господарського стану промислового підприємства.

Виробничо-господарські процеси підприємства накопичують значні обсяги даних, які мають зберігатись. Моніторинг дозволяє підприємству заздалегідь покращити процеси розробки продукції, вносити зміни до її виготовлення, з метою покращення якості продукції та зниження витрат, що потребує ефективного аналізу даних або ДМ-алгоритмів. Традиційно, аналіз даних проводиться аналітиками, які використовують статистичні методи та інструменти. Широке поширення комп'ютерних та мережевих технологій, впровадження нових систем збору даних дозволяє застосовувати ці системи для моніторингу процесів та операцій, формувати електронні бази даних. Такі відомості доступні для аналізу з метою отримання знань: тенденції, моделі, причинно-наслідкові зв'язки між якістю кінцевої продукції та організацією виробництва, сформулювати план дій щодо вирішення проблеми та покращення якості.

## II. СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ МЕРЕЖАМИ

Сучасні центри обробки даних (ЦОД) – це економічно виправдані рішення, що консолідують ІТ-ресурси організації та здатні значно скоротити загальні витрати на ІТ за рахунок впровадження централізованої моделі обчислень. Однак постійне ускладнення ІТ-інфраструктури, збільшення

енергоспоживання та тепловиділення в ЦОД накладають на роботу обслуговуючих інженерних підсистем низку додаткових вимог: дуже висока надійність, керованість, безпека, адаптивність до змін довкілля. Приклад сучасного центру обробки даних представлено на рис.1.

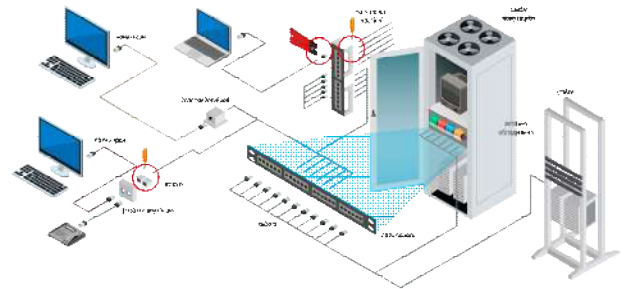


Рис.1. Зразок центру обробки даних(ЦОД)

Системи моніторингу та управління забезпечують автоматичне керування та диспетчеризацію інженерного обладнання будівлі, роботу агрегатів, підтримання заданих параметрів роботи обладнання та їх оперативної зміни.

Автоматизації та диспетчеризації підлягає наступне інженерне обладнання:

- система вентиляції та кондиціонування повітря;
- система теплопостачання;
- система холодопостачання;
- системи електропостачання;
- протипожежне обладнання та пристрої пожежогасіння;
- системи безпеки.

Надійності подібних систем та запобігання майбутнім проблемам сьогодні приділяється значна увага. Цілодобовий моніторинг, комплексний аналіз параметрів обладнання, попередження відмов та мінімальний час реакції – це найважливіші вимоги до диспетчерських служб, що контролюють інженерні підсистеми ЦОД, а робота персоналу в подібних службах стає все більш відповідальною.

Автоматизована система диспетчеризації та управління (АСДУ) є цілісною платформою для управління всіма інженерними підсистемами і створюється як багаторівнева автоматична система, що забезпечує контроль стану та управління технологічним обладнанням ЦОД з виведенням даних на екрани автоматизованих робочих місць операторів. АСДУ веде безперервний моніторинг інженерних систем із реєстрацією основних параметрів та забезпечує контроль та управління інженерним комплексом з єдиного диспетчерського центру.

Організація диспетчерського центру на основі рішення АСДУ дозволяє запровадити нові стандарти якості в управлінні експлуатаційно-забезпечуючим обладнанням, підвищити експлуатаційну готовність ЦОД, знизити поточні витрати на керування інженерними системами, забезпечити документування та протоколювання збоїв, створити базу для оперативного усунення аварійних ситуацій.

Сучасна АСДУ має тривірневу архітектуру:

- Нижній рівень утворюють периферійні пристрої та інженерне обладнання, що формують первинні дані.
- Другий рівень – контролери, які приймають та обробляють інформацію, та мережу передачі даних.
- Верхній рівень – це ПЗ, що надає засоби візуалізації, архівації, публікації даних, що надходять.

На робочі місця диспетчерів (АРМ) надходить структурована консолідована інформація у потрібному форматі. Аналітичний модуль постійно відстежує робочі параметри систем на предмет відхилення від норми й здатний автоматично запускати процедури згідно з закладеними інструкціями, наприклад, подати тривожний сигнал або запустити аварійний дизель-генератор. Важливе завдання аналітичного модуля – завчасні попередження про майбутні відмови.

Зібрані дані можна:

- передати операторам та подати їх у легко читаному вигляді;
- зберегти в базі даних;
- проаналізувати та подати у вигляді статистичних звітів;
- використовувати як сигнал, що управляє, при реакції на певні події для запуску систем в автоматичному режимі.

До складу рішення може входити система відеоспостереження, що одночасно з сигналом тривоги виводить картинку з аварійною підсистемою на монітор оператора. Як правило, у системі передбачено Web-інтерфейс, крім того, її можна інтегрувати з системами моніторингу IT-інфраструктури ЦОД.

Інженерні системи ЦОД складаються з великої кількості взаємопов'язаного обладнання, тому при настанні будь-якої тривожної події важко визначити, де конкретно виникла проблема. Для прикладу візьмемо проблему в контурі живлення між розподільчим щитом і активним мережевим обладнанням. Система локалізує проблему, визначає рівень можливих наслідків та відображає інформацію про конкретну систему у вікні тривоги. Екранна форма зі схемою системи показує відносини між взаємозалежним обладнанням та можливими наслідками неполадок в окремих компонентах.

АСДУ централізовано фіксує подію у базі даних та сповіщає диспетчера про виникнення проблеми та необхідність її вирішення. Далі система визначає рівень серйозності події та надає події певний пріоритет. Пріоритет необхідний, щоб підвищити ефективність реакції персоналу на подію. Наприклад, якщо сигналізація, що спрацювала, говорить про необхідність заміни фільтра системи кондиціонування повітря, оператор повинен розуміти, у які терміни й з яким пріоритетом вирішити ситуацію, що склалася.

Одна з найважливіших функцій АСДУ – своєчасне сповіщення про ситуації, що виникли, усіх

відповідальних осіб, які обслуговують підсистеми ЦОД. Система має функції оперативного оповіщення диспетчерів, адміністраторів та керівних осіб об'єкта електронною поштою або за допомогою SMS-повідомлень, а також інтегрується з іншими доступними способами сигналізації відповідно до встановленого регламенту.

Система виводить повідомлення про вихід параметрів, що відстежуються за встановлені раніше межі, а також повідомлення про критичний час напруження експлуатованого інженерного обладнання. Наприклад, це можуть бути дані про стан акумуляторних батарей, температуру та вологість у стійках. Інформація надається в доступному вигляді для адміністраторів і диспетчерів, а також легко читається.

Відмова обладнання може бути наслідком не лише надто високої температури, а й швидкої зміни. Система відстежує температуру та вологість на рівні стійок з обладнанням та сповіщає диспетчера про те, що зафіксовано потенційно небезпечні значення температури та вологості. Хронологічні дані та параметри навколишнього середовища можуть виводитися у вигляді графіків, що легко читаються.

У міру появи в ЦОД нового обладнання, потреби в електроживленні та охолодженні можуть перевершити наявні ресурси, результатом чого стануть перебої у роботі. Зокрема, інженерні системи ЦОД вимагають додаткової уваги в міру старіння батарей ДБЖ. Рівень старіння батарей залежить від інтенсивності їх використання та температури. АСДУ відстежує споживання струму для кожної гілки ланцюга або стійки і повідомляє відповідальних осіб про ситуації, що загрожують виникненням навантаження. Вона також інформує їх про всіх ДБЖ, у яких час автономної роботи виявляється меншим за мінімум або у яких перевищується порогове значення навантаження.

Несправність обладнання або ліній подачі електроживлення, а також некоректні дії обслуговуючого персоналу можуть призвести до знеструмлення обладнання. АСДУ оперативно повідомляє диспетчера про наявність або відсутність напруги живлення на споживачах.

Неякісне електроживлення призводить до виходу з ладу або передчасного зношування обладнання. Зміна навантаження на систему електроживлення (включення/вимкнення кліматичного обладнання, додавання обладнання ЦОД тощо) може спричинити ситуацію, коли система безперебійного електроживлення не в змозі забезпечити резервування. АСДУ надає обслуговуючому персоналу централізовану інформацію про якість електроживлення та розподіл навантаження по ЦОД у режимі реального часу, а також зберігає цю інформацію в базі даних для подальшого з'ясування причин відмови обладнання.

Оперативне відстеження стану обладнання, що забезпечує гарантоване та безперебійне електроживлення (ДБЖ, ДДУ), неможливе без централізованого збору та відображення інформації з цих пристроїв. АСДУ надає диспетчеру

централізовану інформацію про стан обладнання, що забезпечує.

Кліматичний режим ЦОД може порушуватися через неправильні режими роботи кліматичного обладнання. Через нерівномірний розподіл обладнання в ЦОД іноді виникають зони локального перегріву, що може вимагати змін у режимах роботи кліматичного обладнання. Обслуговуючий персонал не завжди помічає тимчасовий вихід температури або вологості за межі норми, що призведе до проблем щодо причин збоїв у роботі активного обладнання. Крім того, кліматичний режим ЦОД може порушуватися через неправильні режими роботи або аварії на кліматичному обладнанні. АСДУ відстежує температуру і вологість у телекомунікаційних стійках і повідомляє диспетчера про те, що вони досягли потенційно небезпечних значень, а також зберігає цю інформацію в БД і видає її у зручному для подальшого аналізу вигляді. Система надає диспетчеру інтерфейс для зміни режимів роботи кліматичного обладнання та оперативно повідомляє відповідальних про збої в його роботі.

На АСДУ також покладено функції мінімізації наслідків пожежі у ЦОД. У разі виникнення пожежі несвоєчасне оповіщення персоналу, а також робота кондиціонерів та неузгодженість роботи інших підсистем у ЦОД може ускладнити роботу системи пожежогасіння та знизити її ефективність. АСДУ повідомляє диспетчера про спрацювання пожежної сигналізації та станції пожежогасіння, а також має можливість автоматично відключити кондиціонери та вентиляцію. Після спрацювання системи пожежогасіння необхідно визначати якість повітря у приміщеннях та виводити цю інформацію на АРМ диспетчера.

### III. ВИСНОВКИ

Ефективність функціонування промислового підприємства безпосередньо залежить від технічного оснащення виробництва та від ступеня виробничої автоматизації. Необхідно регулярно здійснювати моніторинг виробничих об'єктів. Впровадження електронних систем моніторингу та управління значно спрощує роботу персоналу, дозволяє ефективно використовувати ресурси, швидко виявляти та вирішувати проблеми.

Підприємство є складною системою, і тому його можна представити як єдину систему сфер діяльності. Отже, управління має відбуватися цілком у всіх напрямках (виробництво, кадри, реалізація продукції, фінанси). На рівні окремого підприємства ефективний розвиток передбачає впровадження прибуткових нововведень, які допомагають підприємству залишатися конкурентоспроможним на ринку.

Одним із факторів, що сприяють конкурентоспроможності великих підприємств, є використання автоматизованих систем моніторингу та управління. Такі системи передбачають глибоке опрацювання даних, спеціально перетворених для зручного використання у процесі прийняття рішень. Моніторинг процесів промислових підприємств передбачає покращення технологій накопичення та зберігання даних через інтеграцію сховищ даних та інтелектуального аналізу даних. Завдяки цьому

усуваються проблеми недостовірності даних, низької продуктивності при аналітичних запитах, неможливість перетворення різнорідних даних на єдину інформацію.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Глушков В.М. Введение в АСУ. К.: Техніка, 1972. 254 с.

[2] Ata A. A. Alexandria University (2015). Autonomous mobile robot for mine detection, May 2015, pp. 607-608.

[3] Проценко І. Ю., Наноматеріали і нанотехнології в електроніці П57 підручник. Суми : Сумський державний університет, 2017. 155 с.

[4] Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.С., Ковальов В.О. К.: Аграрна освіта, 2010. 557 с.

[5] Компанія «ОВЕН». Обладнання для автоматизації [Електронний ресурс], – Режим доступу: <http://www.owen.ru>

[6] Компанія «VIPA». Обладнання для автоматизації [Електронний ресурс], – Режим доступу: <http://www.vipo.com.ua>

[7] A Step by Step Approach to the Modelling of Chemical Engineering Processes/Liliane Maria Ferraris Lona - School of Chemical Engineering University of Campinas, 2015, 182с.

# Система навігації на основі технології комп'ютерного зору для БПЛА

Олександр Малий<sup>1</sup>, Наталія Фурманова<sup>1</sup>, Олексій Фарафонов<sup>1</sup>, Павло Костяной<sup>1</sup>

1. Кафедра інформаційних технологій електронних засобів, Національний університет «Запорізька політехніка», УКРАЇНА, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, email: docsasha2@gmail.com, nfurmanova@gmail.com

**Анотація:** В роботі представлено алгоритми функціонування розробленої авторами системи навігації на основі технології комп'ютерного зору для безпілотних літальних апаратів. Наведено обґрунтування застосування підходів для визначення загальних точок, на основі яких виконується створення карти місцевості. Запропонована система відрізняється меншою кількістю похибок на відміну від існуючих.

**Ключові слова:** навігація, технічний зір, БПЛА, система керування

## I. ВСТУП

В даний час сфера застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) досить широка і включає як військові, так і цивільні області. Створення надійних систем навігації та управління БПЛА є актуальним та важливим напрямком розробок. Широко застосовувані радіонавігаційні системи GPS мають свій набір недоліків (відсутність автономності, втрата та згасання сигналу, природні та штучні перешкоди, спричинені погодою або рельєфом місцевості тощо). Інерційні навігаційні мікромеханічні системи здатні працювати автономно, їхнє використання пов'язані з проблемою накопичення помилки у обчисленнях становища та орієнтації. Одним з альтернативних способів навігації є використання засобів, методів та алгоритмів технічного зору [1, 2].

## II. ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ БПЛА

Завдання автоматичного визначення положення та орієнтації БПЛА полягає в наступному. Літальний апарат оснащений фото- або відеокамерою, жорстко закріпленою або рухомою. Відомі технічні характеристики камери на БПЛА, а у разі її рухливості – орієнтація камери щодо апарату.

Під час польоту камера БПЛА породжує деякий набір кадрів. Для кожного кадру необхідно визначити положення та орієнтацію БПЛА, що відповідають цьому кадру, без використання додаткових датчиків (у тому числі без використання GPS та інерційної навігаційної системи). Обробка даних може виконуватися на борту БПЛА чи наземної станції.

Для вирішення задачі був використаний наступний підхід: оскільки на кожному знімку з БПЛА відображено деяку ділянку земної поверхні, яка спостерігається і на знімку зі штучних супутників Землі (ШСЗ), можна спробувати знайти параметри проективного перетворення, що зв'яже два зображення, і тим самим обчислити взаємну орієнтацію камер на ШСЗ (на той момент, коли було виконано супутниковий знімок) та БПЛА. А оскільки супутниковий знімок має географічну прив'язку, то

при відомих параметрах шуканого перетворення обчислення положення та орієнтації БПЛА стає тривіальним завданням. Обчислення невідомих параметрів передусє пошук деякого набору пар загальних (відповідних) точок, які спостерігаються на обох зображеннях. Як основний інструмент для вирішення завдання найбільше підходить програмна бібліотека комп'ютерного зору OpenCV.

Існує алгоритм вирішення задачі позиціонування БПЛА по відеоряду для польотів над плоскою місцевістю, заснований на зіставленні так званих спеціальних точок, знайдених на кадрі та на супутниковому знімку тієї ділянки місцевості, над якою БПЛА здійснює свої польоти. Після зіставлення, обчислюються параметри проективного перетворення між двома зображеннями, що дозволяє обчислити положення та орієнтацію камери на БПЛА у глобальній системі координат.

Одним із найпростіших алгоритмів виділення особливих точок є алгоритми виділення кутів на зображення, зокрема, детектор кутів Харріса. Але детектори кутів не інваріантні до масштабування: при різних масштабах одного й того ж зображення можна знайти різні кутові точки. Більш стійкими є алгоритми, в яких використовується так зване scale-space представлення зображення: розмиття зображення за допомогою згортки з функцією Гауса з різними значеннями середньоквадратичного відхилення: SIFT, SURF, GLOH тощо.

## III. СТРУКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БПЛА

Класична схема автономного керування БПЛА (рис.1) складається з мікропроцесорного модуля керування (автопілота) на який надходять сигнали про глобальну позицію з приймача GPS та дані з датчиків інерційної системи навігації.

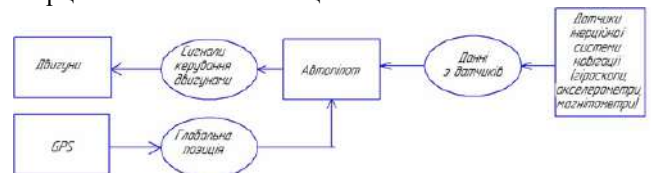


Рис.1. Класична схема керування БПЛА

Недоліками класичної схеми є велика залежність автопілота від наявності сигналів від супутників та похибок інерційної системи навігації. Супутникові навігаційні системи GPS схильні до проблеми зникнення сигналу, а для інерційних навігаційних систем характерне накопичення помилки в обчисленнях під час роботи. Тому пропонується загальна схема керування БПЛА, що наведена на рис.2.



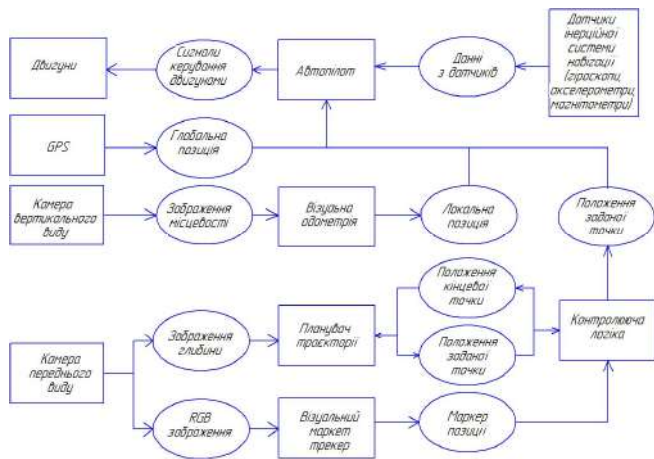


Рис.2. Запропонована структура системи керування БПЛА

Запропонована схема забезпечує можливість використання переваг класичної схеми, однак за рахунок наявності орієнтування з використанням зображень отриманих з камер з використання технології комп'ютерного зору та створює фактор надлишковості в керування, що дає змогу підвищити точність роботи системи керування БПЛА. Запропонована система використовує аналіз інформації, як наведено на рис.3.

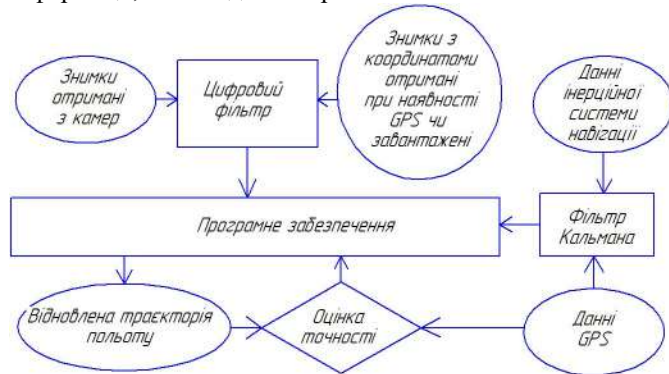


Рис.3. Дані для алгоритму навігації БПЛА

Для завдання траєкторії польоту БПЛА задаються координати контрольних точок та координати вектора швидкості кожної такої точки. Програма на підставі отриманих даних про положення та орієнтацію літального апарату повинна генерувати траєкторію, що проходить через точку поточного розташування БПЛА та наступну контрольну точку (рис. 4).

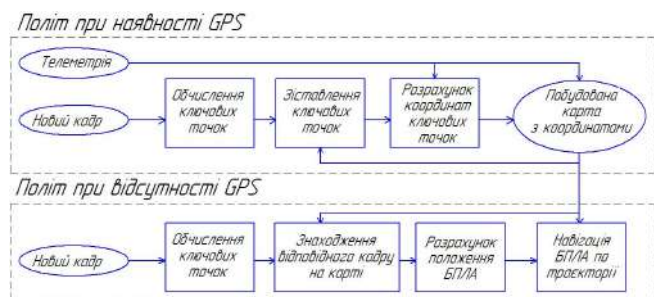


Рис.4. Процес автономної навігації у випадках наявного та відсутнього сигналу GPS

В основу принципу покладено 3 базові способи.

1) Обчислення пройденого шляху на основі аналізу потоку відеоданих, що надходить із оптико-електронних приладів спостереження. У першому кадрі відеопотоку знаходяться характерні точки і далі відбувається відстеження їхнього переміщення в кадрі. За характером переміщення програма визначає, як змінюється положення та орієнтація самої камери. Основним обмеженням методу є можливість лише відносного визначення координат та орієнтації, що може призвести до зростання помилки навігації з часом. Також можуть бути причини, що призводять до неможливості знайти відповідні пари точок на знімках: недостатнє освітлення, неможливість використання у разі хмарності, неможливість використання над гладкою поверхнею без характерних особливих точок.

2) Метод точної прив'язки по рельєфу за стереоефектом, що виникає під час руху камери. Цей спосіб дозволяє частково компенсувати недоліки першого методу. Використовуючи перекриття потоку фото-відеоданих, відновлюється рельєф, він порівнюється із закладеними в пам'ять даними, у разі «пізнання» визначаються точні координати та орієнтація. Основна перевага перед попереднім методом – можливість знайти не тільки відносне, а й абсолютне положення камери, оскільки знання карти прив'язує камеру до конкретних точок на місцевості з відомими абсолютними координатами. Це веде до того, що помилка навігації не зростає з часом. Основний недолік методу – чутливість до занадто великих помилок вихідних координат камери, отриманих від інерційних навігаційних приладів, які метод повинен потім уточнювати. Також зберігається і такий недолік першого методу, як неможливість роботи над водною або піщаною поверхнею та виникнення суттєвої помилки у відсутності явно вираженого рельєфу.

3) Метод точної прив'язки за еталонними фотографіями – кадри відео порівнюються із закладеними у пам'ять зображеннями ділянок маршруту, у разі «впізнання» визначаються точні координати та орієнтація. Цей метод забезпечує високу точність визначення абсолютних координат навіть за відсутності рельєфу. Він також дозволяє знайти абсолютне положення камери, навіть коли її зразкові координати взагалі невідомі. Це досягається шляхом сканування всієї бази даних зі знімками місцевості та порівняння їх із поточним знімком. Крім того, маючи «прив'язаний» знімок, можна з високою точністю визначити координати наземних об'єктів, виявлених оптико-електронною апаратурою.

Найперспективнішим для нас з врахування відсутності можливості побудови 3Д карт з рельєфом та наявності готових потоків відеоданих є третій спосіб.

#### IV. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК ТА КЕРУВАННЯ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ КООРДИНАТ ОТРИМАНИХ НА ЇХ ОСНОВІ

Програмне забезпечення має аналізувати зображення та знаходити ключові точки та методом співставлення з зображеннями що мають координатні



помітки отримувати поточні координати без наявності сигналу GPS.

У якості ключових точок не можна брати будь-які об'єкти, що можуть швидко змінюватись. Наприклад, дерева і навіть будинки можуть зазнати змін навіть за час польоту БПЛА, особливо під час бойових дій. Крім того, карти, завантажені у БПЛА, можуть бути застарілими (може бути інший сезон, коли крона дерев буде порожньою, чи навпаки, з листям на відміну від поточного сезону). Вітер може змінювати контури дерев навіть при співпадині сезону. Однак не варто нехтувати навіть такими ключовими точками – просто задавати їм менший пріоритет. Ключові точки з низьким пріоритетом важливі, коли БПЛА летить над територією, на якій відсутні урбанізовані структури чи характерні перепади висот.

Отже, наведемо орієнтири у порядку їх пріоритетності (від менш підлягаючих змінам до більш підлягаючих):

- границі водойм та гірських масивів;
- перепади висот місцевості;
- дороги автомобільні та пішохідні асфальтовані;
- будівлі;
- пішохідні тропи;
- огорожі;
- типи відкритого ґрунту;
- дерева та кущі.

Відповідно, для роботи системи навігації на базі комп'ютерного зору нам необхідно:

- зробити обробку зображень отриманих при польоті БПЛА з використанням GPS або завантажених супутникових фотографій з метою виявлення в них ключових точок з прив'язкою до координат;
- отримати карту місцевості у вигляді масиву ключових точок з різним ступенем пріоритетності (згідно з ранжуванням наведеним вище).

Пошук ключових точок потребує обробки зображення отриманого знімку за допомогою алгоритмів, що вже вбудовані в бібліотеку OpenCV.

Для попередньої обробки зображень та для отримання зображення з декількох сусідніх знімків найбільш перспективними є наступні алгоритми:

- алгоритми базової фільтрації зображень: низькочастотний та високочастотний, медіанний та фільтри управління контрастом;
- алгоритм супер дозвіл, що дозволяє побудувати зображення високої роздільної здатності за декількома слабкими зображеннями об'єкта меншого дозволу з використанням субпіксельних зрушень об'єкта, що знімається;

- алгоритм вибору кращого знімка із серії на основі обчислення модуляційної передавальної функції (Modulation Transfer Function, MTF) [3];

- алгоритми відновлення пошкоджених зображень: алгоритм AALR [4], адаптований варіант алгоритму Лакі-Річардсона [5, 6];

- алгоритм зіставлення кількох знімків (з урахуванням дескрипторів спеціальних точок SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) і SURF (Speeded Up Robust Features) [7, 8], з допомогою бібліотеки FLANN [9]);

- алгоритми сегментації зображень: хвильовий та спектрографічний підходи [10, 11], алгоритми на основі методу Лавса та коефіцієнтів Хараліка [12, 13].

Загалом алгоритм польоту БПЛА з використанням методу орієнтації на основі технології комп'ютерного зору буде виглядати, як наведено на рис.6.

Для порівняння дескрипторів ключових точок з двох зображень застосовуються такі способи:

– повний перебір: для кожного дескриптора з першого набору обчислюється відстані до всіх дескрипторів з другого зображення та береться найкраща;

– прискорені наближені методи з використанням ієрархічних структур даних. У цих методах будується так званий пошуковий індекс для пошуку найближчих сусідів у багатовимірному просторі. Прикладом такої структури даних є kd-дерево.

## V. ПРОГРАМА ВИЯВЛЕННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ПОВЕРХОНЬ ТА КЛЮЧОВИХ ТОЧОК НА ЗНІМКАХ ТА ЗІСТАВЛЕННЯ ЗНІМКІВ

Для розуміння методики виявлення ключових точок – виявлення особливостей різних типів місцевостей та об'єктів на знімках – було написано програму аналізу карт за особливостями місцевості.

У якості місцевості для тестування було взято супутниковий знімок Дарницького мосту у м. Київ. Наступним етапом було створення програми пошуку ключових точок та заповнення масиву. Основою для пошуку ключових точок було обрано функцію Non Maximum Suppression бібліотеки OpenCV. Після обробки програма створює 2 файли з позначеними ключовими точками – з немаксимальним погашенням та без немаксимального погашення. Для того, щоб знімок, отриманий камерою БПЛА, міг надати інформацію автопілоту щодо орієнтації, необхідно було створити програму співставлення знімків.

Програма використовує функцію SIFT бібліотеки OpenCV. Результат роботи програми наведено на рис. 5.

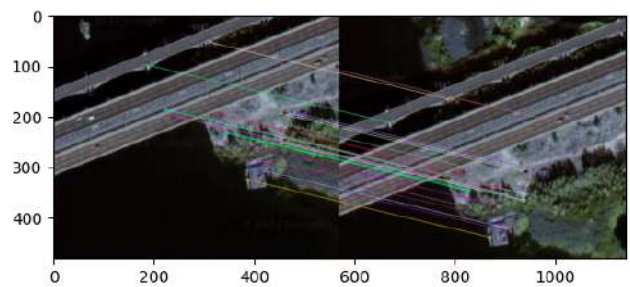


Рис.5. Результат роботи програми співставлення знімків на прикладі Дарницького мосту, м. Київ

## VI. ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОРІЄНТАЦІЇ

Для отримання орієнтації знімки мають містити координати. Для нашого тестового зображення за допомогою Google Maps були отримані координати. Оскільки камера отримує знімок, в якому розміри елементів пропорційні відстані, то наявність хоча б двох точок з координатами, у яких не співпадають значення широти та довготи за пропорцією, дозволять

визначити координати всіх інших точок зображення. Це дає змогу не лише орієнтуватися БПЛА, а й визначати координати об'єктів спостереження – наприклад, військової техніки супротивника.

Загалом враховуючи розроблені алгоритми та програмне забезпечення опишемо рішення задачі навігації як однієї з основних задач керування БПЛА за допомогою технології комп'ютерного зору.

Власне, етап вирішення задачі навігації полягає у виконанні наступних дій для кожного кадру відеоряду.

1) За допомогою алгоритму SURF на кадрі виділяються спеціальні точки, обчислюються їх дескриптори.

2) З положення БПЛА в попередній момент часу (отриманого з інерційної системи чи при успішному отриманні координат методами комп'ютерного зору), за допомогою алгоритму звуження області пошуку вибираються відповідний шар піраміди супутникових знімків, а також набір тайлів з цього шару, особливі точки з яких будуть використовуватися для порівняння з особливими точками на кадрі з БПЛА.

3) Виконується зіставлення спеціальних точок зі знімка з БПЛА та тайлів супутникового знімка. На виході маємо безліч пар координат спеціальних точок, при цьому частина пар можуть бути помилковими (через спеціальні точки на знімках з БПЛА або ШСЗ, можуть мати схожі дескриптори).

Це дозволяє звести завдання позиціонування до завдання зовнішнього калібрування камери на БПЛА (обчислення її положення та орієнтації у глобальній системі координат). Оскільки на етапі генерації відеоряду ми знали положення і орієнтацію камери на БПЛА для кожного кадру, ці дані можна використовувати для перевірки точності навігації шляхом обчислення відстань між істинним положенням БПЛА і результатом роботи алгоритму позиціонування.

## VI. ВИСНОВКИ

В роботі запропоновані алгоритми пошуку ключових точок, визначення типів поверхонь на фото для ранжування ключових точок, співставлення двох фото за ключовими точками. Розроблене програмне забезпечення для побудови інтелектуальної системи керування БПЛА для забезпечення автономної візуальної навігації з використанням технологій комп'ютерного зору, що призначене для орієнтування безпілотного літального апарату на місцевості з використанням заздалегідь завантажених чи отриманих під час наявності сигналів супутникових знімків.

Після втрати сигналу GPS здійснюється лише локалізація БПЛА щодо побудованої карти. В результаті не виконуються складні обчислення, пов'язані із взаємним узгодженням положень усіх ознак із положеннями камер. Положення кожної ознаки обчислюється незалежно, на підставі відомих положень камер, де вона спостерігалася.

Оскільки глобальна карта побудована відносно відомих положень камер, подальша візуальна навігація щодо неї здійснюється без накопичення помилок та у відомому масштабі.

Запропонована система дозволяє повернути втрачені зовнішні навігаційні сигнали БПЛА в точку старту на основі збережених під час польоту візуальних ознак чи з використанням завантажених заздалегідь супутникових знімків. Цей метод відрізняється простотою та надійністю. Величина похибки оцінки траєкторії, побудованої розробленим алгоритмом, не збільшується, на відміну від похибки оцінки траєкторії алгоритмами інерційної навігації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] A. Cesetti, E. Frontoni et al. "A Vision-Based Guidance System for UAV Navigation and Safe Landing using Natural Landmarks," *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2010, 57.pp. 233-257.

[2] П. Е. Шведов, Я. А. Темник, В. К. Исламов, Р. С. Хаметов. "Приборы для автономной системы навигации и ориентирования беспилотных летательных аппаратов", *Молодой ученый*, 2018, № 46 (232), с. 60-65.

[3] A. Cunningham, A. Fenster. "A Method for Modulation Transfer Function Determination from Edge Profiles with Correction for Finite-element Differentiation", *Medical Physics*, 14:4 (1987), pp. 533–537.

[4] M. K. Singh, U. S. Tiwary, Y.-H. Kim. "An Adaptively Accelerated Lucy-Richardson Method for Image Deblurring", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2008, Article ID 365021, 10 p.

[5] W. H. Richardson. "Bayesian-based Iterative Method of Image Restoration", *Journal of the Optical Society of America*, 62:1 (1972), pp. 55–59.

[6] L. B. Lucy. "An Iterative Techniques for the Rectification of Observed Distributions", *Astronomical Journal*, 79:6 (1974), pp. 745–754.

[7] Е. Е. Переславцева, М. В. Филиппов. "Метод ускоренного восстановления изображений, смазанных при движении", *Наука и образование*, 2012, №2, с. 77–90.

[8] G. L. Barrows, J. S. Chahl, M. V. Srinivasan. "Biologically Inspired Visual Sensing and Flight Control", *Aeronautical Journal*, 107 (2003), pp. 159–268.

[9] D. G. Lowe. "Distinctive Image Features from Scale-invariant Keypoints", *International Journal of Computer Vision*, 60:2 (2004), pp. 91–110.

[10] H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool. "Surf: Speeded Up Robust Features", *Computer Vision, ECCV 2006*, Springer, Berlin–Heidelberg, 2006, с. 404–417 (english).

[11] FLANN — Fast Library for Approximate Nearest Neighbors, URL: <http://www.cs.ubc.ca/~mariusm/index.php/FLANN/FLANN>

[12] В. П. Фраленко. "Анализ спектрографических текстур данных дистанционного зондирования Земли", *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2010, №2, с. 11–15.

[13] В. П. Фраленко. "Методы текстурного анализа изображений, обработка данных дистанционного зондирования Земли", *Программные системы: теория и приложения*, 2014, №4, с. 19–39.

# Resource Management System for of the Utility Sector at The Base Wireless Sensor Networks

Andrii Sliusar<sup>1</sup>, Sofiia Khrustalova<sup>2</sup>

1. Faculty ACT, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE, Kharkiv, Nauki Ave. 14.

e-mail: andrii.sliusar@nure.ua

2. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE, Kharkiv, Nauki Ave. 14., e-mail: sofiua.yakubovska@nure.ua

**Abstract:** this article is devoted to the problem of monitoring water consumption. This topic was analyzed and proved its relevance for all industries and economy. Currently, the problem of implementing automated information technology in the process of monitoring water consumption is relevant and very important.

**Key words:** water supply, pipeline, monitoring, flow meter.

## I. INTRODUCTION

Despite the rapid development of technology, most of the countries still use manual methods for transferring data from a water flow meter to a water service provider. This approach takes a long time, and the data obtained may not be accurate enough. Therefore, to improve the quality of control and accounting for the use of water, including in industrial enterprises, it is necessary to develop a system that will have a low cost price and allow you to remotely, in real time, monitor the necessary parameters.

The main special devices for controlling water flow are flow meters. Flow meter (counter) - a device that measures the volume flow rate or mass flow rate of a substance, i.e. the amount of substance (volume, mass) that passes through a given flow cross-section, for example, the pipeline cross-section per unit time [1]. The current industrial water flow meters differ in installation method and operating principle. They have different working characteristics: maximum and minimum flow rate, temperature range, geometric dimensions of pipelines or channels, maximum excess pressure in the system, etc.

To control the water flow, different types of flow meters are used [5,6], based on different principles of action and having different designs.

Basically, all modern water flow control systems [2] are a complex of functionally integrated technical means and software and consist of a flow meter (counter) with pulse outputs that is installed directly to the water supply system, a control and data transmission unit that reads, processes and transmits the results of the measurements of the flow meter to the data collection server for further provision to external applications, including automated workstations of dispatch control.

## II. THE MAIN ELEMENTS

### OF THE SYSTEM AND ITS PRINCIPLE OF OPERATION

The system of remote accounting and control of water consumption is designed to solve a variety of operational tasks aimed at monitoring the volume of water consumed and its parameters, calculations for the services provided for supplying water to consumers, monitoring of

unauthorized consumption of water supply services and drainage and detecting hidden leaks.

The paper proposes a system of remote accounting and control of water consumption in industrial enterprises, the structural scheme of which is shown in Fig.1, has a wide functionality and performs a wide range of tasks: automated data collection and transmission from water-measuring units; analysis and processing of data for the selected period and in the context of any indicators, that is, data can be obtained at any required frequency. This is especially important in situations where it is necessary to track the dynamics of water consumption, identify the peak intervals of consumption; information visualization; providing access to system services for personnel; integration with other existing data collection and processing systems [3].

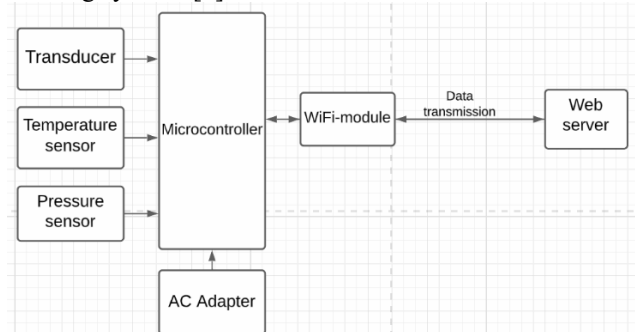


Fig.1. Structure chart of the system of remote accounting and control of water consumption

The system is a complex of functionally combined technical means and software that allows you to obtain information on the measurement, transmission and processing of data for further provision to external software applications, including customer automated workstations of the dispatcher and operator warehouse of the supplier and the consumer of water supply.

The main element of the system is the microcontroller ATmega328P [4], which performs the functions of data collection, processing and transmission and converts the number of pulses into water flow meter readings directly in the water meter unit, calculates the volume of current consumption and collects data from analog temperature sensors DS18B20 and pressure USP-G41, connected to the water supply system.

The main measuring function is performed by a flow meter YF-DN32 equipped with pulse counting output. It directly measures water flow velocity and flow volume. This data is fed to a pulse counting output and is read by the microcontroller for further processing and

transmission. The water flow sensor consists of a plastic housing, a water rotor and a Hall sensor.

Wi-Fi-module ESP8266 provides wireless high-speed data transmission from the microcontroller to the web server for their further visualization and monitoring. Access to the web server is made from a personal computer, tablet or smartphone with Internet access in the window interface of any of the popular web browsers [5].

To power the Arduino Uno Wi-Fi platform and other components of the remote accounting system and water consumption control, the power supply Robiton TN1000S was chosen, which ensures the smooth operation of the module.

The choice of necessary measuring devices that are part of the system directly depends on the following technical parameters: maximum allowable water temperature; maximum allowable pressure in the pipeline; maximum permissible water flow rate; pipeline length; cost per unit of time; total pressure loss in the pipeline; pressure loss per 1 m of pipeline length.

An algorithm of remote accounting and control of water consumption at industrial enterprises (Fig. 2), which consists of five main successive stages: measurement, data collection, data processing, data transmission to ESP8266 and data sending to a web server.

After completing these steps, data is updated at a specified time interval [6].

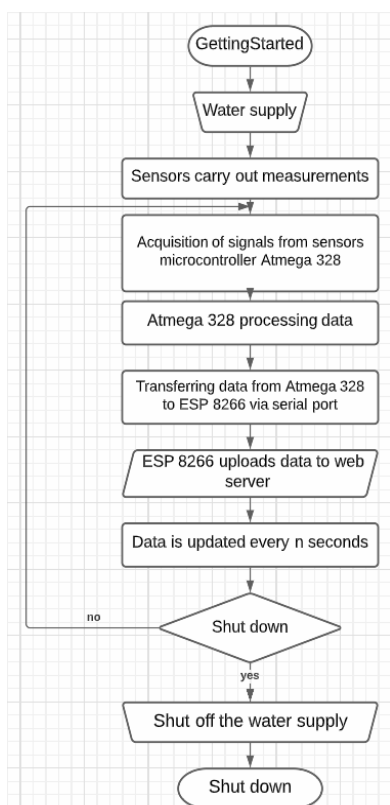


Fig.2. The algorithm of remote accounting and control of water consumption at industrial enterprises

A software tool of the system of remote accounting and control of water consumption at industrial enterprises, which consists of two parts, was developed:

- code for the Atmega328P microcontroller;
- source code for Wi-Fi module ESP8266.

Structural diagram of the software tool is shown in Fig. 3.

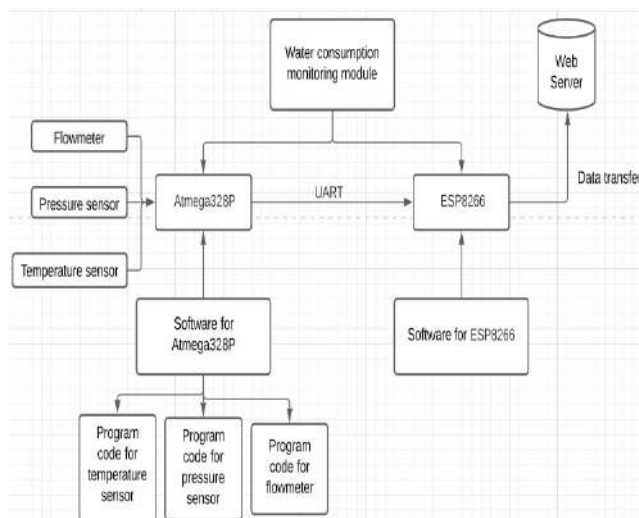


Fig.3. Structural scheme of software of the system of remote accounting and control of water consumption at production enterprises

The source code for the Atmega328P microcontroller consists of three parts:

- code for flow meter;
- software code for temperature sensor;
- code for pressure sensor.

All three code parts are combined into one program and have a similar structure and purpose.

It should be noted that the software is being downloaded to the microcontrollers separately. With switches on the board, a mode is selected for programming a specific device, and in the development environment of Arduino IDE, you also need to choose which microcontroller to program.

After the software is downloaded to the microcontrollers, the switches will activate the ESP8266 and Atmega328P connection mode via serial port. After performing all necessary operations, the water flow control module is ready to work.

The results of the program (the data transfer process on the web service) are presented in Figures 4 (a) and 4 (b).

A natural layout of the system of remote accounting and control of water consumption at manufacturing plants (Fig. 5).

liter/hour=0.00 l/hour Total=0.00 liter Temp=22.13°C Pressure=0.03 bar	liter/hour=3328.00 l/hour Total=16.10 liter Temp=24.56°C Pressure=0.00 bar
liter/hour=0.00 l/hour Total=0.00 liter Temp=22.19°C Pressure=0.00 bar	liter/hour=-3722.13 l/hour Total=17.50 liter Temp=24.44°C Pressure=0.14 bar
liter/hour=-4338.13 l/hour Total=1.22 liter Temp=22.31°C Pressure=0.16 bar	liter/hour=-2868.27 l/hour Total=21.56 liter Temp=24.94°C Pressure=0.00 bar
liter/hour=2477.87 l/hour Total=4.34 liter Temp=22.94°C Pressure=0.00 bar	liter/hour=2917.87 l/hour Total=24.79 liter Temp=25.38°C Pressure=0.00 bar
liter/hour=2205.87 l/hour Total=7.38 liter Temp=23.56°C Pressure=0.00 bar	liter/hour=0.00 l/hour Total=24.79 liter Temp=25.06°C Pressure=0.00 bar
liter/hour=3109.87 l/hour Total=10.67 liter Temp=24.06°C Pressure=0.00 bar	/hour Total=24.79 liter Temp=24.56°C Pressure=0.00 bar
liter/hour=4288.00 l/hour Total=11.86 liter Temp=24.19°C Pressure=0.00 bar	liter/hour=0.00 l/hour Total=24.79 liter Temp=24.25°C Pressure=0.00 bar

Fig.4(a). The result of the program

Fig.4(b). The result of the program

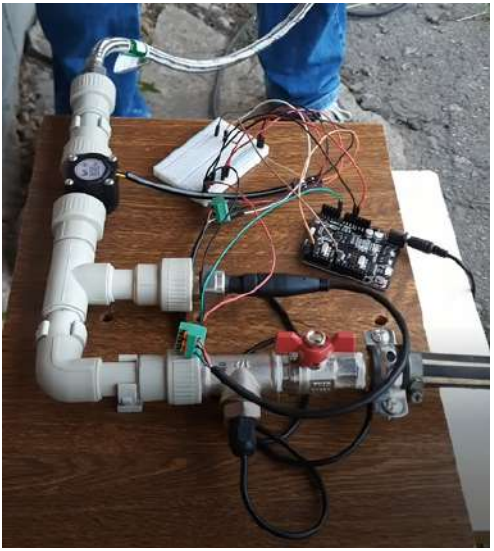


Fig.5. Full-scale model of the system of remote accounting and control of water consumption at production enterprises

### III. CONCLUSION

The proposed system allows to improve the quality of accounting and control of water consumption at the production enterprise, the use of which allows to control their volume, to monitor and analyze the flow data, which in turn will help to rationalize the water consumption of

the enterprise, which means that the final production cost will decrease, and its quality will improve.

In the future, the system can be upgraded by expanding its functionality by adding sensors (acidity level, water purity, leakage switch, etc.), expanding and optimizing the software, adding backup power supplies.

### REFERENCES

[1] United Nations Global Compact Global Opportunity Report 2017. Available online: <https://www.unglobalcompact.org/library/5081> (accessed on 15 March 2022)

[2] Bragalli, C.; Neri, M.; Toth, E. Effectiveness of smart meter-based urban water loss assessment in a real network with synchronous and incomplete readings. *Environ. Model. Softw.* 2019, 112, 128-142.

[3] The Smart Water Networks Forum What is a Smart Water Network? Available online: <https://www.swanforum.com/swan-tools/what-is-a-swn/> (accessed on 10 March 2022).

[4] Apollo Flowmeters supply meters and instruments for industrial? Chemical? Pharmaceutical and offshore application. Available online: <https://www.apolloflow.co.uk/> (accessed on 02 March 2022).

[5] Flow meters <https://www.giiq.ca/> (accessed on 02 March 2022).

[6] Sensors <http://www.syntextech.com.tw/> (accessed on 10 March 2022).



# Analysis of Ground Search and Rescue Robots

Vladyslava Holovina<sup>1</sup>,

1. Department of CITAM, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauki Ave. 14., email: vladyslava.holovina@nure.ua

**Annotation:** In this article, the characteristics and parameters of existing ground search and rescue mobile robots were analyzed. During the analysis, the authors set the task to consider the advantages and disadvantages of their use for solving the problems of monitoring the place of the incident and the efficiency of work.

**Keywords:** search and rescue robots, mobile robots.

## I. INTRODUCTION

At the moment we live in the world of natural, man-made, social and many others. All these situations are a threat to human life and health. Almost every hour from different parts of the world we receive news about various catastrophes, accidents or natural disasters that harm a person.

In case of emergencies, people carry out emergency rescue and other urgent work aimed at saving lives and preserving people's health, as well as reducing environmental damage. Along with the nature of emergencies, the method of their elimination and rescue operations has also changed. So the idea arose to use robots for search and rescue operations, since human capabilities are limited. Now such robots are in great demand, and development in this area seems to be very promising. [1]

Technological advances in the field of rescue operations are robotic technologies that can independently or with the help of an operator conduct search and rescue operations in case of accidents of a man-made, natural, ecological, biological and social nature. They are unique robots because they can be in conditions dangerous to the health and life of people. Such robots must perform a complex of different tasks depending on the nature of the incident. [2]

## II. ANALYSIS OF GROUND SEARCH AND RESCUE ROBOTS

Consideration of various models of ground search and rescue robots requires action and analyze the tasks performed.

Snakebot is an infinitely expandable robotic platform that uses a moving wave locomotion method similar to the serpentine walk of biological snakes.

The assembled Snakebot contains 10 two-segment blocks, a total of 20 powered segments, as well as a head that has its own servo, allowing you to wag it independently if desired. The Arduino Micros used for control can intelligently control four servos each (the other ports are used for various signaling and communication functions). Thus, the blocks alternately carry the microcontroller and the battery. With this in mind, the basic repeating unit consists of four servo elements, one controller and one battery.

The serpentine mode of locomotion ensures that wherever the head goes, the rest of the snake follows it, moving in the same direction. Thus, as long as the head successfully navigates the environment, an indefinitely

long body can follow it without modifying the navigation or locomotion algorithms.[3] An example of a snake robot design is shown in Figure 1.

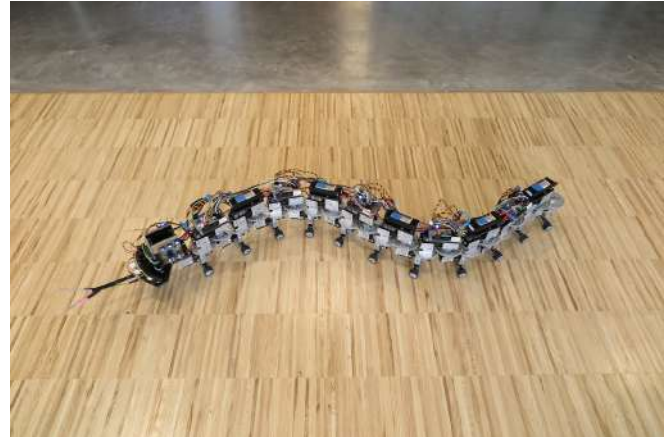


Figure 1. – Snakebot [3]

This design of the robot is very costly and difficult to program. But Snakebots that are being developed will be able to independently dig in loose extraterrestrial soil, are smart enough to slither into cracks in a planet's surface, and are capable of planning routes over or around obstacles. This model is good for analyzing the scene of a disaster, but it cannot carry out rescue operations or help the victim. An example of such a robot can be seen in Figure 2.



Figure 2. – The Snakebot as it maneuvers through the rocks. [4]

Rescue services of Japan received at their disposal a new universal mobile robot Quince, developed jointly by experts from Tohoku University, Chiba Institute Of Technology and Japan International Rescue System Institute. This eight-wheeled robot is designed to be used



in the most challenging chemical, biological, radiation and nuclear emergency environments. The model has a fairly small size, but quite heavy. The design of the Quince robot allows it to withstand falls from a height of 1.5-2 meters without damage. To analyze the environment and measure environmental parameters, the robot is equipped with various sensors, a laser scanner that acts as a range finder, and an infrared thermal imaging system. To communicate with the control center, Wi-Fi wireless equipment is used, in case of detection of victims, this will help inform them about yourself. To penetrate the premises, the robot can be equipped with a primitive manipulator that allows it to open doors and move small objects. Thanks to the propulsion system, the robot can move up stairs and on inclined surfaces. [5]



Figure 3. – Moving the mobile robot Quince. [5]

Also, after one of the emergencies (building collapse), various caterpillar-type mobile robots began to gain popularity. They are one of the first rescue robots known to the general public. Figure 2 shows the initial group of robots. Only three models were actually used on the rubble pile from 11–21 September. These models were the micro-Tracs, the Inuktun micro-VGTV, and the Solem, and are circled in the photograph. [6]

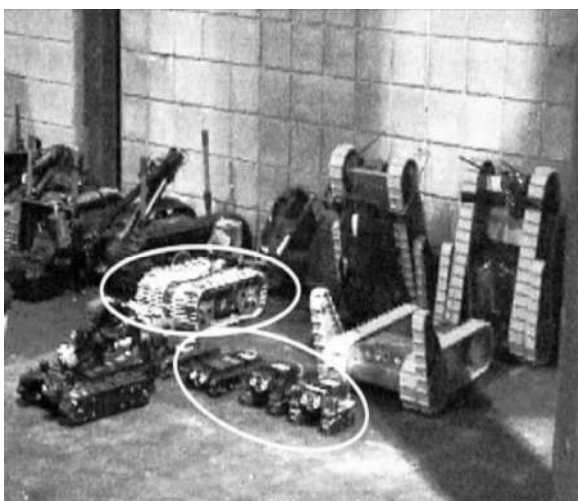


Figure 4. – Robots on static display at the Javits Convention Center where rescue teams were housed from 11–21 September 2001. Robots that were used on the rubble pile are circled. [6]

Subsequently, these robot models were improved and are commonly used in rescue operations at the present

time. An example of a newer model of such a robot equipped with more sensors and a camera can be seen in Figure 5.



Figure 5. – Track robot rescuer analyzes the terrain[7]

Such a robot has a less fragile wheel design and can also roll over on its own. However, due to the massiveness of the caterpillar tracks, such a model is more overall and massive.

The use of ground-based search and rescue robots is not so in demand, but such robots, in turn, are more effective than drones, since they can analyze the surface of the accident site not only from a height, but also allow you to look inside and explore the surface, thanks to sensors. For example, to study the level of seismic activity or the level of radiation. [8]

### III. CONCLUSIONS

After analyzing and considering various models of ground-based search and rescue robots released in different years, one can summarize their shortcomings and advantages. Search and rescue robots are designed not only to analyze the area and simplify the work of rescuers, but also to help the victims in an emergency (deliver water, provisions or contact the rescue service).

Ground robots are typically used to go into places that searchers can't fit into and go farther than search cameras can. Search cams typically max out at 18 feet, whereas ground robots have been able to go over 60 feet into rubble. They are also used to go into unsafe voids that a rescuer could fit in but that would be unsafe and thus would require teams to work for hours to shore up before anyone could enter it safely.

The main problem of any rescue robots is the permeability of the environment, since, for example, in the debris of a building, in addition to concrete, there may be fragments of furniture, ceramics, fabrics, carpets, etc. Therefore, the maximum grip of the wheels on any type of surface is important, caterpillar tracks made of single plates, as presented above, are not the best solution for this. Also, the robot must have minimal dimensions for maximum cross-country efficiency and simple movement mechanics. Based on the analysis above, the robot snake has more advantages in terms of size, movement mechanics, and tortuosity. However, such a robot does not have good enough balance and also does not have wheels or limbs to push off from an obstacle. Track rescue robots have a sufficiently strong body, which is important in hazardous areas of collapse. The disadvantages of such robots are their rather massive caterpillar wheels, and their movement mechanics. Such robots are balanced enough to roll over on their own.

Human error is also an important factor. Not every rescuer is able to control the robot and analyze the data coming from the sensors of this robot. Such robots should have an intuitive control interface. Also, despite the professionalism, rescuers are not without anxiety, excitement and their own emotions during rescue operations.

## REFERENCES

[1]. Yevsieiev V. Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on ESP 32-CAM / V. Yevsieiev, N. Demska, V. Rudenko // An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary : The III Correspondence International Scientific and Practical Conference, April 29th, 2022. - Vienna, Austria, 2022. - P. 330-332.

[2]. Robin R. Murphy, Daniele Nardi, Adam Jacoff. et al. Search and Rescue Robotics. Eng 18, pp 1151-1173 (2020). DOI: 10.1007/978-3-540-30301-5\_51

[3]. Snakebot: An Extensible Slitherer. [Type of medium]. Available: [https://www.cs.rochester.edu/u/nelson/courses/csc\\_robot\\_manual/snakebot/snakebot.html](https://www.cs.rochester.edu/u/nelson/courses/csc_robot_manual/snakebot/snakebot.html)

[4]. NASA. [Type of medium]. Available: [www.nasa.gov/centers/ames/multimedia/images/04images/snakebot](http://www.nasa.gov/centers/ames/multimedia/images/04images/snakebot).

[5]. Japanese rescue-bot can sniff out disaster survivors. [Type of medium]. Available: <https://phys.org/news/2010-07-japanese-rescue-bot-disaster-survivors-video.html>

[6]. ROBIN R. MURPHY. "Activities of the Rescue Robots at the World Trade Center from 11–21 September 2001". IEEE Robotics & Automation Magazine Vol. 11, No. 2, pp. 22-33, 2004.

[7]. An expert on search and rescue robots explains the technologies used in disasters like the Florida condo collapse. [Type of medium]. Available: <https://gcn.com/emerging-tech/2021/07/an-expert-on-search-and-rescue-robots-explains-the-technologies-used-in-disasters-like-the-florida/315596/>

[8]. Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.

[9]. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.

[10]. Yevsieiev, V. Program code automated system development at early stage of software life cycle / V. Yevsieiev // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ». Випуск 1 (30). – 2017. – С. 69 – 78.

[11]. Yevsieiev, V. Object semantic model for life cycle model 'Jump' / I.Sh. Nevlyudo, V. Yevsieiev, S. Miliutina, K. Kolesnyk // CAD in Machinery Design. Implementation and Educational Issues. 25 Proceedings of Polish-Ukrainian Conference CADMD'2017, October 20-21, 2017, Bielsko Biala. – P. 31 – 32.

# Автоматизований моніторинг доступу до виробничого приміщення на основі однопалатного комп'ютера Raspberry Pi

Богдан Гузенко<sup>1</sup>, Вікторія Невлюдова<sup>2</sup>

1. Студент, Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: bohdan.huzenko@nure.ua

2. Науковий керівник, Доцент, Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: viktorii.nevliudova@nure.ua

**Анотація:** В роботі розглядається аналіз та розробка програмно-апаратної реалізації системи обмеженого доступу на базі однопалатного комп'ютера Raspberry Pi та адміністрування доступу через чат-бота Telegram.

**Ключові слова:** Система контролю і управління доступом, чат-бот, база даних, RFID, відеоспівіщення, камера.

## I. ВСТУП

Обмеження доступу до будь-якого приміщення було завжди актуально у різних сферах, де потрібно контролювати доступ людей. В наш час такі системи повинні бути, як надійні, так і зручні для користування. Умова зручності може виконуватися за реалізацією у вигляді того, що людина використовує кожен день – це месенджери.

Висока популярність месенджерів і таких засобів автоматизації, як чат-бот серед користувачів мережі Інтернет дозволяють спростити щоденні рутинні завдання, такі як отримання інформації про погоду, пробках, останні новини та інших. Головною перевагою, щодо класичних додатків є можливість суміщення всіх можливостей на платформі одного месенджера.

Проблеми використання месенджеру, зокрема чат-боту, є не спеціалізований програмний інтерфейс для виконання функціоналу обмеження доступу. Також до недоліку можна віднести високу запам'ятованість контентом від різних джерел інформації, який постійно надходить у вигляді повідомлень. В результаті чого можна прогавити повідомлення від охоронної системи. Тому метою дослідження є знайти компроміс між перевагами та недоліками використання месенджерів для систем обмеженого доступу на прикладі запропонованого пристрою обмеження доступу та інтерфейсу взаємодії з ним у якості чат-боту Telegram. Аргументом досягнення компромісу є розробка функціоналу чат-боту, який би найкраще вписувався у сферу таких систем.

## II. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Система обмеженого доступу або системи контролю доступу – це сукупність програмно-технічних засобів і чітко сформованої системи контролю за рухом людини у приміщенні. Основними місцями для установки таких систем є прохідні, офіси, приміщення особливого призначення і пункти в'їзду та виїзду автотранспорту та інше.

Система обмеженого доступу може бути автономною або ж однією зі складових інтегрованої системи безпеки будівлі. Вона дозволяє значно

підвищити ефективність контролю для запобігання несанкціонованого доступу сторонніх на територію, що охороняється.

Для швидкого і безперешкодного проходу персоналу в прохідній встановлюються електромеханічні турнікети. Співробітники проходять через турнікет, пред'являючи зчитувачу карту доступу, що дозволяє виключити вплив людського фактора при перевірці пропусків і реєстрації запізнь на роботу, практично зводячи до нуля можливість помилок і зловживань.

Захист від передачі пропуску іншій особі реалізується в такий спосіб: система не дозволить двічі увійти на підприємство по одному пропуску без здійснення виходу. Система контролю доступу постійно забезпечує контроль за порядком на об'єкті.

Системи обмеженого доступу можуть мати таку складову як системи відеоспостереження, що дозволяють здійснювати відеоконтроль за ситуацією на об'єкті. Системи відеоспостереження дають унікальну можливість відеореєстрації подій, контролю і запису на цифрові або магнітні носії інформації.

Існують автономні системи відеоспостереження та комп'ютерні системи відеоспостереження. Останні вважаються найбільш актуальними і відрізняються великою функціональністю в сукупності з простотою використання. Залежно від типу об'єкта комплектація системи відеоспостереження може варіюватися. Наприклад, при установці системи відеоспостереження можуть використовуватися різноманітні види відеокамер.

Як визначено раніше, в якості взаємодії з адміністратором обмеженої системи використовуються засоби чат-боту месенджера Telegram. Тому потрібно розібратися чим обґрунтований цей вибір.

На сьогоднішній день чат-боти, як сучасні інструменти комунікацій, стали широко використовуватися в багатьох сферах життєдіяльності людини з метою встановлення контакту з користувачами мережі Інтернет. Найбільшу популярність чат-боти отримали, коли почалося їх використання в месенджерах і соціальних мережах (наприклад, в Telegram, Viber, Facebook). Завдяки новому інструменту віртуальної комунікації з'явилася можливість дізнаватися про спеціальні пропозиції онлайн, отримувати повідомлення про новини та спеціальних пропозицій в сфері товарів і послуг, здійснювати більш складні операції.

В даний час найбільше значення чат-боти мають у формуванні такої моделі поведінки, яка буде максимально наближена до людської. Під чат-ботами в загальному сенсі зазвичай розуміють спеціальні програми, які здійснюють інтернет-спілкування найчастіше з одним або декількома користувачем, використовуючи штучний інтелект.

Сучасні види інтернет-комунікацій здатні виступати в якості віртуального співрозмовника і повторювати і відтворювати письмовий набір знаків людини, надаючи запрограмовану відповідь на задані питання. В силу того, що контакт з чат-ботами є не тільки цікавим заняттям, але і корисним для людини з точки зору отримання нової інформації і рішення споживчих завдань, варто відзначити, що інтернет-аудиторія прийняла їх появу доброзичливо.

Багато організацій в свою чергу побачили в інтересі аудиторії до чат-ботів можливості для власного просування і стали розробляти власні чат-боти, використовуючи їх для залучення уваги споживачів до компанії за рахунок використання сучасного інструменту комунікації. Чат-бот стає каналом просування або частиною рекламної кампанії як для великих брендів, так і для новачків. Потрібно позначити таку тенденцію, що спочатку деякі компанії почали використовувати їх тільки як визначення трендів, тобто стала формуватися певна мода на використання чат-ботів. Потім ці компанії зрозуміли що використання чат-ботів скорочують час роботи консультантів і допомагає уникнути людського фактору. Можливості інтерфейса програми були досить зрозумілі і прості. На основі заздалегідь завантажених шаблонів, запам'ятовуванні слів, введених самим користувачем, і відповіді на відповідний запит був заснований алгоритм роботи чат-бота.

Чат-боти можуть використовуватися для спілкування між користувачами, а також в розважальних, інформаційних цілях (чат-боти можуть повідомити погоду, курс валют, записати клієнта на прийом, здійснити реєстрацію дзвінків) і в службах підтримки.

Поняття «чат-бот» походить від двох англійських слів: to chat – невимушена розмова в мережі Інтернет, bot (robot) – скорочено робот, з чого виходить, що це роботи. Ці роботи призначені для здійснення комунікацій з користувачами в мережі Інтернет, які виконують дії відповідно до закладеного сценарія. Така програма інтернет-комунікації, як чат-бот заснована на сучасних технологіях. В її основі лежать такі інформаційно-комунікаційні технології, як штучний інтелект та нейронні мережі. Нейронні мережі дозволяють наближати комунікації чат-ботів до людського віртуального спілкування і вирішувати з їх допомогою комерційні та маркетингові задачі. Чат-боти, особливо для месенджерів – дуже перспективний напрям, який в даний час переживає стрімке зростання. Популярність запитів “чат-бот” у Google пошукувачу [2] приведено на рис. 1.

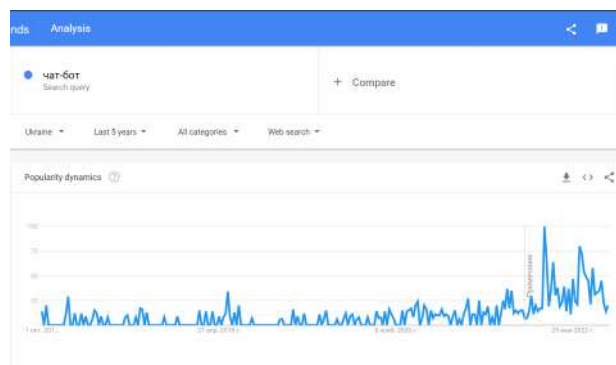


Рис.1 – Популярність чат-ботів (Google Trends)

Системам обмеженого доступу, які переглянуті раніше, не вистачає зручності, що можна досягти шляхом використання засобів чат-боту Telegram. А саме: адміністрування доступу робітників, сповіщення та керування через чат-бот Telegram. Моніторинг доступу робітників до виробничого приміщення виконується за допомогою зручного, популярного, багатофункціонального месенджера Telegram.

### III. МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ

При реалізації даної системи необхідно враховувати цілий ряд факторів та організувати між собою взаємодію пристроїв вводу-виводу інформації. У моїй роботі пропонується використовувати такі елементи як камера, датчики, кнопки, LCD дисплеї, електромеханічний замок, RFID зчитувач, пристрій виводу аудіо. Передбачається, що одноплатний комп'ютер Raspberry Pi, буде керувати їхньою роботою та одночасно буде сервером для телеграм-боту та буде працювати з базою даних. Тому у роботі була розроблена структурна схема, яка призначена для відображення загальної структури системи, тобто його основних блоків, частин, вузлів та головних зав'язків між ними. Із структурної схеми можна наглядно побачити навіщо потрібна система, як вона працює і як взаємодіють її частини.

Запропонована структурна схема наведена на рис.2. Можна побачити, що система обмеженого доступу складається з багатьох модулів. Перш за все головною ланкою системи є пристрій управління, який поєднує ролі виконавчого комп'ютера та серверу чат-боту Telegram. Далі йдуть датчики, кнопки та RFID зчитувач, які сигналізують до пульту управління (ПУ) о фізичних змінах із зовні. Наступний тип модулів – це камера та мікрофон, які при заданих змінах у ПУ починають виконувати свої функції, а саме функції запису звуку та зображення. До наступного типу функціональних модулів відносяться виконавчі. Під виконавчими мається на увазі реле електромеханічного замку та аудіо вивід. Виконавачі, при заданих змінах у ПУ, починають виконувати свої функції. До яких відносяться фізичні зміни зовні, а саме: зачинення замку та озвучення дії або повідомлення, яке відправив адміністратор. У випадку з замком, він ще й надає інформацію до ПУ про успішність відкриття/закриття замку. Далі на структурній схемі можна побачити тип модулів, які виконують функції дистанційного управління системою за допомогою засобів чат-боту Telegram.



Останній модуль – це база даних робітників, яка взаємодіє з чат-ботом.

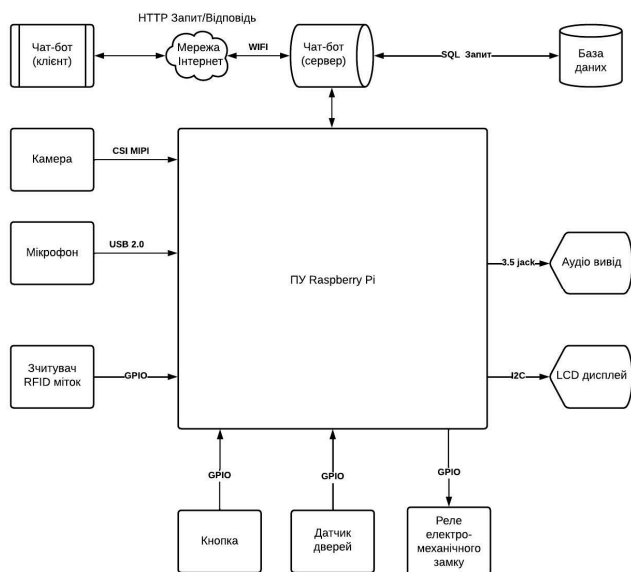


Рис.2. Структурна схема системи обмеженого доступу

На основі структурної схеми розроблена функціональна схема системи обмеженого доступу, яка приведена на рис.3. Програмні частини проекту поділені на блоки, в які входять функції заданого контексту.

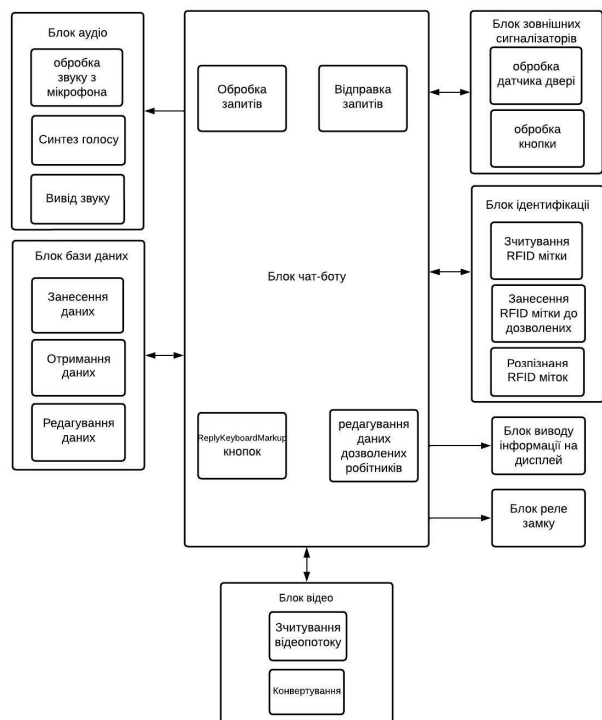


Рис.3. Функціональна схема системи обмеженого доступу

За функціональною схемою на рис.3. можна умовно поділити програму на блоки. Серед яких: блок чат-боту, блок відео, блок аудіо, блок зовнішніх сигналізаторів, блок ідентифікації, блок бази даних, блок обробки датчика дверей.

Блок зв'язку з чат-бот клієнтом виконує наступні функції:

- отримання, визначення типу та обробка повідомлення від чат-бот клієнту Telegram адміністратору;
- перевірка на дозволений chat id адміна;
- відправлення повідомлень до чат-бот клієнту про зміни у системі;
- реєстрування/редагування даних о робітниках, а саме: ПІБ, посада, UID мітки та фото. Дані заносяться до бази даних;
- запити на: опитування датчика дверей, формування відеоповідомлення з заданим часом, створення фотографії, відкриття/закриття замку, аудіо вивід повідомлення, яке озвучене синтезатором мовлення.
- формування, розмітка віртуальних кнопок ReplyKeyboardMarkup у чат-боті;
- обробка віртуальних кнопок ReplyKeyboardMarkup у чат-боті.

Блок відео виконує наступні функції:

- формування шляху, назви файлів запису відео/звуку та фотографій;
- формування шляху, назви файлу результуючого відеоповідомлення;
- початок/кінець запису відео та фотографій за заданими параметрами;
- конвертування відео та звуку у єдиний результуючий файл;
- видалення тимчасових компонентів звуку та відео по окремоті.

Блок зовнішніх сигналізаторів виконує наступні функції:

- опит датчика дверей на зміни;
- обробка даних опитування та формування, ґрунтуючись на цих фактах, результату о зміні стану датчика;
- очікування натиснення кнопки;
- очікування на відтиснення кнопки.

Блок реле замку виконує наступні функції:

- очікування на запит о відкриття/закриття замку;
- подача на порт GPIO, до якого підключене реле замку, сигналу, при збереженні сигналу замок відчинений, при відсутності він зачинений;
- запит до чат-боту на озвучення факту зміни стану замка.

Блок аудіо виконує наступні функції:

- озвучення синтезатором мовлення факту відкриття/закриття замку;
- озвучення текстових повідомлень, які надійшли від чат-боту клієнту;
- подача звукового сигналу відміни, якщо мітка не записана до дозволених;
- запис та обробка звуку з мікрофона;

Блок бази даних виконує наступні функції:

- Занесення, отримання, редагування даних БД о робітниках .

Блок ідентифікації виконує наступні функції:

- зчитування, розпізнання RFID міток;

#### IV. ВИСНОВКИ

В результаті дослідження та реалізації автоматизованого моніторингу доступу до виробничого приміщення на основі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi:

- проаналізовано галузь обмеження доступу;
- запропоновано розробка нової системи обмеженого доступу з інтерфейсом взаємодії та адміністрування через чат-бот Telegram;
- розроблено запропоновані структурні схеми системи обмеженого доступу;
- розроблено запропоновану функціональну схему;
- реалізовано програмно-апаратну частину системи обмеженого доступу.

Розроблена система використовує переваги використання месенджерів та чат-ботів у сфері обмеження та моніторингу доступу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Raspberry Pi Documentation [Електронний ресурс] : Режим доступу: <https://www.raspberrypi.org/documentation/>

[2] Google Trends [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://trends.google.com>

[3] Саймон Монк. "Raspberry Pi. Сборник рецептов: решение программных и аппаратных задач." Вильямс, лютий 2019, С.200 -301.

[4] Бот для Telegram на Python. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://tproger.ru/translations/telegram-bot-create-and-deploy/>

[5] Невлюдов І. Ш. "Основи виробництва електронних апаратів: підручник для студ. вищих навч. закл". / І. Ш. Невлюдов. — Х. : ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. — 592 с

[6] "Основи наукових досліджень": Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.

[7] "Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»" / упоряд. І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. Київ, 2018. 320 с.

[8] "Методичні вказівки з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи»"/ Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. Харків: ХНУРЕ, 2021. 50 с.

[9] "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи»" / Упоряд. І. Ш. Невлюдов,

Р. В. Артюх, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О.І.Филипенко, О. М. Цимбал. Харків: ХНУРЕ, 2021. 50 с.

[10] Невлюдов І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. – 320 с.

[11] Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.



# Картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами

Чикота Віталій<sup>1</sup>, Дмитро Янушкевич<sup>1</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр.Людвіга Свободи 51б., email: vitalii.chykota@nure.ua

**Анотація:** Розгляду проблем автоматизації оцифрування горизонталей на топографічних картах за допомогою об'єктно-орієнтованих мов програмування. Завдання в задачі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація вибухонебезпечних предметів, локація (топографічна прив'язка) ділянок місцевості, забруднених ВВП, яка включає маркування та картографування ділянок місцевості, забруднених ВВП на базі аерофоторозвідки, зовнішньої розвідки тощо.

**Ключові слова:** гуманітарне розмінування, вибухонебезпечні предмети, картографування, автоматичне оцифрування горизонталей

## I. ВСТУП

Всі воєнні конфлікти супроводжуються широким застосуванням протиборчими сторонами протипіхотних мін та вибухонебезпечних предметів (ВВП). Однією з проблем, з якою країни у всіх регіонах, де велись бойові дії або існують воєнні конфлікти, які були породжені міжнародними та міжнаціональними визвольними рухами (наприклад: Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія, Україна тощо), стикаються з проблемами гуманітарного розмінування.

За оцінками Організації Об'єднаних Націй, було встановлено, що за роки військового конфлікту на Донбасі, який почався у 2014 році та 7 місяців війни з Росією, близько 20 % території України (приблизно 270 000 км<sup>2</sup>) вибухонебезпечними предметами забруднено (міни, снаряди, авіабомби тощо), що не розірвалися. На розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами, піде 25-30 років. До цих територій відносяться території Київської, Сумської, Харківської, Донецької, Луганської, Запорізької, Херсонської Миколаївської областей та АР Крим. Від початку війни піротехнічні підрозділи Державної служби з надзвичайних ситуацій вже виявили, вилучили і знешкодили понад 180 тисяч вибухонебезпечних предметів, було обстежено територію площею понад 68 тисяч гектарів.

Гуманітарне розмінування – це заходи, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із ВВП, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, забруднених ВВП, їх картографування, маркування, пошук, ідентифікація та знешкодження ВВП, здійснення оцінювання якості розмінування тощо.

Для здійснення гуманітарного розмінування характерним є зростання уваги до проблем створення робототехнічних комплексів та систем військового, спеціального та подвійного призначення (РКВП). Це обумовлюється намаганням усіх передових країн світу до збереження людського життя, в контексті якого використання РКВП дозволяє досягти позитивних

результатів. Крім того, ця тенденція пояснюється стрімким розвитком новітніх технологій в інформаційній сфері, тобто «роботизація» різноманітних напрямів діяльності людини, зокрема, військової сфери, що відповідає змісту сучасних концепцій постіндустріального суспільства на базі концепції Industry 4.0.

Незважаючи на значну кількість наукових робіт із даної тематики, на сьогодні склалася тенденція розмежування зазначених питань [2].

Викладені вище проблеми, на думку фахівців, мають бути вирішені тільки в комплексі організаційно-технічних заходів, які в межах сучасного процесу трансформації в Збройних Силах розділяються на дві окремі складові:

- використання мережно-центричної концепції ведення бойових дій;
- розвиток робототехнічних комплексів та систем військового, спеціального та подвійного призначення (РКВП).

## II. ГУМАНІТАРНЕ РОЗМІНУВАННЯ

Створення РКВП потребує суттєвого опрацювання ядра найважливіших технологій, які необхідні для створення всієї номенклатури перспективних РКВП. При цьому типовий зразок РКВП може бути представлений у вигляді сукупності функціонально пов'язаних елементів. Зокрема [1]:

1. Базовий носій – це може бути мобільна платформа, шасі чи корпус будь-якої конфігурації, призначені до застосування у різних середовищах.

2. Спеціалізоване навісне (вбудовуване) обладнання у вигляді набору знімних модулів корисного (цільового) навантаження.

3. Засоби забезпечення та обслуговування, що використовуються при підготовці до застосування та технічної експлуатації робота.

Склад спеціалізованого обладнання встановлюється, виходячи з функціонального призначення РКВП і може включати:

- засоби розвідки;
- засоби озброєння;
- навігаційні пристрої;
- спеціальне технологічне обладнання;
- засоби телекомунікації;
- спеціалізовані обчислювачі та контролери із програмно-алгоритмічним забезпеченням;
- засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ);
- захисні засоби.

Крім цього, РКВП потребують забезпечення та обслуговування, тобто до складу комплексу додатково включаються:

- пункт управління, контролю та обробки інформації;
- засоби доставки, транспортування та запуску;
- засоби спорядження, заправки та зарядки;
- засоби підготовки фахівців;
- комплект керівних документів;
- комплект запасного приладдя.

Таке уявлення типового РКВП дозволяє виділити технології для розробки перелічених елементів. Критичні технології робототехніки можна декомпонувати на:

- основні, тобто розроблювані безпосередньо для робототехнічних комплексів;
- допоміжні – розроблювані для широкої номенклатури зразків озброєння та перспективи застосування під час створення РКВП [5].

До основних можуть бути віднесені такі технології [3]:

- систем сприйняття та обробки сенсорної інформації, оцінки ситуації та планування поведінки;
- автоматичного наведення та управління;
- дистанційного та автономного управління рухом;
- автоматичного розпізнавання образів (цілей), аналізу ситуацій та динамічних сцен;
- штучного інтелекту та навчання;
- людино-машинного інтерфейсу;
- інтелектуальних систем групового керування.

До допоміжних можна віднести технології:

- автоматизованого керування;
- створення та функціонування нових перспективних конструкцій;
- енергетики;
- створення та застосування нових матеріалів та речовин;
- геоінформаційні та точного глобального позиціонування;
- створення перспективних систем датчиків та їх елементів;
- створення оптичних та оптико-електронних засобів.

Як показали дослідження, система гуманітарного розмінування має містити такі підсистеми:

- нетехнічне та технічне обстеження територій, забруднених ВВП;
- пошук, ідентифікацію та знешкодження ВВП;
- картографування та маркування територій, забруднених ВВП;
- здійснення оцінювання якості розмінування тощо.

Складові системи гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних систем, наведені на рис. 1, включають:

- технічні засоби;
- технології гуманітарного розмінування;
- системи прийняття рішень;
- системи проведення розвідки (дані аерофоторозвідки, дані опитування та зовнішньої розвідки);
- системи пошуку, локації (топографічної прив'язки) ділянок місцевості, забруднених ВВП;
- маркування та картографування місцевості, забруднених ВВП;
- ідентифікацію ВВП;

- розробку стратегії прийняття рішень, яка включає оцінку рівня загрози та прийняття рішень щодо знищення, утилізації або знешкодження ВВП;
- контроль якості гуманітарного розмінування ділянок місцевості, забруднених ВВП.

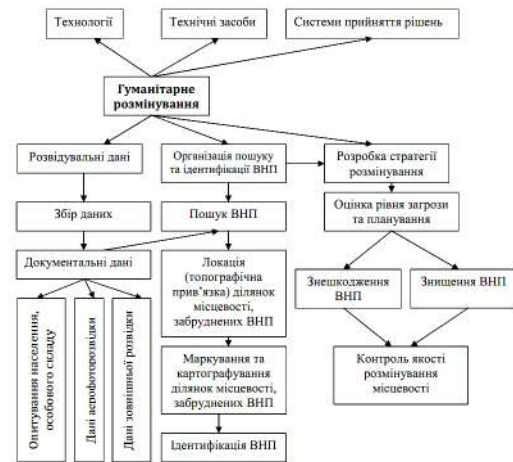


Рис. 1. Складові системи гуманітарного розмінування [1]

Виявлення ВВП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками. Демаскуючі ознаки ВВП зумовлені низкою чинників. До них можна віднести:

- наявність вибухової речовини;
- наявність локально розташованої маси металу (навіть в так званих «неметалічних» югославських мінах є до 0,1 г алюмінію та металева пружина для спрацювання детонатора);
- характерна форма мін та ВВП;
- неоднорідності середовища, де розміщений ВВП (порушення поверхні ґрунту, дорожнього покриття, стіни будівлі, порушення кольору рослинності або снігового покриву тощо).

ВВП можуть бути виявлені за рахунок трьох факторів: наявності зосередженої маси вибухової речовини; характерна конструкція (форма, матеріал корпусу тощо); порушення однорідності навколишнього фону (кольору рослинності, щільності ґрунту тощо).

Виявлення ВВП здійснюється за двома напрямками:

- пошук окремих мін (характерні відстані тут від декількох сантиметрів до декількох метрів);
- розвідка мінних полів (характерні дальності від десятків метрів до декількох кілометрів).

Сучасний стан методів виявлення ВВП характеризується різноманіттям. Їх аналіз показує, що кожен з них має певні обмеження. Звичайно, при цьому необхідно враховувати як апіорну інформацію про об'єкт пошуку (розміри, матеріали тощо), так і властивості оточуючого середовища.

Пошук та ідентифікація ВВП для гуманітарного розмінування є комплексним завданням. РКВП для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними маніпуляторами та детекторами (сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВВП.

Одними із основних проблем пошуку у ВВП у системі гуманітарного розмінування є локація (топографічна прив'язка) ділянок місцевості, забруднених ВВП, яка включає маркування та картографування ділянок місцевості, забруднених ВВП на базі аерофоторозвідки, зовнішньої розвідки тощо.

При цьому широко застосовуються цифрові моделі рельєфу (ЦМР) при актуалізації картографічних матеріалів рельєфу, забруднених ВВП, ректифікації супутників знімків, геоморфологічному і кліматичному аналізу тощо.

Традиційна технологія картографування ділянок місцевості, забруднених ВВП є трудомістким технологічним процесом і характеризується великими трудовитратами, що значно збільшує терміни і вартість виконання робіт зі створення карт територій, забруднених ВВП.

Сучасна картографія широко використовує результати розвитку інформатики, кібернетики, обчислювальних пристроїв і вдосконалюється разом з ними. Саме на стику традиційної картографії, інформаційних технологій, комп'ютерної графіки виникла автоматизована картографія.

З'явившись під загальною назвою «цифрова картографія», автоматизована картографія почала розвиватися в напрямку перетворення образно-знакової (аналогової) інформації карт в цифрову форму.

Автоматизована картографія розглядається в двох аспектах:

1. Технічна картографія акцентує увагу на методиці створення картографічного зображення з використанням технічних засобів та програмного забезпечення. При цьому необхідно знати призначення карти, специфіку картографуванню території, способи подальшого використання карти, прийоми роботи з нею.

2. Для географічної картографії більш значущі процеси отримання інформації з карти, досліджень по картах, тоді як технічні прийоми створення картографічного зображення і організації пошуку інформації не є пріоритетними. У свою чергу, процеси автоматизації в географічній картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування - галузі картографії, що займається автоматизованим складанням і використанням карт як моделей географічних інформаційних систем (ГІС) на основі ГІС-технологій і баз географічних та картографічних даних і знань с

Географічні інформаційні системи – це:

– інформаційна система, що може забезпечити введення, маніпулювання й аналіз географічно визначених даних для підтримки прийняття рішень;

– реалізоване за допомогою автоматизованих засобів сховище системи знань, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання;

– набір засобів для збору, збереження, пошуку, трансформації і відображення даних;

– інформаційна система, призначена для роботи з просторовими, чи географічними, координатами;

– апаратно-програмний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію для ефективного використання при рішенні наукових і прикладних завдань, пов'язаних з аналізом, моделюванням, прогнозуванням і керуванням процесів картографування відповідно до поставлених завдань;

– сукупність апаратних, програмних засобів і процедур, призначених для забезпечення введення, керування, обробки, аналізу, моделювання і відображення просторово-координованих даних для вирішення складних проблем планування і керування;

– науково-технічні комплекси автоматизованого збору, систематизації, переробки і представлення (видачі) геоінформації з умовою одержання знань про досліджувані просторові системи;

– сукупність апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, призначених для збору, введення, зберігання, математико-картографічного моделювання і образного представлення геопросторової інформації;

– сукупність технічних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, математико-картографічне моделювання й образне інтегроване представлення географічних і співвіднесених з ними атрибутивних даних для вирішення проблем територіального планування і керування;

– інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і поширення просторово-координованих (просторових) даних.

Програмні засоби ГІС призначені для роботи з просторовими даними, представляють в різноманітний сегмент комп'ютерного ринка програмного забезпечення, у якому можна виділити:

– векторизатори растрових зображень;

– пакети обробки даних розвідок;

– програмні засоби обробки даних дистанційного зондування;

– пакети просторового аналізу і моделювання;

– довідково-картографічні системи;

– ГІС-в'юери (пакети з обмеженою можливістю редагування даних, призначені для візуалізації і виконання запитів до баз даних, у тому числі і графічних, підготовлених у середовищі інструментальних ГІС);

– інструментальні ГІС (ГІС-пакети).

Програмні засоби ГІС є сукупністю інтегрованих програмних модулів, які забезпечують реалізацію всіх основних функцій ГІС. У загальному випадку виділяють шість базових модулів, що реалізують функції:

– введення і верифікації даних;

– зберігання і маніпулювання даними;

– перетворення систем координат і трансформації картографічних проєкцій;

– аналізу і моделювання;

– виведення і подання даних;

– взаємодії з користувачем.

Якщо врахувати ту обставину, що основним видом даних у геоінформаційних системах є просторово-

розподілена інформація, з аналізу базових модулів ГІС стає зрозумілим, що програмне забезпечення ГІС є дуже специфічним і не дублюється (за винятком останнього модуля) традиційним програмним забезпеченням комп'ютерів.

Реалізація зазначених вище функцій вимагає розробки спеціалізованого програмного забезпечення.

### III. АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

Одним із ключових методів картографії є алгоритм розпізнавання горизонталей. Колірна модель в розпізнаванні горизонталей – абстрактна модель опису представлення кольорів у вигляді кортежів (наборів) чисел, зазвичай з трьох або чотирьох значень.

RGB (червоний, зелений, синій) — колірна модель, що описує спосіб синтезу кольору, за якою червоне, зелене та синє світло накладаються разом, змішуючись у різноманітні кольори. Для більшості додатків значення координат можна вважати приналежними відрізьку. HSV — колірна модель, побудована на трьох характеристиках кольору: колірному тоні (Hue), насиченості (Saturation) і яскравості (Value). Значення цих трьох параметрів варіюється в межах 0-100 або 0-1. Компоненти кольору в HSV відображають інформацію про колір у більш звичній людині формі. Отже, для того, щоб краще знайти та відобразити інформацію про зображені на топографічній карті горизонталі, ми будемо використовувати колірну модель HSV. Оскільки зображення зберігаються у колірній моделі RGB, то потрібно перейти до моделі HSV [3]

У даній роботі використовувався фрагмент топографічної карти масштабу 1: 50 000



Рис. 2. Фрагмент топографічної карти масштабу 1: 50 000

На першому етапі потрібно прочитати фрагмент карти та створити 3 масиви за допомогою функції `ReadAsArray`.

Кожен масив приймає, відповідно, значення яскравості у каналах R, G, B, тому за допомогою функції `colors.rgb_to_hsv` з бібліотеки `scipy` перейти до потрібної колірної моделі HSV. Але при цьому потрібно врахувати, що дана функція приймає як вхідний аргумент один тривимірний масив, що містить яскравості всіх трьох каналів. На наступному етапі алгоритму потрібно створити новий масив та заповнити його розрахованими значеннями HSV. Далі виконується класифікація за значеннями HSV.

Для цього вручну підбираються діапазони для кожного з трьох параметрів HSV, які відповідають кольору горизонталей, за допомогою аналізу

конкретного скану топографічної карти. Створюється карта горизонталей, у якій значення 1 мають пікселі, що потрапляють у діапазони за всіма параметрами HSV, а решті пікселів присвоюється значення 0. У результаті виконання описаних вище етапів ми отримали розташування горизонталей, що показано на рис. 3.

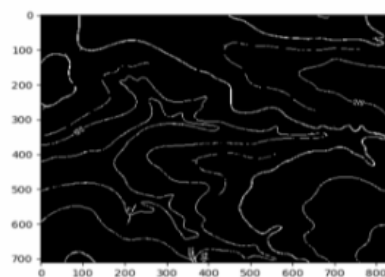


Рис.3. Отримані автоматично горизонталі

### IV. ВИСНОВКИ

У даній роботі був проведений аналіз складових системи гуманітарного розмінування та проблем картографування ділянок місцевості, забруднених ВНП. Було встановлено, що при цьому широко застосовуються цифрові моделі рельєфу для актуалізації картографічних даних, про території, які забруднені ВНП

Традиційна технологія картографування ділянок місцевості, забруднених ВНП є трудомістким технологічним процесом і характеризується великими трудовитратами, що значно збільшує терміни і вартість виконання робіт зі створення карт. Процеси автоматизації у галузі картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування, що займається автоматизованим складанням і використанням карт на основі ГІС-технологій баз даних процеси автоматизації в географічній картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування - галузі картографії, що займається автоматизованим складанням і використанням карт на основі ГІС-технологій, програмних засобів ГІС та баз даних і знань.

В даній роботі було запропоновано метод для автоматичного оцифрування горизонталей і подальше їх використання для побудови цифрових моделей рельєфу.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Nevliudov I., Yanushkevych D., Ivanov L. (2021). Analysis the state of creation of robotic complexes for humanitarian mining. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62), 47-52.
- [2] Annamoradnejad, R.; (2019). "Using Web Mining in the Analysis of Housing Prices: A Case study of Tehran". 2019 5th International Conference on Web Research (ICWR): 55–60.
- [3] Rul N.V., Velikodsky Yu. I., Zatcerkovnyi V.I. (2018). The algorithm of automatic vectorization of contours for constructing digital elevation models *Conference Proceedings, 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects*, May 2018, Volume 2018, p. 1 – 5.

# Робототехнічні системи та їх застосування для пошуку вибухонебезпечних предметів

Данило Шафоростов<sup>1</sup>, Дмитро Янушкевич<sup>1</sup>

1. Кафедра КПАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: danylo.shafarostov@nure.ua

**Анотація:** Застосування робототехнічних комплексів в системі гуманітарного розмінування обумовлено зусиллями всіх країн щодо збереження людських життів, як у бойових діях, так і в процесі гуманітарного розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними об'єктами. Основними завданнями в задачі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація ВЗ за їх демаскуючими ознаками.

**Ключові слова:** гуманітарне розмінування, вибухонебезпечний предмет, робототехнічні системи, маніпулятори.

## I. ВСТУП

Робототехнічні рішення з відповідною модульною структурою та правильною адаптацією до місцевих умов та небезпечних неструктурованих зон, можуть значно підвищити безпеку персоналу, а також ефективність роботи, продуктивність і гнучкість. У цьому сенсі мобільні системи, оснащені маніпуляторами для виявлення та визначення місцезнаходження протипіхотних мін, вважаються найважливішими для автономного/напівавтономного визначення мін у професійній, надійній, безпечніший та ефективний спосіб.

## II. ТЕХНОЛОГІЇ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Згідно даних організації з гуманітарного розмінування HALO Trust, на сході України виявлено 297 мінних полів загальною площею понад 26 мільйонів м<sup>2</sup>, де знаходиться близько 3,3 мільйона мін та вибухонебезпечних предметів (ВНП). Роботи по створенню роботизованих систем та комплексів (РТС) військового (подвійного) призначення, включаючи роботизовані системи для проведення гуманітарного розмінування ведуться в Україні і за кордоном [1].

Гуманітарне розмінування – комплекс заходів, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами (ВНП), включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, виявлення, знешкодження та знищення ВНП, їх маркування тощо [1].

Застосування РТС обумовлюється намаганням усіх країн світу до збереження життя людей, як в бойових умовах (в контексті якого використання РТС дозволяє досягти позитивні результати), а також в процесі гуманітарного розмінування територій, на яких знаходяться ВНП.

Система гуманітарного розмінування має виконувати задачі:

- пошук, ідентифікацію та знешкодження ВНП;
- картографування та маркування територій, забруднених ВНП;
- здійснення оцінювання якості гуманітарного розмінування.

Головними завданнями у проблемі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація ВНП. Виявлення мін та ВНП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками [2]:

- наявність вибухової речовини;
- наявність локально розташованої маси металу;
- характерна геометрична форма мін та ВНП;
- неоднорідність середовища, де розміщений ВНП (порушення поверхні ґрунту, дорожнього покриття, стіни будівлі, порушення кольору рослинності або снігового покриву тощо).

Традиційна система виявлення та ідентифікації мін та ВНП наведені у табл. 1. Систему можна розділити на 2 типи [3]:

- система типу А, призначена для виявлення та ідентифікації вибухонебезпечних предметів у середовищах, що покривають, що використовують енергію систем пошуку;
- системи типу П, що використовують енергію об'єкта пошуку.

Таблиця 1. Методи виявлення ВНП

«А»	«П»
1. Механічний	1. Газоаналітичний
2. Оптичний	2. Ядерно-фізичний
3. Теплолокаційний	3. Біофізичний
4. Електромагнітний	4. Акустичний
5. Параметричний	

В даний час найбільше застосування знайшли такі методи: електромагнітні (індукційний, радіохвильовий, магнітометричний, нелінійний), ядерно-фізичні, теплофізичний і механічний (механічного зондування). Саме вони дозволяють створити технічні засоби пошуку ВНП, які можуть бути придатними для гуманітарного розмінування.

Проблеми, які виникають при застосування цих методів – це питання безпеки і зниження часових та матеріальних витрат на розмінування. Інші вимоги: кліматичні, ефективність роботи в темний час доби, стійкість до механічних впливів, електромагнітна сумісність тощо.

Класифікація робототехнічних комплексів військового призначення передбачає їх поділ на три категорії [3]:

1. «Людина в системі управління» – до цієї категорії віднесені безпілотні машини, які самостійно виявляють цілі та здійснюють їх поділ, проте рішення про їх знищення приймає тільки людина-оператор.

2. «Людина над системою управління» – до цієї категорії належать системи, які знаходяться під керуванням людини-оператора, здатним втрутитися



для коригування чи блокувати рішення при самостійному виборі або знищенні цілі системою.

3. «Людина поза системою управління» – до цієї категорії віднесені системи здатні виявляти, вибирати та знищувати цілі самостійно без людського втручання.

Найбільш поширені РКВП першого покоління та швидко удосконалюються системи другого покоління.

Зразки сучасних індукційних міношукачів, оснащених системами обробки сигналу на основі використання мікропроцесорів, дозволяють проводити селективний пошук предметів із кольорових металів на тлі предметів-перешкод із чорних металів чи навпаки.

Функціонування металошукачів засноване або на гармонійному методі, що дозволяє виявити металеві об'єкти за рахунок вимірювання параметрів наведеного в них сигналу (фаза і амплітуда), що збуджується гармонічним струмом, або на методі перехідних процесів, що дозволяє виявити металеве тіло по вторинному струму, що затухає в ньому.

Середній темп пошуку більшості сучасних міношукачів лежить у межах 120..400 м<sup>2</sup>/год і визначається в основному наявністю сторонніх металевих предметів (перешкод), яких особливо багато у місцях житлової забудови та господарської діяльності людини, а також у місцях ведення бойових дій.

Для виявлення ВОП та багатьох інших об'єктів, прихованих у однорідних середовищах (грунті, стінах тощо), можуть використовуватися радіохвильові детектори (радіохвильові міношукачі або локатори). Функціонування приладів засноване на випромінюванні електромагнітного надвисокочастотного сигналу (2,0 ГГц і більше) і подальшому аналізі відбитого сигналу від об'єктів, які мають контрастом діелектричної проникності по відношенню до середовища, в якому вони знаходяться. Внаслідок цього є можливість виявлення практично будь-яких об'єктів – не тільки металевих предметів, а й інших неоднорідностей, наприклад, пустот, пластмасових та дерев'яних предметів.

Нелінійні радіолокатори призначені для виявлення радіоелектронних пристроїв, що містять напівпровідникові прилади з нелінійними вольтамперними характеристиками. Такими пристроями є електронні та електромеханічні, радіозакладки та інші радіоелектронні пристрої. Функціонування нелінійних радіолокаторів засновано на опроміненні місцевості, що досліджується, приміщення тощо зондуєчим сигналом надвисокочастотного діапазону і прийомом відбитого сигналу, що містить вищі гармоніки зондуєчого сигналу. Як правило, прийомний пристрій нелінійного радіолокатора побудовано на другій гармоніці зондуєчого сигналу [4].

Слід відзначити такий недолік усіх без винятку металошукачів, як можливість приведення до спрацьовування деяких типів підрильників інженерних мін з магнітними датчиками мети та саморобних електронних та електромеханічних підрильників.

### III. ДИЗАЙН ТА ПРОТОТИП

Мобільний маніпулятор, складається з легкого шасі, маніпулятора з двома ступенями свободи з металодетектором і камерою, прикріпленими до другої ланки, комунікаційного модуля для обміну повідомленнями та зображеннями між роботом і спостерігачем і обробки зображень. модуль.

Шасі: воно виготовлено з алюмінію, щоб бути міцним у механічній обробці та малим за вагою для меншої швидкості двигуна. Він містить два шари з достатнім простором між ними, щоб закріпити батареї та електронні плати, а також захистити їх від зовнішнього середовища, яке в основному є пустотами. Дві пластини також вакуумовані, щоб зменшити вагу та полегшити кріплення різних частин. Чотири широкі колеса прикріплені до шасі з одним двигуном, що працює з кожного боку, і ланцюговий ремінь використовується для передачі руху між двома колесами. Окрема плата призначена для керування рухом шасі, включаючи H-Bridge для руху вперед і назад двох двигунів. Основним підходом у розробці проектів є уникнення складності, де це можливо, прагнення до меншої, а не високої щільності компонентів і використання багатофункціональних компонентів, які зменшують загальну вагу будь-якої конкретної збірки.

Рука: два ступені свободи закріплені у верхній частині шасі, де основа робота обертається навколо вертикальної осі для сканування навколишнього середовища на наявність ВНП, металошукач, та поляризована камера для виявлення надводних і заглиблені міни, кріпиться до висувної другої ланки, яка при необхідності рухається вгору і вниз. Металошукач замінює кінцевий ефект маніпулятора, а камера закріплена на невеликій відстані від металошукача, як представлено на рис. 1.



Рис.1. Зразок робота-маніпулятора для виявлення ВНП

Комунікаційний модуль: складається з двох основних об'єктів: портативного ноутбука, закріпленого на мобільному маніпуляторі під назвою «Робот», і іншого ноутбука під назвою «Спостерігач» перед особою, яка керує процесом виявлення мін, і бездротової системи зв'язку для передачі повідомлень і зображення між ними. Комп'ютер містить бази даних пошуку і маркування мін, бази даних миттєво оновлюються, коли маніпулятор виконує обов'язки для створення алгоритму машинного навчання.

Модуль обробки зображень: Техніка обробки зображень використовується для перевірки, чи є

виявлений об'єкт міною чи ні. Коли об'єкт виявлено, мікроконтролер надсилає повідомлення про зупинку маніпулятора, а камера робить знімок запропонованої цілі та надсилає його також на комп'ютер. Алгоритм аналізує отримане зображення та порівнює його з тим, що знаходиться всередині збережених баз даних, використовуючи інструментарій обробки зображень. Запропонований алгоритм має дві бази даних для правильного зображення і для фальшивих об'єктів, таких як банки, або інше. Виявлення будь-якого зображення базується на трьох основних функціях Colorhist, Edgehist і Edgedirection. Colorhist аналізує зображення відповідно до ймовірності кольору, знайденого на зображенні, і цієї функції. Edgehist аналізує зображення на основі його країв. Edgedirection описує кути між ребрами в різних напрямках, і всі дані зберігаються. Після того, як алгоритм визначає особливості захопленого зображення, він починає перевіряти, чи є відповідність між характеристиками зображення та зображеннями, збереженими в базах даних. Якщо відсоток похибки між захопленим зображенням і збереженим зображенням не перевищує 30%, алгоритм розцінює це як міну та надсилає спостерігачу повідомлення «Виявлена міна» разом із координатами можливої міни. Це також збереже зображення в базі даних для подальшого використання. Якщо відсоткова помилка перевищує 30%, комп'ютер надсилає повідомлення і зберігає його в базі даних для подальшого використання. За допомогою цієї техніки оновлення баз даних простий алгоритм машинного навчання розроблений, щоб навчити машину розпізнавати зображення та надсилати належне повідомлення контролеру робота, не чекаючи спостерігача, щоб надіслати повідомлення для продовження пошуку пізніше.

Однією з головних проблем проекту є створення системи бездротового зв'язку для обміну зображеннями та повідомленнями між мобільним маніпулятором і спостерігачем, щоб оператор міг перевіряти скановане поле, сидячи в безпечному місці. Існує багато методів встановлення зв'язку між пристроями, спільний дріт, технологія Bluetooth, спільний бездротовий зв'язок за допомогою точок доступу або спеціального з'єднання.

Бездротова мережа ідеально підходить для підключення пристроїв і передачі повідомлень і зображень у місцях, де було б важко або дорого прокласти кабелі Ethernet [5].

Спеціальна мережа — це тимчасова мережа, яка використовується для обміну файлами, підключенням до Інтернету між кількома комп'ютерами та пристроями. Робота в режимі ad-hoc дозволяє всім бездротовим пристроям у радіусі дії один одного виявляти та спілкуватися в одноранговому режимі без залучення центральних точок доступу. Єдиним недоліком є те, що мережа охоплює лише 10 метрів, що змушує нас відповідно проєктувати дослідницьке поле. Після встановлення з'єднання між роботом і спостерігачем за допомогою спеціального методу для обміну повідомленнями між ними застосовується нова техніка під назвою (WCF). Windows Communication Foundation — це структура для створення сервіс-орієнтованих програм. За допомогою WCF можна

надсилати дані як асинхронні повідомлення від однієї кінцевої точки служби до іншої. Це також середовище виконання та набір API для створення систем, які надсилають повідомлення між службами та клієнтами. Кінцева точка може бути клієнтом служби, який запитує дані від кінцевої точки служби. Повідомлення можуть бути простими, як один надісланий символ чи слово, або складними, як потік двійкових даних.

#### IV. ВИСНОВКИ

Пошук та ідентифікація ВВП для гуманітарного розмінування є комплексним завданням. Для проведення гуманітарного розмінування РКВП повинні мати відповідні маніпулятори та пристрою: металощукач, засоби для відеозв'язку, засобами прийняття рішень для застосувань на етапах розвідки, пошуку, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВВП.

Вертикальний рух другої ланки дозволяє камері отримати чітке зображення ВВП. Найважливішою частиною проєкту є порівняння нині відсканованого зображення з вбудованими зображеннями в базах даних роботехнічною системою та обмін повідомленнями та зображеннями зі спостерігачем. При умові що модуль обробки зображень працює належним чином і може легко порівнювати зображення та видавати правильне рішення. Це допоможе побудувати алгоритм машинного навчання, який дозволить роботу швидко й точно розпізнавати міни. З іншого боку, після встановлення зв'язку між роботом і спостерігачем відбувається безперервний обмін повідомленнями та зображеннями. Конструкція шасі у вигляді прямокутника, прикріпленого до півкола, дозволяє уникнути перешкод для сигналу металодетектора шасі [6].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Янушкевич Д. А., Кирпота Ф. В. (2021). Роботизовані системи та їх застосування у гуманітарному розмінуванні. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві», Харків, ХНАДУ, С. 104-109.

[2] Nevludov I., Yanushkevych D., Ivanov L. (2021). Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian mining. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62), 47-52.

[3] Толкунов І. О., Попов І. І., Янушкевич Д. А. Застосування сучасних роботизованих систем і комплексів у гуманітарному розмінуванні (2022). *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations»*. Харків: НУЦЗУ. С. 112-114.

[4] Петров С.І. До оцінки можливості виявлення вибухових речовин і пристроїв, що містять їх. *Спеціальна техніка*, № 4, 2001.

[5] Ata A. A. Alexandria University (2015). *Autonomous mobile robot for mine detection*, May 2015, pp. 607-608.

# Robotic Systems for Cooperative Work

Dmytro Shevchenko<sup>1</sup>

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauky Ave. 14., e-mail: dima.sheva22@gmail.com

**Abstract:** This work is devoted to review exiting robotics systems for cooperative work. Several methods of navigating work in space are considered, certain shortcomings are identified.

**Keywords:** robotics, multiple robots interaction, robot navigation.

## I. INTRODUCTION

The use of robots in production systems, warehouses, offices, hospitals, and transport systems is constantly growing. The use of robots has many advantages, from convenience to use in areas dangerous for humans. Also, an important advantage of the transition to robotic systems is the reduction of the cost of a certain process and the increase of reliability.

Usually, robots are used in interaction with a person, that is, a person controls the robot and the main control falls on the operator. But models of robot-robot interaction systems are increasingly appearing, which can greatly change the principles of using robots.

Systems with robot-robot interaction mean that several robots are used to perform certain tasks, which interact with each other to perform the task together. Such systems, where several robots interact, are suitable for complex tasks, where one robot, even more complex and powerful, may not be able to cope. Also, the use of this approach makes the system flexible, i.e. easier to adapt to other tasks. Currently, similar systems are already being integrated into aerospace, medical, and other industries.

The basis of interaction between robots is the combination of navigation, movement, and communication complexes using artificial intelligence.

## II. FEATURES OF ROBOT INTERACTION

Robots to interact with each other usually have a number of systems for navigation, positioning and wireless communication, which are combined with artificial intelligence for analysis and decision-making. It is also possible to use.

A large number of researchers and developers, in particular [1] believe that one of the main problems in the development of robot-robot systems is location and navigation. Location and navigation affect not only the possibility of correct interaction of robots, but also speed and accuracy.

For navigation in robot-robot systems, it is necessary to take into account different positions of robots and different locations, so the navigation method must be accurate for several robots at the same time.

The work [2] presents the development of a semantic grid of objects. This grid is built on the basis of data received from autonomous robot systems, which includes data from sonar, odometer, laser distance sensor, computer vision, and others. Figure 1 shows the scheme of constructing a grid of objects.

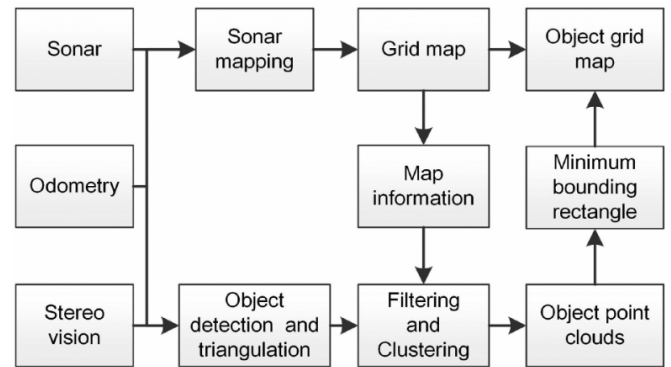


Fig. 1. The principle of building an object grid

Figure 1 shows how a grid of objects is created based on input data and software processing. This approach is quite accurate, but under the condition that the objects are static. This is the main disadvantage of using this method for navigation. That is, when developing a system where objects can be moved, or even disappear and be added, this must be taken into account and the grid must be constantly rebuilt, which is not fast and convenient, and will affect accuracy.

Considering the used means for obtaining information, a similar method can be used for humanoid robots, but the method of navigation on the created grid will work only under the condition of constant updating and complex formation of a new grid from the data of all robots.

Also, this author envisages processing the image from the video camera to obtain data about the object and its recognition. Object recognition is an advantage of work [2], and can be a very useful application for systems of cooperative operation of humanoid robots.

In H. Zhang and C. Zhang work [1], it is proposed to use navigation for a limited space with the help of QR-tags and a complex of a laser range finder and a camera for reading tags. Dijkstra's algorithm and the dynamic window approach are used in this work. The experimental work of the authors showed good efficiency. The main disadvantage of using this approach is the complexity of creating a workspace with labels and calibration.

The work [3] was considered. This paper considers an unusual way of navigation based on the assumption that in a room or a certain area, the floor is of the same color. This method consists in processing a video image to determine the boundaries of the floor on which the robot can move. You can also find objects on the floor in this way.

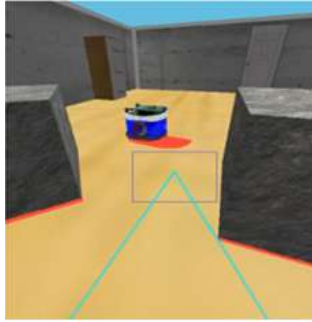
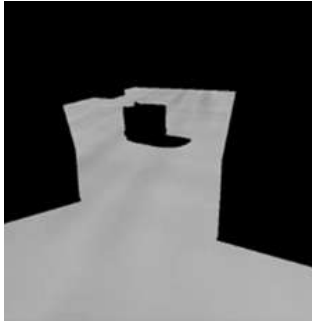


Fig.2 An example of video image processing using the navigation method based on the analysis of floor boundaries

The disadvantage of this approach is the impossibility of using several robots for simultaneous operation without the use of additional systems. To improve this method, you need to use a rangefinder and an algorithm for calculating the distance to the object relative to static objects, walls. A potential disadvantage of this approach for use in multi-robot systems is the difficulty of accurately coordinating the robots.

The authors [4] considered the possibility of robot-robot and robot-human interaction, and also depicted exactly the robot-robot interaction for the difficult work of lifting a load in Fig. 3.

In the considered work [4], a very useful property of robots when interacting with each other was also noticed. This property involves the use of the functions of both robots with partner interaction for minimal energy consumption.

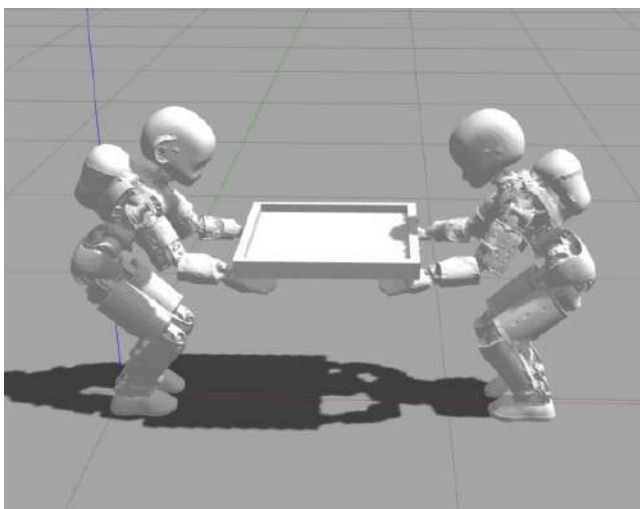


Fig. 3. Joint work of two robots for lifting cargo [4]

One of the most famous robot developers is the Festo company. Among a large number of developments, they presented a system of bionic ants that interact with each other for compatible tasks, as if in nature.



Fig. 4. The collaborative work of robot ants from the Festo company [5].

Robot ants use radio communication to communicate with each other and stereo cameras to navigate in space. The structure of the robot in Figure 5.

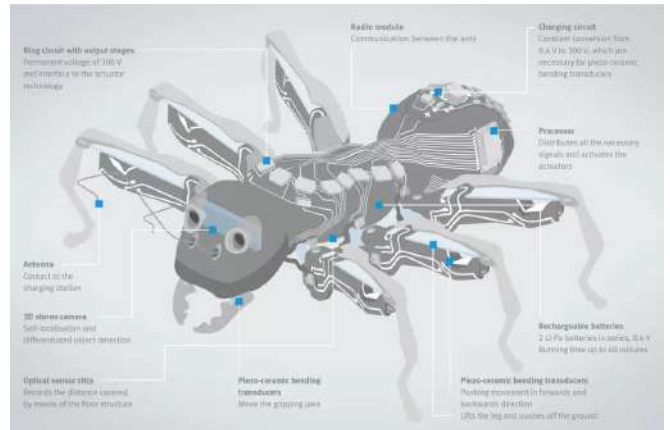


Fig.5 The structure of the robot-ant [5,6]

### III. CONCLUSION

These theses consider robot-robot interaction and several solutions to the issue of robot navigation in space. The creation and use of robot-robot systems is a direction that is in constant development. These systems can be used in different areas for very different tasks. For example, robots can be used to lift and move loads. The considered works present various methods of navigation with various disadvantages. Navigation based on a constructed grid of objects is accurate, but difficult to use in systems where objects can move. The use of QR-tags is quite a good tool for indoor navigation, but has the disadvantage of complex preparation of the work area and potentially low accuracy. Using a video camera for navigation is a good way, but difficulties arise when using multiple robots. To improve this method, it is better to use a camera on the ceiling, in addition to the cameras on the robots.[6-12]

### REFERENCES

[1] H. Zhang, C. Zhang, W. Yang and C. -Y. Chen, "Localization and navigation using QR code for mobile robot in indoor environment," 2015 IEEE International

Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2015, pp. 2501-2506, doi: 10.1109/ROBIO.2015.7419715.

[2] Qi X, Wang W, Yuan M, et al. Building semantic grid maps for domestic robot navigation. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2020;17(1). doi:10.1177/1729881419900066

[3] Han, Y.-J., Kim, I.-S. and Hong, Y.-D. (2018), Optimization-based humanoid robot navigation using monocular camera within indoor environment. *ETRI Journal*, 40: 446-457. <https://doi.org/10.4218/etrij.2018-0109>

[4] Lorenzo Rapetti and Yeshasvi Tirupachuri and Gabriele Nava and Claudia Latella and Kouros Darvish and Daniele Pucci. (2019), Partner-Aware Humanoid Robot Control: from Robot-Robot collaboration to Human-Robot Collaboration and Ergonomy Control. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29513-4\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29513-4_78)

[5] Festo company URL [https://www.festo.com/at/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2015-to-2017/bionicants-id\\_33396/](https://www.festo.com/at/en/e/about-festo/research-and-development/bionic-learning-network/highlights-from-2015-to-2017/bionicants-id_33396/)

[6] Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.

[7] Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.

[8] Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>

[9]. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70.1, 139-145.

[10]. Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.

[11]. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455.

[12] Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473.



# Аналіз систем розпізнавання об'єктів в рамках концепції Warehouse 4.0

Катерина Шевченко<sup>1</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр.Науки 14., email: katelyna.stoianchuk@nure.ua

**Анотація:** Представлено огляд концепції Warehouse 4.0 та Cyber-Physical System. Виділено чотири основні напрями роботи при створенні розумного складського приміщення. Проведено аналіз існуючих підходящих засобів ідентифікації об'єктів.

**Ключові слова:** склад, warehouse, засоби ідентифікації об'єктів.

## I. ВСТУП

В сучасному світі важко представити навіть маленьке виробництво без спеціально обладнаних приміщень для зберігання компонентів, матеріалів, готової продукції, тощо. У складських приміщеннях одночасно можуть зберігатися тисячі, сотні тисяч різних за формою, розміром та призначенням предметів. Складська діяльність зазвичай включає отримання, зберігання, комплектування замовлень і відправлення. Складування відіграє важливу роль у ланцюгу постачання та має значний вплив на обслуговування клієнтів.

Концепція warehouse 4.0 поєднує в собі технологію інтернет речей (IoT), наявність пристроїв, що мають комп'ютерний зір, штучний інтелект (ШІ), різноманітні датчики, конвеєри та лінії, з використанням робото технічних технологій, тощо.

За допомогою всіх цих речей можна створити надійну систему автоматизації складів та приміщень. Завдяки концепції warehouse 4.0 підприємства зможуть зробити цифрову трансформацію своїх складських приміщень та перетворити їх на розумні склади, які будуть набагато ефективнішими в роботі, рентабельними у використанні та одночасно безпечними, досягаючи при цьому найвищого рівня якості в обслуговуванні.

Перетворення звичайного складського приміщення на розумне високотехнологічне складське приміщення зменшить витрати на складування, підвищить продуктивність роботи за допомогою автоматизованих технологій: зберігання, розпізнавання, транспортування, зменшить час реагування на зміни в переміщенні продукції, усуне помилки при комплектуванні та маркуванні продукції, та вирішення питань в організації інших складських операцій.

Розумний склад – це автоматизоване приміщення всі процеси в якому виконуються без участі людини, а бухгалтерський облік ведеться не в паперовому, а в електронному форматі.

Індустрія 4.0 пропонує інтеграцію робототехніки, кіберфізичних систем, програмних служб і людей-учасників із такими функціями:

Інтероперабельність – машини, пристрої Інтернету речей (IoT) і люди повинні бути зв'язані між собою та координувати один одного.

Прозорість інформації – фізичні системи, удосконалені даними датчиків для створення інформаційних систем із додатковою цінністю.

Технічна допомога – передбачає використання інтелектуальних пристроїв для сприяння прийняттю обґрунтованих рішень. Роботизована автоматизація може виконувати повторювані, небезпечні або точні завдання.

Децентралізовані рішення – здатність таких систем приймати автономні рішення; лише в критичних випадках втручання людини. [1]

## II. CYBER-PHYSICAL SYSTEM

Для перетворення звичайних складів на розумні складські приміщення використовують Cyber-Physical System (CPS). CPS надає можливість створювати віртуальні копії процесів, які відбуваються на виробництві з можливістю контролювати, приймати рішення в режимі реального часу на основі отриманих даних про статус виконання того чи іншого процесу. CPS може об'єднати віртуальний і фізичний світи, для створення мережевої системи світу, де розумні об'єкти зможуть спілкуватися та взаємодіяти один з одним.

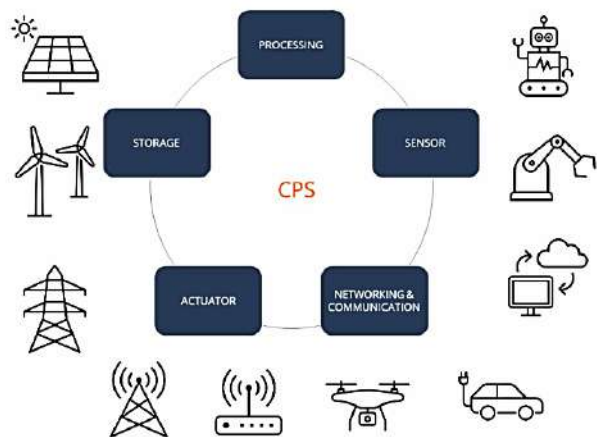


Рис. 1. Приклад Cyber-Physical System

При створенні розумного приміщення на основі CPS в комплексі також використовуються різноманітні пристрої для покращення роботи, контролю процесів та передачі даних. Такими пристроями можуть виступати: NFC; різноманітні пристрої CPS, такі як Wi-Fi AP (точки доступу), Bluetooth, датчики та камери, тощо. Таким чином вплив людини на процес мінімальний, адже всю роботу виконують запрограмовані роботи та машини. Людині ж лише потрібно надсилати необхідні інструкції та за потреби контролювати процес. [2]

В процесі створення розумного приміщення розглядають чотири основні теми:

Ефективне планування комунікацій (Efficient Communication Scheduling) полягає в утворенні щільної локальної мережі (LAN), за допомогою використання та поєднання між собою різноманітних за функцією та призначеннями пристроїв CPS. У створеній локальній мережі виконується збір даних, необхідних для правильної організації певного процесу. При цьому обмежена смуга пропускання бездротового зв'язку може не підтримувати збір даних у реальному часі з великої кількості пристроїв CPS.

Точна та надійна локалізація (Accurate and Robust Localization) проводиться для основних операцій на складі, зокрема таких як інвентаризація для отримання та відстеження розміщення продукції чи будь-яких інших об'єктів. Підхід до локалізації має бути точним, надійним, швидким, і широкого охоплення.

Співпраця кількох роботів (Multi-Robot Collaboration) роботи складаються з різних датчиків, точних приводів і

потужних процесорів. Ці компоненти дають змогу роботу приймати розумні рішення, а також поводитися обережно та точно. Роботів використовують для покращення виконання складних завдань, які потребують багато часу для виконання їх людиною, тих завдань що можуть нашкодити людині та тих, які є технічно важкими у виконанні. Розумні роботи забезпечують великий потенціал для розумного складу, адже можуть виконувати безліч різноманітних завдань, наприклад: складських операцій, перенесення та переміщення, складання, маркування, сортування, тощо.

Розпізнавання людської діяльності (Human Activity Recognition.). Людина в системі розумних складських приміщень відіграє важливу роль в управлінні різного роду та виду діяльності об'єктами, товарами, пристроями, тощо. Для організації спільної одночасної роботи людини з комп'ютером (роботами) необхідно також розпізнавати діяльність людини.

### III. OBJECT DETECTION

Для розпізнавання об'єктів на складських приміщеннях за допомогою відео та зберігання даних про певні об'єкти в Інтернеті впроваджують Інтернету речей (IoT).

До існуючих засобів ідентифікації об'єктів відносяться:

- комп'ютерний зір – машини та технології, які можуть проводити, виявляти та визначати об'єкти;
- QR та штрих коди;
- мітки NFC та RFID;
- магнітні картки.

Така реалізація IoT базується на алгоритмі розпізнавання об'єктів, що використовує бібліотеку OpenCV для Python і Raspberry PI 3 для зберігання даних у веб-програмі. [3]

На багатьох складах виникає потреба в сортуванні великої кількості товарів. Для реалізації сортування найчастіше використовують конвеєрні лінії оснащені додатково датчиками. Сортування у промисловості – це повторюваний виробничий процес, який зазвичай виконується працівниками вручну. Через сортування

вручну виникають неточності на основі людського фактору. Для того, щоб отримати якомога точний результат використовують спеціальні датчики, наприклад за допомогою використання датчика кольору TCS3200, який може розрізняти різні кольорові об'єкти при цьому ефективно та швидко класифікувати їх.



Рисунок 2 – Приклад датчика кольору

Транспортування об'єктів організується за допомогою використання конвеєрної стрічки. Об'єкти можна сортувати за допомогою різноманітних методів, включаючи сортування за масштабом (висота, довжина тощо), кольором, вагою, комп'ютерним зором (обробка зображень), вмістом об'єкта тощо. [4,5]

Лінії конвеєрного типу є дуже розповсюдженим пристроєм автоматизації для пересування об'єктів на підприємствах. Конвеєри використовуються майже на кожному підприємстві та розподіляються на:

– роликіві – поверхня цього типу конвеєрної стрічки складається з роликів, які обрані відповідно до виробничих вимог, такими як вага або необхідна швидкість руху продуктів, які будуть переміщатися уздовж стрічки;

– пласкі – використовує серію привідних шківів для переміщення безперервного плоского ремня, який може складатися з натурального матеріалу або синтетичної тканини (наприклад, поліестер, нейлон);

– шевронні – стрічкові конвеєри з клином мають в своєму виконанні вертикальні клини або бар'єри. Ці шипи можуть забезпечувати безпеку сипучих матеріалів під час ухилів і ухилів, забезпечуючи рівномірне відстань між предметами і багато іншого.

Конвеєри вирішують завдання автоматизації й оптимізації процесу виробництва і є невід'ємною частиною різних технологічних ліній. [6-15]

Наявність автоматичної системи керування режимами роботи стрічкового конвеєра розширює можливості підвищення показників надійності, тому що застосування регульованого приводу зі змінною швидкістю транспортування, можливість регулювати запуск конвеєра, натяг стрічки, розподіляти тягове зусилля між барабанами, дозволяє впливати на термін служби окремих елементів і всього конвеєра в цілому. Створюючи модульну систему з стрічкових конвеєрів можна створити лінію з функцією сортування об'єктів. Керування конвеєрними стрічками вже є автоматизованим та відбувається за допомогою

панелей керування чи персонального комп'ютерів в більш сучасних системах.

Для розпізнавання та сортування на складі можна також використовувати коди швидкого реагування (QR).

Для організації роботи на складі все найчастіше почали використовувати роботів. Сучасних роботів, яких використовують для автоматизації складських процесів, поділяють на дві групи: промислові та колаборативні. Промислові роботи – це програмовані машини, обладнані датчиками обліку даних у режимі реального часу, що замінюють ручну працю при складних повторюваних діях. На складах цей тип представлений підймальними механізмами та автоматичними транспортерами. Колаборативні роботи (коботи) представляють собою об'єднання праці людини і машини. Такі роботи зазвичай можуть працювати автономно чи під керівництвом людини. У складській сфері коботи представлені маніпуляторами для переміщення вантажів і пакувальними машинами.

#### ВИСНОВКИ

В даних тезах було розглянуто основні моменти в перетворенні звичайного складського приміщення в розумний склад з використанням Cyber-Physical System. Представлено аналіз чотирьох базових технологій побудови розумного складського приміщення, тобто ефективного планування зв'язку, точна та надійна локалізація, координація кількох роботів і розпізнавання діяльності людини. Також було розглянуто існуючі засоби ідентифікації об'єктів, які можна застосовувати для перетворення звичайного складського приміщення на автоматизований розумний склад. Проаналізовано лінії конвеєрного типу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Katterpur, A. (2019), Workflow composition and analysis in Industry 4.0 warehouse automation. IET Collab. Intell. Manuf., 1: 78-89. <https://doi.org/10.1049/iet-cim.2019.0017>

[2] Liu, X.; Cao, J.; Yang, Y.; Jiang, S. CPS-Based Smart Warehouse for Industry 4.0: A Survey of the Underlying Technologies. *Computers* **2018**, 7, 13. <https://doi.org/10.3390/computers7010013>

[3] J. F. Ibañez, J. E. Serrano Castañeda and J. C. Martinez Santos, "An IoT Camera System for the Collection of Data Using QR Code as Object Recognition Algorithm," *2018 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/CONIITI.2018.8587087.

[4] F. H. Altaf Hussain, V. K. Shukla and A. Tripathi, "Sorting of Objects from Conveyer Belt through Colour Detection and Audrino UNO," *2021 International Conference on Communication information and Computing Technology (ICCICT)*, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCICT50803.2021.9510037.

[5]. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.

[6] Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser

Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.

[7] Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(10), 7465-7473.

[8] Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, J. Math. Comput. Sci., 11(1), 520-542.

[9] Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70.1, 139-145.

[10] Igor Nevliudov, Vladyslav Yevsieiev, Oleksandr Klymenko, Nataliia Demska, Maksym Vzhesnievskyi. Evolutions of the Development of Group Management of Mobile Robotic Platforms in Warehousing 4.0. INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES, (4 (18), 2021. pp. 57-64. doi: 10.30837/ITSSI.2021.18.057

[11] Аналіз стратегій зберігання виробів в автоматизованому інтелектуальному складі / І. Ш.Невлюдов, В. В. Євсєєв, Н. П. Демська, М. О. Вжєснєвський, О. М. Клименко // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. – С. 87-88

[12]. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70.1, 139-145.

[13]. Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, J. Math. Comput. Sci., 11(1), 520-542.

[14]. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. Advances in Dynamical Systems and Applications, 16(2), 441-455.

[15] Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8(10), 7465-7473.

# Modern Trends in the Development of Robotic Complexes for Humanitarian Demining

Dmytro Yanushkevych<sup>1</sup>, Leonid Ivanov<sup>1</sup>

1. CITAM Dept., Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, Kharkiv, Nauki Avenue, 14,  
e-mail: dmytro.ianushkevych@nure.ua

**Abstract:** The object of research is robotic military complexes used in the system of humanitarian demining. This work aims to study the requirements for robotic military complexes (including manipulators that are sucked into them) and to develop proposals for their use in humanitarian demining. The research is based on the application of a functional approach to the construction of models for the formation of requirements for robotic military complexes (RMC), which are sucked into the system of humanitarian demining.

**Keywords:** explosive object, robotic military complexes, humanitarian demining, mobile platform.

## I. Introduction

All military conflicts are accompanied by the widespread use of anti-personnel mines and explosives object (EO) by the warring parties. One of the problems that countries in all regions where hostilities have taken place or there are military conflicts caused by international and international liberation movements (for example: Iraq, Syria, Afghanistan, the former Yugoslavia, Ukraine, etc.), face the problems of humanitarian demining.

According to a report by the International Campaign to Ban Landmines (ICBL) for 2020, 2019 was one of the most tragic years in terms of mortality from mine explosions in the world. Afghanistan, Colombia, Iraq, Mali, Nigeria, Ukraine and Yemen had the highest deaths from mine explosions. One third (33 %) of deaths from anti-personnel mine explosions in 2019 were recorded in 55 countries that joined the Ottawa Treaty. Anti-personnel mine explosions in 2019 claimed at least 2,170 lives worldwide, another 3,357 people were injured. More than 80 % of mine deaths are civilians, 43% of whom are children [1].

According to United Nations estimates, it was established that during the years of the military conflict in Donbas, which began in 2014 and the 7-month war with Russia, about 20 % of the territory of Ukraine (approximately 270,000 km<sup>2</sup>) was contaminated with explosive objects (mines, shells, aerial bombs, etc.), which did not explode. It will take 25-30 years for the demining of territories contaminated with explosive objects. These territories include the territories of Kyiv, Sumy, Kharkiv, Donetsk, Luhansk, Zaporizhzhia, Kherson, Mykolaiv regions and the Autonomous Republic of Crimea. Since the beginning of the war, the pyrotechnic units of the State Emergency Service have already discovered, removed and neutralized more than 180,000 explosive objects, and an area of more than 68,000 hectares was surveyed. Humanitarian demining is a measure taken to eliminate EO hazards, including non-technical and technical surveys of EO-contaminated areas, mapping, marking, search, identification and disposal of EO, assessment of demining quality, etc.

The implementation of humanitarian demining is characterized by increasing attention to the problems of creating robotic systems and systems for military, special and dual-use (RKMP). This is due to the efforts of all advanced countries to save lives, in the context of which the use of RKMP can achieve positive results. In addition, this trend is explained by the rapid development of new technologies in the information sphere, ie "robotization" of various human activities, in particular, the military sphere, which corresponds to the content of modern concepts of post-industrial society based on Industry 4.0.

Despite the significant number of scientific papers on this topic, today there is a tendency to distinguish between these issues [2].

The above problems, according to experts, should be solved only in a set of organizational and technical measures, which within the modern process of transformation in the Armed Forces are divided into two separate components:

- use of network-centric concept of combat operations;
- development of robotic complexes and systems of military, special and dual purpose.

Thus, work on the creation of robotic military complexes for humanitarian demining is an urgent task. *The object of the study* is military robotic complexes used in the system of humanitarian demining. *The aim of the work* is to study the requirements for military robotic systems (including manipulators that are sucked into them) and to develop proposals for their use in humanitarian demining.

## II. Results of research

The research was performed according to the method presented in [2, 3].

According to the international standard ISO 8373: 2012 "Robots and robotic devices. Terms and definitions", a robotic system (robot system) is a complex consisting of one or more robots, their working bodies and any mechanisms, equipment, devices or sensors that ensure the robot's functional purpose (task).

The leading countries of the world are actively involved in the creation of military robotic complexes, based on their scientific, technical and industrial accumulations [3]. The creation of the RKMP requires a significant study of the core of the most important technologies that are needed to create the entire range of promising RKMP. In this case, a typical sample RKMP can be represented as a set of functionally related elements. In particular [2]:

1. Base media - this can be a mobile platform, chassis or housing of any configuration, designed for use in different environments.



2. Specialized attachment (built-in) equipment in the form of a set of removable modules of payload (target).

3. Means of provision and maintenance used in preparation for use and technical operation of the robot.

The composition of specialized equipment is set based on the functional purpose of RKMP and may include [2]:

- means of intelligence;
- weapons;
- navigation devices;
- special technological equipment;
- means of telecommunications;
- specialized computers and controllers with software and algorithmic software;
- means of electronic warfare (EW);
- protective equipment.

In addition, RKMP need provision and maintenance, ie the complex additionally includes [3]:

- point of management, control and information processing;
- means of delivery, transportation and launch;
- equipment, refueling and charging;
- means of training specialists;
- a set of guiding documents;
- a set of spare accessories.

This idea of a typical RKMP allows you to identify technologies for the development of these elements. Critical robotics technologies can be decomposed into:

- basic, ie developed directly for robotic systems;
- auxiliary – developed for a wide range of weapons models and prospects for use during the creation of the RKMP [2].

The main technologies include the following technologies [3]:

- systems of perception and processing of sensory information, situation assessment and behavior planning;
- automatic guidance and control;
- remote and autonomous traffic control;
- automatic recognition of images (goals), analysis of situations and dynamic scenes;
- artificial intelligence and training;
- human-machine interface;
- intelligent group control systems.

Auxiliary technologies include [2-4]:

- automated control;
- creation and operation of new promising structures;
- energy;
- creation and application of new materials and substances;
- geoinformation and accurate global positioning;
- creation of perspective systems of sensors and their elements;
- creation of optical and optoelectronic means.

Possession of such technologies is the key to success in ensuring the necessary degree of autonomy and intelligence of unmanned aerial vehicles (UAVs), ground-based RKMP and autonomous naval aircraft.

Using the visual classification proposed by the staff of Oxford University, it is possible to systematize robotic systems by four generations [10]:

1. "Lizard level" - corresponds to the performance of processors of universal robots of the first generation, which is from 3000 to 1 million commands per second

(MIPS). The main purpose of such robots is to receive and perform only one task, which is programmed in advance.

2. "Mouse level" - the second generation of work that can implement adaptive behavior, ie learning in the process of performing tasks.

3. "Monkey level" - third-generation robots, which are based on processors from 10 million MIPS. The peculiarity of such robots is that to get the task and training you only need a demonstration or explanation.

4. "Human level" – the fourth generation of robots, which should be able to think and make independent decisions.

The classification of RKMP according to the degree of their dependence on the operator is as follows:

1. 1st generation robots are devices with software and remote control that can only function in an organized environment.

2. Works of the 2nd generation - adaptive, having synthetic "senses" and able to function in previously unknown conditions, and to adapt to changing situations.

3. The works of the 3rd generation are intelligent, have a control system with elements of artificial intelligence (created so far only in the form of laboratory models).

Another classification of RKMP provides for their division into three categories [3]:

1. "Human-in-the-loop" - this category includes unmanned vehicles capable of self-detection of targets and their selection, but the decision to destroy them is made only by the human operator.

2. "Man-on-the-loop" - this category includes systems that can independently identify and select targets, as well as make decisions to destroy them, but the human operator, acting as an observer, in may intervene at any time and correct or block this decision.

3. "Human-out-of-the-loop" - this category includes works capable of identifying, selecting and destroying targets independently without human intervention.

Today, the most common RKMP first generation (controlled devices) and rapidly improving systems of the second generation (semi-autonomous devices). To move to the use of third-generation RKMP (autonomous devices), experts are developing a system of self-learning with artificial intelligence, which will combine the capabilities of the most advanced technologies in navigation, visual object recognition, artificial intelligence, weapons, independent power supplies, camouflage and more.

The US military has used the smallest reconnaissance robot Recon Scout in Afghanistan. It weighs 1.3 kg and is 200 mm long, equipped with conventional and infrared cameras. This robot can be blamed for obstacles [5].

The most popular American military robot (released more than 3 thousand units) is a remote-controlled machine (DCM) "TALON", developed by Foster-Miller [5]. U.S. researchers estimate that the robot neutralized 50,000 explosive devices. "TALON" is able to operate in any weather and insufficient lighting, to overcome blockages and wire barriers, to move in areas with difficult terrain, to operate underwater at depth.

The robot can act as a chassis to accommodate various specialized equipment, thanks to which it can perform various tasks on the battlefield and in the rear. The standard robot "TALON" is a modular system that



includes a removable arm manipulator with a double hinge, 1.6 m long (Fig. 1).



Fig. 1 American military robot "TALON"

The robot is controlled by duplex radio or fiber-optic line. The remote control of the TALON machine is controlled by the operator from the remote control of a fiber-optic cable (but at a distance of up to 300 m) or by radio (up to 800 m), and when using a directional antenna the range increases to 1200 m. TALON "in the normal mode is 8.5 hours. Combat weight "TALON" 52-71 kg (depending on configuration). TALON speeds range from a maximum of 8.3 km / h to creeping with the ability to run continuously for more than four hours. On-board equipment consists of day and infrared cameras, GPS-navigator, sensors, which are used to detect explosives and toxic substances, as well as assessment of radiation, chemical and biological conditions.

An important element of the design is that "TALON" can carry on board weapons (machine gun M240 caliber 7.62 mm, sniper rifle M82A1, four-barrel 66 mm missile system M202, 40-mm grenade launchers, multi-barrel Metal Storm).

The control panel is a diplomat, which also houses the power supply. Thanks to the seven cameras located on board, the screen of the control unit continuously displays information for accurate positioning of the car. The chassis robot can carry a load of more than 90 kg to provide maximum flexibility in any situation.

In addition to these robotic systems, the most common are the following RKMP [2, 5]:

1. Tracked robotic mini-machine FirstLook 110 made in the USA (weight - 2.2 kg; dimensions - 250 × 230 × 100 mm; equipped with 4 backlit video cameras).

2. Military reconnaissance robot Spybot made in Switzerland. The SpyRobot robot is available in two versions - with a 4 × 4 and 6 × 6 chassis (weight - 5 kg, reconnaissance equipment includes thermal and optical sensors, as well as a radar station with a synthesized aperture). As a result of the modernization of the SpyRobot machine, a remote-controlled platform (RCP) Dragon Runner [15] was created for reconnaissance within the effective range of small arms (weight - 9 kg, dimensions - 230,200 75 mm, equipped with IR sensors and a video camera).

3. Multifunctional robot platform Warrior 710 made in the USA. Its main tasks are demining, road clearing,

firefighting, reconnaissance, remote surveillance, emergency response, cargo handling and welding, and the evacuation of wounded soldiers from enemy fire.

4. Track robot PackBot-510 made in the USA is designed to neutralize explosive munitions. PackBot can work with the full range of EO and solve the problems of disposal of conventional ammunition. Its lightweight and reliable OmniReach manipulator system can be deployed up to two meters in any direction to safely penetrate hard-to-reach places where improvised explosive devices, ammunition, mines and other explosive devices are located.

RKMP is also developed in Ukraine [5]. The main developers of military robotic systems in Ukraine include:

1. Lviv private company Roboneers (Global Dynamics) is developing a robotic, remotely controlled platform with a hybrid drive in two main versions - Hound and Ironclad.

2. Kyiv private joint-stock company "Kuznya na Rybalskomu" has developed a robotic complex "Piranha" on a caterpillar platform.

3. Zaporizhzhya company "Infocom Ltd" has developed a robotic structure "Laska 2.0", designed for patrolling, reconnaissance, demining, delivery of ammunition and evacuation of the wounded. In addition, the company has developed an automatic robotic turret "Guard", the main purpose of which is to protect the protected perimeter (state border, important facilities, military units, etc.) from unauthorized access.

4. Lviv Polytechnic National University has created mobile robotic platforms MRP-05 "Borsuk" caterpillar platform with electromechanical drive and MRP-07 "Kubyk" on a wheeled platform (6 4). These platforms are designed for inspections, environmental monitoring or to perform special tasks.

5. National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute. I. Sikorsky "is the developer of a multifunctional off-road robot for emergencies.

6. Kyiv private company Robotics Design Bureau has developed and tested a robotic observation and fire complex "Hunter", which is based on a remotely controlled platform. All of the above robot developments are at different stages of the product life cycle: design, manufacture or testing.

Studies have shown that the system of humanitarian demining should contain the following subsystems [4]:

- non-technical and technical inspection of the territories polluted by EO;
- search, identification and disposal of EO;
- mapping and marking of the territories polluted by EO;
- assessment of demining quality, etc.

Components of humanitarian demining systems with the use of robotic systems are shown in Fig. 2, include:

- technical means;
- technologies of humanitarian demining;
- decision-making systems;
- reconnaissance systems (aerial reconnaissance data, survey data and foreign intelligence);
- search systems, locations (topographic reference) of areas contaminated by EO;
- marking and mapping of areas contaminated with EO;
- identification of EO;

- development of a decision-making strategy, which includes assessment of the level of threat and decision-making on the destruction, disposal or disposal of EO;
- quality control of humanitarian demining of areas contaminated with EO.

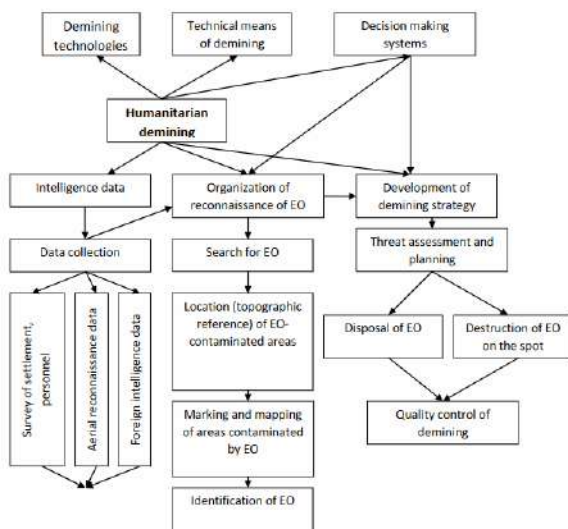


Fig. 2. Components of humanitarian demining systems [2]

Searching for and identifying EOs for humanitarian demining is a complex task. RKMP for humanitarian demining must be equipped with appropriate manipulators and detectors (sensors, sensors), decision-making tools and used at the stages of reconnaissance, search, location, marking, identification, disposal and destruction of EO.

Detection of EO means their search, due to factors that include [2]:

- the presence of explosives and locally located mass of metal;
  - specific form of mines, landmines and EO;
  - heterogeneity of the environment where the EO is located (violation of the soil surface, road surface, violation of the color of vegetation or snow cover, etc.).
- Additional unmasking factors:
- availability of control lines and antennas for EO radio receiving devices;
  - the presence of a clockwork or electronic timer placed on the EO;
  - the presence of a seismic, magnetic or optical sensor.

Thus, a mine or EO can be detected by the following factors:

- the presence of a concentrated mass of explosives;
- construction of a mine or EO (specific shape, material from which the case is made);
- heterogeneity of the environment (color of vegetation, soil density, etc.).

Search for mines and EO should be carried out in two directions:

- search for individual mines and EO (search distances range from a few centimeters to several meters);
- reconnaissance of areas contaminated with EO and minefields (search distances range from tens of meters to several kilometers).

Currently, the most widely used methods of mine search and EO: electromagnetic (induction, radio, magnetometric, nonlinear), nuclear-physical, thermophysical and mechanical (mechanical sounding).

### III. Conclusions

In the course of work it is shown that the system of humanitarian demining should perform the following tasks:

- survey of areas contaminated with EO;
  - search, identification and disposal of EO; - mapping and marking of the territories polluted by EO;
  - assessment of the quality of humanitarian demining.
- Searching for and identifying EOs for humanitarian demining is a complex task.

In this regard, for humanitarian demining RKMP must be equipped with appropriate manipulators and detectors (sensors, sensors), decision-making tools and used at the stages of reconnaissance, search, location, marking, identification, disposal and destruction of EO, and meet the established requirements. The research results can be used in the creation of robotic systems and systems for military, special and dual-use, which are used in the field of humanitarian demining.

### References

- [1] Tarhan M. (2021). Invisible Death: Antipersonnel mines continue to claim thousands of lives. Anadolu agency. Available at: <https://bit.ly/352MG61>
- [2] Nevludov I., Yanushkevych D., Ivanov L. (2021). Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian mining. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62), 47-52.
- [3] Kasban H., Zahran O., Sayed M. Elaraby, M. El-Kordy, F. E. Abd El-Samie. (2010). A Comparative Study of Landmine Detection Techniques. *An International Journal Sensing and Imaging volume 11*, 89-112.
- [4] Янушкевич Д. А., Іванов Л. С. (2021). Сучасні тенденції застосування роботизованих систем для гуманітарного розмінування. *Збірник матеріалів III форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2021*. Available at: <https://mts.nure.ua/conferences-ua/forum/aert-2021>.
- [5] Nazemni boiovi roboty: lidery ta Ukraina (2021). Available at: [https://lb.ua/news/2021/11/17/498795\\_nazemni\\_boyovi\\_roboti\\_lideri.html](https://lb.ua/news/2021/11/17/498795_nazemni_boyovi_roboti_lideri.html).

# Технологія обміну даними в інфраструктурі Smart-City

Олег Панченко

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки. 14., email: oleh.panchenko@nure.ua

**Анотація:** Структурні трансформації, що відбуваються у глобальній економіці, стали рушійною силою економічного розвитку, що обумовлюються переходом до дедалі складніших технологічних процесів. У роботі проаналізовані сучасні тенденції реалізації концепції Smart-City у сталому розвитку міст з особливою увагою до мегатрендів структурних змін у світовій економіці крізь призму поширення цифрових технологій, розвитку цифровізації та стрімких процесів урбанізації. Детально розглянуті головні характеристики та функції smart-інфраструктури, перешкоди на шляху до її розбудови, потенційні переваги та виклики впровадження smart-технологій у фізичну інфраструктуру міста.

**Ключові слова:** smart-city, технології, цифровізація.

## I. ВСТУП

Впровадження технологій та технологічний прогрес, які спостерігаються у дедалі більшій кількості країн, дозволяють застосовувати нові методи виробництва та підвищувати рівень конкурентоспроможності, що сприяє покращенню якості життя населення.

З кожним роком цифровізація змінює більшість галузей суспільства, а взаємозв'язок між ними піддається переоцінці, що свідчить про головні трансформації розвитку. Формується принципово нове – цифрове – середовище, утворюються нові екосистеми та моделі економічного розвитку. Цифрова трансформація стала одним із головних драйверів глобальних змін. Подальший перехід до цифрових послуг є неминучим і лише прискорюватиметься та поширюватиметься [1-2].

Цифровізація та удосконалення технологій виходять на рівень покращення інфраструктури країн і міст, наприклад технологія IoT. Інтернет речей (IoT) – технологія, якою підтримується зв'язок мережі комп'ютеризованих пристроїв з Інтернетом, що використовують мікропроцесори, різноманітні датчики та апаратні засоби бездротового зв'язку для збору, передачі та виконання дії щодо інформації, отриманої з їх середовища. В основі кожного пристрою в системі IoT знаходяться датчики, які збирають та передають дані до хмари з метою подальшого їх аналізу, обробки та прийняття рішень. Завдяки поступовому впровадженню швидкісного Інтернету забезпечується міцний зв'язок між мільйонами пристроїв і датчиками, що дозволяє IoT ефективно працювати. Наведемо декілька прикладів застосування IoT:

1. “Розумне” вуличне освітлення. “Розумні” вуличні ліхтарі функціонують як точки Wi-Fi, оснащені камерою спостереження, заряджають розетки для електромобілів та телефонів і вимірюють якість повітря [3].

2. Поводження з відходами. У будівлях впроваджується “розумна” станція збору сміття, де мешканці утилізують мішки для сміття (розділене на органічне та неорганічне). Оснащена датчиками

станція збору сміття визначає, коли вона стає заповненою.

І сміття автоматично спрямовується по трубах високого тиску безпосередньо до центру переробки.

3. Громадський транспорт. Датчики, розташовані на громадському транспорті, надсилають дані про трафік у програмне забезпечення управління міським транспортом. У режимі реального часу вираховується час, потрібний для очікування на транспорт; також можливим стає отримання інформації про затори або про затримки руху.

Така технологія може характеризуватися і позитивними, і негативними наслідками. Зокрема до позитивних можна віднести: зменшення вартості надання послуг, більша прозорість та ефективність використання ресурсів, зростання продуктивності у промисловому секторі, виникнення додаткових знань, а також цінностей, що ґрунтуються на під'єднаних “розумних” речах, зменшення вартості надання послуг та ін. [4]. З-поміж негативних наслідків найбільш ймовірними є втрата робочих місць низькокваліфікованими працівниками, порушення конфіденційності, втрата контролю, зловмисне проникнення до систем (хакерство) та загроза безпеці.

## II. ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ SMART-CITY

Не менш важливою технологією поряд з IoT є “Великі дані” (Big Data) – набір методів і засобів опрацювання структурованих і неструктурованих різнотипних даних у режимі реального часу з метою їх аналізу

та використання для прийняття відповідних рішень у різних сегментах [5]:

1. “Розумна” енергія. Впровадження “розумних” мереж (smart grids) дозволяє міським службам аналізувати споживання електроенергії в режимі реального часу. Використовуючи аналітику даних, вони можуть прогнозувати піки споживання та відповідно планувати розподіл енергії [6].

2. Громадський транспорт. Транспортна інфраструктура використовує “Великі дані” з метою забезпечення швидкої та безпечної подорожі містом. Влада міста отримує дані про рух транспорту, що дозволяє їй ефективно керувати транспортною системою. Зазвичай система “розумного” транспорту міста складається з інтелектуальної транспортної мережі (Intellectual Transport Network).

3. Управління інфраструктурою міста. “Великі дані” допомагають контролювати та керувати питаннями, наприклад, щодо вивезення відходів, транспортування та економії ресурсів. Для цього у фізичну інфраструктуру міста вбудовуються датчики. З метою

перетворення інфраструктури на “розумну” формується технічна база, що складається з мережі датчиків і підключених пристроїв, які збирають дані; встановлюються “розумні” додатки, які обробляють дані, переводячи їх у сповіщення та дії.

4. Безпека міста. Програми з картографування злочинів у реальному часі через аналіз даних виявляють закономірності злочинів і проблемних зон, прогножуючи кількість злочинів. Це дозволяє поліції посилити безпеку в необхідних районах.

Як і у випадку IoT, “Великі дані” характеризуються і перевагами, і недоліками. Ефективне використання великого масиву даних може прискорити ухвалення рішень у багатьох сферах, що має наслідком покращення життя громадян та дає змогу компаніям та урядам забезпечити необхідні послуги в режимі реального часу. З-поміж позитивних наслідків: спрощення та краща ефективність отримання різноманітних послуг для громадян, можливість отримати дані для передових розробок, ухвалення більшої кількості необхідних рішень для різних суб’єктів господарювання в режимі реального часу, заощадження коштів та поява нових видів робіт. Негативні наслідки стосуються недовіри до самих даних (неможливість перевірити їх точність) та їх підзвітності, а також занепокоєння щодо збереження конфіденційності приватних даних [7-8].

Хмарні обчислення – цифрова технологія, якою найбільше користуються компанії. Останні дедалі частіше інвестують у послуги хмарних обчислень, як-то програмне забезпечення фінансового та бухгалтерського обліку, програмне забезпечення для управління відносинами з клієнтами. З-поміж економік світу за використанням цієї технології лідирує Фінляндія, де понад 55% усіх компаній звертаються до хмарних. Однак, існує значний розрив між великими компаніями та малими і середніми підприємствами у використанні цієї технології.

Іншою важливою технологією, на яку покладаються і міста, і навіть країни, є глобальна система позиціонування (GPS). Вона допомагає створити міську цифрову модель з геореференційними даними: інженери-будівельники, наприклад, можуть визначити найкращий маршрут для велосипедних смуг або розміщення багатомодальних транспортних станцій. На практиці геопросторові технології використовуються також для проектування житлових та міських районів з метою покращення пішохідних маршрутів [9-10].

Штучний інтелект (ШІ) – комбінація технологій, яка вже сьогодні кардинально змінює світ [11-12]. ШІ використовується в різних сферах і дає можливість оцінювати якість роботи працівників, шукати причини дефектів виробленої продукції, замінювати ручну працю на автоматизовану, генерувати нові знання, які допомагають швидко приймати рішення. Деякі країни мають окремі відомства (міністерства, комітети, департаменти тощо), які опікуються питаннями ШІ (ОАЕ, Індія). А деякі міста стають центрами розвитку та впровадження ШІ (наприклад, Прага).

Що стосується робототехніки, то вона є багатопрофільною. Вона впливає на багато професій: від сільського господарства, промислового виробництва до

сфери послуг і роздрібною торгівлі [13-14]. Згідно з даними Міжнародної федерації робототехніки, станом на кінець 2019 р., у світі функціонувало 2,7 млн. роботів. Наприклад, Дубай, Сінгапур і Токіо – лідери із запровадження гуманоїдів для таких послуг, як обслуговування номерів у готелях, спостереження та відвідування інформаційного бюро в державних офісах. У Дубаї ж тестуються гуманоїди-поліцейські (можуть замінити 25% робочої сили поліції до 2030 р.). Разом з тим, роботи не замінять людську працю в найближчому майбутньому, але вони можуть “перебрати” на себе зростаючу частину виробничої площі. Зростаюча частка діяльності, яку виконують роботи, швидше за все, скоротить кількість низькокваліфікованих робочих місць з низьким рівнем заробітної плати, створюючи порівняно невелику кількість спеціалізованих робочих місць з вищою заробітною платою в технічному обслуговуванні та програмуванні.

Іншою розповсюдженою технологією є 3D-друк, або адитивне виробництво – процес створення фізичного об’єкта шляхом його пошарового друкування за цифровим рисунком у 3D-вимірі. Це технологія, яка може знизити витрати на будівництво нової інфраструктури (житлових будинків та офісів) та може поширитися на масштабні інфраструктурні проекти. У 3D-принтері використовуються різноманітні матеріали, як-то пластик, алюміній, сталь, кераміка та складні сплави, і він може замінити майже цілий завод. За допомогою 3D-принтера можливим стало виготовлення найрізноманітнішої продукції: від іграшок до вітрових турбін та будинків. 3D-друк використовується не лише на промисловому виробництві, але й у сфері охорони здоров’я та у виготовленні споживчих товарів. Зокрема, завдяки цій технології можна подолати дефіцит донорських органів, здійснювати друк зубних імплантів, протезів та кардіостимуляторів, а також сфокусуватися на персональних потребах пацієнтів, створювати нішеві товари та отримувати додатковий дохід від їх продажу. Негативні наслідки використання цієї технології полягають у: (1) збільшенні кількості відходів за такими матеріалами як пластик, синтетичні смоли та їх утилізація, (2) втраті робочих місць у низці галузей, (3) відсутності контролю за виробничим процесом та нормативноправового регулювання споживання продукції, виготовленої з допомоги використання 3D-принтера [1-4].

Популярною останніми роками стала технологія блокчейн (розподіленого реєстру), яка дозволяє створювати та обмінювати унікальні цифрові записи без потреби в централізованій довірній стороні. Використовуючи “розумне” поєднання криптографії та однорангових мереж, блокчейн гарантує прозоре і точне зберігання та поширення інформації серед групи людей, забезпечує безпеку та відстеження кожної транзакції, захищає від фальсифікацій. Серед переваг технологій:

1. Можливість точно копіювати та передавати відповідну інформацію багатьом людям без граничних витрат. Блокчейн дозволяє передавати достовірно унікальні цифрові об’єкти без ризику фальсифікації чи подвійного надсилання;

2. Забезпечення прозорості, можливості перевірки та “незмінність” даних;

3. Можливість проведення транзакцій, які можуть виконуватися без втручання людини. “Розумні” контракти на базі технології блокчейн можна спроектувати для передачі будь-якої частини інформації чи активу за будь-яких умов. Код до виконання такого контракту зберігається у блокчейні, є доступними для інспекції та працює без затримок;

4. Інклюзивність (розширена доступність). Для користувача достатньо виконувати транзакції завдяки базовому програмному забезпеченню, сховищу та з’єднанню.

Як і у випадку інших цифрових технологій, блокчейн характеризується певними невизначеностями. Зокрема існує правова невизначеність стосовно транзакцій на основі цієї технології; розгортання нової інфраструктури на базі технології блокчейн вимагає ефективних систем управління; немає уніфікованих стандартів інформаційної та технічної сумісності різноманітних технологій чи способів застосування блокчейну. Також під питанням можливість передачі самих даних, оскільки сьогодні доволі різним є нормативно-правове забезпечення країн світу стосовно дозволу на передачу даних за межі країни. Дрони поєднують три технології: IoT через вбудовані датчики, які збирають інформацію та передають її через Інтернет для аналізу; вдосконалена технологія акумуляторних батарей (дозволяє дронам працювати) та когнітивні обчислення (дозволяє дронам діяти автономно). Одним з відомих прикладів застосування цієї технології є зокрема такий: Amazon оголосив про випробування доставки дронами невеликих посилок у партнерстві з Posti (національна поштова служба Фінляндії), з метою підвищення ефективності доставки до сільських поселень [4-5]. Однак, економічні, логістичні та безпекові проблеми свідчать, що поставки дронами навряд зможуть призвести до значного зменшення попиту на автомобільні вантажні перевезення.

Сьогодні дрони використовують з метою проведення фотозйомки землі, інспекції будівель та врожаю. Дрони особливо придатні для контролю цілісності великої віддаленої інфраструктури, наприклад, нафтогазових установок, вітроелектростанцій і сонячних електростанцій [4].

У підсумку виокремимо головні особливості цифрових технологій та процесу цифровізації.

1. Цифрові технології впливають на час створення та життєвий цикл виробу. Темпи, з якими створюються та поширюються нові товари, збільшуються, а життєвий цикл товару – зменшується.

2. У традиційній економіці володіння продуктом було необхідним для забезпечення його використання. Цифрова економіка змінює цю тенденцію. По-перше, цифровими продуктами не потрібно повністю володіти, щоб ними скористатися. Споживачі переходять від права власності до права доступу (на основі передплати). По-друге, цифрові технології знижують бар’єри для спільного використання. Завдяки цифровим платформам можна відслідкувати відповідність попиту та пропозиції, а також організувати обмін продукцією.

3. У традиційній економіці виробництво продукції є масовим та однотипним. Цифрові ж технології

сфокусовані на персоналізації. Цифровий продукт може функціонувати відповідно до особистих уподобань споживача.

4. У цифровій економіці важливо швидко адаптувати продукти та послуги, щоб бути конкурентним. Успішними будуть організації, здатні швидко вчитися та впроваджувати технології у нові продукти з короткими циклами.

5. У цифровій економіці підприємницька діяльність автоматизується та характеризується зниженням рівня людських помилок, експлуатацією 24/7 та меншими витратами. Це спричиняє зміни на ринку праці: частина існуючих робочих місць може зникнути, а нові робочі місця з новими навичками та компетенціями – з’являться.

6. Використання цифрових технологій зменшує витрати на ведення бізнесу (наприклад, формування замовлень, виставлення рахунків на оплату). Цифровізуючи та автоматизуючи кожен крок транзакції, компанія отримує економічні вигоди під час зменшення обробки великої кількості транзакцій.

7. У цифровій економіці дані – основний фактор виробництва поряд з капіталом, природними ресурсами та робочою силою. Їх конкурентна перевага полягає

у тому, що на їх основі можливо приймати рішення (є базою доказів).

### III. РОЛЬ SMART-ІНФРАСТРУКТУРИ У СТАЛОМУ РОЗВИТКУ МІСТ

Цифрові технології пропонують економічно вигідні та інноваційні рішення щодо багатьох проблем, з якими стикаються міста та їх жителі. Вони сприяють генеруванню інформації для створення дій, що породжують позитивні зміни, – ефективніше використання ресурсів, зменшення рівня забруднення повітря, підвищення рівня громадської безпеки – зумовлені бажанням жителів.

Поєднання цифрових технологій та фізичної інфраструктури міста дало розвиток розбудові smart-інфраструктури. Її переваги є значними, однак залежать від здатності суспільства адаптуватися до неї у стислі терміни. Smart-інфраструктура має завданням ефективне використання ресурсів міського середовища всіма його учасниками задля забезпечення більш комфортного, безпечного та екологічно чистого життя. Smart-інфраструктура не просто вирішує питання створення менш забруднених чи більш ефективних територій, а генерує значний політичний капітал та великі можливості для бізнесу. Головний аргумент на користь об’єктів smart-інфраструктури – відповідність потребам суспільства за одночасного впровадження концепції сталого розвитку. За ефективного використання smart-інфраструктури жителі міст отримують комфортне та безпечне середовище для проживання. Насамперед це стосується процесів цифровізації секторів житлових комунальних господарств, енергетики, будівництва та громадського транспорту, масштабного використання інтегрованих цифрових платформ в управлінні містом, освітнім процесом, медичним сектором, а також контролю за захистом довкілля. Разом з тим, smart-інфраструктура не є “панацеєю” від усіх проблем міста, а в окремих випадках може генерувати ряд викликів: порушення



конфіденційності приватного життя, ризик технічної несправності, зниження культурного розвитку та ін. Загалом же наслідки розбудови smart-інфраструктури залежатимуть від прийняття багатопроблемних та водночас ефективних рішень.

Безпомилковим є розуміння того, наскільки глибоко залежними та вразливими до інфраструктури стало населення. Дороги, мости, школи, лікарні, порти, система громадського транспорту тощо – фізична інфраструктура, яка завжди була та буде важливою. “Збої” в її роботі можуть швидко порушити стабільне функціонування міста, знизити якість життя та продуктивність громад, а модернізація навпаки – сприяє економічному зростанню та підвищує добробут населення [5].

Сьогодні розвиток базової інфраструктури неможливий без впровадження цифрових технологій: пошук “розумних” способів прискорення економічного зростання, розширення соціальної включеності та підвищення якості довілля надає їм пріоритетного значення. Завдяки впровадженню цифровим технологіям можна отримати інформацію про ефективність роботи інфраструктури. Їх використання для моніторингу або складання карти стану інфраструктури дозволяє визначити ступінь старіння та залишковий проектний експлуатаційний термін [5].

Позитивний ефект від використання цифрових технологій є поступовим, тому прогнозувати вплив “втручань” таких технологій для будь-якої системи не надто легко. Оцінити ймовірний масштаб їх наслідків у майбутньому складніше, оскільки впровадження цифрових технологій залежить не лише від технологічного потенціалу, але й від політики, нормативно-правового та інституційного забезпечення, поведінки та сприйняття їх споживачами [населенням].

Термін smart-інфраструктура використовується в різних контекстах для опису різних соціально-економічних і технічних умов. Сьогодні немає ні єдиного, загальноприйнятого визначення smart-інфраструктури, ні визначених норм і стандартів її проектування та побудови. Це створює дуалістичність, слабкість інтерпретації та сповільнює процес розбудови такої інфраструктури [7]. Відсутність єдиних стандартів неоднозначно впливає на реалізацію інфраструктурних smart-проектів, оскільки очікування власників активів або операторів технологічної реалізації т.зв. “розумних” рішень може не виправдатися. Окремі автори визначають smart-інфраструктуру як процес переходу зі стану “нерозумності” до стану “інтелекту”.

“Нерозумна” інфраструктура не зможе адаптуватися до мінливих потреб, тоді як “розумна” може підвищити продуктивність, цілеспрямовано реагуючи на зміни в оточенні та на запити користувачів [жителів]. Smart-інфраструктура передбачає перехід до позитивних змін у наданні різноманітних послуг завдяки впровадженню технологічних нововведень.

Загалом smart-інфраструктура охоплює:

1. Мережу датчиків, вбудованих в об'єкти – дороги, автомобілі, лічильники електроенергії, побутові прилади, медичні імплантати людини тощо, які підключають їх до цифрових мереж (IoT). Мережі IoT

генерують дані в надвеликих обсягах, відомих як “Великі дані” (Big Data);

2. Мережі цифрових комунікацій, що забезпечують потоки даних у режимі реального часу, які можна поєднувати між собою;

3. Інфраструктуру високої ємності (“хмара”), яка може підтримувати та забезпечувати сховище для взаємозв'язку даних, програм, речей та людей. Загалом, smart-інфраструктура працює наступним чином: датчики збирають дані про життєдіяльність міста в різних сферах, мережі зв'язку переносять дані до спеціальних цифрових пристроїв (комп'ютерів), комп'ютери обробляють дані, оптимізуючи їх у реальному часі та отримуючи smart-аналітику, на підставі обробки відбувається прийняття рішень [10-11].

Цінність smart-інфраструктури полягає у:

1. Самоконтролі та точності прийняття рішень: можливість самостійного моніторингу внутрішнього структурного стану, а також умов середовища та використання з метою покращення точності та своєчасності прийняття рішень (наприклад, самоініціювання технічного обслуговування на основі автоматичного виявлення конкретних несправних деталей).

2. Ефективності та економії витрат: скорочення експлуатаційних витрат.

3. Надійності: мінімізація простоїв, збоїв обслуговування.

4. Безпеці, захисту та стійкості: підтримка адаптивних процесів і конструкцій, які забезпечують безпеку, захист і стійкість інфраструктури та її користувачів до небезпек, спричинених людиною та природними явищами.

5. Взаємодії та розширенні можливостей користувачів: надання послуг, адаптивних до мінливих потреб споживачів.

6. Сталості: оптимізація прийняття рішень для забезпечення сталого використання ресурсів.

7. Мінімізації надмірностей: мінімізація надлишкових компонентів у системі, що дозволяє зменшити енерговитрати та зберегти ресурси.

8. Часі реагування: раннє виявлення критичних подій (збоїв, зовнішніх загроз тощо), профілактичне технічне обслуговування та швидке їх подолання.

9. Зниженні вуглецевого сліду: мінімізація викидів та споживання енергії.

10. Якості послуг: підвищення рівня якості та розширення спектра послуг, що надаються інфраструктурою для покращення умов життя (соціально-економічна продуктивність).

#### IV. ВИСНОВКИ

Отже, концепція розумного міста передбачає екологічну стійкість і безпеку енергопостачання, що має на меті зменшення викидів та перехід до відновлюваної енергетики (ВЕ) шляхом впровадження цифрових технологій. Smart-технології пропонують широкий спектр рішень для переформатування інфраструктури міст з новими підходами до енергозабезпечення, розвитку мобільності та загалом економіки міста для того, щоб зменшити викиди, забезпечивши належний рівень енергоефективності та декарбонізації енергопостачання. Стабільне зниження виробничих витрат означає, що ВЕ стають конкурентним джерелом енергії у багатьох містах, і, ймовірно, стануть таким для решти міст вже найближчим часом.

Цифровізація енергетичного сектору має вирішальне значення для ЄС, забезпечуючи нові можливості для постачальників шляхом оптимізації їх активів, інтеграції ВЕ і зменшення експлуатаційних витрат; водночас, цифровізація допомагає споживачам (громадянам компаніям) зменшити рахунки за енергію через енергоефективність та участь у механізмах створення гнучкого попиту [9].

Важливим є розвиток розподілених енергетичних ресурсів, таких як побутові сонячні фотоелектричні батареї та накопичувачі, що створюють виробникам можливості зберігання і продажу надлишків електроенергії в електромережу. Нові інструменти, такі як блокчейн, можуть полегшити управління даними з енергопостачання та просування електромобільності.

Ключовою складовою “розумної” енергетичної інфраструктури є “розумна” мережа, яка може бути визначена як система доставки електроенергії від точки виробництва до точки споживання, яка інтегрована з ІКТ для розширених мережевих операцій, обслуговування споживачів та екологічних переваг.

Інтерактивна, гнучка енергетична система, яка спирається на зростаюче використання цифрових пристроїв, вдосконалених комунікацій та взаємопов’язаних систем, дедалі більше піддається зовнішнім загрозам, таким як віруси та порушення конфіденційності даних. Кібератак повністю уникнути навряд чи можливо, проте значно обмежити їх вплив на діяльність компаній можна, якщо усвідомити ризики, посилити контроль за діяльністю систем, високоналаштувати програмне забезпечення та підвищувати рівень цифрової грамотності населення.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Navigant Research Leaderboard: Smart City Suppliers. – Navigant Research, 2017. – Режим доступу: <https://www.navigantresearch.com/research/navigant-research-leaderboard-smart-city-suppliers>.

[2] Connected Urban Development. Cisco. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/about/consulting-thoughtleadership/what-we-do/industry-practices/public-sector/our-practice/urban-innovation/connected-urbandevelopment/cud-globalconference-amsterdam-september-2008/final.html>.

[3] Жарикова И. В. Интеллектуальная система управления освещением на базе пьезоэлемента / И. В. Жарикова, А. С. Боцман. // Радиотехника. – Харьков. – 2015. – № 1 (180) – С. 102-105.

[4] Яшкина О., & Балдинская О. (2018). Маркетинговое исследование потенциала рынка и системы «умный дом». Молодой ученый, 10 (62), 904-908.

[5] Smarter Cities Challenge. – IBM. – Режим доступу: <https://www.smartercitieschallenge.org>.

[6] Жарікова І. В., Переясловець М. С., Шматко С. В. Дослідження методів підвищення ефективності роботи електропостачальних систем // Proceedings of the 5th International scientific and practical conference «Topical issues of modern science, society and education». – Kharkiv, Ukraine, 28-30 November 2021. – PP. 473-477.

[7] Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. – Sustainable Development Goals, Knowledge Platform. – Режим доступу: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transforming-our-world>.

[8] Expanding Participation and Boosting Growth: The Infrastructure Needs of the Digital Economy. – World Economic Forum, 2015. – Режим доступу: [http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA\\_DigitalInfrastructure\\_Report2015.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_DigitalInfrastructure_Report2015.pdf).

[9] Nam T. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. – Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research, 2011. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/221585167\\_Conceptualizing\\_smart\\_city\\_with\\_dimensions\\_of\\_technology\\_people\\_and\\_institutions](https://www.researchgate.net/publication/221585167_Conceptualizing_smart_city_with_dimensions_of_technology_people_and_institutions).

[10] World Urbanization Prospects. – UNO, 2014. – Режим доступу: <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>.

[11] V. Bortnikova, I. Nevliudov, I. Botsman and O. Chala, “Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing,” in CEUR Workshop Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI’2019), June 12-15, 2019, Kherson, Ukraine.

[12] Igor Nevliudov, Iryna Botsman, Olena Chala, Kirill Khrustalev. Automated System Development for the Printed Circuit Boards Optical Inspection Using Machine Learning Methods // Proceedings of the 10-th International Scientific and Technical Conference «Information systems and technologies (IST-2021)». – Odesa, September 13-19, 2021. – PP. 234-238.

[13] Nevliudov I. Sh. Improvement of the commutation system for a mobile robot platform using polyimide structures / Nevliudov I., Zharikova I., Bronnikov A. // Eurasian scientific discussions. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference (May 8-10, 2022), Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. – 2022. – PP. 157-163.

[14] V. Bortnikova, V. Yevsieiev, V. Beskorovainyi, I. Nevliudov, I. Botsman and S. Maksymova, "Structural parameters influence on a soft robotic manipulator finger bend angle simulation", 2019 15th Int. Conf. Exp. Des. Appl. CAD Syst. CADSM 2019, pp. 35-38, 2019.

# Approaches to Functional Dependencies Representation for Industrial Automation Systems Mathematical Support

Daryna Nienova<sup>1</sup>, Yurii Romashov<sup>2</sup>

CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE, Kharkiv, Nauki Ave. 14.

1. e-mail: daryna.nienova@nure.ua

2. e-mail: yurii.romashov@nure.ua

**Abstract:** The generalized approaches to representation of functional dependencies used in mathematical maintenance of the technological processes automation systems are proposed in this research. The principal idea of these approaches is in using the functional dependencies discrete form including the nodal values of a function corresponded to the primarily chosen nodes of the argument variable, and the linear interpolation is proposed to compute the required values of the represented function. These principal ideas allow us to have the generalized uniform approaches to representation of different functional dependencies used in mathematical maintenance of automated systems. The main difficulties in using of the functional dependencies discrete form are in not existing required data required to have this discrete form, and it is proposed to use the cubic spline interpolation for correct transformation of the primarily existing not full data to the data set providing the reliability of the linear interpolation. The shown example of using of the proposed approaches deals with estimating the temperature fields in the pellets of the ceramic nuclear fuel used taking into account the temperature dependences of its heat conductivity.

**Keywords:** automated system, mathematical support, data, functional dependence, linear interpolation, cubic splines, temperature, heat conductivity, nuclear fuel.

## I. INTRODUCTION

Developing of industrial automation systems is principally required to improve the quality of controlled technological processes, and it is widely discussed in different modern researches in general point of view like in the research [1] or for different separate applications like in research [2] for example. The traditional approaches to automation are based on using the automation loops with the suitable controllers (governors) reach the limits of perfectness and it is actually difficult to have significant improvements of the controlled processes quality by using such traditional approaches at present. Due to this circumstance, modern automation systems are built using the computer simulations [3], artificial intelligent [4], machine learning [5, 6] and other computerised technologies. Mathematical support is the principally required component of the of the computerised automation systems implementing of which is the main general trend of modern industrial automation at present. Thus, the theme of this research dealing with one particular task required to improve the industrial automation systems mathematical support is in current interests due to the existed agreement with the modern general trends of implementing of the computerised technologies to the industrial automation systems.

The different data are one of the principal components of the mathematical support of the industrial automation systems. These data can be different regarding with the nature of processes in the automated systems. The simplest of these data can be the number defining some parameters

values like in the researches [7, 8], but the functional dependencies like in the researchers [9, 10], the graphs-schemes and the flow-charts representing for example the different kinds of spatial configurations [11], as well as the knowledges bases and others are the more complicated data for representing using the computer technologies. It is naturally that developing the more suitable approaches for complicated data representation is required to improve the mathematical support of the computerised automation systems. The purpose of this research is in develop of the approaches to functional dependencies generalised uniform representation, which will be suitable for using in industrial automation systems mathematical support. To realize the purpose of this research, the following tasks will be accomplished:

- the general uniform methodology for functional dependencies representing suitable to use in mathematical support of different purposed industrial computerised automated systems will be proposed;
- the universal approaches for building the data required to realize the proposed general uniform methodology for functional dependencies representing in the mathematical software will be proposed;
- estimation of the temperature fields in the ceramic nuclear fuel pellets taking into account the temperature dependence of the heat conductivity will be considered as example of using the proposed methodology and approaches for functional dependencies representation.

Realization of the formulated tasks will allow us to have the clear imaginations about the proposed methodology and approaches.

## II. GENERAL METHODOLOGY

Let we have the functional dependence between two values, so that the  $y$  value is dependent on the  $x$  independent value, and we will represent it as follows:

$$y = f(x), \quad a \leq x \leq b, \quad (1)$$

where  $y$  and  $x$  are the dependent and independent values,  $f$  is the kind of the functional dependence;  $a$  and  $b$  are the boundaries of the interval of the possible  $x$  values.

Functional dependence (1) can represent the different situations which must be took into account in the mathematical support of the industrial computerised automation systems. The view of the functional dependencies (1) can be different regarding the sense of each particular functional dependence (1), but it is required to represent each of the functional dependence (1) in the form suitable for developing the correspondent software. It is naturally for us the wish to have generalized uniform methodology of representing the functional dependences

(1) independently to the view of the function  $f$ . We can realize programmatically the different ways to define the functional dependencies including analytical, but the discrete representations (fig. 1) are the more universal. The discrete representation of some functional dependence (1) can be obtained by introducing the grid of the enumerated  $x$  independent values covering the interval  $[a, b]$  of the possible values (fig. 1):

$$x_1 = a, x_2 = x_1 + \Delta x_1, \dots, x_{k+1} = x_k + \Delta x_k, \dots, x_n = b, \quad (2)$$

where  $x_k$  and  $\Delta x_k$  are the grid node and the grid step with the  $k=1, 2, \dots, n$  number;  $n$  is the count of the grid nodes covering the possible values interval.

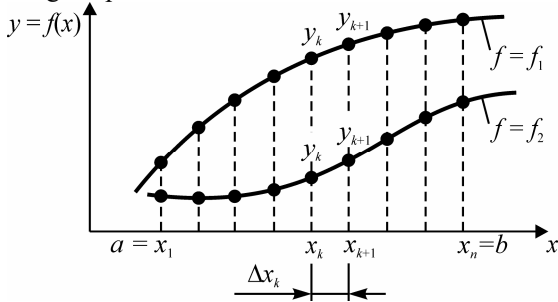


Fig.1. The discrete representation (markers) of the functional dependencies (curves)

Due to the introduced grid (2) of the independent  $x$  value, we can define the following nodal values of the dependent  $y$  value:

$$y_k = f(x_k), \quad k=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

It is obviously (fig. 1) that the line segments connecting the close nodal values (3) can represent the dependent values with the enough small errors, so that these small errors will have no principal influence on the further results. These line segments connecting the close nodal values (3) are represent the linear interpolation:

$$f(x) = y_k \frac{x_{k+1} - x}{x_{k+1} - x_k} + y_{k+1} \frac{x - x_k}{x_{k+1} - x_k}, \quad x_k \leq x \leq x_{k+1}. \quad (4)$$

It is clearly understood (fig. 1) that such linear interpolation (4) can be used for the different functional dependencies (1). The errors of the linear interpolation (4) are defined by choosing the count of nodes and the grid steps.

We can see that the discrete form including the grid (2) and the nodal values (3) with the linear interpolation (4) allows us to represent the different kind of the functional dependencies (1) by means the correspondent choosing of the grid steps. Thus, the general uniform methodology for functional dependencies (1) representing suitable to use in mathematical support of different purposed industrial computerised automated systems is reduced to defining of two data sets:

$$X_n = \{x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n\}, \quad (5)$$

$$Y_n = \{y_1, y_2, \dots, y_k, \dots, y_n\}, \quad (6)$$

where  $X_n$  and  $Y_n$  are the data sets about the grid nodes and the corresponded nodal values.

Representing the functional dependencies (1) by means the data sets (5), (6) with the linear interpolation (4) is

suitable for programming on different languages, because of these data sets can be easily realized by using the arrays or the lists, which are the typical programmable data.

### III. APPROACHES TO REALISE THE METHODOLOGY

To represent any kinds of the functional dependencies (1) by using the proposed generalized methodology we must develop the linear interpolation (4) programme code and we must build the data sets (5) and (6). Development of the program code realizing the linear interpolation (4) has no any principal difficulties, and can be easily made on different program languages; one the same code will be applicable for any kinds of the functional dependencies (1). Building the data sets (5) and (6) which will represent the functional dependence (1) is the more complicated problem, because of such building is significantly dependent on the existed knowledge about the dependence (1), so we will consider further exactly building of the data sets (5), (6).

Building of the data set (5) representing the  $x$  variable grid is actually relatively independent on building of the data set (6) representing the  $y$  nodal values of the dependent variable. It is suitable and typical to use the uniform grids with the constant step:

$$x_k = a + (k-1)\Delta x, \quad \Delta x = \frac{b-a}{n-1}, \quad k=1, 2, \dots, n, \quad (7)$$

where  $\Delta x$  is the step of the uniform grid.

Due to the relations (7) we have the set of different grids of the  $x$  independent value, and each element of this data set is defined by the count  $n$  of the grid nodes. Thus, the relations (7) define the data set (5) required for representing the functional dependencies (1). It is necessary to note, that building the data set (5) is not fully independent because of the built grid must provide the wished small errors of representing the functional dependency (1), so the count of the grid (7) nodes must be substantiated for each particular functional dependency (1), but such substantiations will not be discussed in this research. It is necessary to note also that it is possible to use not only the uniform grids (7) to build the data set (5), and it is possible to use the different not uniform grids, but we will consider in this research only the uniform grids (7) because it will allow without the not necessary complications to represent the proposed universal approaches for building the data required to realize the proposed general uniform methodology for the functional dependencies (1) representing in the mathematical software.

It is naturally that building the data set (6) representing the nodal values of the  $y$  dependent value will be significantly depended of the view of the given function  $f$  defining the functional dependence (1). The function defining the functional dependence (1) can be defined by different ways including by means the analytical relation, by means the tabled form, by means the differential equation as well as by means others ways. The analytical relations and the tabled data are widely used for giving the functions  $f$  defining the functional dependencies (1), but the differential equations and other ways for giving such functions are the specific and are not widely used. So, we will consider further building the data set (6) required to

represent the functional dependencies (1) only for the functions  $f$  given by means the analytical relation or by means the tabled data.

The case of the exactly defined and given in the analytical view function  $f$  representing the dependence (1) is the simplest for building the data sets (5), (6). Really, having the analytical exactly given function we can build the data set (6) by directly using of the relations (3) for the data set (5) representing any previously defined grid (2) and the uniform grid (7) in particular. Thus, we can build the data sets (5), (6) corresponded to any arbitrary count  $n$  nodes of the uniform grid (7).

The case of the function  $f$  defined by means the tabled data is more complicated for building the data set (5) required for representing the functional dependence (1). The tabled data representing the function  $f$  have the following view:

$$(\xi_1, \eta_1), (\xi_2, \eta_2), \dots, (\xi_k, \eta_k), \dots, (\xi_N, \eta_N), \quad (8)$$

where  $N$  is the count of the existed data about the function  $f$  representing the functional dependence (1);  $\xi_k$  and  $\eta_k$  are the numbered by the value  $k=1, 2, \dots, N$  given values of the  $x$  and  $y$  values corresponded to the function  $f$ .

The tabled data (8) are ordinary represent the results of experimental measuring, and exactly such tabled data (8) are most widely used to represent the different kinds of functional dependencies (1) required for mathematical support of the industrial automation systems. Let introduce the follows values:

$$\xi_{\min} = \xi_1, \quad \xi_{\max} = \xi_N, \quad (9)$$

where  $\xi_{\min}$  and  $\xi_{\max}$  are the minimum and maximum values between the independent variable  $x$  given values  $\xi_k, k=1, 2, \dots, N$  used in the function  $f$  tabled data (8)

We will consider further the case of the given data (8) covering the interval  $[a, b]$  of the functional dependence (1)

$$\xi_{\min} \leq a, \quad \xi_{\max} \geq b, \quad (10)$$

The sense of the conditions (10) is that are the necessary requirements to have the full information about the functional dependence (1) by the given tabled data (8) representing the  $f$  function. The existing tabled data (8), (9) and the relations (10) allow us to define the data sets (5), (6) required to represent the functional dependence (1) in the corresponded to the  $n = N$  following view (fig. 2):

$$X_N = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k, \dots, \xi_N\}, \quad (11)$$

$$Y_N = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_k, \dots, \eta_n\}. \quad (12)$$

At the same time, the typical is the case of the tabled data (8)

corresponded to the small counts  $N$  of the existed data, because of limited possibilities of the experimental measuring or other reasons. The linear interpolation (4) can have the noticed errors of representing the functional dependence (1) in the cases of small counts  $N$  of the existed data (8) as schematically shown on fig. 2, so using

the data sets (11), (12) based on the existed data (8) can lead to the noticeable errors, and it is necessary have the approaches of extracting the more accurate data from the small existing tabled data (8) by using the hidden regularities of these data to improve the functional dependence (8) representation.

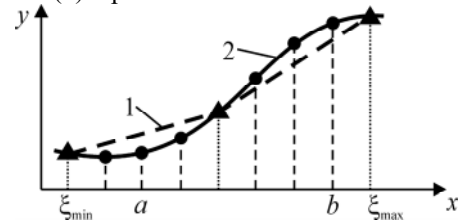


Fig.2. Known data (triangles), its linear (lines 1) and cubic (curve 2)

interpolations as well as the built improved data (circles)

It is proposed to use the continuity of first and second derivatives of the functional dependence (1) as the hidden regularities for extracting the more accurate data from the small existing tabled data (8). Taking into account such regularities will lead us to the well-known [13] cubic spline interpolation of the existed tabled data (8), and we can represent the function  $f$  defining the functional dependence (1) in the following view [13]:

$$f(x) = M_{k-1} \frac{(\xi_k - x)^3}{6h_k} + M_k \frac{(x - \xi_{k-1})^3}{6h_k} + \left( \eta_{k-1} - \frac{M_{k-1}h_k^2}{6} \right) \frac{\xi_k - x}{h_k} + \left( \eta_k - \frac{M_k h_k^2}{6} \right) \frac{x - \xi_{k-1}}{h_k}, \quad \xi_{k-1} \leq x \leq \xi_k, \quad (13)$$

where  $h_k = \xi_k - \xi_{k-1}$ ;  $M_k, k=1, 2, \dots, N$  are the nodal values of the functional dependence (1) second derivatives.

It is well-known [13] that the nodal values of the second derivative  $M_k, k=1, 2, \dots, N$  defining the cubic spline (13) can be find form the linear algebraic equations system:

$$\begin{aligned} M_1 &= 0, \\ \frac{h_k}{6} M_{k-1} + \frac{h_k + h_{k+1}}{3} M_k + \frac{h_{k+1}}{6} M_{k+1} &= \\ &= \frac{\eta_{k+1} - \eta_k}{h_{k+1}} - \frac{\eta_k - \eta_{k-1}}{h_k}, \quad k = 2, 3, \dots, N-1, \\ M_N &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

It seems naturally (fig. 2) that the cubic spline (13), (14) will  $R_g$  lead to more accurate results then the linear interpolation (4), because the cubic spline is in agreement with continuity of the values and two derivatives, but the linear interpolation is in agreement with continuity only of the nodal values for the functional dependence (1). Thus, using the cubic spline (13), (14) based on the small existed tabled data (8) we can compute the additional nodal values for having the reliable linear interpolation (4), as it shown on fig. 2. So, to build the data set (6) based on the any wished suitable grid (5) we can use the relations (3) with the function  $f$  represented by means the cubic spline (13), (14), even in the case of the small existed tabled data (8). We have the substantiated hope that such data sets (5), (6) defined by means the cubic spline (13), (14) will be best with the linear interpolation (4) even



for the small existed data (8) about the function  $f$  (fig. 2).

#### IV. USING THE PROPOSED METHODOLOGY

We will consider here the example of using the proposed methodology as well as the approaches of its realisation in the particular task about estimation of the temperature of the nuclear fuel inside the cladding of the fuel rods, which can be the component of the mathematical software of the nuclear power plants computerised automation systems as well as the different simulators used for teaching and training of the nuclear power plants operational staff.

The fuel rod (fig. 3a) is the principal structural element of the nuclear fuel for the most modern nuclear power reactors [7, 9, 10]. The nuclear reactions providing the heat power are in the volumes of the nuclear fuel pellets (fig. 3b) inside the sealed cladding of the fuel rods (fig. 3a), and these reactions lead to the temperature field in the fuel pellets (fig. 3b) which can be approximately estimated by the follows relations [7]:

$$T(r) = T_{HC} - \frac{Q}{4\lambda_f} r^2 + \frac{QR_h^2}{2\lambda_f} \ln \frac{r}{R_f} + Q \cdot C, \quad R_h \leq r \leq R_f,$$

$$C = \frac{R_f^2}{4\lambda_f} + \frac{R_f}{2k} - \frac{R_h^2}{2kR_f}, \quad Q = \frac{W}{n\pi(R_f^2 - R_h^2)L},$$

$$k = \left( \frac{R_f}{\lambda_g} \ln \frac{R_g}{R_f} + \frac{R_f}{\lambda_c} \ln \frac{R_c}{R_g} + \frac{R_f}{\alpha R_c} \right)^{-1}, \quad (15)$$

where  $T$  is the temperature in a point of the fuel pellet;  $r$  is the radial coordinate;  $T_{HC}$  is the temperature of the heat carrier;  $Q$  is the intensity of volume heat sources due to the nuclear fission reactions;  $\lambda_f$  is the average heat conductivity of the ceramic nuclear fuel;  $R_h$  and  $R_f$  are the internal and external radii of the pellet;  $k$  is the heat transfer coefficient from the fuel pellet to the heat carrier;  $R_g$  and  $R_c$  are the internal and external radii of the cladding;  $\lambda_g$  and  $\lambda_c$  are the average heat conductivities in the gases inside the cladding and the structural material of the cladding;  $\alpha$  is the heat transfer coefficient between the cladding and the heat carrier;  $W$  is the heap power of the reactor;  $n$  is the number of the fuel elements in the core of the nuclear reactor.

The relations (15) show us that the temperature of the nuclear pellet is significantly depended on the heat conductivity average value

$$\lambda_f = \frac{1}{T_{max} - T_{min}} \int_{T_{min}}^{T_{max}} \lambda_f(T) dT, \quad (16)$$

where  $T_{min}$  and  $T_{max}$  are the averaging boundaries;  $\lambda_f(T)$  is the temperature dependence of the nuclear fuel pellet heat conductivity.

It is well-known [14] that the ceramic nuclear fuel has the significant temperature dependence  $\lambda_f(T)$ , and we can see (fig. 4) that the linear and the spline interpolations of the existed data about the temperature dependency  $\lambda_f(T)$  has the noticeable differences between some data points. We can see also (fig. 4) that correction of the existed data

by using the cubic spline interpolation (13), (14) will allow us to have the data providing the more substantiated linear interpolation (4) which can be used for the further computations.

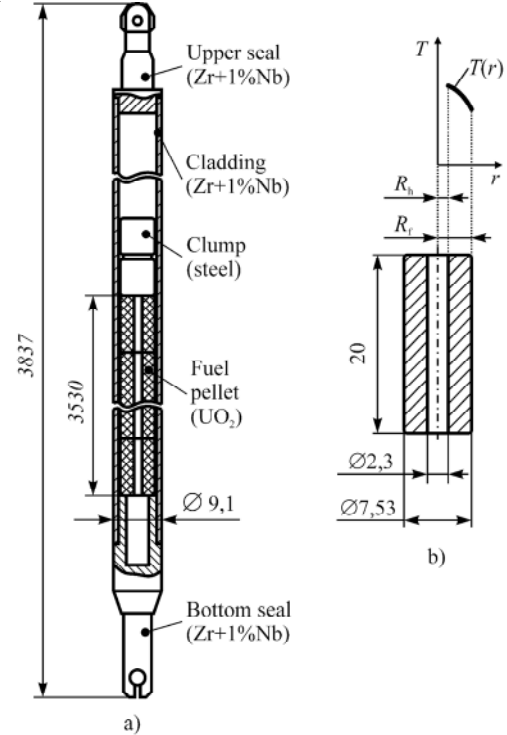


Fig.3. The typical design of the fuel rod (a) as well as the nuclear fuel pellet with their temperature field (b)

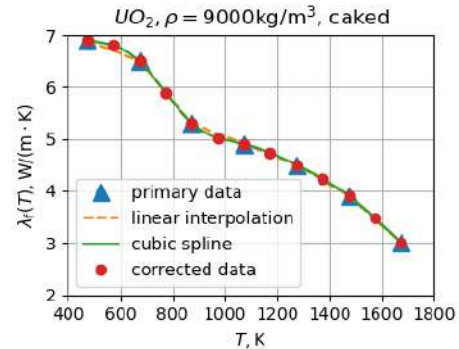


Fig.4. Temperature dependence of the ceramic nuclear fuel

It is naturally that the average value (16) must be defined by the following averaging boundaries agreed with the temperature field (14):

$$T_{min} = \min_{R_h \leq r \leq R_f} T(r), \quad T_{max} = \max_{R_h \leq r \leq R_f} T(r). \quad (17)$$

At the same time, the temperature field (14) can be defined only for the given value (16), so we have actually the nonlinear problem and to resolve this problem it is possible to use the iteration process started from some arbitrary given values  $T_{min}$ ,  $T_{max}$  and necessary times continuing with help of the temperature field (14) and the relations. (17). To show such approach we will use the following data [7] to define the temperature field (14):

$$Q = 3000MW, n = 50856, L = 3530mm, T_{HC} = 583K,$$

$$R_f = 3,765mm, R_g = 3,86mm, R_c = 4,55mm,$$

$$\alpha = 35 \frac{kW}{m^2 \cdot K}, \lambda_g = 0,3 \frac{W}{m \cdot K}, \lambda_c = 20,5 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (18)$$

The obtained results (fig. 5) show us that the temperature field (14) in the nuclear fuel pellet is significantly

depended on the  $\lambda_f$  average value, and the most correct results are corresponded to the following value

$$\lambda_f \cong 5,1359 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}. \quad (19)$$

The value (19) is the result of ten iterations with help of the temperature field (14) and the relations (16) and (17).

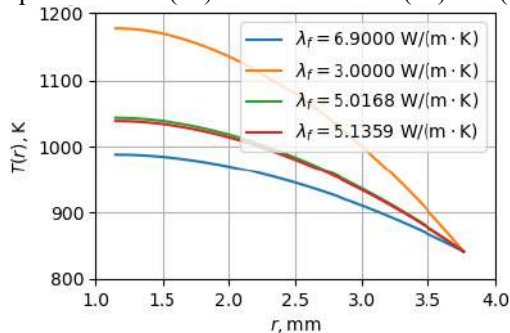


Fig.5. Temperature fields in the ceramic nuclear fuel

The result (19) and fig. 5 are obtained by using the manually built tabled data to represent the nuclear fuel heat conductivity temperature dependence, but it will be more suitable to have automated building of these data further.

## V. CONCLUSIONS

Results were obtained in this research allow formulating the follows conclusions.

The general uniform methodology for functional dependencies representing suitable to use in mathematical support of different purposed industrial computerised automated systems is proposed. This methodology is reduced to linear interpolation of the especially previously prepared tabled data.

The universal approaches for building the data required to realize the proposed general uniform methodology for functional dependencies representing in the mathematical software are proposed. These approaches are reduced to using the cubic splines interpolation of the existed data to have the required for linear interpolation of the tabled data.

Estimation of the temperature fields in the ceramic nuclear fuel pellets taking into account the temperature dependence of the heat conductivity is considered as example of using the proposed methodology and approaches for functional dependencies representation. It is shown that using the cubic interpolation will help us to have the more reliable representations of the functional dependencies even in the case of small volumes of the primarily existed data.

The further researches are planned in the field of intelligent automation of building of the required for linear interpolation tabled data, including by using the different kinds of extrapolations and the artificial intelligence technologies.

## REFERENCES

[1] I. Nevludov, Y. Romashov, "Mathematical foundations of engineering approaches to design the automated systems", *Manufacturing & Mechatronic Systems 2020: Proceedings of IV-th International Conference*, Kharkiv: [electronic version], 12-16, 2020.

[2] F. Borghesan, M. Zagorowska, M. Mercangöz, "Unmanned and Autonomous Systems: Future of Automation in Process and Energy Industries", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55 (is. 7), 875-882, 2022.

[3] J. Alex, C. Hübner, L. Förster, "Planning, testing and commissioning of automation solutions for waste water treatment plants using simulation", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53 (is. 2), 16665-16670, 2020.

[4] L. Richter, M. Lehna, S. Marchand, C. Scholz, A. Dreher, S. Klaiber, S. Lenk, "Artificial Intelligence for Electricity Supply Chain automation", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 163, 112459, 2022.

[5] C. Borngrund, F. Sandin, U. Bodin, "Deep-learning-based vision for earth-moving automation", *Automation in Construction*, vol. 133, 104013, 2022.

[6] J.-K. Park, T.-K. Kim, S.-H. Seong, S.-R. Koo, "Control automation in the heat-up mode of a nuclear power plant using reinforcement learning", *Progress in Nuclear Energy*, vol. 145, 104107, 2022.

[7] Yu. Romashov, D. Chibisov, "Approximate estimates of the temperature state of ceramic nuclear fuel in cylindrical fuel elements and the influence of processes and parameters of a nuclear reactor core", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, No2, 28-32, 2019.

[8] I. Sh. Nevludov, Yu. V. Romashov, "One numerical approach to optimal control the linear heat conduction processes", *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Ser. "Mathematics, Applied Mathematics and Mechanics"*, vol. 92, 25-43, 2020.

[9] Yu. E. Mazurenko, Yu. V. Romashov, A.G. Mamalis, "Influencing of thin protective coatings on natural frequencies of radial oscillations of claddings of fuel rods of nuclear reactors", *Problems of atomic science and technology*, No 1(125), 147-153, 2020.

[10] I. Izonin, I. Nevludov, Yu. Romashov, "Computational Models and Methods for Automated Risks Assessments in Deterministic Stationary Systems", *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2805, 27-43, 2020.

[11] V. Mashkov, I. Nevludov, Y. Romashov, "Computing the risk of failures for high-temperature pressurized pipelines", *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3101, 146-157, 2021.

[12] R. E. de Koning, R. Heldal, W. Tan, "Spatial data and workflow automation for understanding densification patterns and transport energy networks in urban areas: The cases of Bergen, Norway, and Zürich, Switzerland", *Data in Brief*, vol. 42, 108290, 2022.

[13] J. H. Ahlberg, E. N. Nilson, J. L. Walsh, "The theory of splines and their applications", New York - London: Academic Press, 1967, 288 p.

[14] V. S. Chirkin, "Teplofizicheskie svoystva materialov yadernoi tekhniki: spravochnik" [Thermophysical properties of nuclear engineering materials: a reference book, in Russian], Moscow: Atomizdat, 1968, 484 p.

# Архітектура програмного забезпечення для супроводження автоматизованих систем оповіщення на виробництві

Світлана Шостенко<sup>1</sup>, Олена Чала<sup>1</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, просп. Науки 14., e-mail: svitlana.shostenko@nure.ua; olena.chala@nure.ua

**Опис:** У в роботі досліджено найпоширеніші архітектурні патерни фреймворку Flutter, наведено їх схематичну побудову. Було з'ясовано головні переваги та недоліки різних архітектур та обрано найбільш функціональну для розробки програмного забезпечення для супроводження автоматизованих систем оповіщення на виробництві, що розробляється.

**Ключові слова:** flutter, Dart, фреймворк, архітектура, BLoC, Redux, Provider, Vanilla, Native state, Scoped model.

## I. АКТУАЛЬНІСТЬ

Під час проєктування програмного забезпечення перш за все виникає питання організації архітектури програми. Оскільки архітектура – це принцип організації компонентів усередині системи: кількість, якість, інтерфейси і протоколи взаємодії. Від неї залежить ціна підтримки і розробки нового функціоналу, трудовитрати на побудову цілої системи з використанням даної архітектури. Тобто формально від архітектури залежить найважливіший параметр розробки – собівартість. А побічно ще і можливість повторного використання коду, а разом з ним і зменшення трудовитрат на кожну подальшу розробку.

Так як за для цього програмного забезпечення було обрано фреймворк Flutter та мову Dart, то обирати архітектуру потрібно серед доступних для цих технологій паттернів.

## II. АНАЛІЗ ДОСТУПНИХ АРХІТЕКТУРНИХ ПАТЕРНІВ ДЛЯ ФРЕЙМВОРКУ FLUTTER

У Flutter визначається не архітектурний патерн, як такий, з подальшою побудовою програми за правилами обраного рішення, а State Management System – так звану архітектуру управління станом. Прийшло це з галузі web-розробки. І ось тут виникає наступний вибір:

- Vanilla/Native state;
- Provider/Scoped Model;
- BLoC;
- Redux;
- GetX

Vanilla/Native state (рис. 1), іноді кажуть, що найкраща архітектура – це відсутність архітектури. Правило написання коду згідно цього патерну викладено у документації до фреймворку Flutter.

Особливості такого підходу – висока швидкість розробки, а також відсутність поділу між бізнес-логікою та UI. Але на практиці не треба застосувати такий підхід при розробці великої програми, інакше можливі проблеми з налагодженням та подальшим перевикористанням коду.

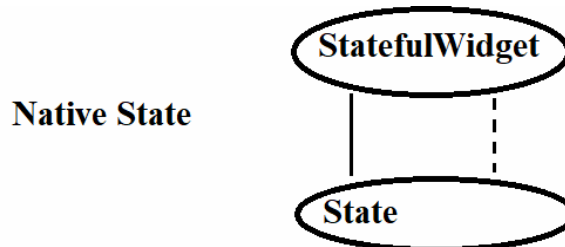


Рис. 1 – Native State

У Provider/Scoped Model (рис. 2), бізнес-логіка винесена з UI. Загалом все дуже просто, плюс є можливість перевикористання коду. Бібліотека Flutter Provider є сумішню Ін'єкції Залежностей (Dependency Injection) і управління станом, побудована за допомогою віджетів і для віджетів.

Він використовує Флаттер-віджети для управління станом замість Dart класів, таких як Steam. Причина в тому, що віджети дуже прості, але надійні та масштабовані.

Використовуючи віджети для керування станом, провайдер може гарантувати:

- зручне керування кодом, завдяки примусовому односпрямованому потоку даних;
- тестованість і скомпонуваність, тому що завжди можна перевизначити значення;
- надійність, тому, о важко забути обробити сценарій оновлення моделі або віджету.

Однак, роблеми все ж таки можливі, і починаються вони при роботі з великими і, навіть, із середніми проєктами.

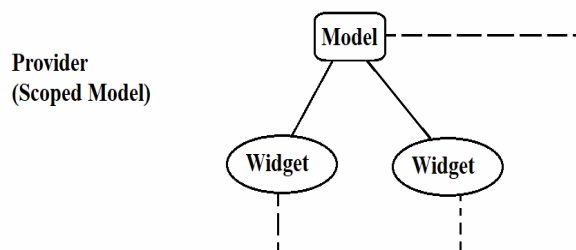


Рис. 2 – Provider/Scoped Model

BLoC (рис. 2) – це акронім від "Business Logic Component" (компонент бізнес-логіки). Як впливає з назви, це клас, що відокремлює бізнес-логіку програми від інтерфейсу користувача. Такий компонент містить код, який можна повторно використовувати будь-де: в іншому модулі, на іншій платформі, в іншому додатку.

Відділення UI від бізнес-логіки для Flutter життєво потрібне. Оскільки складно шукати по дереву віджетів (UI-компонентів) потрібну логіку. Особливо якщо

верстка і так містить дуже багато коду і розташована у різних файлах. Крім того, згідно Clean Architecture, у UI не повинно бути нічого зайвого. Так само як і бізнес-логіка нічого не повинна знати про UI, який до неї звертається. Завдяки такому ретельному поділу відповідальності отримується повністю ізольований компонент, який можна легко тестувати незалежно від UI та використовувати в іншому оточенні. Цей компонент і є BLoC.

BLoC

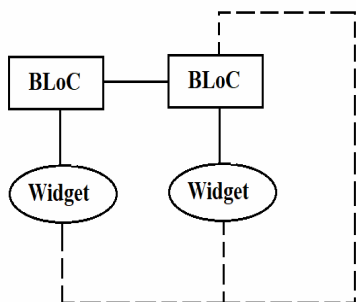


Рис. 3 – BLoC

У патерні BLoC можна виділити чотири основні рівні додатків:

UI – Користувальницький інтерфейс. Він містить всі компоненти програми, які видно користувачеві та з якими можна взаємодіяти. Оскільки у Flutter всі частини інтерфейсу користувача є віджетами, можна сказати, що всі вони належать цьому рівню (класу).

BLoC – це класи, які виступають в якості сполучного середовища між даними та компонентами інтерфейсу користувача. BLoC приймає передані від нього події, а після отримання відповіді видає відповідний стан.

- Repository.(Сховище) відповідає за отримання частини інформації з одного або декількох джерел даних та її обробку для класів інтерфейсу користувача.

Data sources (Джерела даних) – це класи, які надають дані додатку з усіх джерел даних, включаючи базу даних(database), мережу(network), shared preferences тощо.

BLoC спирається на два основні компоненти:

Events (Події), що передаються з інтерфейсу користувача, які містять інформацію про конкретну дію, яка повинна бути оброблена BLoC.

States (Стани), які показують, як інтерфейс користувача повинен реагувати на зміну даних. Кожен BLoC має свій початковий стан, що визначається під час створення.

Redux. Однією з відмінних рис цього патерну є те, що він повністю базується на реактивності. Реактивне програмування – це програмування з асинхронними потоками даних. У традиційному імперативному стилі зазвичай пишуть код наступного змісту: текстове поле, призначається йому обробник, що реагує на введення нового символу, додається об'єкт, у якого викликається метод оновлення текстового поля в моделі. Чітко описується кожен крок. У реактивному підході все виглядає трохи інакше. Текстове поле зв'язується з конкретною змінною моделі. І як тільки користувач починає щось друкувати, ця змінна відразу набуває того значення, яке зараз міститься в текстовому полі.

Redux – це архітектура, спочатку створена для JavaScript і використовується в додатках, які створені з використанням reactive frameworks (таких як React Native або Flutter). Redux – це спрощена версія архітектури Flux, створена Facebook. По суті цей патерн має три головні пункти:

### Redux

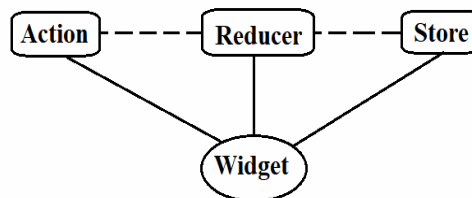


Рис. 4 – Redux

- єдине джерело правди / single source of truth - весь state додатку зберігається тільки в одному місці (називається store);

- стан доступний тільки для читання/state is read-only - для зміни state програми необхідно відправити actions(дія), після чого створиться новий state;

- зміни виконуються за допомогою чистих функцій/pure functions – чиста функція (для простоти, це функція без side effects) приймає поточний state додаток та action та повертає новий state додаток.

Особливості — більш жорсткі обмеження та менше свободи вибору. Але навіть за рахунок цього вдається досягти властивої для Redux гнучкості і простоти налагодження. Проте у цього підходу виділяють такий суттєвий мінус як багат шаровість.

GetX має надзвичайно легкий і простий склад менеджера, який не використовує ChangeNotifier, задовольняє вимоги.

GetX націлений саме на контроль кількох станів.

Таким чином, якщо потрібен окремий контролер, можливо призначити для нього ідентифікатори або використовувати GetX. Але важливо пам'ятати, що чим більше «індивідуальних» виджетів, тим більше ресурсів буде завантажено GetX, у той час як продуктивність GetBuilder повинна бути вищою при багаторазових змінах стану.

GetX дійсно зручний, лаконічний, функціональний, виразний. Але іноді його функціоналу не достатньо.

MobX це просте, випробуване в комерційній роботі рішення для керування станом програми. MobX це автономна бібліотека, що дозволяє зробити управління станом простим, повернувшись до кореня проблеми: він унеможливує інконсистентність стану. Стратегія досягнення цього досить проста: переконається, що все, що може бути виїнято зі стану, буде виїнято. Автоматично. Концептуально MobX обробляє програму як електронна таблиця.

По-перше, є стан State програми. Графи об'єктів, масивів, примітивів, посилань, які формують модель програми. По-друге, є похідні Derivations. Зазвичай це будь-яке значення, яке може бути обчислено автоматично з даних стану програми.



Реакції Reactions дуже схожі на похідні Derivations. Основна відмінність: вони не повертають значення, але запускаються автоматично, щоб виконати якусь роботу. Зазвичай це з I/O. Вони перевіряють, що DOM оновився або запити мережі виконалися вчасно.

Зрештою, є дії Actions. Дії це всі ті штуки, які змінюють стан. MobX простежить, щоб усі зміни у стані програми, викликані діями, автоматично обробилися всіма похідними та реакціями. Синхронно та без перешкод.

Єдиний реальний мінус MobX - він дає вам занадто багато свободи у тому, як структурувати код, зберігати та обробляти дані. Оскільки це суттєво ускладнює процес проектування застосунку.

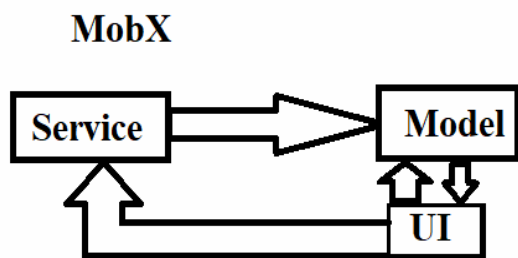


Рис. 5 – MobX

### III. ВИСНОВКИ

Таким чином, можна зробити висновок, що для програмного забезпечення для супроводження автоматизованих систем оповіщення на виробництві найліпша архітектура VLoC. Оскільки цей патерн не має жорстких обмежень та проблем з багатшаровістю. А також ця архітектура актуальна як для великих так і для маленьких проєктів, та не так складна на етапі проектування як Redux.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Igor Nevliudov, Iryna Botsman, Olena Chala, Kirill Khrustalev. Automated System Development for the Printed Circuit Boards Optical Inspection Using Machine Learning Methods // Proceedings of the 10-th International Scientific and Technical Conference «INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (IST-2021)». – Odessa, September 13-19, 2021. – PP. 234-238.

[2] Сенсорне керування автомобілем/Левченко ЄО, Мажара АЄ, Васильченко ОС, Чала ОО//Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці: зб. наук. пр. за матеріалами II міжнар. наук.-практ. конф.–Харків: ХНАДУ, 2018.–С. 110–112.

[3] Безкоровайний В. В., Шевченко О. Ю. Модель системної оптимізації технологічних об'єктів // Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 14-19 травня 2018 року. Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2018. С. 327–330.

[4] Bortnikova, I. Nevliudov, I. Botsman and O. Chala, "Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing," in CEUR Workshop Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education,

Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI'2019), June 12-15, 2019, Kherson, Ukraine.

[5] Igor Nevliudov, Olena Chala, Iryna Botsman, Oleksandr Klymenko, Maksym Vzhesnievskiy. Automation of Mathematical Modeling of Physical and Technological Processes in the Electronic Devices Manufacture // Proceedings of the XII International Scientific Conference «Functional Basis of Nanoelectronics» – Odessa, September 20-24, 2021. – PP. 74-77.

[6] Великодний, С. С., Ж. В. Бурлаченко, and С. С. Зайцева-Великодна. "Розробка архітектури програмного засобу для управління мережевим плануванням реінжинірингу програмного проєкту." Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2.8 (2019): 25-35.

[7] Olesya Pashchetnyk, Vasyl Lytvyn, Vyacheslav Zhyvchuk, Leonid Polishchuk, Victoria Vysotska, Zoriana Rybchak, Yulia Pukach. The Ontological Decision Support System Composition and Structure Determination for Commanders of Land Forces Formations and Units in Ukrainian Armed Forces. COLINS-2021: 5th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems, April 22–23, 2021, Kharkiv, Ukraine. – P. 1077-1086.



# Автоматизована інформаційна система оптимізації діяльності медичного закладу

Софія Хрустальова<sup>1</sup>, Захар Тимченко<sup>1</sup>

1.Кафедра КПТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА  
Харків, пр. Науки 14., email: zakhar.tymchenko@nure.ua

**Анотація:** В роботі запропоновано автоматизовану інформаційну систему оптимізації діяльності медичного закладу, яка налічує в своєму складі елементи інтелектуалізації, що дозволило оптимізувати процес складання розкладу лікарів, спрощення ведення обліку пацієнтів, зменшення часу необхідного для проведення візитів, автоматичної підготовки звітів.

**Ключові слова:** система, інтелектуалізація, автоматизація, медичний заклад.

## I. ВСТУП

На сьогоднішній день впровадження інформаційних систем в різних сферах людської діяльності набуває великих масштабів, галузь медицини не є виключенням.

У наш час закінчується період автономних медичних комп'ютерних систем, що створюються автономно окремими медичними підрозділами для вирішення своїх задач, і настає період автоматизованих інформаційних систем, що взаємодіють між собою. Ця взаємодія має багато аспектів:

По-перше, це використання загально прийнятих і доступних відкритих стандартів як для даних, що зберігаються й обробляються в цих системах, так і для забезпечення способів і механізмів їхньої взаємодії.

По-друге, це технічна (технологічна) стандартизація медичних комп'ютерних систем. Зрозуміло, що інструментальні засоби, що використовуються цими системами, можуть і повинні бути різними (залежно від певних умов їх створення та використання), але й тут необхідно передбачити максимально можливу стандартизацію (це може стосуватися стандартів до інтерфейсу, протоколів обміну даними, форматів даних, що використовуються).

В Україні медичні заклади зможуть обирати будь-яку медичну інформаційну систему з-поміж тих, які пройшли перевірку і підключилися до центрального компонента системи eHealth [1,2].

eHealth або електронна охорона здоров'я – використання інформаційно-комунікаційних технологій як в даному конкретному місці, так і на відстані для оптимального вирішення завдань системи суспільної охорони здоров'я. Згідно з директивою ВОЗ А58/21 «Електронна охорона здоров'я (ehealth)»: «Відкриває унікальну можливість для розвитку суспільної охорони здоров'я. Зміцнення охорони здоров'я за допомогою системи електронної охорони здоров'я може сприяти здійсненню основних прав людини в результаті підвищення рівня справедливості, солідарності, якості життя і якості медико-санітарної допомоги» [3].

Згідно чинного законодавства людина (пацієнт) більше не прив'язана до конкретного медичного закладу, тому паперовий облік та документація відходять на другий план, їх замінюють автоматизовані інформаційні системи (АІС).

АІС – це сукупність систем комп'ютерного обладнання, програмного забезпечення, даних, яка виконує такі функції, як обробка, збереження, збір, відображення та передача інформації [4]. Вони змінюють підхід до збереження інформації, пропонують нові можливості для зменшення витрат часу на її обробку. Вся діяльність підприємства стосовно АІС зводиться до таких базових операцій: доходи, видатки, залишок, баланс, аналіз і планування. Ці операції стосуються будь-яких об'єктів обліку, а саме: товари, матеріали, основні засоби, безготівкові і готівкові грошові кошти тощо. Практично всі бізнес-процеси підприємства чи будь-який вид діяльності можна представити цими операціями. Також такі системи можуть налічувати в своєму складі елементи інтелектуалізації. Автоматизовану систему, наприклад, можна використовувати для створення розкладу робітників, формування звітності та ін.

Тому, метою дослідження є розроблення АІС для медичного закладу з впровадженням елементів інтелектуалізації для оптимізації процесу складання розкладу лікарів, спрощення ведення обліку пацієнтів, зменшення часу необхідного для проведення візитів, автоматичної підготовки звітів.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Проблема, ведення діяльності поліклініки у паперовий спосіб. Відсутність просунутих методів обслуговування, зацікавлення користувачів. Витрати часу на підбір лікування користувачу.

Вирішення проблеми дасть надійність та автоматизацію ведення обліку, зацікавленість користувачів у використанні сервісу.

Гарним рішенням буде розробка відповідного програмного забезпечення, що дасть змогу працівникам закладу вести звітність та зручний інтерфейс для безпосередньої роботи з даним сервісом.

Додаток для працівників поліклініки та пацієнтів в якому:

- кожен лікар має свій розклад;
- про пацієнтів зберігаються дані: ПІБ, дата народження, адреса проживання;

пацієнти дізнаються розклад лікаря, використовуючи електронний запис до лікаря і приходять на прийом; ведеться облік прийомів;

у кожного пацієнта є картка, яка зберігається в реєстратурі;

- у картку заносяться дані про прийом: дата, час, ПІБ лікаря, симптоми, діагноз, ліки, примітка (способи або рекомендації по прийому ліків;

- лікар може виписати пацієнту рецепт на ліки, направлення на аналізи, направлення до фахівця і видати довідку про звільнення від роботи (виписку для оформлення лікарняного листа).

Для реалізації проекту за основу взято концепцію клієнт-сервер. Тому для виконання функціональних вимог система повинна складатись з клієнтської та серверної частини.

### III. РОЗРОБКА ВИМОГ ДО АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

АІС розробляється для спрощення роботи медичного закладу. Система повинна спростити ведення обліку і використання інформації.

Виходячи із мети створення системи, розглянемо системні вимоги до неї.

Системні вимоги до АІС:

- реалізація серверної частини сервісу повинна бути у виді сервісу який буде обробляти надходячі запити;

- клієнтська частина системи повинна має бути реалізована в виді простого сайту з простим та інтуїтивним інтерфейсом;

- клієнтська частина повинна складатись із трьох частин, для адміністрації закладу, для лікарів ,та для користувачів.

Система може бути використана як звичайним користувачами так і працівниками закладу.

Працівники поділені на лікарів та адміністраторів. Адміністратори відповідають за управління розкладами, обробку персональної інформації лікарів, та пацієнтів. Адміністратори є працівниками ІТ підрозділу.

Лікарі перебувають в кабінетах і поділяються по посадах.

### IV. ВИМОГИ ДО АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

АІС розроблюється як для звичайних користувачів, лікарів, так і для адміністрації закладу.

Для розробки було обране таке обладнання як IBM сумісний ПК для безпосередньої розробки.

Для розробки на IBM сумісному ПК буде встановлена операційна система Windows Server 2002 і вище. Ця система була вибрана для максимального наближення до умов серверу і ця система є вільною.

Для забезпечення роботи усіх частин застосування потрібно налаштувати та запустити сервер. До серверу потрібно прив'язати доменне ім'я для зручного доступу до веб інтерфейсу. Також, потрібно обмежити доступ до серверу тільки з інтернет мережі компанії, що обслуговує медичний заклад. Це забезпечить недоступність застосування для доступу зовні.

Для того щоб працівники мали можливість працювати, потрібні IBM сумісні ПК з будь якою ОС та браузер з підтримкою JavaScript.

Для створення бази даних у СУБД MySQL необхідно використовувати команди мови SQL для створення таблиць, функцій, тригерів, процедур. Для

створення БД для цього проекту, запропоновано phpMyAdmin.

phpMyAdmin – веб-додаток з відкритим кодом, написаний на мові PHP і представляє собою інтерфейс для адміністрування СУБД MySQL.

Клієнтська частина буде розроблена з використанням мови JavaScript, HTML, CSS.

Завдяки HTML та CSS створимо сучасний інтерфейс, який буде зручним для користувачів.

JavaScript - це мова програмування, яка дає можливість реалізувати складну поведінку веб-сторінки. Для створення більш зручного інтерфейсу застосуємо AJAX.

### V. ВИМОГИ ДО ІНТЕРФЕЙСУ КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ

Клієнтська частина реалізується у виді веб сайту з розширеними можливостями, що перетворюють його у PWA.

PWA – веб додаток з додатковими функціями, що має такі цільові показники:

- надійність;
- зручність;
- швидкість;
- привабливість.

Такі веб додатки після встановлення майже не відрізняються від звичайних додатків, і розробник має доступ до внутрішніх системних функцій. Перевага такого додатку в тому, що він не складний в реалізації, тому не потрібно наймати додаткових розробників. Розробники програмного забезпечення з легкістю можуть створити PWA з нічого та надати такі функції у вже працюючий веб сайт.

Інтерфейс ІС повинен забезпечувати: доступ до усіх функцій адміністраторам закладу; обмежений доступ для працівників та звичайних користувачів системи тільки до своїх функцій; блокувати доступ працівників та користувачів до адміністраторських функцій;

### VI. СТРУКТУРНА СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ

Для реалізації поставленої мети визначено задачі та функції, які буде виконувати система. АІС розроблюється для оптимізації роботи медичного закладу незалежно від приналежності та спеціалізації.

При цьому вона повинна бути розроблена з урахуванням можливості її використання в поліклініці, багатопрофільному стаціонарі з різними клінічними і діагностичними відділеннями. Медична АІС повинна задовольняти всім потребам медичного персоналу та пацієнтів, заради яких вона створюється. Таку систему можна розглядати як набір наступних можливостей:

- перегляд розкладів лікарів;
- можливість пацієнтом переглянути свою електронну медичну картку;
- запис на прийом;
- інтелектуальне управління розкладом лікаря;
- відміна прийому;

- заповнення картки пацієнта;
- виписка рецептів;
- додавання/видалення лікарів/пацієнтів;
- ведення звітності;
- реєстрація лікарів.

Структурна схема автоматизованої інформаційної системи оптимізації діяльності медичного закладу представлена на рис. 1.

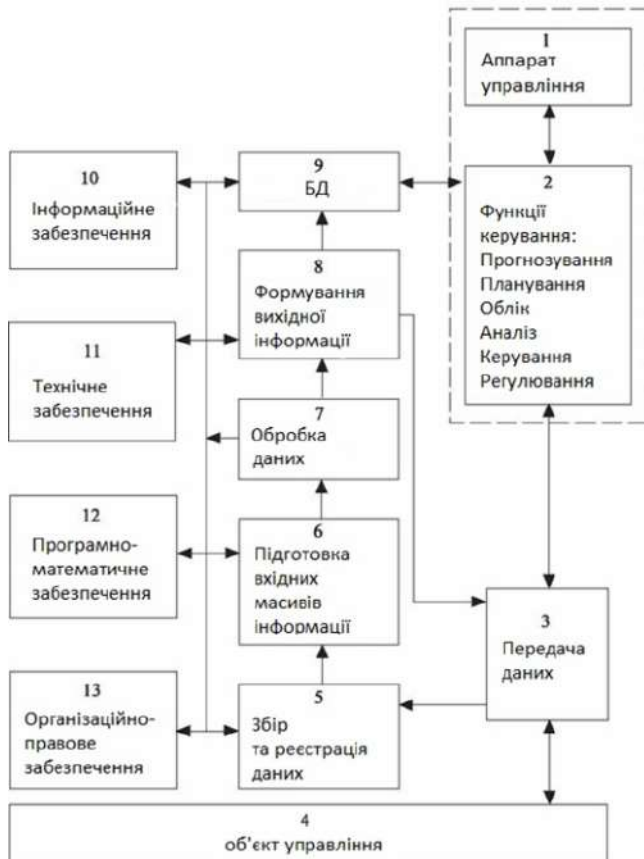


Рис. 1. Структурна схема автоматизованої інформаційної системи оптимізації діяльності медичного закладу

У порядку функціонування апарат управління (блок 1) відповідно до завдань та функцій підприємства (блок 2) виробляє управлінські рішення. Апарат управління включає операторів управління. Оператор управління - це посадова особа апарату управління, яка приймає рішення та забезпечує виконання комплексу організаційно-технічних заходів щодо його реалізації. У контурі функцій АІС оператор управління - це особа, що приймає рішення (ОПР), що відповідає за реалізацію прийнятого рішення. Залежно від конкретних умов «обличчя» може бути юридичним чи фізичним. ОПР – це суб'єкт управління. Управління здійснюється шляхом реалізації рішень, які виробляються суб'єктом. Рішення - це цільова установка оператора управління, спрямована на здійснення організаційно-технічних заходів щодо управління об'єктом.

Передача рішення з прямого зв'язку проводиться каналами передачі за допомогою блоку 3 на об'єкт управління (блок 4) — підприємство, організацію, фірму тощо. Через блок 4 реалізується також зворотний зв'язок, тобто передача даних від блоку 4 в

блок 3. З блоку 4 через блок 3 дані передаються на перший етап технології обробки даних, де проводиться збір і реєстрація даних, що надходять від підприємств даних (блок 5). На наступному етапі проводиться підготовка масивів інформації до обробки ЕОМ (блок 6). Після цього починається обробка даних відповідно до алгоритмів вирішення функціональних завдань апарату управління (блок 7).

Реалізація розв'язання функціональних завдань проводиться з урахуванням відповідних прикладних програм користувачів. Після закінчення обробки пакета даних (документів) певного функціонального завдання проводиться оформлення результатів обробки, тобто приєднання до вихідних документів необхідних структурних елементів (блок 8). Після проведення контролю вихідних документів останні передаються через блок 3 у блок 2, що вирішує певне завдання.

Вихідні (результатні) документи, як і вхідні, зберігаються у БД. При необхідності функціонери апарату управління під час вирішення своїх завдань звертаються до БД за необхідною інформацією. У такому разі обмін даними може відбуватися безпосередньо між користувачем (блок 2) та БД в інтерактивному режимі (блок 9).

Реалізацію функціональних завдань АІС за всіма ділянками та процедурами забезпечують у своїй частині відповідні підсистеми: інформаційне забезпечення (блок 10), технічне забезпечення (блок 11), програмно-математичне забезпечення (блок 12) та організаційно-правове забезпечення (блок 13). У контурі функціонування АІС слід враховувати внутрішні та зовнішні потоки інформації. Внутрішні потоки перебувають усередині контуру АІС, тобто між апаратом управління (блоки 1 та 2) та об'єктом управління (блок 4). Крім того, до внутрішніх потоків відносяться також потоки інформації на рівні взаємодії користувачів (блок 2) з БД (блок 9), а також потоки на рівні ділянок і етапів технології обробки даних (блоки 5-8).

Далі були визначені вимоги до розроблюваної системи. Для реалізації проекту за основу взято концепцію клієнт-сервер. Тому для виконання функціональних вимог система повинна складатись з клієнтської та серверної частини.

АІС розробляється для спрощення роботи медичного закладу. Система повинна спростити ведення обліку, використання інформації, мати в собі елементи інтелектуалізації для спрощення складання розкладу лікарів, ведення звітності. Виходячи із мети створення системи, розглянемо системні вимоги до неї.

Системні вимоги до АІС:

- реалізація серверної частини сервісу повинна бути у виді сервісу який буде обробляти вхідні запити;
- клієнтська частина системи повинна має бути реалізована в виді простого сайту з простим та інтуїтивним інтерфейсом;
- клієнтська частина повинна складатись із трьох частин, для адміністрації закладу, для лікарів, та для користувачів мати зручний та інтуїтивний інтерфейс.

## VII. ВИСНОВКИ

Розробка автоматизованої інформаційної системи оптимізації діяльності медичного закладу дозволяє впровадити елементи інтелектуалізації для підвищення швидкості та якості обслуговування клієнтів закладу. Спростити процеси складання розкладу персоналу, формування звітності в автоматичному режимі для уникнення людського фактору, ведення візитів лікарів їх оптимізація та інше.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Інформаційна система, wikipedia.org: [Веб-сайт].

URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Information\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Information_system)

[2] Медична ІС, wiki.uk-ua: [Веб-сайт]. URL: [shorturl.at/ftOWZ](http://shorturl.at/ftOWZ)

[3] В.І.Авраменко, В.О.Качмар, «Український журнал телемедицини та медичної телематики», Том 9, №2, стр. 2, Березень 2021

[4] Автоматизована інформаційна система, Givainc.com: [Веб-сайт]. URL: <https://www.givainc.com/blog/index.cfm/2021/9/13/automated-information-systems-ais-fully-explained>



# Моделі керування вантажно-транспортними пристроями виробів широкого призначення

Владислав Карабін<sup>1</sup>, Вікторія Невлюдова<sup>2</sup>

1. Студент, Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14, email: vladyslav.karabin@nure.ua

2. Доцент, Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14, email: viktorii.nevliudova@nure.ua

**Анотація:** Система автоматичного зберігання та пошуку даних Jtracking (AS/RS) повністю експлуатується без людської праці для автоматичного зберігання та заявки на товари. Це новий піднятий тип складського господарства для адаптації економіки, що розвиває попит у сучасному поколінні.

## I. ВСТУП

Рішення про інвестування в автоматизованому складі є серйозною проблемою, особливо для малих і середніх компаній. Маючи складські та пошукові машини і транспортні засоби, доступні дві технології, які зарекомендували себе на практиці і які вирізняються індивідуальною ідентифікацією.

Переваги та недоліки цих технологій.

У той час як системи АКЛ вважаються міцними і надійними і можуть експлуатуватися економічно, системи шатла (AS/RS) характеризуються своєю високою гнучкістю, динамічними характеристиками і високою готовністю системи в разі відмови транспортного засобу. З іншого боку, існує негнучкість і основні наслідки несправності автоматизованої системи складу, а також складність і пов'язані з цим високі витрати на придбання та обслуговування системи шатла.

Якщо ви подивитесь на щорічну кількість введених в експлуатацію складів деталей і систем шатла, стає зрозумілим, що обидві системи існують пліч-о-пліч з 2015 року і що в обидві системи щороку вкладають численні інвестиції (див. Рис.1). Це також означає, що в призначених для користувача галузях, як ось оптова та роздрібна торгівля, постачальники послуг аеропорту, а також харчова та автомобільна промисловість. Інвестиційні рішення щодо цих двох систем мають ухвалюватися на регулярній основі.

Важливі параметри рішення на які слід зважати – це, насамперед, вимоги до продуктивності (пропускна спроможність і вантажопідйомність), структурні параметри, ефективність та економія, а також гнучкість логістичних процесів. Під час ухвалення рішення необхідно враховувати ієрархічні залежності.

Щорічне введення в експлуатацію човникових і автоматизованих складських систем широкого призначення на основі користувацької статистики для автоматичних систем зберігання і комплектації.

Нарешті, загальна концепція завжди має вирішальне значення, не існує простого практичного правила для прийняття рішень. Тому під час ухвалення інвестиційного рішення важливо враховувати цілу низку різних параметрів, які складно зрозуміти взагалом і які не лінійно залежать один від одного.

Отже, для прийняття усвідомленого вибору потрібне кількісне підґрунтя.

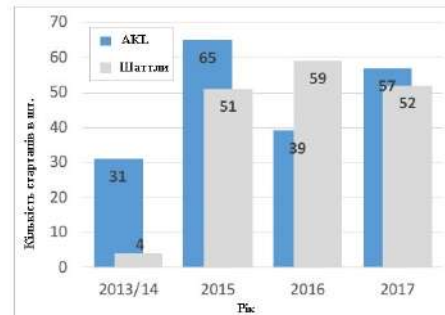


Рис.1. Статистика введення систем зберігання і комплектації

У численних науково-технічних статтях дві системи або розглядаються ізольовано одна від одної, або порівнюються тільки якісно. У більшості випадків не дається ніяких рекомендацій або даються лише розпливчасті рекомендації що до технології автоматизації, яка повинна бути обрана для завдання передачі товарів до людини в області дрібних деталей. Цю прогалину в дослідженнях передбачається закрити ціми тезами.

У цих тезах представлено кількісну модель рішення для структурованого вибору найбільш підходящої технології автоматизації для конкретного додатку. У моделі, заснованій на певних вхідних параметрах і системних вимогах генеруються, порівнюються й оцінюються відповідні альтернативи для обох варіантів зберігання. Взагалом складне рішення можна структурувати й ефективно розробити за допомогою обраної процедури. На основі отриманої моделі прийняття рішень створюється цілісний підхід.

## II. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Система автоматичного зберігання та пошуку даних Jtracking (AS/RS) повністю експлуатується без людської праці для автоматичного зберігання та заявки на товари. Це новий піднятий тип складського господарства для адаптації економіки, що розвиває попит у сучасному поколінні. Вертикальний високошвидкісний стелаж - основна допоміжна структура, за допомогою якої можна було б реалізувати вертикальне сховище загалом по AS/RS. Його продуктивність впливає на роботу всього складу та відповідного обладнання (рис.2).



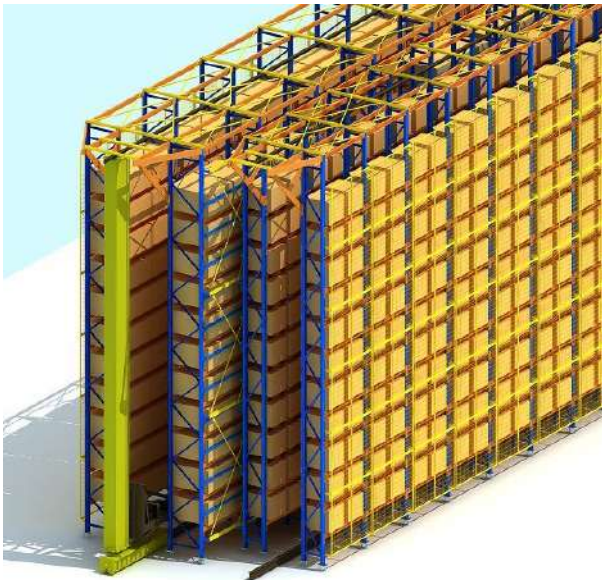


Рисунок.2. Система AS\RS

Особливості системи AS\RS:

- Максимізувати доступні місця для зберігання в існуючих структурах, не допускаючи зберігання і розширення за межами сайту.
- Мінімізація загальної площі будівлі до 50% порівняно зі звичайними складами.
- Зниження витрат на енергію на 40% у більш прохолодних середовищах.
- Зниження витрат на шкоду роботі та виробам.
- Підвищення точності інвентаризації та обслуговування клієнтів.
- Розроблення за вимогами замовника.
- Можна розмістити будь-яке існуюче приміщення об'єкта.
- Максимально збільшує складські можливості.
- Надійний, бездротовий, низький рівень технічного обслуговування.
- Зменшення робочої сили.
- Забезпечує більш надійне рішення, ніж інші рішення для глибокого зберігання.

Система AS\RS складається з наступних комплектуючих: запчастини (1), автоматичні тристоронні штабелери (2), залізничні рейки (3).

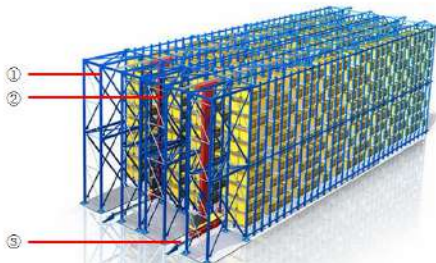


Рисунок.3. Структура AS\RS

Система AS\RS складається в основному з трьох частин:



Рисунок. 4.Складова AS\RS

Нижня напрямна база підтримує всю конструкцію і рухає її по довжині (рис.4).

Колонка. Цей елемент дозволяє легко досягти всіх різних висот. Елемент екстрактора. Це тристороння вилка, яка переміщується за допомогою голови, яка може рухатися вліво, вправо і вперед, щоб отримати доступ до навантаження.

### III. МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ

Директива VDI 2692 [15] визначає автоматичні склади широкого призначення (AKL) як системи, "які транспортують і зберігають вироби зазвичай у стандартних навантажувальних засобах (контейнерах, лотках, ящиках тощо) - в автоматизованому процесі". Крім того, склад широкого призначення типовий, завдяки використанню складських машин, зазвичай керованих за трьома осями для управління полицями" [15]. З іншого боку, важливою особливістю човникової системи є "значний поділ горизонтального і вертикального транспортування" [15]. Зазвичай човникові транспортні засоби перебирають на себе горизонтальне транспортування, а також приймання та розвантаження вантажу, тоді як вертикальне транспортування здійснюється за допомогою ліфтів [15]. Товари, передані на аутсорсинг, транспортуються через конвеєрне з'єднання до однієї або кількох станцій комплектування, де відбувається фактичний процес комплектування (принцип передачі від товарів до людини) [13].

Розглянемо метод міжфункціонального планування розподільчих центрів з використанням теорії графів [7]. Для кожної функціональної області розподільчого центру, тобто надходження товарів, комплектації замовлень, пакування тощо враховуються різні технічні рішення, так звані базові модулі. Різні варіанти проектування розподільчого центру представлені з'єднанням окремих базових модулів у граф, для якої оптимальне з погляду витрат рішення у вигляді оптимального маршруту може бути визначено за допомогою алгоритму Дейкстри.

Процедура одночасного визначення планування складу та політики контролю [11] використовується для визначення компонування в області ручного відбору. На основі заданих чинників введення і вимог, таких як очікуваний попит на продукцію, складські потужності або виробничі потужності полягає в тому, щоб вибрати макет із найкоротшим часом комплектування. Конкретної конфігурації не вказано, але в рішення включено різні технічні реалізації. Метод досліджує можливі реалізації, які є результатом комбінації. Стріла човника описує зростаюче використання човникових систем у контексті

внутрішньої логістики та виправдовує цей розвиток постійно зростаючим асортиментом товарів і дедалі дрібнішими поставками [1]. Завдяки своїй гнучкості, човникові системи особливо підходять для цих вимог. Обидві системні концепції мають своє значення і неможливо дати загальну оцінку цим двом концепціям. Стріла човника використовує логістичну щільність потужності (співвідношення пропускної здатності та ємності сховища) як критерій вибору системи [1]. Однорівневі човники між проходами рекомендують для складів із високою щільністю логістичної потужності, а багаторівневі човники або системи зі зміною проходів рекомендують для складів із низькою потужністю. Згідно з стрілою човника системи зберігання і пошуку знаходяться посередині і особливо підходять для вимог постійної пропускної здатності.

Добре обгрунтоване і докладне планування ставиться на передній план при виборі між двома системами [5]. Зокрема, слід брати до уваги критерії обсягів зберігання, необхідну продуктивність і майбутній розвиток з погляду компонування, інвестицій та експлуатаційних витрат. Планування складу, зокрема, може виявитися вирішальним фактором, якщо це має вирішальне значення для місткості сховища, експлуатації системи шатла. Такий підхід може призвести до збільшення інвестицій та експлуатаційних витрат до 30% [5]. У істочнику [5] дається приблизна рекомендація для ухвалення рішення, що ґрунтується на динаміці двох критеріїв (кількість замовлень і комплектів за годину - тенденція до системи човника) та об'єму (кількість товарів і ємність зберігання - тенденція до класичної системи складування дрібних деталей).

У джерелі [15] рекомендується крани-штабелери для складських приміщень із низькою пропускною спроможністю та великою місткістю, а також у зонах із важкими вантажами. Оскільки ці вимоги також будуть важливі у майбутньому автор бачить безпечну нішу для цих систем. З іншого боку у джерелі [5] рекомендується човникові системи для високодинамічних застосунків, де швидкість, мале споживання місця і гнучкість в обігу є ключовими. Однак, загалом вигода для клієнта та загальна продуктивність логістичної системи перебувають на передньому плані, тому дуже важливим є цілісний погляд на всі вимоги, адаптовані до відповідного застосунку. Хоча системи шатлів взагалом мають більший потенціал для подальшого розвитку, системи SRM залишаються більш важливими через їхню технічну складність.

Частина планових та інвестиційних рішень називає три основні параметри для ухвалення рішень: гнучкість логістичних процесів, середня очікувана пропускна здатність і можлива розширюваність логістичної системи. Автор джерела [6] рекомендує використовувати систему шатлів, якщо є реалістичні цілі зростання і підвищені вимоги до пропускної спроможності, які задоволені за допомогою додаткових транспортних засобів шатла. Якщо логістичні процеси чітко визначені, денну пропускну здатність можна легко розрахувати, використовувати систему AKL.

В джерелі [4] автор розробляє комплексний метод планування для поліпшеного планування автоматичних систем зберігання, що є альтернативою традиційній процедури послідовного планування, в якій спочатку визначається грубе планування з ємністю складських приміщень, а на його основі розраховується вантажопідйомність. Щоб остаточно оцінити інвестиційні витрати, [4] пропонує використовувати цілісну модель планування, яка робить складське планування, Планування складу стає більш керованим з великою кількістю варіантів планування. Таким чином, необхідно скоротити обсяг робіт з планування, які залежать від знань і досвіду, і в той же час можна буде знайти оптимальну продуктивність і вартість. Загальна розроблена модель складається з трьох підмоделей, які розраховують геометрію складу (включно з кількістю складських площ), продуктивність вантажно-розвантажувальних робіт та інвестиційні витрати для різних типів складів. Таким чином, генеруються численні альтернативи і розраховуються їхні ключові показники (геометрія, кількість паркувальних місць, продуктивність вантажно-розвантажувальних робіт, інвестиції). Потім за допомогою функції оптимізації дається рекомендація щодо альтернативного сховища, яка призводить до найменших інвестиційних витрат. Предметом цього дослідницького проекту є автоматичні складські системи з кранами-штабелерами, зокрема багатоярусні склади (AS/RS). Човникові системи не враховуються.

На закінчення можна констатувати, що складність вибору між двома технічними версіями підкреслюється всіма авторами. Незважаючи на те, що окремі переваги та недоліки складських систем і шатлів для дрібних деталей повністю відомі й описані в літературі, все ще потрібні величезні зусилля з планування, щоб знайти системне рішення, адаптоване до індивідуальної ситуації та вимог замовника. Хоча розробники можуть засновувати свій вибір системи на загальних рекомендаціях до дії, вибір однієї з двох альтернативних систем залишається індивідуальним і частково суб'єктивним рішенням. Структура, функціональність і класифікація моделі прийняття рішень у загальному процесі планування зображена на рисунку 5.



Рисунок.5. Структура, функціональність і класифікація моделі прийняття рішень у загальному процесі планування

Щоб полегшити і спростити процес планування, [4] пропонується цілісний метод планування, який замінює послідовну процедуру. Однак, цей метод

планування не був розроблений для вибору системи між AKL і системою шатла, тому його не можна використовувати для розв'язання цієї проблеми. Однак, його частково розглядають і розвивають під час розроблення моделі.

#### IV. ВИСНОВКИ

Метою цих тез є розробка статичної моделі управління вантажно-транспортними пристроями виробів широкого призначення. У процесі планування ми стикаємося з питанням, чи слід керувати складом широкого призначення за класичною системою AKL або системою шатла (AS\RS). Обидві технології використовуються в системах AKL і характеризуються великою кількістю факторів, що впливають на їх взаємозалежність, а це означає, що процес ухвалення рішень залежить від досвіду та особистої оцінки планувальника. Модель рішення, розроблена в цих тезах, містить у собі вибір відповідної технології автоматизації та надає користувачеві рекомендації щодо дій стосовно того, чи слід керувати складом широкого призначення за допомогою пристроїв для зберігання та вилучення або транспортних засобів-шатлів.

Користувачеві надається можливість впливати на модель, її функціональні можливості та критерії вибору, що лежать в основі. Комбінуючи форми конфігурації сховища, стратегії зберігання та визначення розмірів сховища, модель рішення може обирати з 9225 системних альтернатив для створення SRM або систем шатла.

Щоб мати можливість порівнювати згенеровані варіанти один з одним, визначаються критерії оцінки геометрії складу та кількості паркувальних місць, пропускної спроможності та суми інвестицій, для кожного з яких модель розраховує цільове значення. Результати ранжуються.

Описана модель являє собою перший підхід, що допомагає особам, які ухвалюють рішення, вибрати правильну технологію автоматизації. Вперше стало можливим пряме порівняння класичної складської системи для широкого призначення з пристроями керування полицями і системою шатла. Модель враховує велику кількість якісних і кількісних чинників, які, з одного боку, враховуються як ступені свободи під час генерації альтернатив, а з іншого боку, включаються в розрахунок критеріїв оцінки.

Незважаючи на велику кількість розглянутих системних альтернатив, модель ухвалення рішень охоплює лише невелику частину форм AKL і AS/RS, що використовуються на практиці. Зокрема, для систем шатла можливі численні інші варіанти системи, які можуть мати стосунок до ухвалення рішень.

Потенціал для подальшого розвитку моделі ухвалення рішень зумовлений, зокрема, розглядом стохастичних і динамічних впливів. Це охоплює відносно прості міркування (наприклад, із включенням у модель розрахунків динамічних інвестицій) або складніші методи, які враховують стохастичні впливи під час розрахунку пропускної спроможності та часу. Обидва об'єкти подальше підвищення точності прогнозу моделі прийняття рішень і тим самим вибір рекомендованої альтернативи системи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Барк Р. (2018). Стріла човника. *Verkehr's Rundschau*, 2018 (33/34). Мюнхен: Springer Fachmedien Mün-chen GmbH.

[2] Цеплик В. (2015). Блок зберігання та видачі чи шатл? *Логістика для компаній*, випуск: травень 2015 р. (стор. 30-31). Дюссельдорф: VDI Fachmedien GmbH and Co. KG.

[3] Гудехус Т. (2010). *Логістика - основи, стратегії, додатки*. 4-е оновлене видання. Берлін, Гейдельберг: Springer Berlin Heidelberg.

[4] Гюнтнер, В. А., Т. Ац і А. Ульбріх (2011). *Планування інтегрованої складської системи*. Дослідницька робота. Мюнхен: Мюнхенський технічний університет, кафедра обробки матеріалів, руху матеріалів і логістики (fml).

[5] [Хептнер, К. (2017). *Човник проти РБГ*. Логістра, випуск 4. Мюнхен: HUSS-VERLAG GmbH.

[6] Хун, М. (2014). Блок зберігання та видачі чи шатл? Конкретний додаток вирішує, що краще. вантажно-розвантажувальні роботи (промислове виробництво - системне рішення), 06/2014. Дармштадт: WEKA BUSINESS MEDIEN GmbH.

[7] Джобі, Борис Себастьян; Wehking, Karl-Heinz (2013): *Автоматизоване планування розподільчих центрів з використанням теорії графів*. *Логістичний журнал*, 2013

[8] Юнглінг, Х. Дж. (2015). Мертві складаються довше: все ще обговорюються машини для зберігання та вилучення. *Технології та закупівлі*, 01/2015. Ландсберг: Verlag modern Industrie GmbH.

[9] Користувачка статистика з materialfluss MARKT (2019), materialfluss.de, останній доступ: 15 липня 2019 р.

[10] [Plo15] Плохр, К. (2015). Сучасний стан роздрібної логістики - розгляд та аналіз актуальних концепцій і технологій. Серія публікацій кафедри логістичного менеджменту. Бремен: Бременський університет (економічний факультет, кафедра ділового адміністрування та управління логістикою).

[11] Рудберген, Кіс Ян; Vis, Iris F.A.; Тейлор, Г. Дон (2014): Одночасне визначення планування складу та політики контролю. В: *Міжнародний журнал виробничих досліджень* 53 (11), стор. 3306-3326.

[12] [Saa12] Сааті, Т. Л. та Л. Г. Варгас (2012): *Моделі, методи, концепції та додатки процесу аналітичної ієрархії*. Нью-Йорк: Springer Science and Business Media.

[13] Тен Хомпел, М., В. Садовські та М. Бек (2011). *Комплектування замовлень: Системи матеріальних потоків 2 - планування та розрахунок комплектування замовлень у логістиці*. Книга VDI. Берлін, Гейдельберг: Springer.

[14] Директива VDI 3630 (серпень 2006 р.). *Автоматичний склад дрібних деталей (AKL)*. Асоціація німецьких інженерів.

[15] Директива VDI 2692, аркуш 1 (березень 2015 р.). *Човникові системи для невеликих навантажувальних одиниць*. Асоціація німецьких інженерів.

[16] *Автоматична система зберігання та пошуку інформації*. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://m. en.omshelving.com/as-rs/automatic-storage-and->

retrieval-system.html

[17] Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни "Логістика" підготовки бакалавра спеціальності 051 - Економіка спеціалізації "Економічна кібернетика" [Електронний ресурс] / ХНУРЕ ; розроб. С. В. Гришко. – Харків, 2017. – 341 с.

[18]. Невлюдов І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андруевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. 320 с.

[19]. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андруевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.



# Analysis of the Interaction of Zoomorphic Sociorobots with People

Veronika Rudenko<sup>1</sup>

1. Department of CITAM, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,  
Kharkiv, Nauki Ave. 14., email: veronika.rudenko@nure.ua

**Annotation:** In this paper, various types, characteristics, and parameters of zoomorphic sociorobots are analyzed. During the analysis, the author set the task to consider the possible areas of application of zoomorphic socio-robots, the results of their influence on humans, as well as their further development.

**Keywords:** zoomorphic robots, sociorobots, zoomorphic sociorobots.

## I. INTRODUCTION

Zoomorphic robots are common in many parts of the world, they are used in laboratory research, academic work, and zoomorphic robots act as an excellent companion, which is more common in Japan [1], where many zoomorphic social robots are produced for therapy and entertainment.

Zoomorphic sociorobots (animalobots) have a positive impact on humans in various fields of its application. Social robots are used as a means of socializing people, to maintain their morale, in a situation where a person feels lonely and needs a companion [2]. Social robots entertain people and patients, help, and communicate with the disabled and the elderly, take care of the health of people with dementia and children with autism [3].

Based on this, companies such as Sony, Philips, AIST, Ugobe, Fujitsu, Omron and VUB are actively engaged in the creation of various types of social robots, for example, walking anthropomorphic humanoids, such as QRIO and NAO [4-5], wheeled anthropomorphic humanoids, such as BANDIT [6], stationary robots such as KASPAR [7], and zoomorphic sociorobots.

Zoomorphic social robots not only help people take care of their health, but are also suitable for people who, for whatever reason, cannot get a pet, but really want to. Allergy to wool, frequent travel, employment - all this does not make it possible to acquire a living companion, and zoomorphic sociorobots help in this.

## II. ANALYSIS OF ZOOMORPHIC SOCIOROBOTS

NeCoRo is a very realistic robot cat, an unusual pet that is suitable for many people. Residents of megacities, tenants, people with allergies or very busy people do not have the opportunity to get a real cat, so the NeCoRo robot cat is the best way out [8]. The general view of NeCoRo is shown in Figure 1.

The NeCoRo cat robot has 15 motors, which allows it to behave almost like a real cat, but it cannot walk, since it is intended to be in the hands of the elderly, but NeCoRo can stand, sit, stretch, and lie down. This robot has seven sensors and microphones for understanding and interacting with a person [9]. The main technical characteristics of NeCoRo are presented in table 1.



Figure 1. – Robot cat NeCoRo

Table 1. Main technical characteristics robot-cat NeCoRo

Parameter	Values
Battery	Replaceable nickel-hydrogen
Working hours	1,5 hours
Full charge time	2 hours
Dimensions	320*260*220mm
The weight	1,6 kg
Price	~1500\$

NeCoRo is endowed with her own emotions and desires and can also change her character and personality depending on her upbringing.

In the article Masahiro Fujita, the author presented the first AIBO robot model, which is used for use as a pet. The author proposed a solution to the problem of significant realism in the appearance of a zoomorphic robot by complicating the movements and transmission of this robot.

As a solution to the problem, the authors used multiple constraint motivation, high freedom constraint, and unusual behavior [10].

Sony has developed the latest AIBO robotic puppy. The company has combined artificial intelligence and advanced technology to create the perfect companion and family member. Thanks to deep learning, AIBO can grow and develop, form a unique personality through daily interaction with people [11].

Sony has used a wide range of different sensors, cameras, and actuators to make AIBO look like a real dog. The robot dog has ultra-compact drives that allow the body to move along 22 axes.

AIBO is equipped with built-in sensors to detect and analyze environmental sounds, has 2 OLED displays that are used for eyes and create different facial expressions. The general view of AIBO is shown in Figure 2.





Figure 2. – Robot dog AIBO

AIBO is equipped with a quad-core processor, Wi-Fi and LTE modules, gyroscopes, a camera and four microphones [12]. The main technical characteristics AIBO are presented in table 2.

Table 2. Main technical characteristics robot-dog AIBO

Parameter	Values
Microprocessor	Qualcomm Snapdragon 820
Working hours	2 hours
Full charge time	3 hours
Dimensions	180*293*305mm
The weight	2,2 kg
Price	~2900\$

AIBO is an ideal dog for pet owners who travel a lot and do not have the opportunity to feed or walk their pet [13].

AIST, a leading industrial automation company, has developed PARO, an interactive therapeutic zoomorphic social robot for hospitals and advanced care facilities where live animals would present logistical or treatment challenges.

Through a series of studies, the company has found that PARO reduces patient and staff stress and enhances and stimulates interaction between patients and facility workers. PARO has a positive psychological impact, improves relaxation and motivation, and improves socialization [14].

The prototype of this robot is the harp seal breed, as the most charming animal on the planet. The general view of PARO is shown in Figure 3.



Figure 3. – Robot seal PARO

PARO has five types of sensors, thanks to which it perceives the environment and people, recognizes the time of day, sound direction, name, greeting and praise. Imitates

the sounds of a real seal, expresses feelings through body movements and facial expressions.

The PARO robot comes in a variety of sizes and colors to suit different ages of people. The cost of this therapeutic socio-robot reaches several thousand dollars.

California-based UGOBE has developed the Pleo, an autonomous dinosaur robot. The prototype of this robot was the North American herbivorous dinosaur Camarasaurus, who lived in the late Jurassic period about 150 million years ago. Pleo acts independently and expresses its emotions through movements and sounds [15]. The general view of Pleo is shown in Figure 4.



Figure 4. – Robot dinosaur Pleo

Pleo is equipped with 14 motorized nodes, 2 microphones, 8 sensors and four paw detectors for surface recognition, 14 thrust sensors, two speakers and an infrared mouth sensor for detecting the presence of an object in the mouth. Pleo also has a USB port and a memory card slot. The main technical characteristics of Pleo are presented in table 3.

Table 3. Main technical characteristics robot-dinosaur Pleo

Parameter	Values
Microprocessor	2 32-bits
Subprocessor	4 8-bits
Battery capacity	2800mah
Full charge time	4 hours
Dimensions	20*33*13mm
The weight	1,3 kg
Price	~500\$

Pleo provides the ability to update the software, thereby upgrading the functions.

### III. CONCLUSIONS

After analyzing various models of zoomorphic sociorobots, we can conclude that in case of problems of socialization, it is important and correct to introduce robots that can relieve the emotional burden on a person, relax and reduce stress.

Zoomorphic social robots have been used in numerous environments to test and evaluate their possible social interaction. According to the results of numerous experiments, social robots have a positive effect on the health of patients, improving the emotional background, as well as the level of socialization in the team. Social robots have found application in hospitals and care centers for the elderly, they help with human developmental deviations, such as autism or dementia.

Robotic animals in their appearance and behavioral habits are like their biological species and can replace pets

in the absence of the opportunity to have a live pet. Zoomorphic sociorobots are suitable as a constant companion for people who live in an active rhythm, travel often, or are allergic to the fur of real animals. Also, the Zoomorphic socio-robot can be used to teach a child the behavior and care of a future pet.

In the future, the development of zoomorphic socio-robots will make it possible to use them both in a state of war, for moral support and mood of the military, and can also help them in intelligence, and to help and support people who have experienced loss or other life difficulties.

## REFERENCES

- [1]. Chen, J., Yin, B., Wang, C. et al. Bioinspired Closed-loop CPG-based Control of a Robot Fish for Obstacle Avoidance and Direction Tracking. *J Bionic Eng* 18, 431–436 (2022). <https://doi.org/10.1145/3543758.3547552>
- [2]. ABB. [Type of medium]. Available: <https://new.abb.com/uk>
- [3]. KUKA. [Type of medium]. Available: <https://www.kuka.com/>
- [4]. Робот QRIO от Sony. [Type of medium]. Available: <https://mentamore.com/robototexnika/robot-qrio-ot-sony.html>
- [5]. Nao. [Type of medium]. Available: <https://robots.ieee.org/robots/nao/>
- [6]. Bandit. [Type of medium]. Available: <https://robots.ieee.org/robots/bandit/>
- [7]. KASPAR — робот-гуманоид с минимальной выразительностью для исследования взаимодействия человека и робота. [Type of medium]. Available: [https://www.academia.edu/287481/KASPAR\\_a\\_Minimally\\_Expressive\\_Humanoid\\_Robot\\_for\\_Human\\_robot\\_Interaction\\_Research](https://www.academia.edu/287481/KASPAR_a_Minimally_Expressive_Humanoid_Robot_for_Human_robot_Interaction_Research)
- [8]. Три причины завести кота-робота. [Type of medium]. Available: <https://jak.koshachek.com/articles/tri-prichini-zavesti-kota-robota.html>
- [9]. NeCoRo. [Type of medium]. Available: <https://www.megadroid.com/Robots/necoro.htm>
- [10]. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi і мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.
- [11]. AIBO Sony. [Type of medium]. Available: <https://electronics.sony.com/more/aibo/p/ers1000-h>
- [12]. Sony Aibo. [Type of medium]. Available: <https://stylus.ua/sony-aibo-ers-1000-p333760c1515.html>
- [13]. Sony Aibo: собака и личный помощник будущего. [Type of medium]. Available: <https://xn--90awu.xn--jlamh/it/sony-aibo-sobaka-i-lichnyj-pomoshchnik-budushchego>
- [14]. Терапевтический робот PARO. [Type of medium]. Available: <http://www.parorobots.com/>
- [15]. Pleo. [Type of medium]. Available: [https://www.pleoworld.com/pleo\\_rb/eng/products.php](https://www.pleoworld.com/pleo_rb/eng/products.php)
- [16]. Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.

# Обмін файлами у веб-застосунках з використанням NODE.JS

Шило Назар<sup>1</sup>, Олена Чала<sup>2</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: nazar.shylo@nure.ua

2. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14., email: olena.chala@nure.ua

**Анотація:** У роботі описані основні інструменти обміну інформацією у веб-застосунках. Порівняно різні підходи й принципи. Виділено недоліки чи переваги того чи іншого методу передачі інформації.

**Ключові слова:** фреймворк, веб-застосунок, сервер, мережа

## I. ВСТУП

Використання фреймворку Node.js у комбінації з мовою програмування JavaScript для розробки веб-застосунків стає все більш звичним процесом. У даній роботі представлено процес обміну файлами для веб-застосунків у реальному часі за допомогою функцій Node.js. Node.js забезпечує програми запуску подій на серверах для швидкої розробки веб-серверів мовою JavaScript.

Вхідні або вихідні запити на сервер займають деякий час, наприклад, зчитування файлу з жорсткого диску, надання доступу до будь-якої служби або завершення завантаження файлу. Так як подібні операції у Node.js є асинхронними, сервер може продовжувати обробляти вхідні запити поки інші операції вже виконуються.

## II. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Обмін файлами - це обмін публічними або приватними даними у мережі через різні рівні доступу. У залежності від прав доступу файлообмін дозволяє певну (обрану) кількість людей з доступом до читання, перегляду або редагування файлу базуючись на наданому рівні повноважень. Сервіси обміну файлами зазвичай забезпечують певну кількість сховищ для користувача/акаунта. Файли можуть бути обмінюваними на змінних носіях.

Комп'ютери могли мати доступ до віддалених файлів використовуючи системи кріплення, системи сповіщень, мережу Usenet, та FTP-сервери.

## III. ВИКЛИКИ

Проблеми затримки. Затримка це час, за який файл "рухається" з одного місця в інше. Затримка вимірюється між пристроєм користувача та центром даних. Даний показник допомагає розробникам зрозуміти, як швидко веб-сторінка або застосунок завантажуються для користувача. Затримку іноді називають паузою або рівнем пінгу. Якщо пропускна здатність - це кількість надісланої інформації за секунду, то затримка це кількість часу, яка потрібна для передачі файлу з джерела до користувача. З того часу, як застосунок працює на одному сервері, можуть бути

деякі помилки, так як велика кількість людей може надсилати запит одночасно.

Масштабованість. Програма може прийняти одночасно 1000 користувачів без проблем, "пауз" та обробляти понад 1000 запитів за секунду за допомогою Node.js. Але якщо кількість користувачів збільшиться, то можуть виникти проблеми з продуктивністю через обмежену потужність серверів і мережі.

## VI. МОЖЛИВОСТІ

Швидкий потік даних. Node.js створено з нуля з метою керування невідповідним вводом-виводом, як він побудований за допомогою JavaScript, а JavaScript побудований на основі циклу подій event loop. Наприклад, подія натискання кнопки на стороні клієнта для JavaScript – це вже цикл подій. Хоча деякі сайти мають цю особливість, вони все ж використовують інші небудовані бібліотеки для тієї ж мети як Node.js і саме тому вони зазвичай повільні. Відповідно до цього веб-сервер може забезпечувати швидкий обмін даними.

Відсутність ліміту сховища даних. MongoDB розроблена таким чином, щоб зберігати величчн обсяги інформації. Це NoSQL веб-сторінка із базованим на текстові сховища, повною підтримкою індексів, частотним дублюванням і доступністю. MongoDB може з легкістю обробляти мільйони текстів і може зберігати їх в одній партії. Така програма, як WhatsApp, має обмеження на обмін – не більше 100 Мб для одного файлу.

Сховище збереження. Коли ми надсилаємо один і той самий файл до користувачів, WhatsApp створює дублікати подібного файлу, що збільшує навантаження на пам'ять системи і уповільнює її. Програма тимчасово зберігає дані користувача на сервері, що дозволяє зберегти сховище і підвищити продуктивність системи.

Простий у використанні. Інтерфейс користувача це саме те, з чим контактує користувач – комп'ютер, веб-сторінка, програма. Ефективний інтерфейс користувача має на меті зробити користування людини простішим і доступнішим, до того ж для цього прикладаючи мінімальну кількість зусиль. Програма має доволі простий і доступний інтерфейс.

## IV. ДЕТАЛІ

Основна ідея програм для обміну файлами – запропонувати веб-застосунок, де документи, картинки або інші типи даних можуть зберігатися без будь-яких обмежень на пам'ять. Додаток допомагає економити пам'ять і також заощаджує кошти користувача, так як

він не має платити за DrobBox, Google і подібні сервіси для зберігання.

Основною функціональністю платформи є веб-додаток для обміну файлами, у якому клієнт може завантажити документ без обмеження розміру. Після завантаження документ, буде згенеровано посилання, яке клієнт зможе поділитися з іншими людьми.

Також є можливість поділитися документом за допомогою електронної пошти. Node.js — це платформа програмного забезпечення, яка дозволяє створити свій веб-сервер і створювати на ньому веб-додатки. Node.js постачається разом з прм (менеджер програмних пакетів), який дозволяє легко поширювати та встановити сторонні бібліотеки і для розширення існуючої забудови проекту.

Враховуючи всі переваги Node.js, не дивно, що багато відомих компаній з різних галузей, як Uber, PayPal або Netflix застосовують їх до своїх проектів. Існують різні способи структурування коду, але той, який є досить популярним тепер - це структура MVC (Models, Views, and Controller), яка зображена рис.1 При відправці запиту є набір функцій, які обробляють усі запити, які надходять від користувача.

Зараз кожен із запитів проектується на функцію, яка написана у файлі або наборі файлів – контролері. Багато фреймворків використовують MVC-структуру, наприклад, Express.js, Python і тому подібні. Express.js використовується таким чином, що він не вказує користувачеві, як саме проектувати середовище. Express та інші фреймворки базуються на цьому принципі. База даних – це постійне сховище, тому перезапуск чи сбій сервера не впливають на коректну обробку даних. Існує два способи збереження даних – табличний, як MySQL або бінарний JSON, Redis, Mongo Db. Mongo Db використовується як база даних, яка робить веб-застосунки простими настільки це можливо і не потребує визначення табличної структури – ані рядків, ані стовпців. Mongo Db є ключовою складовою двох основних стеків (наборів) сьогодення – MEAN (MongoDB, Express, Angular, Node) та MERN (MongoDB, Express, React, Node) [1-5].

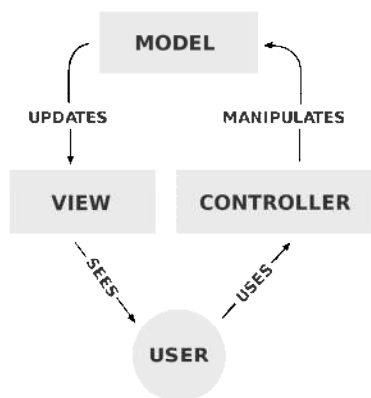


Рис. 1 – MVC архітектура

MongoDB - це гнучка і масштабована база даних файлів. База даних складається з набору документів. Він скидає традиційний метод зберігання даних у реляційних базах даних і зберігає дані гнучким способом без будь-яких обмежень формату і структури. Дані зберігаються у форматі BSON, який є двійковим

JSON. Документ може містити послідовності, числа, що плавають і навіть масиви та об'єкти. Це робить роботу бази даних більш швидкою і простою. MongoDB вбудовує інші піддокументи в документ, надаючи посилання на цей документ замість приєднання до колекцій. База даних MongoDB підтримує різні операції з базою даних, такі як запит документів, вставлення нових документів, а також редагування та видалення існуючих документів.

Основною особливістю бази даних MongoDB є її здатність зберігати динамічні дані. Документи в одній колекції можуть мати різні властивості та пари ключових значень. Це усуває вимогу збереження аналогічно структурованих даних, яке є обов'язковим в інших реляційних базах даних.

Ця функція забезпечує велику гнучкість для зберігання непротиворечливих даних в одній колекції. Крім того, збереження всіх даних для об'єкта в одному файлі підвищує швидкість роботи бази даних порівняно з реляційною базою даних. Це дозволяє уникнути необхідності об'єднання багатьох таблиць для отримання даних з різних рядків і стовпчиків. Хоча MongoDB є базою даних без схеми і спирається тільки на дисципліну розробника для підтримки структури документа, але для правильної роботи більшості програм потребує структуровані дані. Mongoose розроблявся саме для того, щоб вирішити це питання. Він забезпечує застосування стандартної структури до всіх файлів у колекції за допомогою схеми. Крім того, можна перевірити дані, що зберігаються в файлах, а також дозволити збереження в базі даних тільки допустимих даних [5-8, 13].

На додаток до цього, Mongoose надає всі можливості, що існують в MongoDB, з додаванням функцій побудови запитів і бізнес-логіки даних. Крім того, він може з'єднувати базу даних з сервером і виконувати аналогічні операції для читання, записи, оновлення і видалення даних.

Express - це фреймворк Node.js, який прискорює та полегшує веб-розробку, пропонуючи різні функції на додаток до основних модульних вузлів. Express є невеликим та гнучким фреймворком Node.js, він пропонує кілька сторонніх проміжних програм, які розширюють функціональність експрес-програми та додають функції за потреби. Express - це комбінація проміжного програмного забезпечення, яке виконується зверху вниз в циклі запиту-відповіді. Кожне проміжне програмне забезпечення має доступ до запиту та об'єкта відповіді, а також наступну функцію, які передаються з одного проміжного програмного забезпечення в інше.

Проміжне програмне забезпечення приймає запит, виконує код всередині, змінює об'єкти запиту та відповіді і викликає наступну функцію, яка активізує наступне проміжне програмне забезпечення в черзі. Експрес-додаток може мати доступ до проміжного програмного забезпечення рівня додатка, проміжного програмного забезпечення рівня маршрутизатора, проміжного програмного забезпечення обробки помилок, вбудованого проміжного програмного забезпечення та проміжного стороннього програмного забезпечення. Проміжне програмне забезпечення для обробки помилок при'язане до об'єкта програми і

завичай приймає чотири аргументи: запит, відповідь, помилку, і наступні об'єкти. Вбудовані проміжні програми, такі як `express.static` і `express.json`, статично обслуговують файли і аналізують вхідний запит в JSON-файл відповідно.

Крім того, інші проміжні програми сторонніх виробників розширюють функціональні можливості експрес-додатком шляхом аналізу файлів `cookie` або шляхом аналізу файлів `cookie`. 24 Крім того, маршрутизатори в експрес-режимі ділять додаток на кілька мініекспрес-додатків, які об'єднуються для формування експрес-додатку.

Експресмаршрутизатор складається з команди HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) та шляху, або розташування ресурсу.

Крім того, функції зворотного виклику також задаються в методі маршрутизації, де в якості аргументів може використовуватися ряд функцій зворотнього виклику. Такі функції використовують функцію `next()`, переходячи до іншої функції зворотнього виклику, викликаючи наступний метод.

## VI. ВИСНОВКИ

Здебільшого Node.js використовується для бекенда. Але фронтенд також застосовує Javascript. Завдяки цьому розробники можуть писати як бекенд, так і фронтенд однією мовою. За допомогою Node.js можна розробляти настільні та змішані мобільні додатки, а також рішення у хмарній сфері або у сфері Інтернету речей.

Його універсальність — відмінний спосіб мінімізувати витрати на проєкт, оскільки все це може зробити одна команда розробників.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Li, "Architecture of Node.js' Internal Codebase," 04-June-2016.132 25 International Journal for Modern Trends in Science and Technology/

[2] "Node.js Foundation Combines Node.js and io.js Into Single Codebase in New Release," Node.js, 21

[3] S.Tilkov, S.Vinoski, "Node.js: Using JavaScript to Build High performance Network Programs", Internet Computing, IEEE, Page(s): 80-83 Volume: 14, Issue: 24 December 2021.

[4] Jim R. Wilson, "Node.js the Right Way: Practical Server-Side Java script that Scales", The Pragmatic express, ISBN13: 978-1937785734.

[5] The benefits of web-based applications," .Available:<http://www.magicwebso-lutions.co.uk/blog/thebenefitsofwebbasedap-plicatio.html>.

[6] Xiao Y. Node.js in Flames; 2014. Available from: [techblog.netflix.com/2014/1/odejs-in-flames.html](http://techblog.netflix.com/2014/1/odejs-in-flames.html). View

[7] Chaniotis IK, Kyriakou KID, Tselikas NDIs Node.js a viable option for building modern web applications? A

performance evaluation study Computing., 97 (10) (2015), pp. 1023-1044.

[8] Zong Woo Geem. Recent Advances in Harmony Search Algorithm// Studies in Computation Intelligence. – 2016. – P. 51– 75.

[9] LEVCHENKO, E. O.; NEVLIUDOV, I. Sh; CHALA, O. O. Opportunities of artificial intelligence for the development of industrial automation. 2021.

[10] Гіль А. Промислові інтерфейси та протоколи передачі даних інтегрованих систем для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0 / Гіль А., Чала О., Филипченко О. // Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V-ї Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2021 р.: Харків, 2021. С.127-30.

[11] Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернетконференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.2 С.: 604-608/

[12] Левченко Є. О. Machine-to-mobile (M2M) в автотранспортних мережах / Є. О. Левченко, О. О. Чала // Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XXXI Всеукраїнск. наук.–техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 22–23 квітня 2021 р. – Одеса, 2021. – С. 162– 163.

[13] Yevsieiev V. (2018), "Visual objects interaction mathematical presentation to solve the problem of software design automation for computer information systems of technological production preparation", Zbirnyk Naukovykh prats Donetskooho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Serii: "Obchysliuvalna tekhnika ta avtomatyzatsiia", No. 1 (31), P. 24–31. DOI: 10.31474/2075-4272-2018-1-31-24-31



# Математична модель багатокритеріальної задачі структурно-параметричної оптимізації виробничих технологічних процесів

Володимир Безкоровайний<sup>1</sup>, Володимир Ханджян<sup>2</sup>

1. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, проспект Науки 14., e-mail: vladimir.beskorovainyi@nure.ua
2. Кафедра КІТАМ, Харківський Національний Університет Радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, проспект Науки 14., e-mail: volodymyr.khandzhian@nure.ua

**Анотація:** З використанням декомпозиції проблеми оптимізації виробничих технологічних процесів запропонована постановка і математична модель задачі їх структурно-параметричної оптимізації за показниками наведених витрат, продуктивності та якості продукції. Для скалярного оцінювання варіантів рішень запропоновано використання універсальних функцій загальної корисності на основі полінома Колмогорова-Габор та корисності часткових критеріїв, що дозволяє підвищити точність визначення переваг особи, що приймає рішення.

**Ключові слова:** виробничий технологічний процес, модель, структурно-параметрична оптимізація.

## I. ВСТУП

В умовах конкуренції сучасні виробничі компанії орієнтуються на скорочення термінів освоєння нових видів продукції та підвищення її якості. Методологія системного підходу в процесі проектування виробничих технологічних процесів (ТП) передбачає подання їх у вигляді просторово чи територіально розподілених технологічних об'єктів або комплексів таких об'єктів. Ефективність ТП визначається рішеннями, які приймаються на етапах їхнього проектування [1]. Синтез варіантів побудови виробничих ТП передбачає розв'язання множини взаємопов'язаних задач їхньої структурної, топологічної та параметричної оптимізації. Оптимізація ТП полягає у виборі найкращого варіанту з множини допустимих, які задовольняють функціональним і вартісним обмеженням за множиною показників (якість, продуктивність, собівартість продукції, завантаження устаткування тощо). Швидкі зміни попиту на продукцію, поява нових технологій і обладнання викликає необхідність періодичних змін виробничих технологічних процесів, які реалізуються шляхом їхнього реінжинірингу.

Це обумовлює актуальність науково-прикладних задач удосконалення технологій, математичних моделей і методів їх системної оптимізації [2]. Однією з першочергових при цьому вважається задача структурно-параметричного проектування (реінжинірингу) ТП.

Метою дослідження є підвищення ефективності технологій автоматизації проектування ТП шляхом розробки математичної моделі багатокритеріальної задачі структурно-параметричного реінжинірингу виробничих технологічних процесів.

## II. ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Сучасні виробничі ТП можуть складатися з великої

кількості елементів зі складною схемою взаємозв'язків між ними. Створення їх єдиної моделі є складною слабоструктурованою проблемою, яка складається з сукупності недостатньо формалізованих задач, для яких не сконструйовані коректні моделі та методи їхнього розв'язання. Будемо розглядати проблему оптимізації ТП як метазадачу *MetaTask*, яка складається з множини задач  $\{Task_i^l\}$ ,  $l = \overline{1, n_l}$ ,  $i = \overline{1, n_i}$ , що відносяться до різних ієрархічних рівнів, з їх взаємозв'язками за вхідними даними та результатами розв'язання [3]:

$$MetaTask = \{Task_i^l\}, Task_i^l = \{Task_i^l\}, \\ l = \overline{1, n_l}, i = \overline{1, n_i}, \quad (1)$$

де  $n_l$  – кількість рівнів опису;  $i_l$  – кількість задач на рівні  $l$ .

Кожну з виділених задач будемо подавати у вигляді перетворювача її вхідних даних у вихідні:

$$Task_i^l : In_i^l \rightarrow Out_i^l, l = \overline{1, n_l}, i = \overline{1, n_i}, \quad (2)$$

де  $In_i^l$ ,  $Out_i^l$  – вхідні та вихідні дані  $i$ -ої задачі  $l$ -го рівня декомпозиції.

Задачі макрорівня  $l = 1$  за своєю суттю є задачами системної оптимізації ТП та відрізняються обмеженнями, які відображають специфіку етапів його життєвого циклу:

$$Task_i^1 = \{Task_i^1\}, i = \overline{1, 5}, \quad (3)$$

де  $Task_i^1$  – формування вимог і розробка технічного завдання оптимізації;  $Task_1^2$  – системне проектування ТП;  $Task_2^3$  – планування розвитку ТП;  $Task_3^4$  – адаптація ТП;  $Task_4^5$  – реінжиніринг ТП.

Задачі метарівня  $l = 1$  охоплюють коло питань системної оптимізації ТО, що виникають на стадіях його передпроектних досліджень, проектування, створення й експлуатації:

$$Task_i^2 = \{Task_i^2\}, i = \overline{1, 6}, \quad (4)$$

де  $Task_1^2$  – вибір базової технології;  $Task_2^2$  – вибір принципів побудови ТП;  $Task_3^2$  – оптимізація структури ТП;  $Task_4^2$  – оптимізація топології елементів ТП і зв'язків між ними;  $Task_5^2$  – визначення параметрів елементів ТП і зв'язків між ними;  $Task_6^2$  – оцінка ефективності і вибір найкращого варіанту ТП.

Для отримання рішення загальної задачі (4) на практиці використовується ітераційна схема системного проектування, яка дозволяє формувати відсутні вхідні дані задач за результатами рішень, отримуваних на попередній ітерації [3]. Через

невирішеність на першій ітерації задач  $Task_i^2$ ,  $i = \overline{2, 5}$  за вхідними даними за такою схемою формування вхідних даних  $InDat_i^2$  і обмежень  $Res_i^2$ ,  $i = \overline{2, 5}$  для них буде здійснюватися на основі експертних оцінок. На подальших ітераціях як вхідні дані  $InDat_i^2$  і обмеження  $Res_i^2$ ,  $i = \overline{2, 5}$  будуть використовуватися результати розв'язання наступних задач.

### III. ПОСТАНОВКА ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ

Об'єктом дослідження є лінійний технологічний процес, що включає  $n$  фаз (операцій), на кожній з яких використовується  $m_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  одиниць обладнання  $j$ -го типу,  $j = \overline{1, J_i}$ . Обладнання кожної з фаз характеризується продуктивністю  $p_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, J_i}$ , якістю виконання операції  $q_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, J_i}$  та наведеними витратами на його придбання, встановлення й експлуатацію  $c_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, J_i}$ .

Необхідно знайти найкращий варіант побудови ТП з множини допустимих  $x \in X$ , що визначається кількістю обладнання на кожній з фаз  $M = [m_i]$ ,  $i = \overline{1, n}$  і його типом  $x = [x_{ij}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, J}$  (де  $J = \max_{1 \leq i \leq n} \{J_i\}$ ), який з обмеженими наведеними витратами забезпечує необхідні обсяги випуску продукції й її якість:

$$k_1(x, M) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{J_i} c_{ij} m_i x_{ij} \rightarrow \min_{x, M}, \quad k_1(x, M) \leq k_1^*, \quad (5)$$

$$k_2(x, M) = \min_j \{m_i p_{ij} x_{ij}\} \rightarrow \max_{x, M}, \quad k_2(x, M) \geq k_2^*, \quad (6)$$

$$k_3(x, M) = \min_j \{q_{ij} x_{ij}\} \rightarrow \max_{x, M}, \quad k_3(x, M) \geq k_3^*, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = \overline{1, J}, \quad \sum_{j=1}^J x_{ij} = 1 \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad (8)$$

де  $k_1(x, M)$ ,  $k_2(x, M)$ ,  $k_3(x, M)$  – функції часткових критеріїв витрат, продуктивності та якості;  $x = [x_{ij}]$  – булева матриця (елемент  $x_{ij} = 1$ , якщо на  $i$ -ій фазі використовується обладнання  $j$ -го типу;  $x_{ij} = 0$  – в інших випадках,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, J}$ ).

Частковими випадками розглянутої задачі (5)-(8) є задачі оптимізації ТП за показниками: витрат  $k_1(x, M)$  в умовах обмежень на показники продуктивності й якості; витрат і продуктивності  $k_1(x, M)$ ,  $k_2(x, M)$  в умовах обмежень на показник якості; витрат і якості  $k_1(x, M)$ ,  $k_3(x, M)$  в умовах обмежень на показник продуктивності; продуктивності й якості  $k_2(x, M)$ ,  $k_3(x, M)$  в умовах обмежень на витрати  $k_1(x, M) \leq k_1^*$ .

### IV. ФОРМУВАННЯ СКАЛЯРНОЇ ОЦІНКИ ВАРІАНТІВ ПОБУДОВИ ТП

При формуванні скалярної оцінки якості ТП для оцінювання значень часткових критеріїв  $k_i(x, M)$ ,  $i = \overline{1, 3}$ , використовують апарат теорії нечітких (розмитих) множин [5]. У цьому випадку як функція загальної корисності  $P(x, M)$  використовується функція належності нечіткій множині «найкращий варіант побудови ТП».

Для оцінювання варіантів пропонується використати універсальну функцію, побудовану на основі полінома Колмогорова-Габора [5]:

$$P(x, M) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i \xi_i(x, M) + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i}^3 \lambda_{ij} \xi_i(x, M) \xi_j(x, M) + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i}^3 \sum_{l=j}^3 \lambda_{ijl} \xi_i(x, M) \xi_j(x, M) \xi_l(x, M), \quad (9)$$

де  $\lambda_i$ ,  $\lambda_{ij}$ ,  $\lambda_{ijl}$  – вагові коефіцієнти часткових критеріїв та їх добутоків;  $\xi_i(x, M)$ ,  $\xi_j(x, M)$ ,  $\xi_l(x, M)$  – функції корисності часткових критеріїв  $k_1(x, M)$ ,  $k_2(x, M)$ ,  $k_3(x, M)$ .

Функції корисності часткових критеріїв у цьому випадку розглядаються як функції належності розмитій множині «кращий варіант побудови ТП» за частковими критеріями. Вони реалізують відображення  $\xi_i : k_i(x, M) \rightarrow E^1$ ,  $i = \overline{1, 3}$ . Вони мають бути універсальними та добре пристосованими до врахування особливостей конкретних ситуацій багатокритеріального вибору: бути монотонними; бути безрозмірними; мати єдиний інтервал зміни (від 0 до 1); бути інваріантними до екстремуму часткових критеріїв ( $\min$  або  $\max$ ); дозволяти реалізувати як лінійні, і нелінійні залежності від значень часткових критеріїв.

Найбільшого поширення на практиці набули функції корисності часткових критеріїв виду:

$$\xi_i(x, M) = \left\{ [k_i(x, M) - k_i^-] / [k_i^+ - k_i^-] \right\}^{\alpha_i}, \quad i = \overline{1, 3}, \quad (6)$$

де  $k_i(x, M)$  – значення  $i$ -го часткового критерію для варіанта  $(x, M)$ ;  $k_i^+$ ,  $k_i^-$  – найкраще та найгірше значення  $i$ -го критерію,  $i = \overline{1, 3}$ ;  $\alpha_i$  – параметр, що визначає конкретний вид залежності ( $\alpha_i = 1$  – лінійна,  $0 < \alpha_i < 1$  – увігнута,  $\alpha_i > 1$  – опукла).

Для більш точного оцінювання значень часткових критеріїв може бути використана функція-склейка, яка дозволяє реалізувати також  $S$ - і  $Z$ -подібні залежності від значень часткових критеріїв [6]:

$$\xi(x, M) = \begin{cases} \bar{a} \cdot (b_1 + 1) \cdot \left( 1 - \left( b_1 / \left( b_1 + \frac{\bar{k}(x, M)}{\bar{k}_a} \right) \right) \right), \\ 0 \leq \bar{k}(x, M) \leq \bar{k}_a; \\ \bar{a} + (1 - \bar{a}) \cdot (b_2 + 1) \times \\ \times \left( 1 - \left( b_2 / \left( b_2 + \frac{\bar{k}(x, M) - \bar{k}_a}{1 - \bar{k}_a} \right) \right) \right), \\ \bar{k}_a < \bar{k}(x, M) \leq 1, \end{cases} \quad (7)$$

де где  $\bar{k}_a$ ,  $\bar{a}$  – нормовані значення координат точки склеювання функції,  $0 \leq \bar{k}_a \leq 1$ ,  $0 \leq \bar{a} \leq 1$ ;  $b_1$ ,  $b_2$  – параметри, що визначають вид залежності на початковому та кінцевому відрізках функції.

Експериментальним шляхом встановлено, що серед функцій, що використовуються в системах підтримки прийняття рішень і дозволяють реалізувати  $S(Z)$ -подібні залежності від значень часткових критеріїв, функція-склейка степенних функцій (7) є більш ефективною за показником «точність-складність» порівняно з функціями Гаусса, Харрінгтона та логістичною функцією [6].

Введемо такі позначення:

$$\begin{aligned} \xi_1(x, M) \cdot \xi_1(x, M) &= \xi_4(x, M), \quad \lambda_{1,1} = \lambda_4, \\ \xi_1(x, M) \cdot \xi_2(x, M) &= \xi_5(x, M), \quad \lambda_{1,2} = \lambda_5, \dots \end{aligned} \quad (8)$$

З урахуванням введених позначень (8) модель (5) може бути подана у класичній адитивній формі:

$$P(x, M) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(x, M). \quad (9)$$

Задача параметричного синтезу функції узагальненої корисності (9) зводиться до визначення вектора вагових коефіцієнтів  $[\lambda_i]$ ,  $i = \overline{1, N}$ , який задовольняє сформованій системі нерівностей на основі переваг особи, що приймає рішення, та нормуючим умовам:

$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ ,  $\lambda_i \geq 0$ ,  $i = \overline{1, N}$ . Така задача може бути розв'язання методами експертного оцінювання чи компараторної ідентифікації, які набули широкого розповсюдження в практиці автоматизації проектування [7].

## V. ВИСНОВКИ

Запропонована схема декомпозиції проблеми оптимізації виробничих ТП дозволила виділити множину взаємопов'язаних задач за вхідними і вихідними даними. На цій основі запропоновано постановку і математичну модель задачі структурно-параметричної оптимізації ТП за показниками наведених витрат, продуктивності та якості продукції. Частковими випадками сформульованої задачі є задачі

оптимізації ТП за показниками: витрат в умовах обмежень на показники продуктивності й якості; витрат і продуктивності в умовах обмежень на показник якості; витрат і якості в умовах обмежень на показник продуктивності; продуктивності й якості в умовах обмежень на витрати. Використання в моделі універсальних функцій загальної корисності на основі полінома Колмогорова-Габора та корисності часткових критеріїв дозволяє підвищити точність визначення переваг особи, що приймає рішення і націй основі підвищувати ефективність рішень з проектування та реінжинірингу виробничих ТП.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Ілюшина С. В., "Методы оптимизации технологических процессов", *Вестник Казанского технологического университета*, 2014, т. 17, №8, сс. 323-327.
- [2] Невлюдов И. Ш., Бортникова В. О. "Структурно-параметрическая модель технологического процесса изготовления МЭМС акселерометра", *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація»*. 2017, №1(30), сс. 6-16.
- [3] Безкоровайний В. В., Шевченко О. Ю., "Модель системної оптимізації технологічних об'єктів", *Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції*, Івано-Франківськ: п. Голіней О. М., 2018, сс. 327-330.
- [4] Сидорчук Є. І., "Структурно-параметрична оптимізація технологічних процесів за методом аналога", *Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей*, Харків: ХНУРЕ, 2020, вип. 1, сс. 222-226.
- [5] Beskorovainyi V., "Parametric synthesis of models for multicriterial estimation of technological systems", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 2017, №2 (2), pp. 5-11.
- [6] Beskorovainyi V., Berezovskyi H., "Estimating the properties of technological systems based on fuzzy sets", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 2017, № 1 (1), pp. 14-20.
- [7] Beskorovainyi V., "Combined method of ranking options in project decision support systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2020, No 4 (14), pp. 13-20.

**Наукове видання**

**Ігор НЕВЛЮДОВ,  
Владислав ЄВСЄЄВ,**

**VI Міжнародна Конференція  
«Виробництво & Мехатронні Системи»**

(укр., англ., пол.. мовою)

**Відповідальний редактор – Невлюдов І.Ш.**

Харківський національний університет радіоелектроніки  
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ)  
61166, Харків, проспект Науки, 14  
корпус "А"  
ауд. 162-1  
тел. : +38 (057) 702-14-86  
e-mail: m\_ms@nure.ua

Підписано до друку 10.10.2022  
Формат А4 (210x297мм). Папір 80г/м<sup>2</sup> .  
[електронний друк]