

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ



НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЙ, ЕЛЕКТРОНІКИ  
ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
РОЗРОБКИ  
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ  
СИСТЕМ КЕРУВАННЯ  
РУХОМ

28-29 листопада, 2023

Київ, Україна

Збірник тез доповідей

Київ, 2023

# НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ»

## Організатор конференції:

Національний авіаційний університет

## Програмний комітет:

**Голова комітету:** Мельник Юрій Віталійович, *д.т.н., професор*  
*завідувач кафедри аерокосмічних систем управління*

**Секретар:** Юрченко Олексій Миколайович,  
*асистент кафедри аерокосмічних систем управління*

## Члени комітету:

**Аушева Н.М.**, *д.т.н., професор*  
*(Національний університет України «Київський політехнічний університет імені Ігоря Сікорського», кафедра автоматизації і проектування енергетичних систем)*

**Гавриленко В.В.**, *д.фіз-мат.н, професор*  
*(Національний транспортний університет, кафедра інформаційних систем і технологій)*

**Делас М.І.**, *к.т.н., доцент*  
*(Приватне акціонерне товариство «РАМЗАЙ»)*

## ЗМІСТ

<i>Н.М. Аушева, О.В. Кардашов</i> Застосування кватерніонів для рендерингу трасування шляху .....	7
<i>М.А. Бабич</i> Використання комп'ютерних технологій у галузі геометричного моделювання з метою оптимізації проектно-конструкторських процесів .....	9
<i>Л.О. Василенко, Д.І. Бактіяров</i> Метод детектування БПЛА на основі нейронних мереж .....	10
<i>В.Є. Луц, О.І. Безверхий</i> Використання нейронних мереж для аналізу даних .....	15
<i>Ю.М. Безкоровайний, М.М. Семистрог</i> Задача прямої кінематики в робототехніці .....	16
<i>Ю.М. Безкоровайний, О.І. Сліпченко</i> Сучасні технології розробки комп'ютеризованих систем керування рухом (на прикладі БПЛА) .....	18
<i>Н.В. Білак, А.В. Коваленко</i> Використання Інтернету речей (ІоТ) у транспортних системах .....	20
<i>Н.В. Білак, Д.Ю. Якимчук</i> Оптимальна система стабілізації висоти польоту екраноплана .....	23
<i>М.В. Біленький</i> Резервування як підвищення надійності функціонування системи керування (СК) ..	25
<i>В.В. Гавриленко, І.І. Пекневич</i> Використання хмарних технологій в системах контролю транспортного трафіку ....	27
<i>А.С. Галич</i> Автоматизована система координації руху роботів .....	28
<i>О.М. Юрченко, Д.В. Горбаненко</i> Деякі шляхи підвищення точностних характеристик волоконно-оптичного гіроскопа	29
<i>М.П. Дивнич, Б.О. Панченко</i> Лазерний вібрметр автоматизованої системи випробувань авіадвигунів .....	30
<i>Н.С. Стеценко, А.А. Жовтенко, Л.А. Кирпач</i> Роботизована наземна система з елементами дистанційного керування .....	33
<i>А.М. Клїпа, А.В. Коваленко</i> Інновації в алгоритмах штучного інтелекту для систем керування рухом: нові горизонти та виклики .....	35

<i>А.М. Клїта, Н.І. Кривошея</i>	
Синтез пропорційно-диференційного регулятора динамічної системи .....	38
<i>А.О. Река</i>	
Система моніторингу орієнтації камери БПЛА .....	41
<i>О.П. Кривоносенко, Д.І. Базтіяров, В.І. Войтків</i>	
Оптимальна фільтрація сигналів руху БПЛА .....	43
<i>О.П. Кривоносенко, А.В. Коваленко, І.С. Кузьменко</i>	
Стабілізація вантажу БПЛА гвинтокрила .....	46
<i>О.П. Кривоносенко, А.В. Коваленко, Г.В. Сімонян</i>	
Стабілізація висоти польоту гвинтокрила .....	48
<i>В.В. Левченко, С.В. Сімченко</i>	
Моделювання процесу розповсюдження попер хневих хвиль зсуву в періодично-шаруватих структурах .....	50
<i>В.І. Лойченко</i>	
Комплексування систем технічного зору наземних роботизованих систем .....	51
<i>В.Р. Мельник</i>	
Види агрегатів для системного аналізу .....	52
<i>М.В. Миколенко, О.А. Суцєнко</i>	
Напрями розробки та перспективи розвитку систем визначення курсу рухомих об'єктів .....	55
<i>А.С. Мисенко</i>	
Підвищення довговічності системи керування .....	57
<i>Є.В. Бойко, І.Ю. Михайлова</i>	
Веб застосування для відслідковування споживання різних джерел енергії в аграрному секторі .....	58
<i>В.В. Нероцин</i>	
Структурно-параметричний синтез системи управління літального апарату .....	60
<i>В.С. Обремський</i>	
Інтелектуальна адаптація інтерфейсу управління роботами .....	62
<i>С.І. Отрох, Д.В. Гармаш</i>	
Обмеженість ресурсів для кожної Lambda функції на сучасних серверах AWS .....	63
<i>С.І. Отрох, В.П. Ключук,</i>	
Розширення методів web scraping для надійного збору та аналізу даних .....	65
<i>С.І. Отрох, І.С. Мордас, В.І. Руденко</i>	
Алгоритм генерації одноразового коду на основі параметра часу .....	67



<i>С.І. Отрох, Ю.Є. Федорова, Є.В. Дорохова</i>	
Оптимізація контрастності зображення через адаптивне розтягнення гістограми ...	69
<i>С.І. Отрох, М.О. Шалигін</i>	
Оптимізація ресурсів під час використання ORM бібліотеки Hibernate для взаємодії з базами даних .....	71
<i>Н.М. Аушева, А.Р. Клоков</i>	
Комбінація штучного інтелекту та нечіткої логіки для синтезу рекомендацій по енергетичній інфраструктурі .....	73
<i>С.І. Отрох, Д.О. Шевчук, Д.А. Смолянчук</i>	
Оптимізація нейронних мереж.....	76
<i>В.П. Пільчевський</i>	
Оптимізація надійності керованої технічної системи .....	78
<i>М.Р. Поліщук</i>	
Інтелектуальна система автономного керування наземних роботизованих систем ...	79
<i>М.С. Приймак</i>	
Адаптивна система автоматичного управління наземним рухаючимся об'єктом .....	80
<i>Л.О. Романовська</i>	
Переваги модульних елементів при побудові мобільних робототехнічних систем ....	82
<i>В.А. Сич</i>	
Нечітка модель управління та діагностики екологічно чистих технологій .....	83
<i>О.О. Скляр</i>	
Автономний робот на базі ARDUINO.....	86
<i>Ю.А. Тарнавський, В.Я. Савко</i>	
Комп'ютеризована система керування якістю повітря.....	87
<i>В.М. Азарков, Р.В. Михайловський</i>	
Розробка програми керування положенням платформи гексапода .....	90
<i>В.В. Гавриленко, Р.Р. Мрозакевич</i>	
Розробка інформаційної система розрахунку доцільності переведення комерційного автопарку на електромобілі .....	93
<i>В.В. Гавриленко, А.В. Огарков, І.О. Бедько</i>	
Розробка інформаційних систем засобами LLM .....	94
<i>Є.О. Топольський, Р.С. Бердо, В.О. Скорик</i>	
Апаратно-програмний комплекс для відстеження руху пальців оператора ПК у віртуальному середовищі .....	95

<i>Н.В. Білак, Д.П. Євтушенко</i> Оптимальна система стабілізації каналу тангажу малогабаритної гіровертикалі синтезована спектральним методом .....	96
<i>Л.А. Кирпач, Д.О. Резніченко</i> Використання сучасних комп'ютеризованих технологій в системі управління енергозабезпеченням приватного будинку .....	99
<i>О.В. Єрмолаєва, Д.В. Горбаненко, В.А. Грищук</i> Обробка експериментальних сигналів динамічного об'єкта.....	101
<i>В.Ю. Донець</i> Оптимальна система точної навігації БПЛА типу RTK .....	104
<i>К.Д. Сушильников, Т.А. Імаєва, А.О. Забловська</i> Розпізнавання емоцій людини за допомогою нейронних мереж .....	107
<i>А.А. Шевченко, Е.Р. Романовський</i> Система захисту БПЛА від перехвату управління .....	109
<i>В.В. Чіковані, М.О. Костюков</i> Мінімізація зміщення нуля вібраційного гіроскопа шляхом керування положення вібраційної хвилі.....	110
<i>О.М. Терещенко</i> Інтелектуальна система контролю параметрів руху роботизованих систем .....	113
<i>О.В. Іващенко, С.С. Федін</i> Використання самоорганізуючих карт у дослідженні пасажирських потреб та прогнозуванні патернів поведінки у транспортних системах .....	114
<i>О.В. Харкянєн, Д.І. Ігнатенко</i> Інформаційні технології для удосконалення процесів веб-розробки .....	115
<i>О.В. Харкянєн, П.В. Отінов, О.В. Якуба</i> Роль інтернету речей у вдосконаленні систем керування рухом транспортних засобів	117
<i>О.В. Харкянєн, А.В. Тютюн, А.В. Біденко</i> Інтеграція сенсорних технологій у сучасних системах керування рухом .....	119

**Н.М. Аушева**, д.т.н., проф. (*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*)

**О.В. Кардашов**, аспірант (*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*)

### Застосування кватерніонів для рендерингу трасування шляху

Зростання продуктивності користувацького апаратного забезпечення призвело до можливості використання медіа-продуктів із застосуванням у процесі роботи методики рендерингу у реальному часі під назвою «трасування шляху» (path tracing). Даний алгоритм рендерингу є одним з найбільш фізично коректних способів моделювання розсіювання світла на тривимірній сцені. Однак, проблемою для масового використання алгоритму трасування шляху є значна потреба в обчислювальних ресурсах, що в умовах рендерингу у реальному часі є неможливим для більшості користувацьких відеокарт. Переваги методу рендерингу трасування шляху над класичними алгоритмами растеризації і його окремим випадком - методом трасування променів (ray tracing), спонукають до оптимізації процесу обчислення.

Одним зі способів альтернативного обчислення рівняння рендерингу для методу трасування шляху є представлення променів світла у вигляді кватерніонів. Основне рівняння рендерингу було представлено Джеймсом Каджією у 1986 році [1], і має вигляд:

$$I(x, x') = g(x, x') \left[ \varepsilon(x, x') + \int_S \rho(x, x', x'') I(x', x'') dx'' \right] \quad (1)$$

де,  $I(x, x')$  - вимірює енергію випромінювання світла що проходить з точки  $x'$  у точку  $x$ ;  $g(x, x')$  - визначає оклюзію точок поверхні іншими точками;  $\varepsilon(x, x')$  - вимірює енергію, що випромінює поверхня в точці  $x'$  досягаючи точки  $x$ ;  $\rho(x, x', x'')$  - інтенсивність енергії що розсіюється ділянкою поверхні в точці  $x'$ , що виходить з ділянки поверхні в точці  $x''$  і закінчується у ділянці поверхні у точці  $x$ .

Рівняння рендерингу (1) базується на фізичних властивостях поверхонь та променів світла для обчислення процесу розсіювання світла в рамках усєї сцени. Рівняння рендерингу було неодноразово удосконалено, як з точки зору оптимізації обчислень, так і з точки зору точності отриманого результату. Так, Еріком Лафортюном було запропоновано альтернативну форму рівняння рендерингу, включаючи так звану двопроменеву функцію відбивної здатності (BRDF) [2]:

$$L(x, \Theta_x) = L_e(x, \Theta_x) + \int_A L(y, \Theta_{y \rightarrow x}) f_r(x, \Theta_{y \rightarrow x}, \Theta_x) G(x, y) d\mu_y \quad (2)$$

де,  $f_r$  - двопроменева функція відбивної здатності.

Одним з варіантів впровадження рівняння рендерингу (2) в програмний код системи освітлення тривимірної сцени, що реалізує методику трасування шляху, є розбиття процесу обчислення на окремі кроки:

1. Обчислення випромінювання світла фрагментом об'єкту;
2. Обчислення напрямку відбиття променю, що включає:
  - 1) Визначення напрямку відбиття від різних типів матеріалів поверхонь (гладка чи шорстка) за допомогою косинус-зваженого розподілення;
  - 2) Включення заломлення світла за допомогою апроксимуючої формули Френеля-Шліка [3].

Обчислення випромінювання світла фрагментом об'єкту за своєю структурою є спрощеним варіантом рівняння рендерингу (2):

$$L = L_e + f \cdot L' \quad (3)$$

де,  $L_e$  - вектор світла, котре випромінює об'єкт;  $f$  - світло, що віддзеркалює об'єкт;  $L'$  - вектор світла, що падає на фрагмент об'єкту.

У процесі обчислення кожної зі вказаних складових варіанту рівняння рендерингу використовуються трикоординатні вектори для представлення даних про напрямок випромінювання світла, та даних про інтенсивність випромінювання. Дані про вектор у просторі можна представити у вигляді кватерніонів.

Загальний вигляд кватерніону [4]:

$$q = s + xi + yj + zk$$

$$s, x, y, z \in R$$

Якщо вектор виду  $v(x, y, z)$  записати, використовуючи загальний вид кватерніону, отримаємо чистий кватерніон:

$$q = 0 + xi + yj + zk \quad \text{або} \quad q = [0, v] \quad (4)$$

Використовуючи вектори у формі кватерніонів (4), можна переписати рівняння (3):

$$q = q_e + f \cdot q' \quad (5)$$

Використання при обчисленні рівняння рендерингу векторів у формі кватерніонів, дає можливість застосовувати повний набір операцій над кватерніонами, використовуючи їх властивості – суму, добуток двох чистих кватерніонів, множення кватерніону на скалярну величину, та інші властивості [4].

Отже, використання кватерніонів при розрахунку рівняння рендерингу (2) в системах, що використовують методику трасування шляху, надає розробникам програмного забезпечення можливість оптимізації кількості математичних операцій за різних модифікацій рівняння рендерингу завдяки підтримці сучасними графічними бібліотеками, специфікаціями, ігровими рушіями операцій над кватерніонами. Окрім того, різноманітні модифікації рівняння рендерингу, від тривіальних, до фізично коректних, містять різну кількість математичних операцій, які включають операції над векторами, що дає можливість застосовувати різні комбінації з операцій, використовуючи обчислення над кватерніонами і векторами одночасно. Запропонований метод заміни вектору кватерніонами для рівняння рендерингу є актуальним в умовах пошуку шляхів оптимізації методики рендерингу трасування шляху.

### Список літератури

1. Kajiya J. T. The rendering equation. / Proceedings of the 13th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 1986. - P. 143–150.
2. Lafortune E. Mathematical Models and Monte Carlo Algorithms for Physically Based Rendering. / 1996.
3. Schlick C. An Inexpensive BRDF Model for Physically-based Rendering. / Proc. Eurographics'94, Computer Graphics Forum. 1994. Vol. 13, no. 3. P. 233—246.
4. Vince J. Quaternions for Computer Graphics / Springer, London. 2011.

## Використання комп'ютерних технологій у галузі геометричного моделювання з метою оптимізації проектно-конструкторських процесів

У сучасній проектно-конструкторській сфері, комп'ютерне геометричне моделювання займає ключове положення, і це не випадково. Висвітлюючи основні аспекти інженерної роботи, воно стає важливою складовою для досягнення основної мети інженера - створення та вивчення геометричних моделей конструкцій виробів.

Комп'ютерне геометричне моделювання дозволяє інженерам не лише швидко, але й ефективно розробляти конструкції, проводити їхні дослідження та аналіз. Це стає можливим завдяки використанню спеціалізованих програм та інструментів, що забезпечують можливість створення віртуальних моделей, точно відтворюючи геометричні параметри об'єктів. Однак важливо не лише володіти навичками використання цих технологій, але і розвивати просторове та технічне мислення. Сучасний інженер повинен бути в змозі абстрагуватися від фізичних обмежень та думати в термінах віртуального середовища. Розвиток цих навичок дозволяє створювати більш точні, функціональні та ефективні проекти, а також полегшує комунікацію та взаємодію в команді професіоналів у процесі проектування.

На сучасному етапі існує велика різноманітність методів комп'ютерного моделювання, що визначається галуззю застосування, метою дослідження та особливостями моделей. Сучасні технології комп'ютерного геометричного моделювання надають можливість детально вивчати тривимірні геометричні моделі виробів з різних ракурсів.

Зокрема, ці технології дозволяють проводити різноманітні аналізи, включаючи створення розрізів та перерізів, що дозволяє досліджувати внутрішню структуру виробу. Крім того, забезпечується можливість редагування геометричних моделей для внесення необхідних змін та адаптацій. Однією з ключових переваг такого моделювання є здатність отримання якісних текстурованих зображень виробів, використовуючи вбудоване освітлення. Це є важливим для покращення візуалізації та аналізу дизайну.

Використання визнаної системи автоматизованого проектування AutoCAD, яка є однією з найвідоміших у сфері комп'ютерної інженерної графіки, є потужним інструментом для автоматизації розробки та виконання проектно-конструкторських документів. Цей пакет об'єднує функції двовимірного креслення та тривимірного моделювання, що дозволяє суттєво зменшити трудомісткість поставлених завдань.

Система AutoCAD дозволяє створювати тривимірні моделі об'єктів (тіла, поверхні) за допомогою методу тривимірного твердотілого моделювання. Створені моделі в просторі системи подібні до реальних об'єктів, розташованих у реальному просторі. В середовищі концептуального проектування можна легко та інтуїтивно створювати тверді тіла і поверхні, ефективно формувати комплекти креслень та керувати ними.

Використання системи AutoCAD дозволяє отримувати практично будь-які зображення, зберігаючи при цьому звичну атмосферу конструкторської роботи, але з більш ефективним управлінням процесом проектування.

### Список літератури

Браїлов О. Ю., Бровар В. О, Тендюк А. В. Просторове визначення системи геометричних моделей для виробництва кратної кількості виробів. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Вип. 77. Київ: КНУБА, 2007.

Вірченко Г. А. Інтегроване варіантне комп'ютерне конструкторсько-технологічне проектування авіаційної техніки. Механіка гіроскопічних систем. Вип. 19. Київ: НТУУ «КПІ», 2008.

**Л.О. Василенко**, студентка (*Національний авіаційний університет*)  
**Д.І. Бахтіяров**, к.т.н., доц. (*Національний авіаційний університет*)

### Метод детектування БПЛА на основі нейронних мереж

Наразі в усьому світі досить інтенсивно розв'язується актуальна проблема створення сучасних систем комп'ютерного зору (СКЗ) різного призначення. Такі системи сьогодні затребувані для розв'язання багатьох прикладних задач комп'ютерного зору, зокрема в різних галузях промисловості. Особливе практичне значення мають мобільні (возимі або переносні, включно з вбудованими) СКЗ на основі сучасних моделей згорткових нейронних мереж (ЗНМ) [1-4]. Актуальність дослідження очевидна і суттєва в сучасному світі, оскільки безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали неодмінною частиною багатьох сфер людського життя та господарської діяльності. Однак разом з їхньою поширеною використаністю виникають численні проблеми та загрози, пов'язані з їхнім недоцільним використанням або навіть зловживанням.

**Створення датасетів для навчання і дослідження моделей ЗНМ.** Датасети для навчання, валідації та тестування обраної компактної моделі ЗНМ YOLOv5 Small формувалися на основі великої кількості RGB-зображень літаючих об'єктів чотирьох зазначених вище класів які були зібрані в мережі Інтернет, в тому числі у якості знімків екрану з відеозаписів. Розмір зображень 416×416 пікселів на вході моделей ЗНМ. Формування кожного з чотирьох датасетів відбувалося завдяки об'єднанню розмічених іншими авторами з платформи GitHub наборів зображень (сторонніх датасетів) і ручному збиранню та розмітці зображень. Створювані датасети призначено для навчання й дослідження трьох компактних моделей ЗНМ, розроблених із використанням двох різних фреймворків Darknet і PyTorch [5].

Набори зображень, які не мають файлів анотацій, представлені двома підмножинами RGB-зображень: вихідні зображення і зображення масок об'єктів (Рис. 1). У цьому завданні необхідно розробити алгоритм, що дає змогу обчислити обмежувальний прямокутник об'єкта з використанням маски об'єкта.



Рис. 1. Приклад вихідного зображення і відповідної йому маски

Для розробки програми, що реалізує цей алгоритм, використано мову програмування Python 3 у середовищі Anaconda з такими бібліотеками: OpenCV, Shapely, Numpy, Pandas, Scikit Learn. Також використовувалась платформа компанії Microsoft Windows Copilot (Preview).

Застосування морфологічного перетворення вимагає визначення розміру структуруючого елемента. Під час знаходження обмежувальних прямокутників об'єкта було з'ясовано, що для зображень, які мають об'єкти великих розмірів, потрібні менші розміри структуризувального елемента, тоді як для зображень з об'єктами, що мають малі розміри, необхідні більші розміри структуризувального елемента. Для визначення морфологічних перетворень було побудовано модель логістичної регресії [5]. Дані для навчання моделі було підібрано вручну (Рис. 2) на основі результатів роботи алгоритму з визначення обмежувальних прямокутників.

	width	height	area	width_height_ratio	height_width_ratio	target
0	4096.0	4096.0	16777216.0	1.000000	1.000000	3
1	2560.0	1622.0	4152320.0	1.578298	0.633594	3
2	2048.0	1266.0	2592768.0	1.617694	0.618164	6
3	2048.0	2048.0	4194304.0	1.000000	1.000000	6
4	775.0	518.0	401450.0	1.496139	0.668387	12
5	512.0	512.0	262144.0	1.000000	1.000000	12

Рис. 2. Приклад даних для навчання логістичної регресії

На рис. 3. як приклад представлено зображення маски, на якому необхідно знайти межі двох об'єктів.



Рис. 3. Приклад даних для навчання логістичної регресії

Зображення із застосованими до нього морфологічними перетвореннями краще підходить для знаходження контурів об'єкта, оскільки більшість дрібних деталей після перетворення були з'єднані між собою. На рис. 4 представлено приклад візуалізації знайдених обмежувальних прямокутників на зображеннях маски.

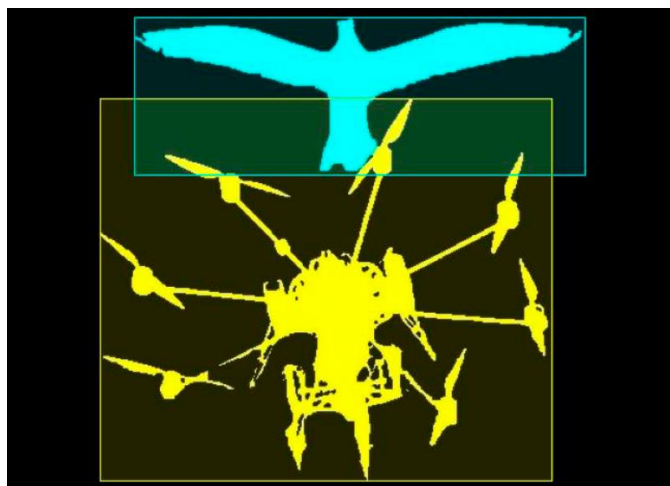


Рис. 4. Приклад знайдених меж об'єктів різних класів на зображенні маски

Для формування основного датасету з нормалізованих файлів зображень і анотацій розроблено програму на мові Python 3 з використанням бібліотеки Scikit Learn. Програма також дає змогу розділяти в датасеті зображення й анотації кожного класу об'єктів на три набори даних (навчальний, валідаційний і тестовий), відповідно, у пропорції 80%, 10% і 10% від обсягу датасету. У зв'язку з тим, що в кожному наборі має бути однаковий відсоток об'єктів кожного класу, у випадках, коли на зображеннях представлені об'єкти різних класів, такі зображення можуть повторюватися в наборах даних. Отриманий основний датасет містить 15 235 вихідних зображень, що містять 38 553 об'єкти, і стільки ж файлів анотацій. Кожне зображення датасету містить один і більше об'єктів різних класів і різних розмірів. На рис. 5 подано кількісні характеристики зображень за класами об'єктів і за кількістю об'єктів на зображеннях у цьому датасеті.

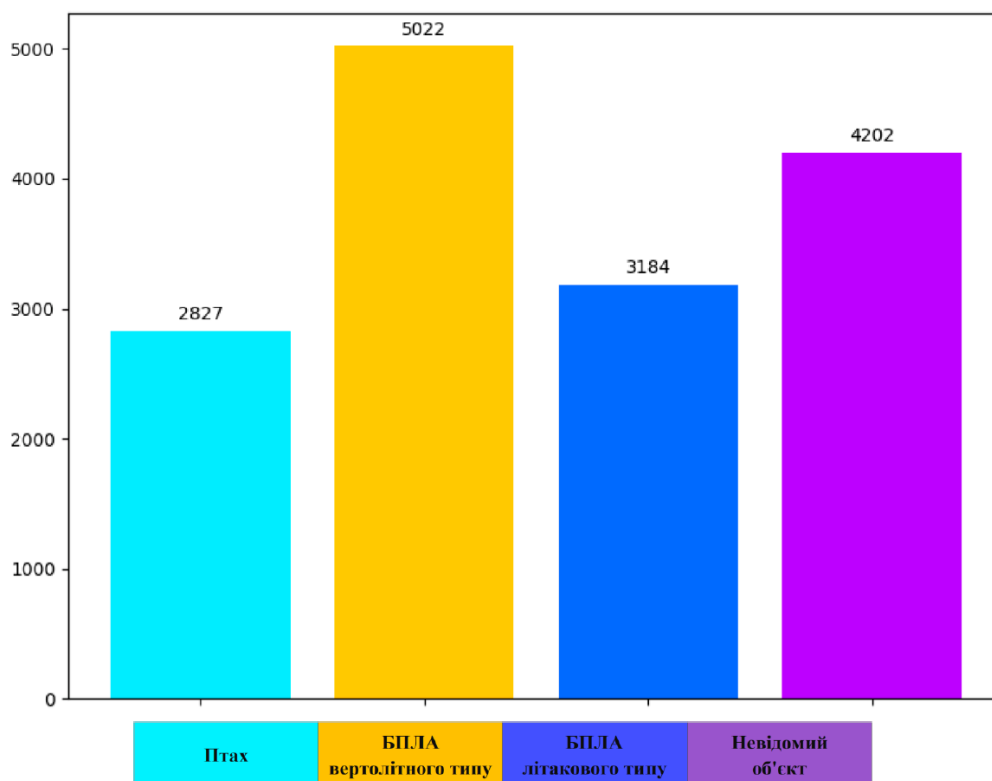


Рис. 5. Кількість зображень у датасеті за класами об'єктів

**Навчання моделей ЗНМ YOLOv5 Small на зображеннях із об'єктами трьох категорій розмірів.** Для подальшого дослідження точності детектування та швидкості



обчислення моделі ЗНМ на зображеннях з об'єктами трьох категорій розмірів було взято модель YOLOv5 Small у зв'язку з тим, що вона має найкращі характеристики серед обраних моделей ЗНМ за результатами навчання та валідації на основному датасеті. Оскільки було сформовано три додаткові датасети, необхідно було навчити та валідувати три варіанти цієї моделі (по суті, отримати три навчені моделі ЗНМ YOLOv5 Small). Результати щодо точності детектування об'єктів малих розмірів на зображеннях першого додаткового датасету, отримані за допомогою навченої та валідованої моделі YOLOv5 Small, подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати точності детектування об'єктів малих розмірів на зображеннях за допомогою валідованої моделі ЗНМ YOLOv5 Small

Клас	Кількість зображень	Кількість об'єктів	Precision	Recall	AP <sub>0,5</sub> , mAP <sub>0,5</sub>	AP <sub>0,5:0,95</sub> , mAP <sub>0,5:0,95</sub>
Птах	1 055	737	0,850	0,446	0,524	0,232
БПЛА вертолітного типу		236	0,870	0,791	0,831	0,400
БПЛА літакового типу		182	0,885	0,780	0,835	0,438
Невідомий об'єкт		2 756	0,842	0,743	0,808	0,374
<b>Усі класи</b>		<b>3 911</b>	<b>0,862</b>	<b>0,690</b>	<b>0,750</b>	<b>0,361</b>

Результати щодо точності детектування зображень за допомогою навченої та валідованої на другому додатковому датасеті моделі ЗНМ YOLOv5 Small для випадку об'єктів середніх розмірів подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати точності детектування зображень за допомогою валідованої моделі ЗНМ YOLOv5 Small для випадку об'єктів середніх розмірів

Клас	Кількість зображень	Кількість об'єктів	Precision	Recall	AP <sub>0,5</sub> , mAP <sub>0,5</sub>	AP <sub>0,5:0,95</sub> , mAP <sub>0,5:0,95</sub>
Птах	1 456	393	0,861	0,794	0,805	0,590
БПЛА вертолітного типу		593	0,945	0,921	0,958	0,681
БПЛА літакового типу		492	0,942	0,888	0,952	0,674
Невідомий об'єкт		1 298	0,881	0,897	0,936	0,653
<b>Усі класи</b>		<b>2 776</b>	<b>0,907</b>	<b>0,875</b>	<b>0,924</b>	<b>0,649</b>

Результати щодо точності детектування зображень з об'єктами великих розмірів, отримані на третьому додатковому датасеті за допомогою валідованої моделі ЗНМ YOLOv5 Small, показано в таблиці 3.

Результати точності детектування зображень за допомогою валідованої моделі ЗНМ YOLOv5 Small для випадку об'єктів великих розмірів

Клас	Кількість зображень	Кількість об'єктів	Precision	Recall	AP <sub>0,5</sub> , mAP <sub>0,5</sub>	AP <sub>0,5:0,95</sub> , mAP <sub>0,5:0,95</sub>
Птах	1 483	631	0,913	0,927	0,955	0,785
БПЛА літакового типу		782	0,947	0,983	0,979	0,804
БПЛА літакового типу		188	0,947	0,989	0,983	0,793
Невідомий об'єкт		323	0,958	0,985	0,980	0,827
<b>Усі класи</b>		<b>1 924</b>	<b>0,941</b>	<b>0,971</b>	<b>0,974</b>	<b>0,802</b>

З таблиць 1, 2 і 3 випливає, що найкращу точність детектування валідовані моделі ЗНМ YOLOv5 Small показують на зображеннях із великими об'єктами, а найгіршу - на зображеннях із малими за розмірами об'єктами. При цьому за метриками AP<sub>0,5</sub> і mAP<sub>0,5</sub> для зображень із великими об'єктами поріг 0,9 значно перевищено. Результати щодо точності детектування об'єктів середніх розмірів на зображеннях займають проміжне положення. Навчені та валідовані моделі ЗНМ YOLOv5 Small будуть використані в подальших дослідженнях на тестових зображеннях з об'єктами трьох категорій розмірів із відповідних додаткових датасетів.

### Список літератури

1. O. Lavrynenko, G. Konakhovych and D. Bakhtiiarov, "Method of voice control functions of the UAV," 2016 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kiev, Ukraine, 2016, pp. 47-50.
2. D. Bakhtiiarov, G. Konakhovych and O. Lavrynenko, "Protected system of radio control of unmanned aerial vehicle," 2016 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kiev, Ukraine, 2016, pp. 196-199.
3. O. Lavrynenko, A. Taranenko, I. Machalin, Y. Gabrousenko, I. Terentyeva and D. Bakhtiiarov, "Protected Voice Control System of UAV," 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), Kiev, Ukraine, 2019, pp. 295-298.
4. R. Odarchenko, O. Lavrynenko, D. Bakhtiiarov, S. Dorozhynskiy and O. Zharova, "Empirical Wavelet Transform in Speech Signal Compression Problems," 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2021, pp. 599-602.
5. Overview of the YOLOv5 model. Roboflow, Inc. URL: <https://roboflow.com/model/yolov5> (date of access: 27.11.2023).

**В.Є. Луц**, аспірант (*Національний транспортний університет*)  
**О.І. Безверхий**, д.ф.-м.н., професор (*Національний транспортний університет*)

### **Використання нейронних мереж для аналізу даних**

В епоху великих даних попит на складні інструменти для отримання значущої інформації постійно зростає. Одним із таких потужних інструментів є нейронна мережа, обчислювальна модель, натхненна людським мозком. У просторі даних, що постійно розширюється, здатність отримувати значущу інформацію стала першочерговою проблемою. Традиційні методи аналізу даних часто зазнають невдачі, коли стикаються з тонкощами великих і складних наборів даних. Саме тут нейронні мережі постають як кардинальний фактор, який забезпечує надійну структуру для виявлення прихованих закономірностей, моделювання складних взаємозв'язків і створення прогнозів із безпрецедентною точністю.

**Розпізнавання образів.** Нейронні мережі сяють у задачах, які передбачають розпізнавання складних шаблонів у даних. Незалежно від того, чи йдеться про ідентифікацію об'єктів на зображеннях, розуміння мовлення чи прогнозування цін на акції, нейронні мережі чудово розрізняють складні зв'язки, які можуть вислизнути звичайними аналітичними методами. Ця здатність до складного розпізнавання образів особливо цінна в таких сферах, як обробка зображень, розуміння природної мови та фінансове моделювання.

**Нелінійне моделювання зв'язків.** Однією з ключових сильних сторін нейронних мереж є їх здатність моделювати нелінійні зв'язки в даних. Традиційні лінійні моделі можуть мати труднощі, коли стикаються зі складними нелінійними шаблонами, але нейронні мережі можуть ефективно вловлювати та представляти ці зв'язки.

**Автоматичне вилучення функцій.** Нейронні мережі володіють дивовижною здатністю автоматично вивчати та отримувати релевантні функції з вихідних даних. На відміну від традиційних методів, які часто вимагають ручної розробки функцій, нейронні мережі можуть адаптувати та ідентифікувати найбільш відповідні аспекти даних під час процесу навчання. Це не тільки зменшує потребу в значній попередній обробці, але й дозволяє виявити приховані шаблони, які можна не помітити за допомогою традиційних підходів.

**Передбачення та прогнозування.** Нейронні мережі є чудовими інструментами для прогнозного моделювання та прогнозування. Незалежно від того, чи прогнозують майбутні продажі, ціни на акції чи спалахи захворювань, нейронні мережі можуть аналізувати історичні дані, щоб визначати тенденції та робити точні прогнози. Їх здатність обробляти дані часових рядів робить їх особливо цінними в сценаріях, коли розуміння та прогнозування часових закономірностей є вирішальними.

**Прийняття рішень у реальному часі.** Швидкість, з якою нейронні мережі можуть обробляти та аналізувати дані, робить їх добре придатними для програм прийняття рішень у реальному часі. Від автономних транспортних засобів, які приймають рішення за частки секунди на основі даних датчиків, до систем виявлення шахрайства, які ідентифікують підозрілі транзакції в режимі реального часу, нейронні мережі забезпечують гнучкість і оперативність, необхідні для динамічного середовища.

Підсумовуючи, неможливо переоцінити важливість нейронних мереж в аналізі даних. Їхня здатність розкривати складні закономірності, моделювати нелінійні зв'язки та робити точні прогнози відкриває низку можливостей у різноманітних областях. Оскільки ми продовжуємо використовувати потенціал нейронних мереж, ландшафт аналізу даних трансформується, пропонуючи безпрецедентні ідеї та формуючи майбутнє прийняття рішень у світі, керованому даними.

**Ю.М. Безкорвайний**, Доц. (Національний авіаційний університет)

**М.М. Семистрок**, студент (Національний авіаційний університет)

### Задача прямої кінематики в робототехніці

Задача прямої кінематики стаціонарного багато-сегментного робота-маніпулятора полягає в знаходженні положення та орієнтації його кінцевих сегментів відносно основи, враховуючи положення всіх з'єднань та визначення всіх геометричних параметрів маніпулятора з послідовно з'єднаними сегментами [1].

Проблема вирішення задачі прямої кінематики є критичною для розробки алгоритмів координації маніпулятора, оскільки положення з'єднань зазвичай вимірюються датчиками, встановленими на них, і необхідно розрахувати положення осей з'єднань відносно деякої опорної рами за допомогою моделі кінематики.

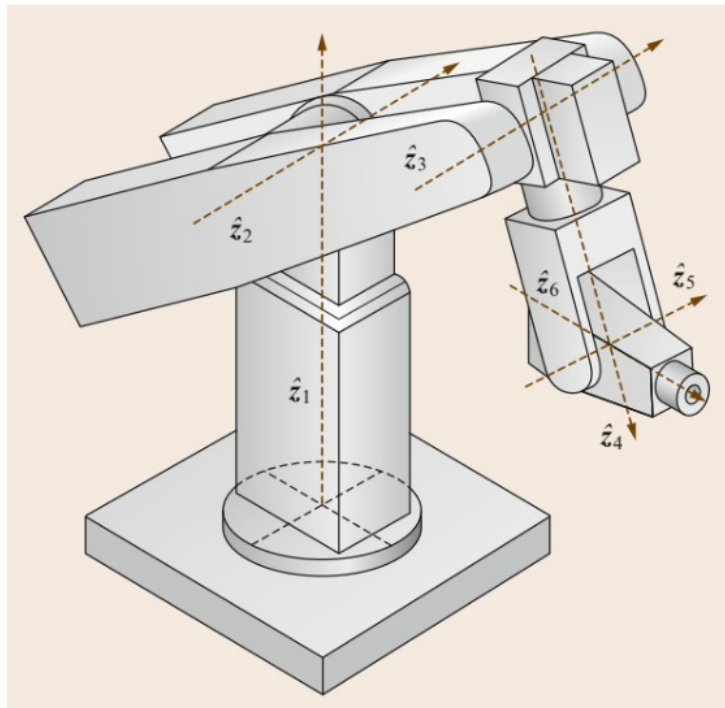


Рис. 1. Шестиступеневий маніпулятор з послідовними ланцюгами

На практиці проблему прямої кінематики вирішують, розраховуючи трансформацію між опорною рамою маніпулятора, що є зафіксованою відносно деякої основи та кінцевою рамою, що займає деяке положення в просторі, тобто між точкою встановлення робота-маніпулятора та положенням інструмента.

Трансформація, що описує положення інструмента відносно основи, отримується просто об'єднанням трансформацій між сусідніми сегментами робота-маніпулятора. Ці елементарні трансформації називаються гомогенними перетвореннями, вони забезпечують компактну нотацію математичного опису складної робототехнічної системи [2].

Для маніпулятора, що зображений на рис.1 трансформація матиме вигляд:

$$T_6^0 = T_1^0 T_2^1 T_3^2 T_4^3 T_5^4 T_6^5,$$

де  $T_i$  — матриця гомогенної трансформації  $i$ -того з'єднання сегмента.

Кожна гомогенна трансформацію можна описати за допомогою D-H параметрів (представлення Денавіта-Хартенберга), яка формується як результат добутоку чотирьох основних перетворень, тобто:

$$A_i = Rot_{z, \theta_i} \times Trans_{z, d_i} \times Trans_{z, a_i} \times Rot_{x, \alpha_i}$$

Усі параметри  $\theta_i$ ,  $a_i$ ,  $d_i$ ,  $\alpha_i \in$  параметрами зв'язку  $i$  та з'єднання  $i$ . Гомогенна трансформація  $A_i = A(q_i)$  є функцією лише однієї змінної, узагальненої координати  $q_i$ , тому три з чотирьох параметрів D-H для  $\theta_i$ :  $a_i$ ,  $d_i$  та  $\alpha_i$  є постійними для зв'язку  $i$ , а четвертий є поточною спільною змінною. Наприклад, змінна з'єднання для поворотного з'єднання дорівнює  $\theta_i$ , тоді як для призматичного з'єднання —  $d_i$

Завдяки добутку чотирьом основним перетворенням гомогенна трансформація може бути математично записана як :

$$A_i = Rot_{z, \theta_i} \times Trans_{z, d_i} \times Trans_{z, a_i} \times Rot_{x, \alpha_i} =$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i & 0 & 0 \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i & \sin \alpha_i & 0 \\ 0 & -\sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos a_i & \sin \theta_i \sin a_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos a_i & -\cos \theta_i \sin a_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin a_i & \cos a_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Для зручності можна записати її у компактному варіанті:

$$A_i = \begin{bmatrix} R_{i-1}^i & d_{i-1}^i \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

де  $R_{i-1}^i$  та  $d_{i-1}^i$  - матриця повороту та вектор зміщення  $i$ -того сегменту відносно  $i-1$ .

## Список літератури

1. Springer Handbook of Robotics | Bruno Siciliano, Oussama Khatib
2. Technical report from Automatic Control at Linköpings universitet | On robot modelling using Maple | Johanna Wallen

**Ю.М. Безкорвайний**, к.т.н., доцент (*Національний авіаційний університет*)  
**О.І. Сліпченко**, студент (*Національний авіаційний університет*)

### Сучасні технології розробки комп'ютеризованих систем керування рухом (на прикладі БПЛА)

Технологічні інновації та війна в Україні призвели до появи безпілотних літальних апаратів (БПЛА), тобто літальних апаратів, які можуть літати без людини-пілота на борту. Крім того, вже більше десяти років зростає кількість нових сфер застосування цих апаратів. Спочатку БПЛА використовувалися для військової розвідки, спостереження, збору розвідданих і захоплення цілей. Однак розвиток систем глобального позиціонування (GPS), електроніки, двигунів і мікроконтролерів спонукав виробників розробляти легші і дешевші безпілотники. Зараз дрони широко використовуються для багатьох військових цілей, в тому числі для оцінки врожаю, дослідження клімату і навколишнього середовища, надання першої медичної допомоги, туризму, моніторингу дорожнього руху і погоди.

Сучасні технології розробки комп'ютеризованих систем керування рухом досліджують такі науковці, як: Даник Ю. Г., В. М. Ілюшко М., Митрахович М. М., Кусаїнов А. А. та інші.

Однією з головних особливостей, що відрізняє БПЛА від дистанційно пілотованих літальних апаратів (ДПЛА), є наявність повноцінної автоматичної системи управління. Конфігурація розробленої системи управління показана на рисунку 1.

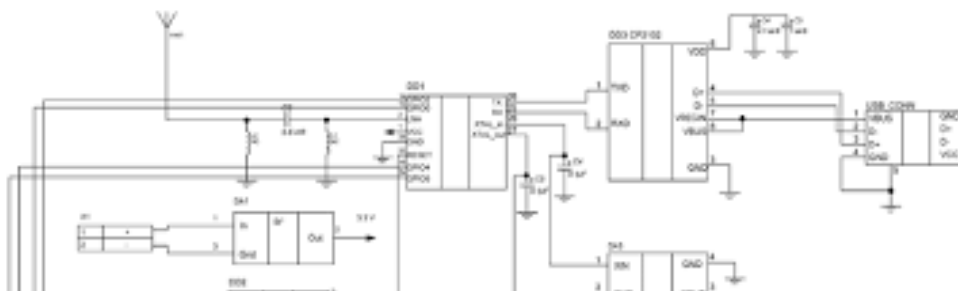


Рис. 1. Структурна схема дрона, як об'єкта керування.

Система верхнього наведення закріплена під фіксованим кутом до осі обертання літального апарату і забезпечує необхідну дальність зйомки на місцевості. Апаратура оглядового наведення може включати телевізійну камеру (ТК) з ширококутним об'єктивом (WFL). [1, с.201-212]

Апаратура детального огляду з поворотним пристроєм. Радіолінійне обладнання для передачі оглядових і телеметричних даних (передавач і антенний фідер). Передає дані огляду і телеметрії в реальному часі або близькому до реального часу в зоні радіовидимості.

Командно-навігаційне обладнання радіолінії (приймач та фідер антени) приймає команди в межах радіовидимості для маневрування БПЛА та управління його обладнанням.

Як показав досвід розробки безпілотних літальних апаратів, в управлінні БПЛА є два основних елементи. Перший - виконавчий елемент, тобто сам літальний апарат з його силовою установкою і рульовим механізмом; другий - командний елемент. Саме він ставить завдання польоту, приймає рішення, коли потрібно змінити програму польоту, і коригує рухи літального апарату, якщо він відхиляється від заданої траєкторії.

Найбільші труднощі виникають під час розробки системи управління. Це пов'язано з тим, що БПЛА повинен мати повністю функціонально замкнуту систему управління (СУ), оскільки він повинен виконувати завдання в умовах автономного польоту. У зв'язку з цим

СК повинна вирішувати наступні завдання: - стабілізація кінематичних параметрів об'єкта на фоні зовнішніх перешкод різної природи - аналіз зовнішніх даних бортовими засобами та визначення пріоритетних цілей відповідно до поставлених перед БПЛА завдань - оптимізація часу польоту та споживання ресурсів БПЛА з метою зменшення розрахунків траєкторії руху - контроль правильності утримання траєкторії - забезпечення відмовостійкості контрольованого об'єкта бортовими засобами або компенсація зміни його характеристик - виконання великомасштабних обчислювальних операцій.

До основних льотних характеристик сучасних БПЛА відносяться висота і швидкість, маса і габарити, дальність польоту і час польоту. Ці характеристики взаємопов'язані та взаємозалежні, тому їх можна одразу порівнювати в окремих класифікаційних групах. БПЛА можна розділити на малі літальні апарати до 200 кг, середні літальні апарати від 200 до 2000 кг, великі літальні апарати від 2000 до 5000 кг і великі літальні апарати понад 5000 кг.

Спеціалізовані БПЛА призначені для виконання конкретних завдань, тоді як БПЛА загального призначення використовуються лише для перевезення корисного навантаження. Виходячи з параметрів корисного навантаження, визначається робочий діапазон багатогвинтової системи.

Розрахункові дані, підтверджені експериментальними дослідженнями та результатами льотних випробувань, показують, що використання композитних матеріалів дозволяє зменшити вагу планера літального апарату на 30-40% порівняно з вагою планера, виготовленого з традиційних металевих матеріалів. Використання композитних матеріалів в аерокосмічній промисловості різко знижує трудомісткість виготовлення конструкцій за рахунок значного зниження міцності матеріалу конструкцій, підвищення коефіцієнта використання матеріалу до 90%, зменшення кількості інструментів та скорочення кількості деталей у конструкції в кілька разів.

Таким чином, інноваційний характер та стрімкий розвиток безпілотних технологій призвів до відсутності єдиної узагальненої класифікації БПЛА як в нашій країні, так і в інших країнах. Існуючі класифікації є малоефективними, оскільки не надають достатньої інформації та не враховують комплексного підходу до сучасних вимог та технічних характеристик БПЛА.

При вирішенні задачі вибору доцільного типу та обладнання БПЛА найкращим підходом є використання математичного методу багатокритеріального оцінювання, наприклад, методу аналізу ієрархій.

### Список літератури

1. Гуцул Т., Жежера І., Ткач В. Особливості класифікації та методів вибору БПЛА. Технічні науки та технології. 2022. Т. 4, № 30. С. 201–212. URL: <http://tst.stu.cn.ua/article/view/274885/270054>
2. Іваненко Ю., Ляшенко О., Філімончук Т. Огляд методів керування безпілотними літальними апаратами. Control, Navigation and Communication Systems. 2023. № 1. С. 26–30. URL: <http://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/view/2822/2230>
3. Muhammad Maaruf, Magdi Sadek Mahmoud, Alfian Ma'arif (2022), "A Survey of Control Methods for Quadrotor UAV", International Journal of Robotics and Control Systems Vol. 2, No. 4, 2022, pp. 652-665, available at: <https://pubs2.ascee.org/index.php/ijrcs/>
4. Махровська Н.А. Аналіз алгоритмів розпізнавання образів для оптимізації рішення задачі пошуку об'єкта у відеоряді / Махровська Н.А., Безрукава В.Г., Погромська Г.С. // Молодий вчений -2016. -№ 5 (32). -С. 238-241.

**Н.В. Білак**, к.т.н., доцент. (*Національний авіаційний університет*)  
**А.В. Коваленко**, студент (*Національний авіаційний університет*)

## **Використання Інтернету речей (IoT) у транспортних системах**

У сучасному світі, де технологічний прогрес невідмінно прискорюється, Інтернет речей (IoT) виступає як ключовий елемент інновацій у багатьох сферах, включаючи транспортні системи. IoT визначається як мережа фізичних об'єктів — "речей" — які оснащені сенсорами, програмним забезпеченням та іншими технологіями для збору та обміну даними з іншими пристроями та системами через Інтернет. Це відкриває широкі можливості для транспортних систем, від оптимізації руху та управління трафіком до підвищення безпеки та ефективності транспортних засобів.

Метою цих тез є дослідження та аналіз поточного стану застосування IoT у транспортних системах, оцінка його впливу на ефективність та безпеку транспорту, а також визначення основних викликів та можливостей, пов'язаних з інтеграцією цих технологій. Цей аналіз дозволить краще зрозуміти потенціал IoT у розробці більш інтелектуальних, безпечних та стійких транспортних систем, а також визначити напрямки для подальших інновацій та досліджень у цій галузі.

### **Огляд Інтернету речей у транспортних системах**

#### **Технології IoT, які використовуються у транспортних системах[1]:**

**1. Датчики та збір даних:** Основою IoT у транспортних системах є датчики, що збирають різноманітну інформацію, від місцезнаходження та швидкості транспортних засобів до дорожніх умов та погоди. Ці датчики можуть бути інтегровані безпосередньо в транспортні засоби або розміщені на дорожній інфраструктурі.

**2. Комунікаційні технології:** IoT у транспорті включає в себе передачу зібраних даних через бездротові мережі, такі як Wi-Fi, Bluetooth, або мобільний Інтернет. Це дозволяє системам в реальному часі аналізувати та реагувати на дорожні умови.

**3. Обробка та аналіз даних:** Зібрані датчиками дані використовуються для аналізу та вдосконалення транспортних систем. Це може включати алгоритми машинного навчання для ідентифікації закономірностей у руху транспорту, прогнозування заторів або оптимізації маршрутів.

#### **Приклади застосування IoT у різних видах транспорту [2]:**

##### **1. Автомобільний транспорт:**

- Системи допомоги водіям (ADAS): Використання датчиків для моніторингу навколишнього середовища та попередження водіїв про потенційні небезпеки.

- Управління трафіком: Аналіз даних з датчиків для оптимізації світлофорних режимів і зменшення заторів.

##### **2. Залізничний транспорт:**

- Моніторинг стану рейок та потягів: Використання датчиків для виявлення проблем у структурі колії або технічних неполадок у поїздах.

- Оптимізація розкладу руху: Аналіз даних про потоки пасажирів та рух потягів для покращення розкладів і зменшення затримок.

##### **3. Міський громадський транспорт:**

- Інформування пасажирів: Використання IoT для надання актуальної інформації про розклад руху, затримки та доступність

### **Переваги та виклики використання Інтернету речей у транспортних системах**



## **Переваги:**

### **1. Підвищення ефективності:**

- Оптимізація трафіку: IoT дозволяє збирати точні дані про рух транспорту, що сприяє покращенню управління трафіком та зменшенню заторів.

- Планування маршрутів: Інтелектуальні системи на основі IoT можуть пропонувати оптимальні маршрути водіям, знижуючи час у дорозі та підвищуючи загальну ефективність перевезень.

### **2. Підвищення безпеки:**

- Превентивне обслуговування: IoT дозволяє моніторити стан транспортних засобів і дорожньої інфраструктури, виявляючи потенційні проблеми до виникнення аварійних ситуацій.

- Виявлення небезпечних умов: Автоматизовані системи можуть попереджати водіїв та відповідальні органи про небезпечні дорожні умови, такі як ожеледиця або аварії.

### **3. Зручність для користувачів:**

- Інформаційна підтримка: Пасажири отримують актуальну інформацію про розклади, затримки та найкращі маршрути завдяки інтеграції IoT у мобільні додатки та інформаційні табло.

## **Виклики:**

### **1. Безпека даних:**

- Вразливість до кібератак: Як і будь-яка інша цифрова технологія, IoT може бути вразливим до хакерських атак, що ставить під загрозу безпеку даних і може впливати на функціонування транспортних систем.

- Захист персональних даних: Збір та обробка великих обсягів даних про користувачів вимагає високого рівня захисту приватності та забезпечення конфіденційності інформації.

### **2. Технічні та інфраструктурні виклики:**

- Інтеграція з існуючою інфраструктурою: Упровадження IoT в транспортні системи може вимагати значних інвестицій у модернізацію існуючої інфраструктури та обладнання.

- Стандартизація та сумісність: Різноманітність стандартів та протоколів у сфері IoT може ускладнювати процес інтеграції різних систем та пристроїв.

## **Інтеграція IoT з іншими технологіями**

Інтеграція Інтернету речей (IoT) з іншими передовими технологіями, такими як штучний інтелект (AI), машинне навчання (ML) та великі дані, відкриває нові можливості для підвищення ефективності та інтелектуалізації транспортних систем. Ось декілька ключових способів цієї інтеграції:

### **1. IoT та Штучний Інтелект:**

- Автоматизоване прийняття рішень: Інтеграція AI з IoT [3] дозволяє системам автоматично реагувати на зміни в умовах дорожнього руху, покращуючи управління трафіком та забезпечуючи безпечніше середовище.

- Розумний аналіз даних: AI може аналізувати дані, зібрані IoT-датчиками, для ідентифікації тенденцій та забезпечення рекомендацій щодо покращення дорожньої інфраструктури та управління рухом.

### **2. IoT та Машинне Навчання:**

- Прогнозування та оптимізація: ML алгоритми можуть використовувати дані з IoT для прогнозування заторів, аварійних ситуацій або потреб у технічному обслуговуванні, допомагаючи попередньо адаптувати рішення.

- Персоналізація послуг: Використання ML для аналізу поведінки користувачів та персоналізації інформації, яка надається водіям чи пасажирам, забезпечуючи більш ефективний та зручний досвід користування.

### **3. IoT та Великі Дані:**

- Збір та аналіз великих обсягів даних: Великі дані дозволяють аналізувати обширні інформаційні потоки від сотень тисяч IoT-датчиків, що забезпечує більш глибоке розуміння дорожньої системи та поведінки користувачів.

- Оптимізація ресурсів та планування: За допомогою великих даних можна краще розуміти потреби у транспортній інфраструктурі та планувати відповідні інвестиції та поліпшення.

### **Заключення**

Інтеграція Інтернету речей (IoT) у транспортні системи представляє собою значний крок вперед у розвитку інтелектуальних, ефективних та безпечних транспортних мереж. Використання IoT сприяє не лише підвищенню ефективності та зручності у міському транспорті, але й відіграє важливу роль у підвищенні безпеки дорожнього руху. Інноваційні технології, які стають можливими завдяки IoT, відкривають нові перспективи для оптимізації руху, управління трафіком та планування міської інфраструктури.

Однак, разом із численними перевагами, IoT несе і виклики, особливо у сферах безпеки даних та приватності. Ці виклики вимагають уважного підходу та розробки відповідних механізмів захисту, щоб забезпечити безпечне та ефективне використання цих технологій. Крім того, інтеграція IoT з іншими технологіями, такими як штучний інтелект, машинне навчання та великі дані, відкриває додаткові можливості для створення ще більш розвинутих та інтелектуалізованих систем.

У майбутньому, IoT, безсумнівно, продовжить розвиватися та інтегруватися в різні аспекти транспортної індустрії, пропонуючи все більше інноваційних рішень. Цей прогрес відіграє ключову роль у формуванні майбутнього міського транспорту, роблячи його більш адаптивним, зручним та стійким до викликів сучасного світу. Важливо, щоб дослідники, розробники та політики продовжували працювати разом для подолання викликів та використання всього потенціалу IoT у транспортних системах.

### **Список літератури**

1. Іваненко О.М., Петровський А.В. Вплив Інтернету речей на оптимізацію міських транспортних систем: монографія / Іваненко О.М., Петровський А.В.; Національний технічний університет України. - Київ: НТУУ, 2019. – 210 с.
2. Козлов Д.Є., Сидоренко І.Л. Розвиток транспортних систем за допомогою технологій IoT / Козлов Д.Є., Сидоренко І.Л. // Український журнал транспортних технологій. – 2020. – № 1(45). – С. 30-37.
3. Литвиненко В.С., Мірошніченко Г.О. Інтеграція Інтернету речей та штучного інтелекту в автоматизованих транспортних системах / Литвиненко В.С., Мірошніченко Г.О. // Журнал сучасних технологічних рішень. – 2021. – № 2(18). – С. 44-51.

Н.В.Білак, к.т.н., доцент. (Національний авіаційний університет)  
 Д.Ю.Якимчук, студент (Національний авіаційний університет)

### Оптимальна система стабілізації висоти польоту екраноплана

На сьогоднішній день існує велика необхідність модернізації транспортних систем, зумовлена пошуком компромісу між швидкістю та енергозатратністю пересування як на малі відстані. Екраноплани, як транспортні засоби, вже давно не є інновацією, проте досі не введені в широку експлуатацію, насамперед через специфічність умов їх використання та недостатню кількість практичних досліджень. Тому дослідження та вдосконалення систем управління рухом таких літальних апаратів вважається одною з найбільш актуальних тем, якою цікавляться конструкторські бюро авіаційних компаній в багатьох країнах сучасного світу.

Дизайнери екранопланів, які зараз працюють над новими дизайнами, мають обчислювальну потужність і програмне забезпечення, доступне для них, якого не існувало в 1960-х і 1970-х роках, коли екраноплани були вперше розроблені[2].

Теорія та технологія екранопланів знаходяться на дуже ранній стадії та охоплюють широкий спектр можливих конфігурацій літака. Розмір екранопланів і їх швидкість можуть варіюватися від пасажирських прототипів, що працюють зі швидкістю 50 км/год, до великих військових суден зі швидкістю 500 км/год. Крім того, екраноплан взаємодіє з поверхнею води під час зльоту та посадки на швидкості, вищій, ніж більшість морських суден. На сьогоднішній день більшість теорії було розроблено експериментально та шляхом порівняння з іншими літаками та морськими суднами, адже екраноплан поєднує у собі найкращі параметри обох типів транспортів.

Об'єктом дослідження виступає екраноплан типу Б, який має літакоподібну компоновальну схему. Відомо, що рух ЛА можна розглядати як складний – рух центру мас і рух навколо центру мас. Для характеристики руху в будь-який момент часу необхідно мати шість координат як функцій часу: три координати руху центру мас і три кутові координати. Повністю описати рух екраноплана в просторі можна за допомогою кінематичних рівнянь, що визначають рух ЛА без урахування сил і моментів, що діють на нього, і динамічних рівнянь сил і моментів. В нашому випадку розглядається поздовжній рух екраноплана[3].

Поздовжнім рухом називають рух, який ЛА здійснює у поздовжній вертикальній площині за кутом атаки  $\alpha$ , кутом тангажу  $\vartheta$ , кутом нахилу траєкторії  $\theta$ , висотою  $H$  і по поздовжній координаті  $y$ .

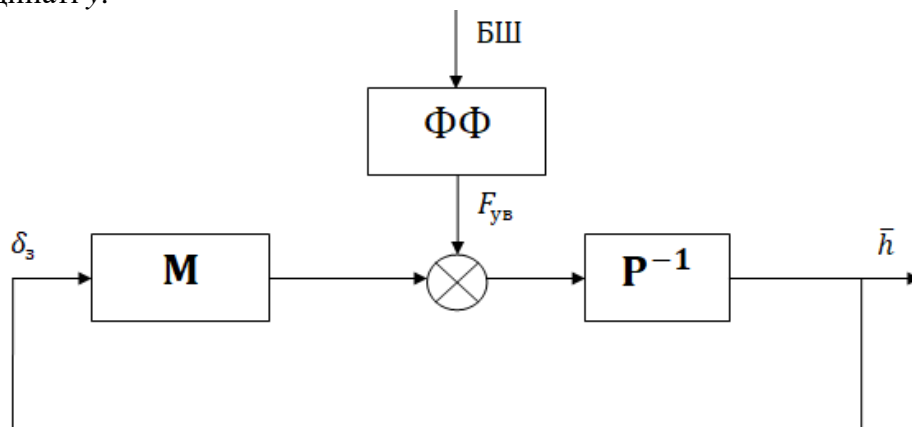


Рис.1 Схема каналу управління висотою польоту ЛА

де  $P$  і  $M$  – знаменник та чисельник передавальної функції управління відповідно;  $\Phi\Phi$  – формуючий фільтр;  $BШ$  – вектор сигналу білого шуму;  $\bar{h}$  – вектор вихідних координат;  $\delta_s$  – вектор координат управління закритками;  $F_{yв}$  – вектор координат збурюючого впливу.

Оптимальними системами є такі, у яких максимізується або мінімізується заздалегідь обраний показник якості. Основна задача теорії оптимізації – вибір такого управління, за яким може бути досягнута ціль управління за умови мінімізації (максимізації) визначеного критерію (функціонала) якості системи, що досліджується[1].

Спочатку в дослідженнях розраховується передавальна функція з системи рівнянь поздовжнього руху методом Крамера, потім синтезується оптимальний регулятор.

Основні етапи вирішення задачі аналізу якості такі:

- по відомих динамічних характеристиках ланок і системи в цілому, а також вхідних керівників і збурюючих впливів і перешкод визначаються вихідні сигнали системи (їх динамічні характеристики);
- встановлюються властивості “ідеальної” системи і моделі динаміки бажаних сигналів, обирається вид бажаного показника якості системи;
- визначається поняття помилки системи;
- обчислюється значення показника якості в заданих експлуатаційних умовах;
- проводиться порівняння обчислювального значення показника якості з необхідним, робиться висновок про придатність системи, її ефективність, доцільність удосконалення системи з метою підвищення її якості, оцінюється вплив тих або інших експлуатаційних чинників і параметрів конструкції на якість системи і т.п; чим менше буде значення яке характеризує помилку, тим вищою буде якість.

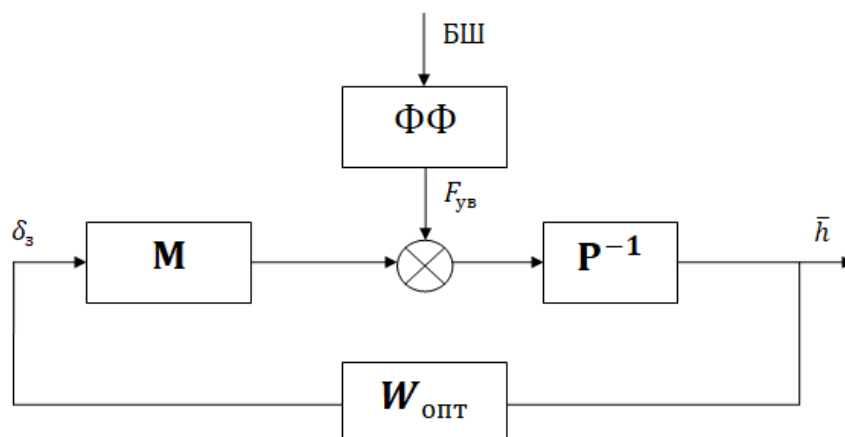


Рис. 2 Схема каналу управління висотою польоту з оптимальним регулятором

У дослідженнях було проведено синтез оптимальної системи стабілізації висоти за алгоритмом Вінера-Колмогорова, було змодельовано роботу системи управління висотою польоту досліджуваного екраноплана, отримано результати моделювання роботи оптимальної та класичної систем, а також порівняльний аналіз якості роботи системи управління висотою польоту з синтезованим оптимальним регулятором та класичної системи стабілізації висоти польоту.

### Список літератури

1. Л.М.Блохін, М.Ю.Буриченко, О.П.Кривоносенко, Ю.М.Безкорвайний “Базові алгоритми статистичної динаміки”, Київ, НАУ, 2007 рік, 108с.
2. L.Yun et al., WIG Craft and Ekranoplan, DOI 10.1007/978-1-4419-0042-5\_1, Springer Science+Business Media, LLC 2010
3. А.Е.Асланян Системи автоматичного управління польотом літальних апаратів, Київ, КВВАІУ, 1984 год, 435с.

**М.В.Біленький**, студент (*Національний авіаційний університет*)

### **Резервування як підвищення надійності функціонування системи керування (СК)**

Резервування є важливим аспектом проектування обладнання та системи керування (СК), оскільки воно спрямоване на забезпечення надійності та доступності системи у разі можливих збоїв або непередбачених обставин.

Важливі аспекти, які слід враховувати під час впровадження резервування: Визначте критичні елементи: Аналіз ризиків: Визначте ключові елементи, які можуть спричинити збій або втрату функціональності.

Виконайте аналіз ризиків, щоб визначити, які фактори важливі для надійності системи.

Оцініть вплив відмови: Визначте потенційний вплив відмови критичного елемента на функціональність системи та її користувачів.

Виберіть тип резервування: Активне та пасивне резервування: Активне резервування (коли обидві системи активні та працюють) або пасивне резервування (резервна система стає активною лише після збою основної системи) Розгляньте можливість використання .

Резервування на рівні апаратного та програмного забезпечення: Залежно від конкретних системних вимог і характеристик, розгляньте резервування як на апаратному, так і на програмному рівні.

Система автоматичного виявлення та відновлення (SAD/AR): Механізм виявлення помилок: Інтегруйте в систему механізм для автоматичного виявлення помилок або ненормальної поведінки.

Резервування дозволяє вам розділити вашу систему керування на основні та резервні компоненти.

Такий підхід дозволяє системі продовжувати працювати навіть при виході з ладу одного з її компонентів.

Додаткові аспекти резервування: Стандартне резервне копіювання: Визначення основного та резервного режимів роботи: Розгляньте можливість налаштування стандартної системи резервного копіювання, яка автоматично перемикається на резервне копіювання у разі основного збою.

Мінімізуйте час перемикання: Мінімізуйте час перемикання між основним і резервним пристроями, щоб мінімізувати втрату часу у випадку помилки.

Резервування за допомогою віртуалізації: Використання віртуальних серверів і машин: Впровадження технології віртуалізації може прискорити перемикання між серверами та машинами для забезпечення безперервності.

Управління ресурсами в режимі реального часу: Впровадити систему, яка може автоматично розподіляти ресурси в режимі реального часу для оптимізації використання обладнання.

Запобігання одночасним збоям: Фізичне розташування: Розділіть основний і резервний компоненти, щоб зменшити ймовірність одночасних збоїв.

Різні постачальники: Вибирайте компоненти від різних постачальників, щоб уникнути збоїв системи через дефекти окремих виробників.

Загальною метою резервування є забезпечення стабільності та доступності системи у разі збою або непередбачених обставин.

Резервування в контексті системи керування (СУ) є важливим механізмом підвищення надійності її функціонування.

Такий підхід забезпечує стабільність системи навіть в умовах збоїв і несподіваних подій.

Резервування реалізується за допомогою набору стратегій, спрямованих на запобігання втрати продуктивності та забезпечення безперервності роботи.

Методи автоматичного виявлення та відновлення: Застосування механізмів автоматичного виявлення помилок і аномальної поведінки системи.

Впровадити процедури автоматичного відновлення, які дозволяють ефективну компенсацію несправних компонентів.

Використовуйте технологію віртуалізації: Консолідуйте віртуальні сервери та машини для швидкого перемикавання між пристроями та забезпечення безперервності бізнесу.

Управління ресурсами в режимі реального часу: Використання систем, які автоматично розподіляють ресурси в режимі реального часу для оптимізації використання пристрою.

Резервне копіювання за замовчуванням: Налаштуйте систему резервного копіювання за замовчуванням для автоматичного перемикавання на пристрій резервного копіювання у разі збою.

Мінімізуйте час перемикавання: Забезпечує ефективне та швидке перемикавання між основними та резервними пристроями, мінімізуючи втрати часу під час виявлення несправності.

Різні постачальники: Виберіть компоненти від різних виробників, щоб уникнути збоїв системи через дефекти в одного постачальника.

### **Список літератури**

1. Аналіз систем керування / Мельник Ю.В.
2. Статистична динаміка систем управління / Л.М. Блохін, М.Ю. Буриченко, Н.В. Білак, Ю.М. Безкоровайний, О.П. Кривоносенко Підручник для ВНЗ. – К.: НАУ, 2010. – 276 с.
3. <http://radio-vtc.inf.ua/Quality/L6>

**В.В. Гавриленко**, д.ф.-м.н., професор (*Національний транспортний університет*)

**І.І. Пекневич**, асистент (*Національний транспортний університет*)

### **Використання хмарних технологій в системах контролю транспортного трафіку**

Сучасна зростаюча складність міських транспортних систем вимагає кардинальної зміни методології управління трафіком, адже великі урбаністичні центри стикаються з тенденційним збільшенням автомобільних заторів, що не тільки збільшує час у дорозі, впливаючи на якість життя та економічну ефективність міста, але й сприяє підвищеному забрудненню навколишнього середовища. Традиційні механізми контролю трафіку, що часто обмежені недостатніми обчислювальними ресурсами та відсутністю адаптивності, все частіше виявляються неефективними для вирішення зазначених викликів.

Пропоноване рішення полягає у структурованому застосуванні хмарних технологій з метою перетворення існуючої інфраструктури контролю трафіку на більш динамічну, інтелектуальну та ефективну систему. Джерелом даних для такої системи є мережа датчиків та пристроїв Інтернету речей в рамках міського ландшафту. Метою цих пристроїв є збір даних про трафік у реальному часі, включаючи кількість автомобілів, їх швидкість та загальний рівень заторів. Агрегована інформація транслюється на хмарні сервери, де, після передобробки та трансформації, дані аналізуються для прийняття оптимізаційних рішень.

Впровадження прогнозової аналітики на базі хмарних технологій в управлінні міським трафіком є основним кроком у розвитку систем контролю дорожнього руху. Використовуючи алгоритми машинного навчання, такі системи отримують можливість точно прогнозувати моделі трафіку, надаючи розуміння потенційних місць заторів, перш ніж вони стануть проблемними. Це прогнозування дозволяє органам дорожнього руху завчасно коригувати сигнали світлофорів в автоматичному режимі, оптимізуючи транспортний потік. Ефективність цих моделей значно підвищується завдяки інтеграції історичних даних про трафік. Аналіз цих ретроспективних даних дозволяє виявляти повторювані моделі трафіку, допомагаючи у формуванні ефективних довгострокових стратегій управління трафіком. Крім того, використання хмарних технологій у цьому контексті гарантує, що аналіз даних і прогнозне моделювання є одночасно масштабованими та легко оновлюваними, дозволяючи реагувати в режимі реального часу на зміни умов руху та рівень навантаження на систему.

Цей динамічний підхід до управління не тільки покращує умови руху, але й допомагає при плануванні міської інфраструктури. Така комплексна інфраструктура дозволяє отримати більш детальне розуміння транспортного потоку, дозволяючи містобудівникам визначати райони, які постійно відчувають високий рівень заторів та приймати рішення щодо розширення доріг, впровадження нових маршрутів руху або альтернативних варіантів транспорту.

Крім того, хмарна інфраструктура сприяє інтеграції управління трафіком з іншими системами розумного міста, такими як громадський транспорт та аварійні служби. Надаючи централізовану платформу для обміну даними та аналізу, хмарні технології дозволяють більш координовано та ефективно реагувати на різноманітні міські потреби.

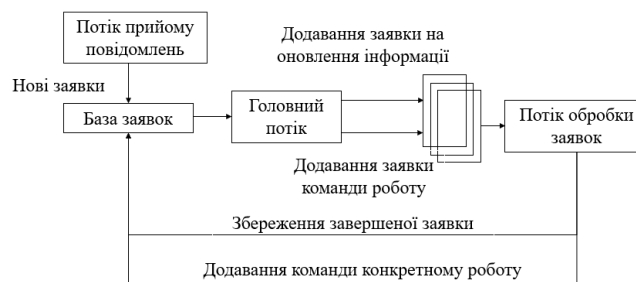
У підсумку: інтеграція хмарних технологій у системи контролю трафіку пропонує комплексне вирішення для викликів сучасного управління міським трафіком. Використовуючи обробку даних у реальному часі, прогностичну аналітику та динамічні оптимізаційні алгоритми, хмарні системи можуть забезпечити значне поліпшення потоку трафіку та загальної життєздатності міста. Цей підхід не тільки пропонує вирішення безпосередніх проблем заторів та неефективності, але й закладає основу для майбутніх досягнень у інфраструктурі розумних міст.

### Автоматизована система координації руху роботів

Важливим напрямком є моделювання розподіленої системи обробки інформації що дозволяє оператору управляти роботами, що пересуваються місцевістю. Пропонується розподілена система що складається з трьох типів вузлів: 1. Підсистема координації, що здійснює обробку заявок операторів і передачу команд роботам. 2. Інтелектуальний агент - підсистема, що встановлюється на робота і взаємодіє з навколишнім середовищем за допомогою механізмів пересування та визначення перешкод. Робот здійснює рух по змодельованій місцевості, відправляє побудовану схему місцевості системі координації і виконує команди на пересування в певну точку. 3. Тонкий клієнт – програмне забезпечення, яке встановлюється на комп'ютері оператора, що здійснює зв'язок із системою координації та відстежує виконання заявок оператора.

Як протокол взаємодії між системами пропонується використовувати протокол XML-RPC, який завдяки доступності серіалізації дозволяє надсилати повідомлення зі складною структурою. Для забезпечення стійкості до відмов системи обробка команд реалізується у вигляді заявок, що зберігаються в системі координації. Заявки по черзі виконуються інтелектуальними агентами, тонкий клієнт здійснює періодичне опитування стану надісланих заявок та відображає їх на інтерфейсі оператора.

Повна інформація щодо кожної заявки записується до бази даних (БД) системи координації, що дозволяє відновити виконання всіх заявок при аварійному перезавантаженні системи координації. XML-RPC є синхронним протоколом, тому для отримання повідомлень від операторів виділено окремий потік. З цього потоку заявки розміщуються у БД зі станом «Enter». Основний потік по черзі дістає незавершені заявки з БД, встановлює їм статус Queued і поміщає їх у чергу обробки заявок. Потік обробки заявок по черзі отримує заявки з черги та здійснює з обробки, після обробки заявка отримує відповідний статус («Failed on server» – сервер не зміг виконати команду, «Failed on robot» – робот не зміг виконати команду, «Sent» – робот розпочав до виконання команди). Схему обробки заявок наведено на рис. 1.



Для реалізації протоколу XML-RPC використовувалася бібліотека XMLRPC.NET, яка надає зручні засоби автоматичного надсилання повідомлень та серіалізації даних. Як БД для зберігання інформації на системі координації та агента використовується MS SQL, а для доступу до неї фреймворк EntityFramework, що надає здійснювати серіалізацію даних з БД і назад. Конфігураційні файли для підключення та параметрів зберігаються у JSON-форматі. Для роботи з JSON використовується бібліотека Newtonsoft.Json.

#### Список літератури

1. XML-RPC.NET FAQ // <https://coderlessons.com/tutorials/xml-tehnologii/izuchite-xml-rpc/xml-rpc-kratkoe-rukovodstvo>



**Юрченко О.М., асистент (Національний авіаційний університет)**  
**Горбаненко Д.В., студент (Національний авіаційний університет)**

### **Деякі шляхи підвищення точностних характеристик волоконно-оптичного гіроскопа (ВОГ)**

Перспектива використання дешевого оптичного датчика обертання, який здатний працювати без гіромеханічних помилок у інерціальній системі управління, є одною з головних причин особливого інтересу до ВОГ. Інтерес як закордонних так і вітчизняних фірм до ВОГ базується на потенційних можливостях застосування його як чутливого елемента обертання в інерціальних системах навігації, управління і стабілізації. Цей прилад у ряді випадків здатен замінити складні електромеханічні (роторні) гіроскопи і трьохосні гіростабілізовані платформи. Волоконно-оптичний гіроскоп може бути застосований як жорстко закріплений на корпусі носія чутливий елемент (датчик) обертання у інерціальних системах управління та стабілізації. Механічні гіроскопи мають так звані помилки, що особливо сильно виявляються при маневруванні носія (літального апарату, ракети, космічного апарату, тощо). Ці помилки ще більш значні, якщо інерціальна система керування конструюється із жорстко закріпленими чи «підвищеними» датчиками безпосередньо до тіла носія.

Задачею представленої роботи є аналіз роботи ВОГ, визначення джерел та причин виникнення похибок та нестабільностей у роботі ВОГ, а також вибір шляхів та засобів підвищення якості функціонування пристрою. Для визначення джерела виникнення шумів та нестабільностей ВОГ, був проведений відповідний аналіз всіх елементів цієї системи. В роботі акцентовано увагу джерелам шумів електронної частини ВОГ, а також шляхам їх компенсації. З електронної частини ВОГ, як джерела шумів було розглянуто фотодетектори та попередній каскад підсилення електричного сигналу. Для фотодетекторів було визначено значення чутливості і сформульовані вимоги до цих елементів. Найкраще цим вимогам відповідають швидкодіючі фото діоди на основі сплавів галія і арсенія. Проаналізувавши характеристику шумів підсилюючого каскаду було обчислено граничну чутливість ВОГ яка дорівнює (10<sup>-4</sup>) град/ год.). для компенсації шумів каскаду підсилення, було проаналізовані існуючі способи компенсації таких шумів. Для зменшення цих шумів, а значить і підвищення точності роботи ВОГ розроблені схеми вирішення компенсації дрейфу нуля, компенсації власних шумів підсилювача, а також частотної корекції його роботи.

Як висновок можна сказати, що запропоновані шляхи компенсації шумів та нестабільностей у роботі ВОГ, та запропонована елементна база побудови електронної частини ВОГ, може суттєво підвищити точність таких приладів, що неодмінно буде впливати на якість (точність) функціонування інерціальних систем навігації, управління та стабілізації.

### **Список літератури**

1. Шереметьєв А.Г. Волоконно-оптичний гіроскоп. -М: Радіо і зв'язок, 1987.
2. Гроднев І.І. Волоконно-оптичні лінії зв'язку. -М: Радіо і зв'язок, 1998.
3. Чео П.К. Волоконна оптика. -М: Вища школа, 1996

**М.П. Дивнич**, к.т.н., доц. (Національний авіаційний університет)  
**Б.О. Панченко**, студент (Національний авіаційний університет)

### Лазерний віброметр автоматизованої системи випробувань авіадвигунів

Підвищення надійності при створення нових машин та обладнання є неможливим без проведення вібраційних випробувань як окремих елементів, так і устаткування в цілому. У результаті вібраційних випробувань визначають динамічні характеристики об'єктів випробувань віброміцність та вібростійкість.

Випробування на вібраційну міцність дозволяють оцінити спроможність об'єкту зберігати міцність в умовах впливу вібрації та після її припинення. Випробування на вібраційну стійкість дозволяє оцінити властивість об'єкта при заданій вібрації виконувати потрібні функції та зберігати в межах норм значення параметрів [1].

Під час проведення таких випробувань перспективним є застосування у автоматизованої системі безконтактного лазерного віброметра.

Відомий лазерний доплерівський віброметр, що дозволяє одночасно вимірювати дві складові швидкості вібрації.

Такий віброметр побудований на основі лазерного доплерівського вимірювача швидкості (ЛДВШ) з опорним променем та ЛДВШ диференціального типу.

Він може вимірювати як складову швидкості що лежить у площині, яка утворена двома лазерними променями диференціального ЛДВШ такі складову швидкості, що направлена вздовж опорного лазерного променя (див. рис. 1 [1]).

Але такий віброметр не може вимірювати складову швидкості вібрації, що перпендикулярна площині, яка утворена двома лазерними променями диференціального ЛДВШ.

Пропонується лазерний доплерівський віброметр, призначений для вимірювання двох складових швидкості вібрації у тому числі складової, що перпендикулярна площині, яка утворена двома лазерними променями диференціального ЛДВШ.

Такий віброметр побудований на основі ЛДВШ з опорним променем та ЛДВШ інверсно-диференціального типу.

На рис. 1 представлена та частина віброметра, яка призначена для вимірювання складової швидкості вібрації  $V_x$  в напрямку осі  $Ox$ .

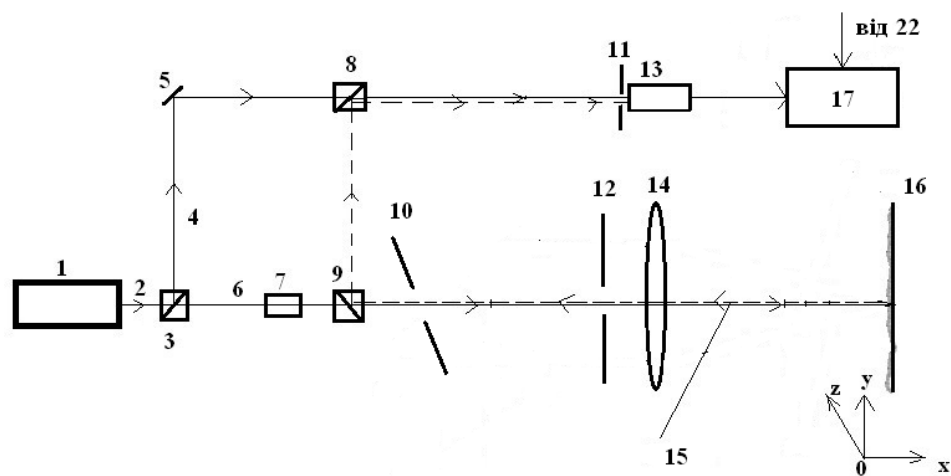


Рис. 1. Схема віброметра в режимі вимірювання  $V_x$  складової швидкості вібрації.

Ця частина приладу побудована на основі ЛДВШ з опорним променем та працює наступним чином.

Випромінювання лазера 1 (або лазерного діоду) 2 світло подільним елементом 3 поділяється на два промені 4 та 6.

Промінь 4 відбивається від дзеркала 5, проходить, світло подільний елемент 8 та попадає на фотоприймач 13, перед яким встановлена діафрагма 11.

За світло подільним елементом 3 по напрямку розповсюдження лазерного променя 6 встановлений пристрій зсуву частоти лазерного променя 7.

Далі на шляху променя 6 послідовно встановлені світло подільний елемент 9, дзеркало 10, діафрагма 12 та об'єктив 14.

Діафрагма 12 має три отвори (рис. 2 а). Площина, в якій розташована діафрагма 12 перпендикулярна осі променя 6. Центр першого отвору 1 співпадає з віссю лазерного променя 6.

Отвори, що позначені цифрою 2, розташовані на відстанях, симетричних відносно осі лазерного променя 6, а їх центри знаходяться в площині, що перпендикулярна площині, яка утворена променями 4 і 6.

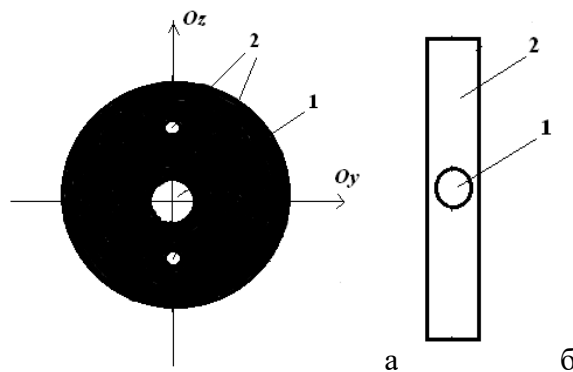


Рис. 2. Форма діафрагми 12 (а) та дзеркала 10 (б).

Дифузне розсіяне випромінювання 15 від об'єкту досліджень 16 збирається об'єктивом 14 в межах центрального отвору діафрагми 12 (рис.2 а) та послідовно відбивається від світло подільних елементів 9 та 8 і потрапляє на фотоприймач 13.

В результаті оптичного гетеродинамування розсіяного випромінювання 15 та опорного лазерного променя 4 на виході фотоприймача 13 утворюється сигнал, частота якого пропорційна складовій швидкості вібрації у напрямку осі  $Ox$ :

$$\Omega_x = \Omega_m + \frac{2V_x}{\lambda},$$

де:  $\Omega_m$  - частота модуляції пристрою зсуву частоти 7;  $V_x$  - швидкість вібрації об'єкту в напрямку осі  $Ox$ ;  $\lambda$  - довжина хвилі променя лазера.

Вихід фотоприймача 13 підключений до пристрою вимірювання частоти доплерівського сигналу 17.

Сигнал з виходу фотоприймача 13 поступає на вимірювач доплерівської частоти 17 за допомогою якого визначається значення  $V_x$  складовій швидкості вібрації.

Схема приладу в режимі вимірювання  $Oz$  складовій швидкості вібрації побудована на основі ЛДВШ інверсно-диференціального типу та представлена на рис. 3.

Вимірювання  $V_z$  складовій швидкості вібрації відбувається наступним чином.

За допомогою діафрагми 12, що має отвори 2, (див. рис. 2 а) з розсіяного об'єктом 16 випромінювання виділяються два дифузно розсіяних променя 18.

Промені 18 розташовані у площині, що перпендикулярна площині, яка утворена променями 4 і 6.

Дзеркало 10 має отвір 1 (рис. 2 б), центр якого лежить на осі променя 6 та покриття 2, що відбиває випромінювання на довжині хвилі  $\lambda$ . За допомогою дзеркала 10 промені 18 направляються до об'єктива 20. Оптична вісь 19 об'єктива 20 перпендикулярна площині, яка утворена променями 4 та 6.

Об'єктивом 20, перед яким встановлена діафрагма 21 промені 18 направляються на фотоприймач 22. Вихід фотоприймача 22 підключений до вимірювача частоти доплерівського сигналу 17.

В результаті оптичного гетеродинаування розсіяних променів 18, які мають різні частоти, на виході фотоприймача 22 утворюється сигнал, що пропорційний складової швидкості вібрації у напрямку осі  $Oz - V_z$  :

$$\Omega_y = \Omega_m + \frac{2|V|}{\lambda} \sin\left(\frac{\beta}{2}\right),$$

де:  $\beta$  – кут між розсіяними променями 18.

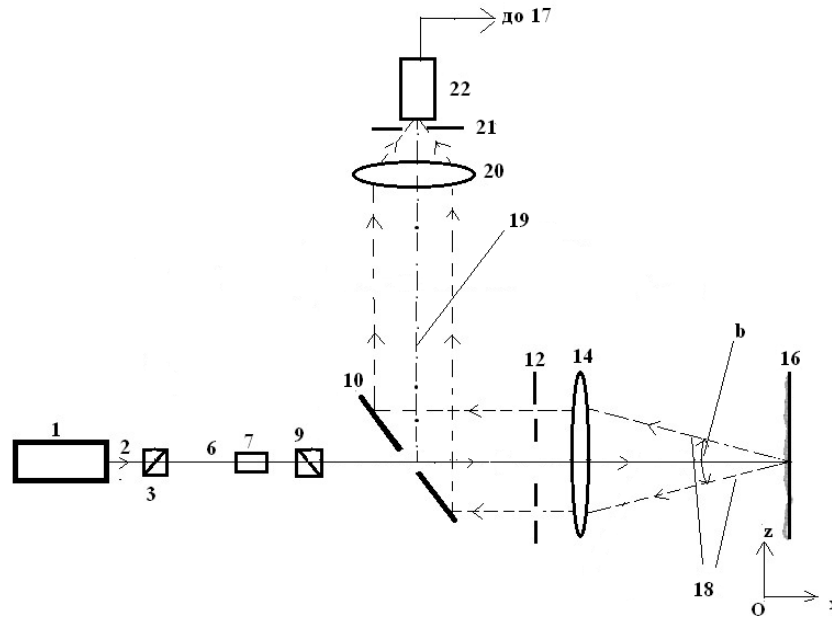


Рис. 3. Схема віброметра в режимі вимірювання  $V_z$  складової швидкості вібрації

Вихід фотоприймача 22 підключений до пристрою вимірювання частоти доплерівського сигналу 17, за допомогою якого визначається значення  $V_z$  складової швидкості вібрації.

Завдяки безконтактності та функціональності лазерного віброметра, у нього є потенціал застосування в різноманітних галузях, включаючи випробування авіадвигунів, автомобільних двигунів та під час вібраційного аналізу енергетичного устаткування .

Його застосування в системах випробувань авіадвигунів покликане покращити ефективність та безпеку польотів, забезпечуючи точний моніторинг вібрацій і виявлення потенційних проблем на ранніх стадіях розробки та експлуатації.

Практичне використання такого пристрою дозволить поліпшити якість, надійність та ефективність технічних рішень в сучасній інженерії та науково-дослідних роботах.

### Список літератури

1. Нагорний В. М. Введення в технічну діагностику машин: навчальний посібник / В. М. Нагорний. — Суми: Сумський державний університет, 2011. — 482 с.
2. Пат. на корисну модель 134473 Україна, МПК G01 (2006/1) Н 9/00 Лазерний двокомпонентний віброметр/М.П. Дивнич, В.М. Дивнич. № u 2018 10275; заявл. 16.10.2018; опубл., 27.05.2019, Бюл. №10.2019.

## РОБОТИЗОВАНА НАЗЕМНА СИСТЕМА З ЕЛЕМЕНТАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ

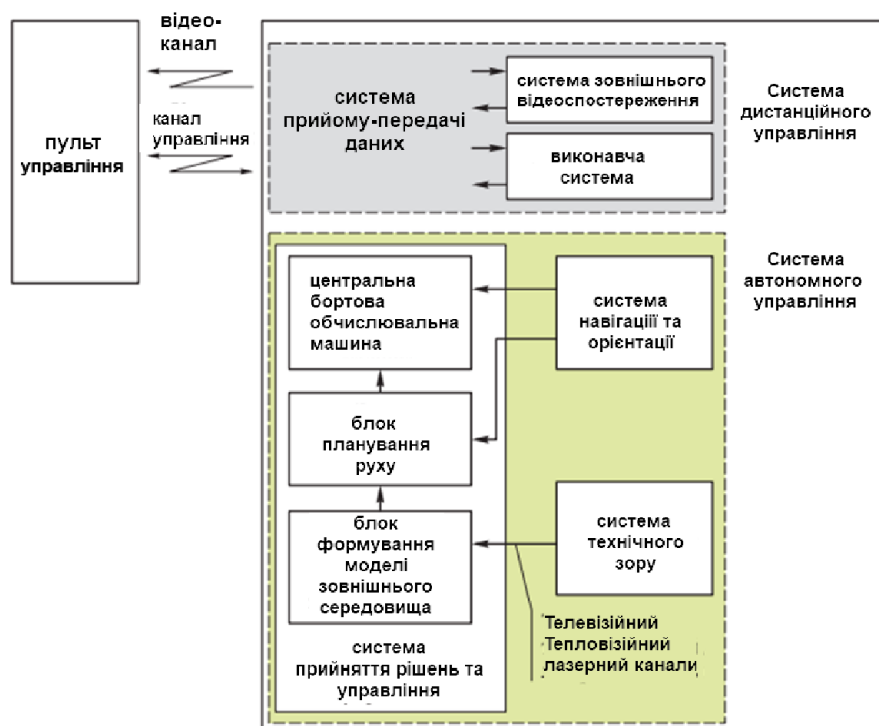
**Н.С. Стеценко**, студентка (*Національний авіаційний університет*)

**А.А. Жовтенко**, студентка (*Національний авіаційний університет*)

**Л.А. Кирпач**, ктн, доц. (*Національний авіаційний університет*)

Однією з основних тенденцій сучасного розвитку наземної робототехніки є поступовий перехід від дистанційно-керованих до напівавтономних, а в перспективі – до автономних робототехнічних комплексів (РТК). Це дозволить усунути основні недоліки дистанційно-керованих комплексів [3].

Пропонується узагальнена схема системи автономного управління рухом РТК в якій дооснащується система дистанційного управління до рівня напівавтономного та автономного управління (рис. 1).



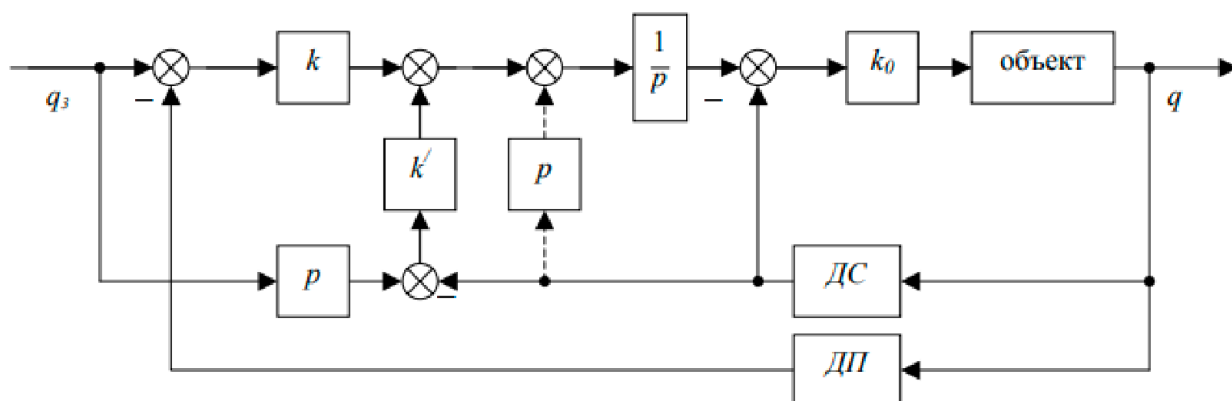
Один із основних принципів створення таких систем - збереження спадкоємності відпрацьованих технічних рішень та використання автономних робототехнічних комплексів на базі дистанційнокерованих РТК із збереженням ядра системи дистанційного управління як виконавчого рівня системи автономного управління рухом.

Найважливішою складовою РТК є система технічного зору (СТЗ). У переважній більшості випадків СТЗ передає телевізійні (тепловізійні) зображення середовища функціонування. Однак у багатьох випадках телевізійної і навіть стереотелевізійної інформації виявляється недостатньо для ефективного аналізу та оцінки навколишнього середовища. Крім того, для ефективного управління РТК в особливо складних умовах функціонування необхідні огляд робочої зони з різних позицій, можливість знання її геометрії до різних перерізів і просторового розташування як самого РТК, так і його робочого обладнання [1].

Така інформація бажано повинна надаватись оператору у формі, що забезпечує тривимірне моделювання робочої зони з можливістю оперативного розрахунку та планування дій в умовах недетермінованої обстановки. Ця інформація буде

використовуватися в бортовому обчислювальному комплексі для забезпечення високоточної навігації та позиціонування мобільного РТК при його автономному переміщенні та виконанні складних технологічних операцій у важкодоступних місцях та будівлях без прив'язки до супутникових навігаційних систем, а також під час руху по складній пересіченій місцевості.

Стосовно динамічних якостей роботів найскладніші вимоги пред'являються роботам з безперервним управлінням. Виправданим є застосування робастних систем управління – систем, у яких алгоритм управління забезпечує принципову незалежність якості управління від значень параметрів системи, навантаження та збурень [2]. Пропонується схема такої системи із зворотним зв'язком щодо прискорення яка показана пунктиром (рис.2.).



Оскільки в прямому каналі є інтегруюча ланка, то еквівалентне перетворення вихідної схеми шляхом перенесення цього зворотного зв'язку за цю ланку дозволяє обійтися без сигналу прискорення в явному вигляді, як показано на рисунку, хоча ця схема реалізує саме цей принцип. Прискорення, як відомо, є мірою порушення балансу сил, які діють систему, тобто мірою будь-яких збурень – зовнішніх чи внутрішніх, включаючи параметричне. Тому пристрій управління із зворотним зв'язком по прискоренню парире будь-які обурення, стабілізуючи режим керованого об'єкта. Схема на рис.2. відповідає об'єкту другого порядку. Для складніших об'єктів її структура відповідно буде іншою, щоб забезпечити необхідну якість процесу управління.

#### Література:

1. Павленко І.І. Промислові роботи: Основи розрахунку та проектування / І.І. Павленко–Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420 с.
2. Павловський М.А. Теоретична механіка/М.А.Павловський. – Київ: «Техніка», 2002. – 510 с.
3. Струтинський В.Б., Гуржій А.М. Наземні роботизовані комплекси: Монографія. – Житомир: ПП «Рута», 2023 . – 524 с

**А.М. Кліпа**, к.т.н., доцент. (*Національний авіаційний університет*)  
**А.В. Коваленко**, студент (*Національний авіаційний університет*)

## **Інновації в алгоритмах штучного інтелекту для систем керування рухом: нові горизонти та виклики**

Сучасний світ вимагає постійної інновації в області транспортних систем, особливо у контексті розвитку інтелектуальних міст. Підвищення ефективності, безпеки та надійності систем керування рухом є ключовим завданням інженерів та науковців. З цієї причини штучний інтелект (ШІ) і машинне навчання відіграють важливу роль у розробці сучасних комп'ютеризованих систем керування рухом. Вони не лише забезпечують нові можливості для аналізу та прогнозування трафіку, але й відкривають шлях для автоматизації рішень, зменшення заторів та підвищення загальної безпеки дорожнього руху.

У цих тезах ми зосередимося на аналізі найсвіжіших інновацій у сфері алгоритмів штучного інтелекту для систем керування рухом, розглянемо їх вплив на безпеку та ефективність, а також обговоримо інтеграцію ШІ з іншими технологічними рішеннями. Мета цієї роботи - висвітлити потенціал ШІ як каталізатора змін у сфері управління міським трафіком та виявити основні виклики та можливості, які він пропонує.

### **Огляд інноваційних алгоритмів ШІ в системах керування рухом**

Штучний інтелект (ШІ) відіграє вирішальну роль у розробці та оптимізації систем керування рухом. Послідовні інновації в алгоритмах ШІ відкривають нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та адаптивності цих систем. Основні напрямки розвитку включають [1,2]:

1. **Глибинне навчання (Deep Learning):** Алгоритми глибинного навчання, такі як конволюційні нейронні мережі та рекурентні нейронні мережі, використовуються для аналізу великих обсягів даних з транспортних систем. Це дозволяє точно прогнозувати трафік, розпізнавати та аналізувати шаблони руху, що сприяє оптимізації світлофорних режимів та загального управління трафіком.

2. **Машинне навчання (Machine Learning):** Алгоритми машинного навчання, такі як випадкові ліси (Random Forests) та методи підсилюючого навчання (Reinforcement Learning), використовуються для автоматичного виявлення та реагування на зміни у дорожньому русі. Ці алгоритми забезпечують системи керування рухом здатністю самонавчання та адаптації до змінних умов дорожнього руху.

3. **Прогнозування та оптимізація за допомогою ШІ:** Сучасні алгоритми ШІ, зокрема ті, що використовують часові ряди та прогнозні моделі, застосовуються для прогнозування патернів трафіку та потенційних заторів. Це дозволяє операторам систем керування рухом попередньо адаптувати управлінські стратегії, зменшуючи час простою та покращуючи загальну рухомість.

4. **Інтеграція з іншими технологічними системами:** Використання ШІ для інтеграції даних з різноманітних джерел, таких як датчики IoT, мобільні дані та інші інтелектуальні транспортні системи.

### **Вплив ШІ на безпеку та ефективність систем керування рухом**

Розвиток інноваційних алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) має значний вплив на підвищення безпеки та ефективності систем керування рухом. Ці алгоритми дозволяють

точніше реагувати на динамічні умови дорожнього руху, враховуючи широкий спектр факторів. Ось основні аспекти цього впливу:

### ***1. Підвищення безпеки через точніші прогнози та аналіз ризиків:***

- ШІ-підсилені системи здатні аналізувати великі обсяги даних з дорожніх камер, датчиків та інших джерел, ідентифікуючи потенційні небезпечні ситуації, такі як високий ризик аварій чи раптові зміни в погодних умовах.

- Використання передових технологій обробки зображень та відеоаналітики дозволяє виявляти незвичайні поведінки учасників дорожнього руху, попереджуючи про можливі аварійні ситуації.

### ***2. Оптимізація руху транспорту:***

- Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати історичні дані про трафік, прогнозуючи затори, та оптимізуючи світлофорні режими для підвищення пропускної спроможності доріг.

- Інтелектуальні системи керування можуть динамічно адаптуватися до змін у дорожньому русі, забезпечуючи плавність руху та зменшуючи час у дорозі.

### ***3. Адаптація до екстрених ситуацій:***

- Використання ШІ дозволяє швидко реагувати на екстрені ситуації, такі як аварії чи природні катастрофи, автоматично перерозподіляючи рух для зменшення заторів та забезпечення швидкого доступу екстрених служб до місця події.

### ***4. Забезпечення більшої прозорості та інформованості для учасників дорожнього руху:***

- Інтеграція ШІ в мобільні додатки та навігаційні системи дозволяє водіям отримувати актуальну інформацію про стан доріг, затори, та рекомендації щодо оптимальних маршрутів.

## **Інтеграція ШІ з іншими технологіями для покращення систем керування рухом**

Ефективність систем керування рухом значно підвищується завдяки інтеграції алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) з іншими передовими технологіями. Це включає в себе об'єднання з Інтернетом речей (IoT), сенсорними мережами, та іншими інтелектуальними системами, що дозволяє створювати більш комплексні та адаптивні системи керування. Ось деякі з ключових аспектів цієї інтеграції [3]:

### ***1. Синергія з Інтернетом речей (IoT):***

- Використання датчиків IoT для збору даних у реальному часі з транспортних засобів та інфраструктури. Це включає моніторинг умов доріг, руху транспорту та метеорологічних умов.

- Інтеграція даних з IoT дозволяє ШІ-системам точніше аналізувати та прогнозувати умови руху, а також швидко реагувати на зміни.

### ***2. Взаємодія з сенсорними мережами:***

- Сенсорні мережі забезпечують безперервний потік даних, який ШІ використовує для виявлення та аналізу різних аспектів дорожнього руху, таких як інтенсивність руху, швидкість транспорту, та наявність перешкод.

- Це дозволяє оптимізувати параметри керування рухом, наприклад, регулювання світлофорів та знаків обмеження швидкості.

### ***3. Інтеграція з розширеними аналітичними системами:***

- ШІ може ефективно обробляти та інтегрувати дані з різних джерел, включаючи трафік-камери, сенсори забруднення повітря, та системи громадського транспорту, забезпечуючи цілісний погляд на міську мобільність.



- Така інтеграція дозволяє використовувати більш складні моделі для аналізу та управління рухом, що покращує якість прийняття рішень та ефективність реалізації управлінських стратегій.

### **Заключення**

Інтеграція інноваційних алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) в системи керування рухом відкриває нові горизонти для створення більш безпечних, ефективних та адаптивних транспортних систем. Передові розробки в галузі ШІ не лише трансформують спосіб, яким ми моніторимо та керуємо рухом, але й сприяють створенню більш інтегрованих та інтелектуальних міських інфраструктур. Це, в свою чергу, підсилює безпеку, зменшує затори та покращує загальну якість життя у містах.

Проте, разом з величезним потенціалом, що його пропонує ШІ, приходять і виклики, зокрема щодо забезпечення безпеки даних, приватності та етичних питань у прийнятті автоматизованих рішень. Важливо враховувати ці аспекти при розробці та впровадженні ШІ-орієнтованих систем керування рухом. Окрім того, постійна колаборація між інженерами, міськими планувальниками, законодавцями та громадськістю є ключовою для розробки та впровадження ефективних рішень.

У майбутньому, з розвитком технологій та зростанням вимог до урбанізації, системи керування рухом на основі ШІ стануть ще більш складними та інтегрованими. Вони будуть здатні не тільки реагувати на поточні умови, але й адаптуватися до майбутніх змін, що забезпечить стійке та гнучке керування рухом. Ця еволюція відкриває нові можливості для досліджень та розвитку, підкреслюючи необхідність подальших інвестицій та інновацій у цій області.

Таким чином, алгоритми ШІ, які сьогодні є передовими технологіями, у майбутньому стануть невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, формуючи основу інтелектуальних, безпечних та ефективних систем керування рухом, що ведуть нас до більш сталого та інноваційного майбутнього.

### **Список літератури**

1. Ковальчук В.П., Кравець П.Б. Інтелектуальні системи керування дорожнім рухом: алгоритми та застосування / Ковальчук В.П., Кравець П.Б. // Журнал Автоматизації та Комп'ютерних Наук. – 2020. – № 3(82). – С. 34-42.
2. Бондаренко О.М., Лисенко В.О. Розвиток систем керування рухом на основі штучного інтелекту / Бондаренко О.М., Лисенко В.О. // Вісник Транспортних Технологій. – 2019. – № 2(58). – С. 48-55.
3. Шевченко В.І., Петренко А.С. Методи глибинного навчання в застосуванні до інтелектуальних транспортних систем / Шевченко В.І., Петренко А.С. // Вісник Комп'ютерних Наук. – 2021. – № 1(75). – С. 65-73.

**А.М. Кліпа**, к.т.н, доцент (*Національний авіаційний університет*)  
**Н.І. Кривошея**, студент (*Національний авіаційний університет*)

### Синтез пропорційно-диференційного регулятора динамічної системи

Зважаючи на важливість систем автоматичного керування у сучасних технологічних системах, виникає потреба у розробці та вдосконаленні методів регулювання цих систем для ефективності і точності процесів. Одним із ключових напрямків у цьому контексті є розвиток регуляторів, спроможних забезпечити необхідний рівень стійкості та точності в різноманітних умовах експлуатації.

Серед різних видів регуляторів особливе місце займаються пропорційно-диференційні (ПД) регулятори, які частіше використовуються в законах керування, ніж пропорційно-інтегрально-диференціальні (ПІД) регулятори. Ці регулятори мають високу ефективність у компенсації змін зовнішніх впливів та забезпеченні потрібного рівня стійкості системи [1].

Завдання системи автоматичного управління полягає в тому, щоб подавити дію зовнішнього збурення і забезпечити швидкі і якісні перехідні процеси. Тому застосування таких регуляторів особливо актуальне у цих системах.

Основною метою використання регуляторів є зменшення статичної похибки. Крім того, підбираючи параметри регуляторів, можна поліпшити показники перехідного процесу: час регулювання і величину перерегулювання. Тому застосування таких регуляторів особливо актуальне у цих системах.

У даному дослідженні розглядається синтез ПД регулятора з метою підвищення ефективності та стабільності автоматичного керування. [1]

Передавальна функція ідеального ПД-регулятора має вигляд [2]:

$$W_c(s) = K_p + K_d s, \quad (1)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт підсилення пропорційної частини;  $K_d$  – коефіцієнт підсилення диференціальної частини.

При застосуванні регулятора (1) необмежене збільшення коефіцієнта підсилення диференціатора призводить до нескінченного підсилення на високих частотах. Тому, щоб обмежити коефіцієнт підсилення на високих частотах, в диференціальну складову ПД регулятора вводять додатковий полюс [2]. У цьому випадку передатна функція реального ПД регулятора може бути записана як:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_d s}{\tau_0 s + 1}, \quad (2)$$

де  $\tau_0$  – дуже мале значення ( $\tau_0 \ll 1$ ). В нашому випадку  $\tau_0 = 0.0001$ (сек), тому в процедурі синтезу необхідно визначити два параметри, а саме  $K_p$  та  $K_d$ .

**Постановка задачі:** Необхідно синтезувати ПД регулятор, який може бути фізично реалізованим (2), і який би забезпечив необхідний запас стійкості за фазою  $P_m = 55^\circ$  на частоті  $\omega = 3$  рад/сек для системи керування положенням стержнів ядерного реактора (рис. 1) [2] з наступними передавальними функціями:

$$W_1 = 1; W_2 = \frac{1}{s(s+5)}; W_3 = 0.5; W_4 = 58.2; W_5 = \frac{1}{0.2s+1}; W_c = 1.$$

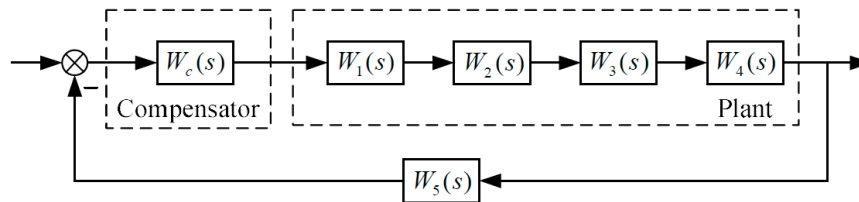


Рис. 1. Схема системи керування положенням стержнів ядерного реактора

Передавальна функція розімкненої нерегульованої (без регулятора) системи є наступною:

$$W_{p(n)} = \frac{29.1}{0.2s^3 + 2s^2 + 5s}$$

За допомогою цієї функції ми можемо почати синтез регулятора. Для цього треба зробити деякі розрахунки [2].

- 1) Розрахувати фазовий зсув регулятора на частоті  $\omega$ :

$$\theta = \arg W_c(j\omega) = -180^\circ + P_m - \arg W_p(j\omega)W_f(j\omega),$$

$$\theta = \arg W_c(j\omega) = -180^\circ + 55^\circ + 151.9275^\circ = \frac{-26.92^\circ}{57.296} = 0.47 \text{ (rad)}.$$

- 2) Визначити коефіцієнт підсилення для пропорційної частини регулятора:

$$K_p = \frac{\cos\theta}{|W_p(j\omega)W_f(j\omega)|} = \frac{\cos(0.47)}{1.4265} = 0.625.$$

- 3) Визначити коефіцієнт підсилення для диференціальної частини регулятора:

$$K_d = \frac{\sin\theta}{\omega|W_p(j\omega)W_f(j\omega)|} = \frac{\sin(0.47)}{3 \cdot 1.4265} = 0.1058.$$

Після цього ми можемо записати передавальну функцію ПД регулятора (2) для заданої системи:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_d s}{\tau_0 s + 1} = 0.625 + \frac{0.1058s}{0.0001s + 1} = \frac{0.1059s + 0.625}{0.0001s + 1}.$$

Графіки логарифмічно-частотних характеристик, запаси за амплітудою та фазою системи без регулятора і з ним наведені на рис. 2. Ці характеристики підтверджують, що з синтезованим ПД регулятором система керування положенням стержнів ядерного реактора має необхідний запас стійкості за фазою, а саме  $55^\circ$  на заданій частоті. Також на основі логарифмічно-частотних характеристик (рис. 2) можна зробити висновок, що обидві системи стійкі.

Перехідні характеристики нерегульованої та регульованої замкнених систем представлені на рис. 3.

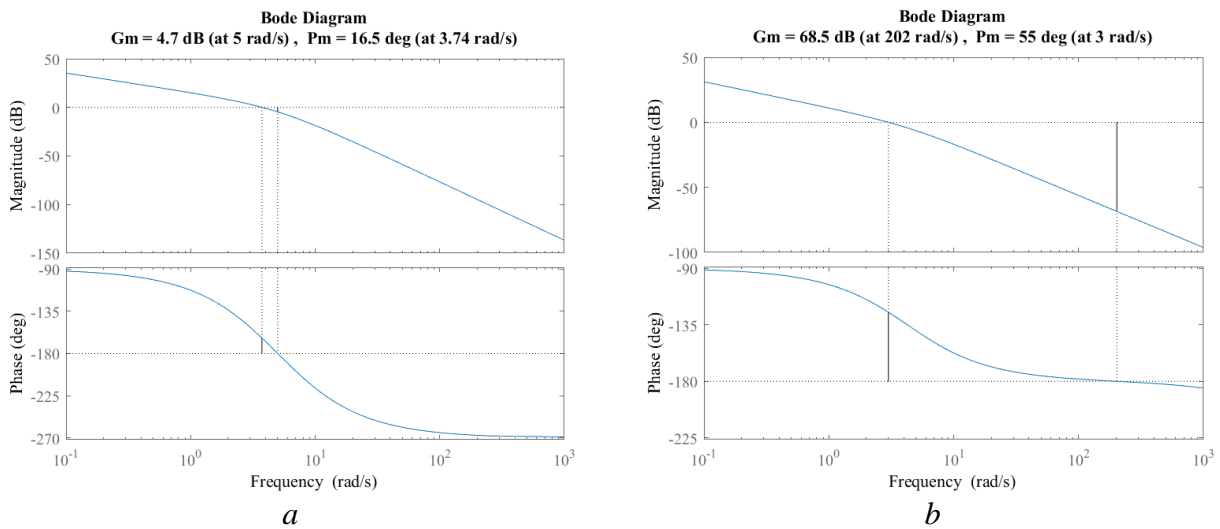


Рис. 2. Логарифмічно-частотні характеристики: (a) для нерегульованої системи; (b) системи з ПД регулятором

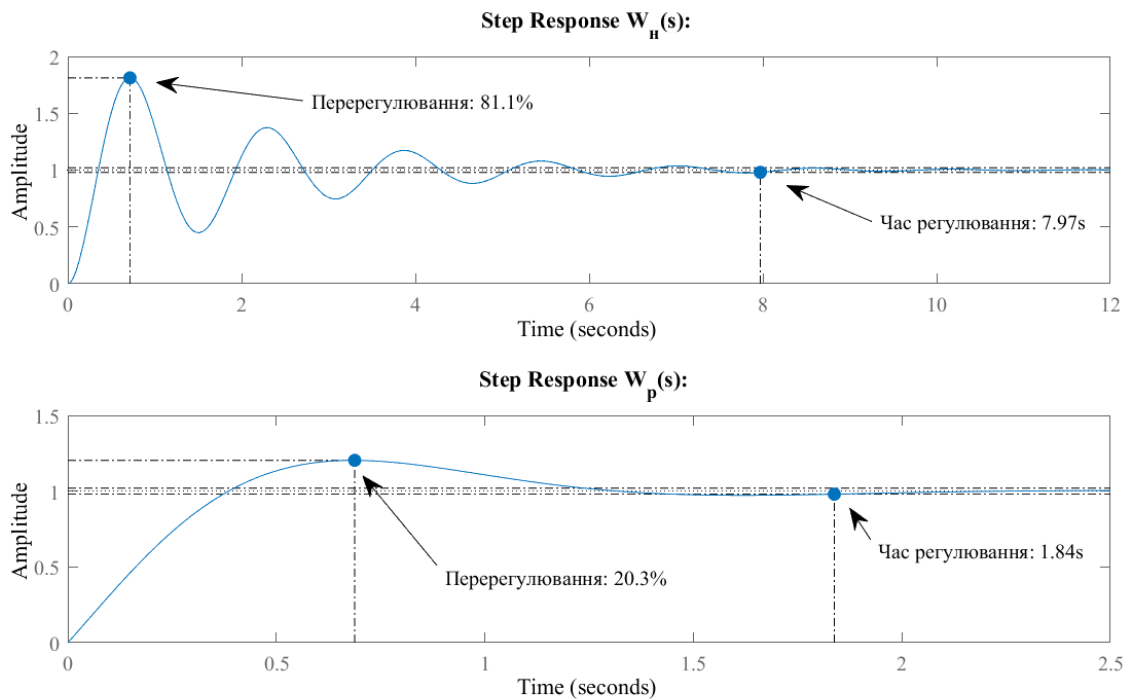


Рис.3. Перехідні характеристики нерегульованої  $W_n(s)$  та регульованої  $W_p(s)$  систем

З урахуванням отриманих результатів для нерегульованої системи та системи із ПД регулятором можна зробити наступні висновки: застосування розробленого ПД регулятора суттєво зменшило показник перерегулювання (з 81.1% до 20.3%) та дозволило скоротити час регулювання з 7.97 секунд до 1.84 секунди.

Отже, використання ПД регулятора дозволяє ефективно покращити характеристики системи, забезпечуючи більш точне та швидке реагування на зміни, що робить його перспективним варіантом для реалізації в автоматизованих системах керування.

### Список літератури

1. Головінський Б.Л. Теорія автоматичного управління / Б.Л. Головінський, Ю.В. Шуруб, В.П. Лисенко. - К.: ВЦ НУБіП України, 2012.
2. Dorf R.C. Modern Control Systems / R.C. Dorf, R.H. Bishop. – Pearson Education, Inc., Pearson Prentice Hall, 2008. – 1046 p.

**А.О. Река**, студент (Національний авіаційний університет)

### **Система моніторингу орієнтації камери БПЛА**

БПЛА стають широко використовуваним інструментом для збору просторових даних збору просторових даних. Вони замінюють і доповнюють традиційні методи зйомки в багатьох сферах застосування, оскільки вони скорочують час збору даних, зменшують витрати і навіть підвищують точність деяких продуктів, таких як обсяги видобутих матеріалів. БПЛА набули популярності з появою перших доступних автопілотів приблизно десять років тому, що забезпечило зручне пілотування, хорошу стабільність і навігацію за заздалегідь спланованим маршрутом. На сьогоднішній день БПЛА сьогодні є технічно досконаліми і доступними платформи для збору просторових даних. Програмне забезпечення для фотограмметричної обробки зображень з БПЛА зазнало аналогічну еволюцію щодо точності, швидкості обробки та обчислювального навантаження, обробки хмари точок та виділення особливостей.

На сьогоднішній день переважна більшість БПЛА оснащена камерами споживчого класу, що використовують CMOS-датчик зображення технологію CMOS. CMOS-датчики зображення кращі за ПЗЗ-датчики (пристрої з зарядовим зв'язком) у багатьох аспектах, які є важливими для маркетингу, але не в тому, що важливих для масового маркетингу, але не в одному, дуже важливому для фотограмметрії. важливому для фотограмметрії - постійна і стабільна геометрія зображення. геометрії зображення. CMOS-датчики зображення використовують електронний затвор, що обертається затвор, який спричиняє спотворення зображення, якщо камера або об'єкт рухаються. або об'єкт зйомки рухається.

У фотограмметрії типовий робочий процес аналізу полягає в тому, що спочатку робляться знімки, а потім їх аналіз та корекція з урахуванням різних ефекти (оптичні аберації тощо). Ми вирішили використати інший підхід підхід і спробувати виміряти причину спотворень у їхньому джерела за допомогою системи, встановленої на БПЛА під час його під час його роботи.

Початковими параметрами, які ми розглядали при виборі гіроскопічного датчика були вартість, доступність, розмір і вага датчика, чутливість, частота дискретизації та заявлена точність. По-перше, ми обмежили вибір MEMS-гіроскопами, оскільки вони є дуже доступні за ціною. Розмір і вага дозволяли встановлювати їх безпосередньо на камеру, не змінюючи при цьому камеру без суттєвої зміни її імпульсних характеристики, тобто не впливаючи на рух камери.[1]

Датчик MPU 6050 від InvenSense, який поєднує в собі 3-осьовий акселерометр та 3-осьовий гіроскоп. Заявлена максимальна частота дискретизації Заявлена максимальна частота дискретизації для гіроскопа - 8 кГц. Підключається до мікроконтролера Arduino за допомогою шини I2C та бібліотеки i2cdevlib (Rowberg, 2018), максимальна ефективна частота дискретизації, яку ми змогли досягти при реєстрації результатів, була приблизно 200 Гц, що є відносно низьким показником для даного зчитування час 30 мілісекунд.

Перевірка шуму датчика: Шум може бути можна охарактеризувати як випадкове розсіювання показань. В межах діапазоні шуму, ніякої корисної інформації не може бути вилучено з показань. Часовий інтервал, який нас цікавить для розрахунку шуму є час зчитування датчика зображення, який для більшості CMOS-матриць становить від 10 до 50 мілісекунд для більшості CMOS-датчиків зображення. Ми встановили датчик на фіксовану та стабільну основу і збрали вибірку з 40 000 зчитувань для кожної осі. Сирі показання були скориговані на масштаб і зміщення та інтегровані з часом, щоб отримати зсуву та інтегрували в часі, щоб отримати орієнтацію гіроскопічного датчика для кожної осі. Кадр зі 120 значень рамка з 120 значень була переміщена через всі значення з одним кроком в одне значення. Для кожного кроку обчислювали середньоквадратичне відхилення  $\sigma$  і значення діапазон  $r$  розраховували на основі вибраних 120 значень.[2]

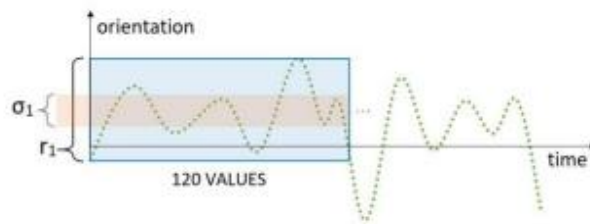


Рис.1  $\sigma$  і  $r$  для першого "кадру" з 120 значень

Таким чином, ми отримали 39 880 значень  $\sigma$  і  $r$  на основі 40 000 початкових значень. Нижче в Таблиці 1 наведено середні значення  $\sigma$  та  $r$  для кожної осі та 3 окремих тестів. Таблиця 2 містить максимальні значення  $\sigma$  та  $r$  серед усіх 39 880 значень, знову ж таки для кожної осі.

Axis	X		Y		Z	
	$\sigma$ ["]	$r$ ["]	$\sigma$ ["]	$r$ ["]	$\sigma$ ["]	$r$ ["]
Test 1	2.7	10.0	4.4	13.4	3.0	9.0
Test 2	3.0	9.5	3.7	12.1	2.8	9.4
Test 3	3.5	10.3	3.6	11.6	3.4	11.0

Рис. 2 Максимум  $\sigma$  і  $r$  для 3 окремих тестів

З наведених вище таблиць видно, що всі діапазони значень  $r$  менші за 15", причому більшість з них менші за 10". Якщо ми помістимо ці значення в діапазон дії БПЛА, знаючи його висоту над землею, ми можемо розрахувати, що цей шум означає для виявлення спотворень зображення, спричинених обертальним рухом датчика зображення. Виходячи з представлених тестів, ми можемо припустити, що ми здатні виявляти обертання, більші за 15" в часовому діапазоні 30-60 мілісекунд. Якщо припустити, що висота висоті БПЛА 50 м, спотворення, викликані поворотами на 20" під час зчитування з датчика зображення, призводять до помилки позиціонування на землі в 5 мм.

### Список літератури

1. Аггарвал, П., Саїд, З., Ель-Шеймі, Н., 2008. Теплове калібрування недорогих МЕМС-датчиків для наземних навігаційних систем.
2. Гейер, К., Мейнгаст, М., Састри, С., 2005. Геометричні моделі камер з рухомих зтвором.

**О.П. Кривоносенко**, к.т.н, доц. (Національний авіаційний університет)  
**Д.І. Бахтіяров**, ктн, доц (Національний авіаційний університет)  
**В.І. Войтків**, студент (Національний авіаційний університет)

### Оптимальна фільтрація сигналів руху БПЛА

У системах навігації, стабілізації і наведення всіх рухомих об'єктів, в тому числі БПЛА, основними датчиками первісної інформації про кутові, а іноді і лінійні переміщення є гіроскопи різних типів і акселерометри. З розвитком мікроелектронних технологій тепер можуть бути виготовлені мініатюрні мікромеханічні інерційні вимірювачі. Однак головною проблемою будь-яких MEMS-датчиків є проблема підвищення точності. Зокрема для MEMS-гіроскопів це вплив так званої квадратурної похибки й вплив змін настроювання частоти вібрації MEMS-гіроскопів на точності характеристики вимірювання кутової швидкості. Випадковий шум як стохастичний процес завжди присутнє в вихідних сигналах датчиків. Його інтегрування разом з вимірами неминуче веде до появи адитивної стохастичної шумової складової в визначених параметрах руху. Широке розповсюдження в існуючих ПНК здобули такі способи сумісної обробки інформації, що надходять від декількох вимірників:

- взаємна компенсація і фільтрація похибок вимірювальних приладів, що вимірюють один і той самий навігаційний параметр;
- оптимальне оцінювання вектора стану з використанням апріорної інформації про контрольований процес та поточні вимірювання, що реалізує алгоритм оптимальної фільтрації Калмана.

На рис. 1 показана структурна схема одержання оптимальних оцінок за методом найменших квадратів.

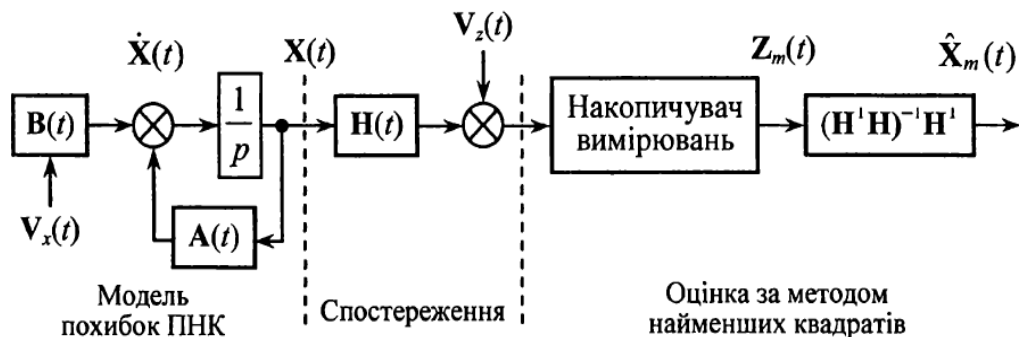


Рис. 1. Структурна схема одержання оптимальних оцінок методом НК

Схема фільтрації еквівалентна схемі компенсації, однак, з погляду практичної реалізації, перевага віддається саме схемі компенсації. Найбільш привабливою для застосування в комплексних системах навігації є, безумовно, Калманівська фільтрація (КФ). Проте, використання КФ зустрічає певних труднощів при її практичній реалізації на борті ЛА. Тому в роботі запропоновано використовувати для комплексування акселерометричного та гіроскопічного вимірювання параметрів кутової орієнтації алгоритми схеми компенсації. Розробка алгоритмів комплексування показів первинних датчиків інформації ММГВ та БІНС є задачею вельми актуальною.

Найпоширенішою для повного інтегрування показів ММА і ММДКШ є так званий додатковий фільтр, або схема фільтрації Калмана. Для вирішення проблеми інтегрованої обробки інформації в інтегрованих інформаційних системах, звичайно, найбільш цікавою є

фільтрація Калмана. Однак використання фільтра Калмана наштовхується на деякі труднощі під час його практичної реалізації на борту БПЛА.

Проте, в сучасних повітряно-навігаційних комплексах, крім алгоритмів, що дозволяють оптимально оцінювати вектор стану, існують й інші методи інтеграції, зокрема, метод взаємної компенсації, який був доведений в практиці. Використання методу компенсації при обробці відбитків ММА і ММДКШ обумовлено тим, що в цьому випадку похибки вимірювання знаходяться в різних діапазонах частот. Головною перевагою фільтрації Калмана є те, що в комплексоутворення інформаційних систем на виході фільтра Калмана відновлені оцінки всього вектору стану, у тому числі систематичні компоненти похибок лічильників, що дозволяє проводити їх калібрування в польоті. Але, на нашу думку, і з застосуванням компенсаційної системи разом із системами корекції існує така можливість.

Базуючись на пропонованих методиках в роботі були розроблені алгоритми перед польотного калібрування датчиків кутової швидкості. Процес калібрування – це наступний підготовчий етап работ ІСКВ. У багатьох дослідженнях пропонується калібрувати датчики БНС, використовуючи алгоритми калмановської фільтрації, що базуються на математичних моделях похибок інерціальних вимірників або на математичній моделі всієї інерціально-супутникової навігаційної системи (ІНС). Спрощений контур калібрування ДКШ представлений на рис. 2.

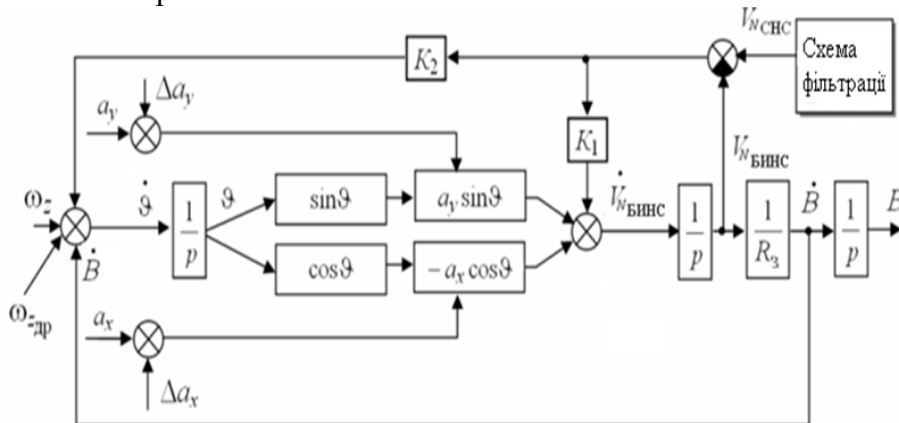


Рис. 2. Спрощений контур калібрування ДКШ

Алгоритм оцінювання за методом максимуму правдоподібності, як і алгоритм оцінювання за МНК, потребує накопичення вимірювань, тобто наявності вектору спостережень. Структурна схема отримання оптимальних оцінок за методом максимуму правдоподібності показана на рис.3.

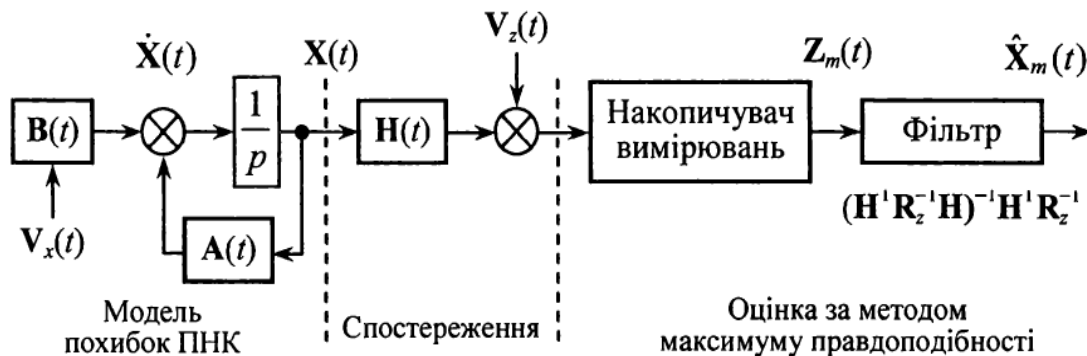


Рис.3 Структурна схема отримання оптимальних оцінок методом МП

Цей метод, як і для МНК можна використовувати лише при вимірюванні одного параметра декількома системами. В іншому випадку нова оцінка помилок ПНК не буде



співпадати з поточним значенням помилок на час, що дорівнює часу накопичення спостережень.

Аналіз похибок MEMS датчика кутової швидкості показує, що квазістаціонарна складова дрейфу датчика з часом змінюється, що суттєво впливає на похибки вимірювання кутової орієнтації, тому тільки одного передстартового калібрування недостатньо для забезпечення прийнятних точнісних характеристик вимірника. Виникає доцільність здійснювати періодичне або безперервне польотне калібрування ММДКШ та корекцію ГВВ за інформацією про оцінені значення параметрів кутової орієнтації.

Після завершення перехідних процесів у схемах комплексоутворення та калібрування (цей час головним чином визначається часом збіжності алгоритмів фільтрації), ГВВ переходить у робочий режим, показуючи гарні фільтруючі властивості і прийнятну точність вимірювання параметрів кутової орієнтації. Зокрема, точність каліброваного ГВВ не менше точності оцінки параметрів кутової орієнтації.

Результати досліджень схем компенсації похибок з динамічним фільтром третього порядку і одночасної роботи схем калібрування і корекції польоту ілюструються на рис. 3.

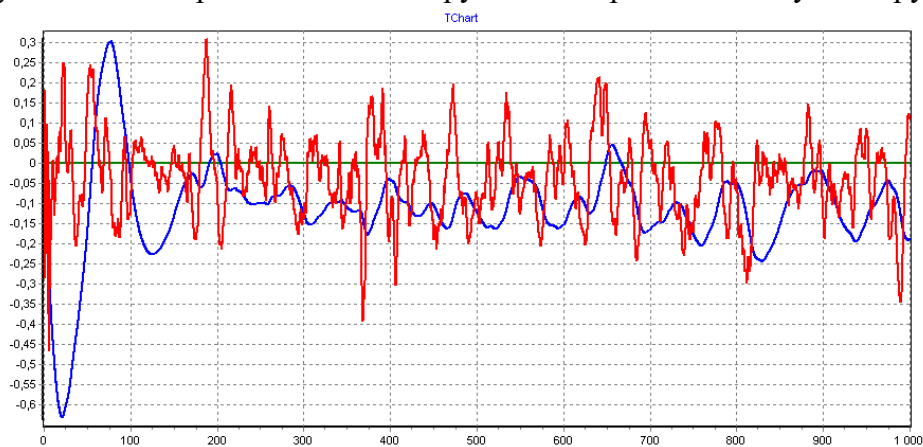


Рис. 3. Результати досліджень алгоритмів польотного калібрування та корекції

Підсумовуючи загальний зміст дослідження, можемо констатувати наступне:

1. В даній роботі був реалізований статичний алгоритм моделювання для формування оцінок параметрів моделі, здійснений експеримент з калібрування гіроскопа та акселерометра для MEMS датчика MPU-6050 та отриманих результатів. Моделювання та експеримент проводили при обсязі зразка 4000. В результаті роботи були вивчені існуючі методи калібрування MEMS датчиків з точки зору застосування їх на практиці. Результати калібрування MEMS методом ММРМ дозволяють зробити наступні висновки:
  - Похибка оцінок параметрів при заданій кількості положень БІНС суттєво залежить від їх інформативності, яка пов'язана з незалежно отримуваними даними по всім трьом осям.
  - Точність оцінки параметрів залежить від об'єму вибірки при кожному положенні датчика, що також збільшує час процедури. Встановлено, що при об'ємах вибірки більше 7000 суттєвого збільшення точності не спостерігається.
  - При малих об'ємах вибірки оцінки параметрів є зміщеними. При збільшенні вимірів оцінки стають не зміщеними і їх дисперсії зменшуються.
2. Результати дослідження інтегрованих гіровертикалей, побудованих на основі компенсаційних схем з фільтром третього порядку з одночасним функціонуванням схем калібрування і корекції, показують хороші фільтруючі властивості і прийнятну точність вимірювання параметрів кутової орієнтації. Аналіз результатів моделювання показує принципову можливість недовгого польоту з автономною ММГВ після роботи перемикача корекції.

**О.П. Кривоносенко**, ктн, доц. (*Національний авіаційний університет*)  
**А.В. Коваленко**, студент (*Національний авіаційний університет*)  
**І.С. Кузьменко**, студент (*Національний авіаційний університет*)

### Стабілізація вантажу БПЛА гвинтокрила

Існують великі труднощі повітряного маневрування автономних гелікоптерів, які мають можливість захоплювати і переносити вантаж. Механізм керування ними повинен зберігати положення зависання вертольота над цільовим об'єктом, бути достатньо точним для об'єкта, а також оминати перешкоди та бути керованим під впливом зовнішніх аеродинамічних сил. Раніше, зусилля, спрямовані на подолання неточності механізмів зависання, спиралися на структурування цільового об'єкта для спрощення завдання, наприклад, використання магнітів та обручів. Однак це значно обмежувало різноманіття об'єктів, які необхідно було захоплювати.

Підхід, розглянутий у цій роботі, полягає у використанні сумісного маніпулятора, що раніше не використовувався, на базі SDM Hand, вертольоту на радіо керуванні T-Rex 600 ESP (рис.1).



Рис. 1. Повітряний випробувальний стенд, що перенасить вантаж

Механізм захоплення вантажу складається з чотирьох пальців з двома пружними з'єднаннями, кожне з яких здійснюється за допомогою паралельного сухожилкового механізму, який забезпечує залишкове навантаження на кожен палець; він може захопити об'єкт, що заходиться на відстані 115 мм (рис.2). Вертоліт стабілізується контролером стабілізації польоту Helicommand, що управляється оператором.

Автономний гелікоптер і механізм захоплення можуть переносити навантаження понад 10 кг. Особливі характеристики конструкції механізму – адаптивне захоплення з відкритим циклом, широкий інтервал пальців, нечутливість до нахиленої позиції – тісно співпадають із завданнями, пов'язаними з завданнями маніпуляцій з БПЛА, що дозволяє використовувати дуже простий, легкий механізм, без необхідності введення структурних обмежень на навантаження.

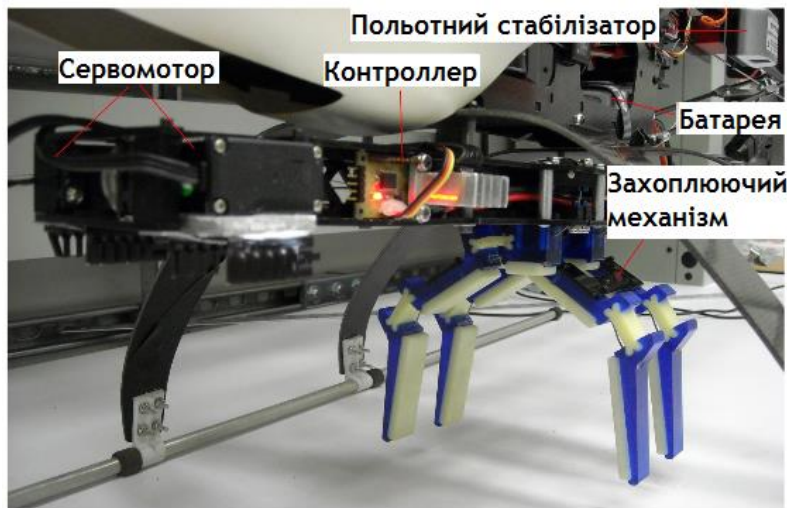


Рис. 2.2 Модуль захоплення вантажу

Щоб захопити об'єкт, вертоліт наближається до цілі, спускається вертикально, наводить маніпулятор, а потім закриває його захватом. Після забезпечення міцного зчеплення вертоліт піднімається з вантажем.

Підвішений вантаж створює високий ризик коливань, викликаних пілотом, що може призвести до небезпечних ситуацій [2]. Крім того, можуть виникати нестійкі коливання та високі швидкості завдяки різним аеродинамічним формам підвішеного навантаження. Таким чином, від виробників гелікоптерів і від аерокосмічної промисловості в цілому, великий інтерес виникає до технологій, які можуть вирішити проблему в експлуатації вертольота з підвісним навантаженням.

Основна увага цього дослідження зосереджена на сприянні стабілізації підвісного навантаження при польотах на автономних вертольотах для перевезення важливих вантажів. Це забезпечується системою підвіски, яка використовує одну точку кріплення на вертольоті, коли невідомі або невизначені параметри підвісного навантаження. Крім того, для перевезення звичайних вантажів немає спеціальних вимог щодо відстеження підвішеного вантажу, але має бути забезпечений стабільний та безпечний політ.

Вихідне регулювання сигналів керування та надійна стабілізація за допомогою запропонованого ланцюга інтеграторів забезпечує надійне керування, незважаючи на те, що контрольний варіант базується на спрощеній моделі при моделюванні.

Реалізація контролера в моделі більшої складності показує задовільну ситуацію у стабілізації руху вертольоту за наявності визначеності у моделі та параметрах системи.

### Список літератури

1. Блохін Л.М. Методологічні основи та етапи забезпечення конкурентноздатності процесів стабілізації існуючих рухомих об'єктів / О.П.Коивонсенко, С.І. Осадчий – К.: Вісник НАУ №2 (39), 2019. – С. 61–68.
2. Bisgaard, M., la Cour-Harbo, A., and Bendtsen, J. D., Input Shaping for Helicopter Slung Load Swing Reduction, AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, 2018.

**О.П. Кривоносенко**, ктн, доц. (Національний авіаційний університет)  
**А.В. Коваленко**, студент (Національний авіаційний університет)  
**Г.В. Сімонян**, студент (Національний авіаційний університет)

**Стабілізація висоти польоту гвинтокрила**

Автономні гвинтокрили добре маневрені та мають шість ступенів свободи маневреності, тому вони підходять для широкого спектру завдань, таких як кінематограф, сільське господарство, інспекція, спостереження, пошук і рятування, розвідка та багато іншого. Здатність вертольота зберігати певний стандартний стан під час виконання певних завдань є критично важливою для успішного виконання цих завдань. Це можна зробити під час рятувальних операцій під час зависання над кораблем або під час польоту поблизу ліній електропередач або вітрових турбін для їх перевірки. У вітряну погоду це стає серйозним викликом для будь-якого пілота, а отже, автопілот, здатний ефективно враховувати дію вітрового збурення є реальною альтернативою. У цій роботі представлено конструкцію управління поздовжньою, поперечною та вертикальною стабілізацією гелікоптера з наявністю вітрового збурення з внутрішньою властивістю надійності параметрів керування і невизначеності моделі вітру.

Узагальнену схему управління можна представити у вигляді зображеному на рис. 1.

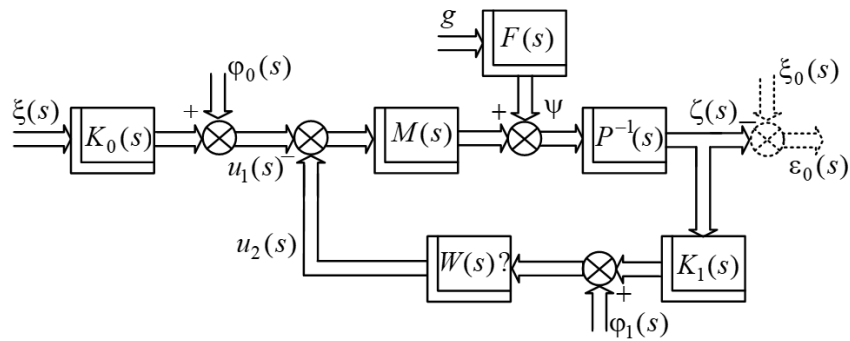


Рис. 1. Узагальнена схема системи керування рухом об'єкта по заданій траєкторії у просторі

Згодом можна вивести наступні рівняння поступального руху гвинтокрила:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \frac{-(2q_1q_3 + 2q_0q_2)T_M}{M} + \frac{d_x}{M}, \\ \ddot{y} &= \frac{-(2q_2q_3 - 2q_0q_1)T_M}{M} + \frac{d_y}{M}, \\ \ddot{z} &= \frac{-(1 - 2q_1^2 - 2q_2^2)T_M}{M} + g + \frac{d_z}{M}. \end{aligned} \tag{1}$$

Основною метою є розробка контролера, здатного стабілізувати вертоліт по висоті, який відхилився від впливу збурення  $d$ . Збурення, що впливає на прискорення вертольота по висоті можна записати як лінійну комбінацію  $N$  (можливо  $\infty$ ) синусоїдальних функцій часу, які змодельовані в наступному вигляді

$$d_j = \sum_{i=1}^N A_{ji} \cos(\Omega_i t + \varphi_{ji}),$$

З посиланням на вертикальну динаміку для протидії номінальному ефекту сили тяжіння вибирається наступний закон попереднього керування гвинтокрилом

$$T_M = \frac{gM_0 + u}{1 - \text{sat}_c(2q_1^2 + 2q_2^2)},$$

а це дає отримати наступну модель динаміки руху:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \frac{-\tilde{d}(\mathbf{q}, t)q_2 + m(\mathbf{q}, t)q_1q_3 + n_x(\mathbf{q})y_\eta(\eta, w)}{M} + \frac{d_x}{M}, \\ \ddot{y} &= \frac{\tilde{d}(\mathbf{q}, t)q_1 + m(\mathbf{q}, t)q_2q_3 + n_y(\mathbf{q})y_\eta(\eta, w)}{M} + \frac{d_y}{M}, \end{aligned}$$

Змодельований політ автономного гвинтокрила, оснащеного запропонованим автопілотом, під впливом вітрового збурення, дає позитивні результати.



Рис. 2. Модель прототипу гвинтокрила в лабораторії

Результати моделювання положення гвинтокрила на фоні дії вітрового збурення показано на рис.3.

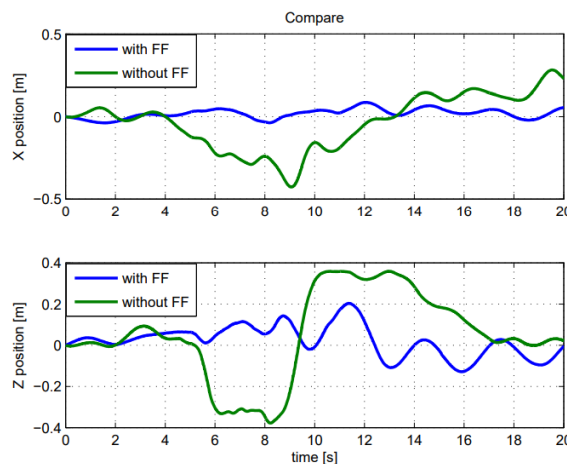


Рис. 3. Реакція гвинтокрила на пориви з і без прямого зв'язку контролера системи керування

Таким чином, представлено надійний контролер для стабілізації висоти гвинтокрила при усуненні завад вітру. Передбачається, що збурення вітру, що впливає на вертоліт, є функцією фіксованого часу, а структура з невідомими параметрами.

#### Список літератури

1. Блохін Л.М. Методологічні основи та етапи забезпечення конкурентноздатності процесів стабілізації існуючих рухомих об'єктів / О.П.Коивоносенко, С.І. Осадчий – К.: Вісник НАУ №2 (39), 2019. – С. 61–68.

**В.В. Левченко**, к.ф.-м.н., доцент (Державний університет ІКТ, Київ)  
**С.В. Сімченко**, к.ф.-м.н., доцент (Державний університет ІКТ, Київ)

### **Моделювання процесу розповсюдження поверхневих хвиль зсуву в періодично-шаруватих структурах**

У останні роки значно виріс інтерес до питання про розповсюдженню хвиль різної фізичної природи в періодично-шаруватих структурах. В спектрі хвиль виникають заборонені зони. Основна увага при проведенні досліджень приділялася питанню про можливість існування поверхневих ефектів у структурах зонної локалізації дисперсійних кривих та їх шматкової безперервності. При отриманні дисперсійних умов існування поверхневих хвиль передбачалося, що поверхнева хвиля локалізована на верхній межі неоднорідного півпростору та згасає з віддаленням від вільної границі. Питання про поверхневі хвилі, які локалізовані на одній із внутрішніх границь розриву властивостей півпростору за відсутності вимоги згасання хвиль над внутрішньою границею автору невідомі.

Розглянемо періодичну структуру, яка утворена повторенням пакету шарів із  $n$  компонентів з різними матеріальними параметрами. На границях розділу виконуються умови ідеального контакту, а хвильовий процес описується системою рівнянь пружності. На основі метода запропонованого в [1] задача зводиться до безкінечної системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Припускаємо що поверхнева хвиля затухає починаючи з одної із внутрішніх поверхонь, як це розглядається в класичній задачі Лява про поверхневі хвилі. В шарах вище має місце розповсюдження гармонійних незгасаючих хвиль. З вимог існування нетривіального та згасаючого рішення системи алгебраїчних рівнянь знаходимо дисперсійні співвідношення для поверхневих хвиль.

У загальному випадку аналіз отриманих дисперсійних співвідношень можливий лише чисельно. Результати чисельного аналізу дисперсійних співвідношень дозволили зробити висновок, що дисперсійні криві для конкретної границі є кусково неперервними, за виключеннями першої дисперсійної кривої. Перша дисперсійна крива може бути як відсутня так і неперервна в залежності від характеристик верхнього шару в півпросторі. Якщо взяти суму дисперсійних кривих для всіх границь пакету, включаючи вільну границю півпростору, то ми отримуємо неперервні криві. Тобто із зміною частоти відбувається зміна границі локалізації поверхневих кривих.

При довільному  $n$  чисельним аналізом було показано, що дисперсійні криві розпадаються на  $n$  відрізків, але в сумі вони дають суцільну дисперсійну криву. Сумарні дисперсійні криві для поверхневих хвиль співпадають із дисперсійними кривими для нормальних хвиль в породжуючому пакеті при вільних від напружень зовнішніх поверхнях. Але форми коливань нормальних хвиль відмінні від коливань поверхневих хвиль. Якщо поверхневі хвилі згасають від розглядуваної поверхні, то нормальні хвилі мають незгасаючу форму коливань.

З результатів чисельного аналізу також слідує, що зміною товщин шарів і їх геометричних і фізичних властивостей можна ефективно керувати не тільки спектром дисперсійних кривих, але й швидкістю і формою згасання поверхневих хвиль.. Показано, що поверхневі хвилі можуть локалізуватися як на вільній поверхні півпростору, так і на внутрішніх границях розділу фізичних і геометричних властивостей. В роботі досліджено умови існування поверхневих хвиль і характер їх затухання.

#### **Список літератури**

1. Левченко В.В. Магнитоупругие объемные волны сдвига в периодически-слоистой среде типа феррит-металл-диэлектрик // Прикл. механика.– 1995.- 31, № 5.– С. 19 – 25.

**В.І.Лойченко**, категорія друга,ст.викладач  
(*Васильківський фаховий коледж Національного авіаційного університету*)

### **Комплексування систем технічного зору наземних роботизованих систем**

Для автономних роботизованих систем одним з головних є завдання створення бортовою системою технічного зору моделі оточуючого середовища де буде здійснюватися виконання завдань за призначенням та вирішуватися навігаційні завдання [1].

Для формування найбільш повної моделі доцільно комплексувати дані взаємно юстованих відео-датчиків та сенсорів різної фізичної природи. Це можуть бути, наприклад, лідари, відеокамери, тепловізори. Таке поєднання сенсорів забезпечує отримання геометричної моделі зовнішнього середовища з розподілом на ній колірною та температурною полів, що дозволяє достовірно вирішувати завдання розпізнавання об'єктів та класифікації зони маневрування не лише за критерієм геометричної, а й за критерієм опорної прохідності [2], що актуально для наземних роботизованих систем призначених для застосування на непідготовленій або невідомій місцевості.

Аналіз галузей та задач використання роботизованих систем показує, що найбільш затребуваними є наземні роботи та БПЛА для індустріально-міських середовищ [2]. Дані середовища характеризуються наявністю значних за розміром і формою екранованих зон, що значно обмежує використання традиційних засобів дистанційного управління та навігації.

Для автономного функціонування роботизованих систем в таких умовах при формуванні моделі зовнішнього середовища можна ефективно використовувати геометричні примітиви (площини, ребра, кути), з яких переважно і складається геометрія урбанізованого середовища.

Така модель не тільки компактно описує геометрію зони маневрування, а й містить навігаційну інформацію про координати об'єкта управління при визначенні семантичних ознак лінійних об'єктів що розрізняються («дорога», «стіна») що є важливим для логічних блоків керування. Наприклад, при виділенні горизонтальних площин (дороги чи підлоги в будівлі) визначається крен та диферент, а вертикальних (стіни, огорожі) – курс об'єкта управління. Для визначення всіх шести координат необхідно виділяти не менше трьох взаємно не паралельних плоских об'єктів.

Для виділення лінійних об'єктів достатньо даних з лідара. У разі виділення менше трьох плоских об'єктів, наприклад, у середовищах, що зазнали руйнувань, навігаційне завдання вирішується не повністю. В цьому випадку визначаються однозначно не всі координати, а деякі координати зв'язуються лінійною або нелінійною залежністю. У цих випадках необхідно додатково використовувати сформовану відеокамерою текстуру плоских об'єктів, що виділяються. При виділенні та ідентифікації в процесі руху одного або двох текстурованих лінійних об'єктів рішення навігаційної задачі зводиться відповідно до тривимірної або одновимірної задачі оптимізації.

Формування геометричних та семантичних моделей зовнішніх середовищ по відеоданим комплексованих систем технічного зору не тільки забезпечує автономний рух роботизованих комплексів у різних середовищах, але й дозволяє вирішувати завдання автономного управління навісним обладнанням яке може застосовуватись такими комплексами.

### **Список літератури**

1. Методи та системи штучного інтелекту: Навчальний посібник / Уклад.: А.С. Савченко, О. О. Синельніков. – К. : НАУ, 2017. – 190 с.



**В.Р.Мельник**, студент (*Національний авіаційний університет*)

### **Види агрегатів для системного аналізу**

Техніка агрегування ґрунтується на використанні певних моделей системи, а саме: модель складу, яка визначає, що повинно ввійти до складу системи та модель структури, яка відображає зв'язки елементів між собою. В загальному вигляді агрегування визначається через встановлення відношень (системотворчих відношень) на множині елементів. Агрегатами, типовими для системного аналізу, є конфігуратор, агрегати-оператори та агрегати-структури. З одного боку, системний аналіз має міждисциплінарний характер, тобто системний аналітик може залучити з метою дослідження системи інформацію з будь-якої галузі знань, при потребі залучити експерта з того чи іншого питання. Однак якщо у процесі декомпозиції вирішення цієї проблеми досягалося шляхом компромісу — за допомогою потягтя суттєвості, що супроводжувалося ризиком недостатньої повноти чи зайвої деталізації, то в процесі агрегації проблема ускладнюється, тому що ризик неповноти є майже неприпустимим. Виходячи з цього виникло поняття конфігуратора.

**Конфігуратор.** Будь-яке дійсно складне явище вимагає сумісного (агрегованого) описання в термінах декількох якісно відмінних мов. Конфігуратором будемо вважати агрегат, що складається з якісно різних мов описання системи, причому кількість цих мов є мінімально необхідною для досягнення мети. Головним в конфігураторі є не те, що аналіз об'єкта повинен проводитися кожною мовою конфігуратора окремо, а те, що синтез можливий лише при наявності всіх описів. Конфігуратор є змістовною моделлю найвищого рівня. Перерахувавши мови, якими ми будемо описувати систему, ми тим самим визначаємо, синтезуємо тип системи, фіксуємо наше розуміння природи системи. Як і будь-яка модель, конфігуратор має цільовий характер і при зміні мети може втратити властивості конфігуратора.

**Агрегати-оператори.** Особливістю агрегатів-операторів є зменшення розмірності, об'єднання частин в дещо ціле, єдине, окреме. Дуже часто виникають ситуації, в яких сукупність даних, якими необхідно оперувати, дуже чисельна, внаслідок чого з ними складно і незручно працювати. Саме це і приводить до необхідності агрегування — в цьому випадку на перше місце висувається така особливість агрегування, як зменшення розмірності, і агрегат об'єднує частини в дещо ціле, єдине та окреме. Найпростіший спосіб агрегування полягає у встановленні відношення еквівалентності між елементами, що підлягають агрегації, тобто утворення класів. Класифікація є дуже важливим, багатобічним, багатофункціональним явищем, і з практичної точки зору важливими проблемами є як визначення класів, так і визначення, до якого класу належить той чи інший конкретний елемент. Якщо класифікаційна ознака є спостерігальною, то виникає лише питання про надійність класифікації, а в тому випадку, коли ознака формулюється нечітко, можна говорити лише за ступінь належності до того чи іншого класу. Складності класифікації суттєво збільшуються, якщо класифікаційна ознака не спостерігається безпосередньо, а сама є агрегатом побічних ознак. Типовим прикладом є діагностика захворювання: діагноз хвороби (назва хвороби — це й є ім'я класу) є агрегатом великої



кількості її симптомів та характеристик стану організму. Якщо класифікація має природний характер, то агрегування побічних ознак може розглядатися як виявлення загальних закономірностей в таблицях експериментальних даних, що досягається перебором всіх можливих комбінацій ознак з метою перевірки їх наявності в навчаючій вибірці. Метод морфологічного аналізу систем Ф. Цвікі, комп'ютерне виявлення закономірностей, розв'язання задач дискретної оптимізації — це приклади застосування перебору, успіх якого значною мірою залежить від того, чи вдається знайти метод скорочення перебору, щоб отримати «добрі» розв'язки (як у різних варіантах методу гілок та границь). Отже, агрегування в класи є ефективною, але далеко не завжди тривіальною процедурою. У випадку, коли ознаки, що агрегуються, вимірюються в числових шкалах, може виявитися можливим задати відношення на множині ознак у вигляді числової функції багатьох змінних, яка й буде агрегатом. Прикладом однозначності агрегата-функції є вартісний аналіз економічних систем (але не інформаційно-вартісний — це вже агрегат-конфігуратор) — якщо всі діючі фактори можуть бути представлені у вартісному вимірі, то агрегат буде алгебраїчною сумою їх значень. Але й у цьому випадку питання залишається — чи можна при цьому знехтувати іншими системами цінностей?

Важливим видом агрегування даних є **статистичний аналіз**. Особливе місце займають достатні статистики, що дають можливість витягнути з сукупності спостережень всю корисну інформацію. Однак при агрегуванні втрати інформації є неминучими, а тому важливе місце займають оптимальні статистики, що дозволяють зменшити втрати до мінімуму в певному заданому сенсі. Наочним прикладом статистичного агрегування є факторний аналіз, в якому декілька змінних приводяться до одного фактора. Агрегат-оператор дозволяє зменшити розмірність інформації, але при його застосуванні слід вважати на можливі наступні негативні особливості: – втрата корисної інформації, оскільки агрегування є необоротним перетворенням (найпростіший приклад — за сумою неможливо повернутися до значень її складових); – агрегування — це вибір певної визначеної моделі системи, з чим пов'язані непрості проблеми оцінки адекватності; – для деяких агрегатів властива внутрішня суперечність (приклад — парадокс голосування Ероу).

**Агрегати-структури.** Як і будь-який інший вид агрегату, структура є моделлю системи і визначається об'єктом, метою та засобами моделювання. У процесі синтезу ми створюємо структуру майбутньої системи, що проектується. В реальній, а не абстрактній системі, виникнуть, встановляться і почнуть працювати не лише ті зв'язки, які ми запроектували, а й інші, що властиві природі об'єднаних в систему елементів. Тому при проектуванні системи важливо задати структури в її суттєвих відношеннях. Отже, сукупність всіх існуючих відношень визначається конфігуратором відношень, і проект системи повинен мати розробку стількох структур, скільки мов включено в її конфігуратор.

З ускладненням об'єктів моделювання виникла необхідність розгляду їх з вищого рівня — **метарівня**. При цьому дослідник розглядає систему як підсистему деякої метасистеми, що дозволяє створити модель, яка розв'язує поставлені задачі в якості складової частини метасистеми. Системний підхід реалізує «погляд ззовні» на систему, тобто насамперед потрібно виділити систему як єдине ціле з зовнішнього світу, визначити межі зовнішнього середовища та мету функціонування системи. У процесі цих дій

необхідно чітко сформулювати мету побудови моделі, тобто відповісти на запитання: «Навіщо будується модель?», так як від цього суттєво залежать межі визначення системи та зовнішнього середовища, вимоги, що ставляться до моделі, та її системотворчі відношення. На основі вимог до моделі, обмежень, які накладаються зовнішнім середовищем та обмежень на реалізацію моделі формується критерій декомпозиції (розбиття) системи. Цим визначаються окремі елементи системи, кількість зв'язків між ними та їх якісні відмінності, тобто формування критерію декомпозиції суттєво впливає як на складність моделі, так і на ступінь відповідності (адекватності) її об'єкта, функціонування якого моделюється. Процес розробки моделі на ґрунті системного підходу включає в себе дві основні складові — макропроекування та мікропроекування.

При **макропроекуванні** формується інформація про реальну систему та зовнішнє середовище, будується модель зовнішнього середовища, формулюються критерії якості функціонування системи, що відображають її мету, критерії оцінки ступеня відповідності моделі системі (критерії оцінки адекватності моделі), критерії декомпозиції системи, будується модель системи.

Шляхом **мікропроекування** створюється інформаційне, математичне та програмне забезпечення, здійснюється вибір технічних засобів, на яких буде реалізована модель. Після цього визначаються основні характеристики створеної моделі, такі як час циклу моделювання та необхідні витрати ресурсів.

### **Список літератури**

1. Анфилатов В.С. и др. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2002.

**М.В. Миколенко** , студент ( *Національний авіаційний університет*)  
**О.А. Сущенко** , дтн, професор ( *Національний авіаційний університет*)  
*Науковий керівник- Сущенко О.А.*

### **Напрями розробки та перспективи розвитку систем визначення курсу рухомих об'єктів**

Вступ та постановка проблеми. Визначення курсу є однією з основних задач навігації рухомих об'єктів. У багатьох випадках функції вимірювання курсу виконують гіроскопічні системи через їхню стійкість до зовнішніх впливів та високий рівень автономності. Серед них велика увага приділяється гірокомпасам, які встановлюються на більшості морських суден. Гіроскопічні системи визначення курсу також використовуються на об'єктах авіаційної, космічної та наземної техніки. У сучасний час широке поширення отримала система визначення повної орієнтації рухомого об'єкта, включаючи кути курсу, диферента (тангажу) та крена.

Однією з основних проблем створення таких систем є вибір датчиків кутового положення та лінійних прискорень. Тому у статті наводиться огляд сучасного стану розробки двох основних груп датчиків, а саме датчиків визначення кутового положення (гіроскопів різних типів) та датчиків лінійних прискорень (акселерометрів). Щодо тенденцій розвитку систем визначення курсу, найбільша увага приділяється курсовертикалям і системам визначення кутового положення та курсу наземних об'єктів. У відміню від традиційних гірокомпасів, використання гіровертикалей та акселерометрів дозволяє виконувати корекцію навігаційних параметрів і генерувати повну інформацію про орієнтацію, швидкість та шлях об'єкта. Основою успішної розробки таких систем є розвиток мініатюрних та високоточних навігаційних датчиків і поява обчислювальних засобів високої продуктивності [1–5].

Однією з тенденцій розвитку систем розглядуваного класу є створення так званих AHRS (Attitude and Heading Reference System) - систем визначення кутового положення та курсу рухомого об'єкта. Метою найновіших розробок таких систем є заміна традиційних механічних гіроскопів і забезпечення високої точності та надійності. Основними виробниками цих систем є Crossbow Technology, Litesf GmbH, Sagem Avionics, Watson Industries, Xsens Technologies. Ці системи об'єднують функції гіровертикалі і гіроскопа напряму, забезпечуючи вимірювання кутів крену, диферента (тангажу) та курсу (азимуту). Основними чутливими елементами систем є твердотільні мікромеханічні гіроскопи. При цьому забезпечується вимірювання кутових швидкостей і лінійних прискорень по трьох осях.

#### **Чутливі елементи сучасних систем визначення курсу рухомих об'єктів**

Найбільш перспективними гіроскопічними датчиками є мікромеханічні гіроскопи, що складаються з мікромеханічного кремнієвого модуля та електронних схем керування приводом розгону і збору даних. Електронні системи включають ємнісні датчики кута та датчики моменту. Мікромеханічний кремнієвий модуль формується двома звареними пластинами з монокристалічного кремнію. Одна з пластин представляє собою диск на упругому підвісі, на другій сформовані електроди датчиків введення та виведення сигналів. Для запобігання демпфуванню повітрям коливань диска, мікромеханічний кремнієвий модуль поміщається в вакуумний керамічний корпус.

Компанією Northrop Grumman був прийнятий на виробництво коріолісовий вібраційний гіроскоп підвищеної надійності з кварцевим полусферичним резонатором. Габарити гіроскопа порівнянні з мікромеханічними гіроскопами, але він відрізняється від них більшою точністю та меншою чутливістю до зовнішньої лінійної вібрації завдяки вищій жорсткості резонатора. Принцип вимірювання кутової швидкості базується на інерційних властивостях упругих хвиль, збуджуваних в резонаторах на звукових частотах. Унікальною властивістю коріолісового вібраційного гіроскопа є можливість вимірювання великих кутових

швидкостей до тисяч і десятків тисяч град/с [4]. Коріолісові вібраційні гіроскопи можуть використовуватися як чутливі елементи бюджетних та мініатюрних БІНС та курсовертикалей. Низкочастотні лінійні акселерометри поділяються на дві групи: кийкові прямого вимірювання та компенсаційні акселерометри з упругим підвісом інерційної маси чутливого елемента. Акселерометр прямого вимірювання представляє собою герметичний газонаповнений корпус, всередині якого встановлені кварцовий кийковий чутливий елемент та диференційний тензоперетворювач. Компенсаційні акселерометри складаються з датчика акселерометра та електронного модуля. До складу датчика акселерометра входять кийковий чутливий елемент, диференційний конденсаторний датчик положення, магнітоелектричний зворотний компенсаційний перетворювач та термодатчик (термометр зіпротивом).

### **Тенденції розвитку сучасних систем вимірювання курсу рухомих об'єктів**

К основным тенденциям развития современных средств определения курса по-движных объектов относится широкое использование систем определения углового положения и курса объекта. Такие системы по своим функциональным возможностям приближаются к инерциальным навигационным системам, и в то же время характеризуются меньшими габаритами, стоимостью и простотой обслуживания. Что касается точностных характеристик, то по мере тенденций к использованию для коррекции систем курса GPS, то о снижении точности в случае использования систем определения углового положения и объекта говорить не приходится. Колоссальные возможности современных вычислительных средств позволяют также обеспечить информацию о скорости и пути, пройденном подвижным объектом.

На сьогоднішній день електромеханічні гіроскопи вже не мають широкого застосування. Актуальним залишається використання динамічно налаштовуваних гіроскопів у суднобудуванні при розробці морських гіроскопічних компасів.

Лазерні гіроскопи продовжують знаходити застосування, технологія виготовлення яких забезпечує високу точність інерційних датчиків, створених на їхній основі.

У частині датчиків кутового положення в системах визначення рухомих об'єктів до перспективних напрямків слід віднести розробку волоконно-оптичних гіроскопів з високими точнісними характеристиками. Однією з часткових задач при цьому є розробка методики, яка дозволила б, з одного боку, використовувати попередні досягнення навігаційної гіроскопії у частині обслуговуючої електроніки, а з іншого – перейти до цифрової реалізації її функцій. Варто відзначити, що в сфері середньої точності, наприклад, для наземних рухомих об'єктів, волоконно-оптичні гіроскопи отримали широке поширення.

До найбільш перспективних напрямків розробок інерціальних навігаційних датчиків слід віднести мікромеханічні датчики на кремнієвих пластинах. Основною перевагою таких систем є відносно низька вартість, при цьому точність систем на їх основі наближається до точності безплатформених інерціальних навігаційних систем. До переваг систем також відноситься їх надійність та зручність у експлуатації. Мікромеханічні системи другого покоління поєднують використання відповідних датчиків та приймачів GPS.

### **Список літератури:**

1. Г.М. Виноградов и Г.М. Виноградів та ін. Чутливі елементи та автономні засоби навігації./ IV між. наук.-техн. конференція "Гіротехнології, навігація та управління рухом".-2003.-С.9-15.

2. Пешехонов В.Г., Л.П. Несенюк, С.Г. Кучерков, М.І. Євстіфєєв, Я.А. Некрасов. Результати розробки мікромеханічного гіроскопа/V між. наук.-техн. конференція "Гіротехнології, навігація та управління рухом".-2005.-С.28-36.

3. Чіковані В.В., Яценко Ю.О., Коваленко В.А. Коріолісовий вібраційний гіроскоп. Перспективи застосування. / V між. наук.-техн. конференція "Гіротехнології, навігація та управління рухом".-2005.-С.74-82.

### Підвищення довговічності системи керування

Системи керування піддаються фізичному старінню та моральному зносу, що скорочує термін їх експлуатації. Необхідним є розробка методів подовження їх активного функціонування.

Довговічність систем керування є важливою для забезпечення надійності та продуктивності різних видів об'єктів, від виробничих пристроїв до транспортних засобів та інфраструктури. Для збереження та підвищення довговічності систем керування можуть проводитися такі заходи:

1. Застосування технологій підвищення надійності елементної бази:
  - Резервування: встановлення та підключення додаткових аналогічних компонентів до вже існуючих - наприклад, підключення двох блоків живлення чи використання кількох ідентичних обчислювальних модулів для вирішення одного завдання. Головна мета - створити певну надмірність, резерв в системі керування. Це дозволяє підвищити надійність системи в цілому і захистити її від збоїв в роботі, навіть якщо відбудеться відмова окремих компонентів.
  - Контроль параметрів і прогнозування залишкового ресурсу: використання спеціальних методів моніторингу поточного технічного стану компонентів системи керування. в системі передбачають додаткові датчики контролю напруги, струмів, температури, вібрації. Їх показники аналізуються програмними алгоритмами з метою виявлення ознак підвищеного зносу матеріалів, що можуть вказувати на ймовірність швидкої відмови того чи іншого компонента.
2. Розробка методів самодіагностики та самовідновлення:
  - Вбудовані алгоритми самотестування: наявність в системі керування спеціального програмного забезпечення, яке періодично запускає перевірки працездатності окремих підсистем та блоків. Це дозволить своєчасно ідентифікувати наявні несправності.
  - Автоматична реконфігурація системи: здатність самостійно змінювати свою структуру, алгоритми роботи для тимчасового відновлення функціонування при виникненні помилок не критичного характеру(при збої одного із ідентичних обчислювальних модулів система автоматично перерозподіляє навантаження на решту працюючих, або змінює алгоритм обробки даних) Це дає час для повного відновлення елемента без втрати працездатності всієї системи.
3. Модернізація застарілого обладнання та ПЗ:
  - Можливість оновлення морально застарілих модулів без повної заміни системи: система керування має модульну архітектуру, де основні функціональні блоки є відносно незалежними. Це дає змогу при моральному старінні (втраті конкурентоздатності) певних модулів замінити їх на нові, більш досконалі, зберігаючи решту системи.

Комплексний підхід до підвищення довговічності на всіх етапах існування систем керування дозволить суттєво подовжити строк їх ефективного застосування.

### Список літератури

1. Аналіз систем керування / Мельник Ю.В.

**Є.В. Бойко**, студент (*Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського*)

**І.Ю. Михайлова**, к.т.н., доцент (*Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського*)

### **Веб застосування для відслідковування споживання різних джерел енергії в аграрному секторі**

Сільське господарство є важливим сектором, який використовує різноманітні джерела енергії для забезпечення виробничих процесів. Проте відсутність зручного та централізованого інструменту для відстеження та аналізу використання різних джерел енергії в аграрному секторі ускладнює ефективне управління цим процесом. Недостатність систематизації та відсутність доступної інформації щодо використання ресурсів ускладнює прийняття стратегічних рішень та оптимізацію використання енергетичних ресурсів.

Таким чином, розробка веб застосування для моніторингу та відслідковування споживання різних джерел енергії в аграрному секторі є необхідним кроком для полегшення цього процесу. Це застосування надасть можливість аграрним підприємствам зручний інструмент для відстеження енергетичних ресурсів, аналізу витрат та впровадження енергоефективних стратегій [1].

Основні функції веб застосування мають включати:

- моніторинг споживання енергії: відстеження та запис даних про споживання енергії з різних джерел;
- аналіз даних: забезпечення зручних інструментів для аналізу енергетичних витрат та порівняння ефективності різних джерел енергії;
- повідомлення та поради: надання рекомендацій щодо оптимізації споживання та використання енергії з метою зменшення витрат та підвищення ефективності.

Стек технологій веб застосування для відслідковування споживання різних джерел енергії в аграрному секторі включає:

- Intersystems IRIS: це база даних та платформа для розробки застосунків, яка надає можливості зберігання та обробки великих обсягів даних;
- вбудований Python та Flask: вбудований Python у Intersystems IRIS використовувався для розробки серверної частини застосування, а фреймворк Flask забезпечував підтримку веб-сервера та маршрутизацію запитів;
- Plotly: бібліотека візуалізації даних;
- AdminLTE: шаблон для створення інтерфейсу;
- Pandas: бібліотека для обробки та аналізу даних;
- Statsmodels ARIMA: бібліотека, яка використовується для побудови моделей прогнозування та аналізу часових рядів для передбачення споживання різних джерел енергії в аграрному секторі на основі минулих даних;
- ChatGPT: інтеграція з системою ChatGPT дозволила використовувати машинне навчання та природну обробку мови для надання користувачам порад та рекомендацій на основі прогнозів, зроблених моделями прогнозування енергетичного споживання в аграрному секторі.

Взаємодія елементів веб застосування зображена на рис. 1.

Один із ключових аспектів веб застосування для відслідковування споживання різних джерел енергії в аграрному секторі – це інтеграція даних про використання енергії з офіційних ресурсів, таких як сайт ООН Faostat [2]. Інтеграція з Faostat дозволяє отримувати історичні дані про споживання енергії в сільському господарстві, динаміку змін за роками, а також географічний розподіл використання енергії в різних країнах та регіонах. Це надає користувачам можливість здійснювати порівняльний аналіз та отримувати повний обсяг

інформації для ухвалення стратегічних рішень у сфері використання енергетичних ресурсів у сільському господарстві.

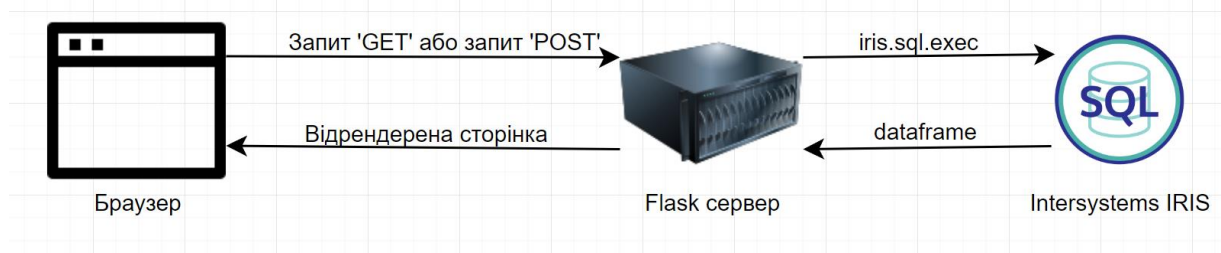


Рис. 1. Взаємодія елементів веб застосування

Використання даних з Faostat у веб застосунку підсилює його авторитетність, точність та корисність для користувачів. Це робить застосування не лише зручним інструментом для відслідковування споживання енергії у сільському господарстві, але і важливим джерелом даних для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень у цій галузі.

Розроблене веб застосування має інтуїтивно зрозумілий і дружній інтерфейс незалежно від типу пристрою, на якому воно використовується (рис. 2).

Основні аспекти забезпечення зручності користування:

- адаптивний дизайн: застосування має адаптивний дизайн, який оптимізується автоматично під різні типи пристроїв: комп'ютери, планшети чи смартфони;
- простота навігації: інтуїтивно зрозуміла навігація є ключовою для забезпечення зручності: меню, кнопки та інші елементи керування доступні та легкі для розуміння;
- підтримка різних браузерів: застосування працює у різних веб-браузерах без будь-яких проблем або обмежень.

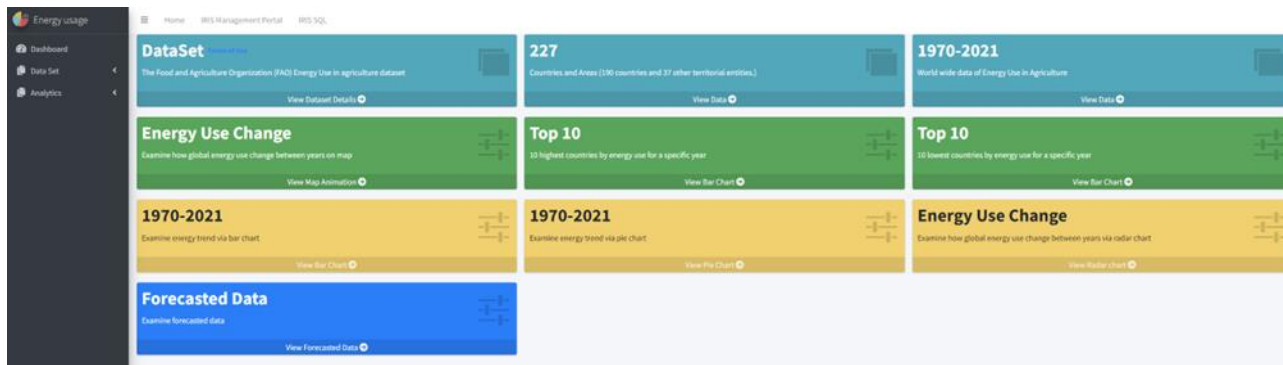


Рис. 2. Інтерфейс веб застосування

Таким чином розроблене веб застосування для відслідковування споживання різних джерел енергії в аграрному секторі є важливим кроком у напрямку створення більш стійкого та ефективного аграрного сектору. Цей інструмент допомагає сільськогосподарським підприємствам оптимізувати використання енергетичних ресурсів, сприяючи збереженню енергії, коштів та зниженню негативного впливу на довкілля.

#### Список літератури:

1. Energy management in agriculture. Alberta.ca. URL: <https://www.alberta.ca/energy-management-in-agriculture> (дата звернення: 18.11.2023).
2. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (дата звернення: 18.11.2023).

**В.В. Нерощин**, студент (*Національний авіаційний університет*)

### **Структурно-параметричний синтез системи управління літального апарату**

Літальні апарати (ЛА) є складними динамічними системами, управління якими є складною інженерною проблемою. Для забезпечення заданого рівня безпеки та ефективності польоту ЛА необхідно розробити ефективну систему управління. Одним із методів синтезу систем управління ЛА є структурно-параметричний синтез. Метою роботи є розробка методу структурно-параметричного синтезу системи управління літальним апаратом АН-148 [3].

Метод структурно-параметричного синтезу системи управління літальним апаратом передбачає наступні етапи:

1. Постановка задачі. На цьому етапі формулюються вимоги до системи управління, визначаються її структурні обмеження.
2. Опис моделі ЛА. Для синтезу системи управління необхідна модель ЛА, яка описує його динамічну поведінку.
3. Синтез структури системи управління. На цьому етапі вибирається структура системи управління, яка забезпечує виконання поставлених вимог.
4. Синтез параметрів системи управління. На цьому етапі визначаються параметри системи управління, які забезпечують її оптимальну роботу.

Для синтезу структури системи управління використовуються такі методи, як метод аналізу стійкості, метод аналізу частотних характеристик, метод аналізу динамічних характеристик.

Для синтезу параметрів системи управління використовуються такі методи, як метод оптимізації, метод аналізу чутливості.

У роботі використано метод структурно-параметричного синтезу системи управління, заснований на використанні фільтра Люенберга. Фільтр Люенберга є лінійною системою, яка забезпечує задану стійкість і робастність системи управління.

**Висновки.** Розроблена в роботі методологія була успішно застосована для структурного та параметричного синтезу системи керування літака АН-148. Застосування цього методу дозволяє синтезувати систему управління, яка забезпечує високу ефективність управління літальним апаратом. Отримані результати демонструють ефективність методології в досягненні бажаної поведінки системи управління, забезпечуючи як продуктивність, так і стійкість при збереженні робастності в умовах збурень і невизначеностей [2].

Основні отримані результати:



- Розроблено метод структурно-параметричного синтезу системи управління літальним апаратом АН-148.
- Проведено дослідження впливу структурно-параметричного синтезу на ефективність управління літальним апаратом.

У подальших дослідженнях планується розробка методів структурно-параметричного синтезу систем управління ЛА з урахуванням таких факторів, як нелінійність ЛА, наявність нестационарних зовнішніх впливів [1]. Також планується розробка методів структурно-параметричного синтезу систем управління ЛА з використанням сучасних методів машинного навчання.

### Список літератури

1. Азарсков В. М., Галагуз Т. А., Тунік А. А. Structural-Parametric synthesis robust flight control system under stochastic disturbances and inexact measurements of the system's state vector. *Problems of informatization and management*. 2004. Vol. 1, no. 10.
2. Тунік А. А., Галагуз Т. А. Structural-parametric synthesis of the digital robust flight control system. *Proceedings of national aviation university*. 2004. Vol. 22, no. 4.
3. Brovkina Y. I., Petrakova E. A. Structural-parametric synthesis of mechanisms in CAD-systems. *Journal of physics: conference series*. 2020. Vol. 1515. P. 042014.
4. Tunik A. A., Krinetskaya E. M. Sequential H<sub>2</sub>-optimization procedure for robust flight control law's parametric synthesis. *Proceedings of the national aviation university*. 1999. Vol. 3, no. 2.

**В.С.Обремський**, категорія перша, викладач  
(*Васильківський фаховий коледж Національного авіаційного університету*)

### **Інтелектуальна адаптація інтерфейсу управління роботами**

Швидкий розвиток мобільних пристроїв призвів до їх повного використання різними категоріями користувачів у тому числі і при управлінні роботизованими системами. Проте програмно пристрої недостатньо готові до використання у багатьох ситуаціях. Для зручнішого та ефективного застосування програмного забезпечення пропонується інтелектуальний агент для адаптації інтерфейсу мобільних пристроїв [1].

Інтелектуальний агент для адаптації інтерфейсу мобільних пристроїв аналізує стан мобільного пристрою і дозволяє автоматично адаптувати інтерфейс залежно від дій, що виконуються в даний момент, відповідно налаштувань користувача. Спеціально навчений аналізатор збирає дані з мобільного пристрою, перевіряючи їхню відповідність даним бази знань.

База знань навчена методом машинного навчання з учителем [2] для визначення відповідності показань датчиків і конкретних станів мобільного пристрою. Отримавши інформацію з бази, аналізатор призначає мобільному пристрою певний стан, звіряючи його з встановленими налаштуваннями користувача. Після аналізу стану пристрою блок адаптації виконує певні маніпуляції з графічним інтерфейсом, що відповідають кожному конкретному стану. Кожен стан мобільного пристрою визначається сукупністю поточного стану показань датчиків цього пристрою або примусовим призначенням користувача.

Можливі комбінації показань заздалегідь занесені до бази знань. Пропонується базовий набір таких показань: вектор повороту пристрою за трьома осями, заснований на показаннях акселерометра; відстань до датчика наближення; орієнтація дисплея щодо координатної системи мобільного пристрою за трьома осями відповідно до показань акселерометра; напрямок орієнтації пристрою щодо магнітних полюсів планети відповідно до показань акселерометра та датчика магнітного поля; координати розташування користувача відповідно до показань GPS, антени та інших засобів геолокації; типи підключених пристроїв через бездротові з'єднання NFC і Bluetooth або через роз'єм пристроїв, що підключаються; призначення профілю, вказаного користувачем за допомогою технологій NFC та Bluetooth; зображення, яке визначається видошукачем відеокамери; звуковий сигнал, що потрапляє у мікрофон пристрою; тактильний сигнал виведення інформації за допомогою сенсорного дисплея; типи програмно визначених запущених програм.

Таким чином, використовуючи набір показань датчиків пристрою можна з високою ймовірністю визначити поточний стан цього пристрою. Отримавши інформацію від датчиків пристрою, агент призначає пристрою певний тип стану. Типи стану пристрою поділяються за місцезнаходженням користувача, часом, тривалістю, глибиною використання та видом дії. Після призначення агентом пристрою одного зі станів відбувається виконання функцій адаптації інтерфейсу відповідно до запропонованих для цього типу.

### **Список літератури**

1. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.: іл.
2. Кононова К. Ю. Машинне навчання: методи та моделі: підручник для бакалаврів, магістрів та докторів філософії / К. Ю. Кононова. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. – 301 с.

**С.І. Отрох**, дтн, проф. (Київський Політехнічний Інститут)

**Д.В. Гармаш**, студент (Київський Політехнічний Інститут)

### **Обмеженість ресурсів для кожної Lambda функції на сучасних серверах AWS**

AWS Lambda є одним з ключових сервісів для реалізації серверлес архітектури в хмарних системах [1]. Він дозволяє виконувати шматки коду (функції) на вимогу без необхідності постійно підтримувати сервери. Функції Lambda автоматично масштабуються зі збільшенням навантаження за рахунок горизонтального масштабування.

Сервіс Lambda відкриває широкі можливості для побудови масштабованих систем без необхідності управління серверною інфраструктурою. Розробник зосереджується на коді функцій, а AWS відповідає за їх виконання та масштабування. Це значно прискорює розробку та спрощує експлуатацію системи.

Проте кожна функція Lambda має певні обмеження за виділеними ресурсами. Зокрема, максимальний обсяг оперативної пам'яті становить від 128 МБ до 10 ГБ. Максимальний час виконання одного виклику функції - від 1 секунди до 15 хвилин. Також є обмеження за кількістю одночасних викликів функції.

Ці обмеження можуть створювати проблеми для ресурсно-інтенсивних обчислювальних завдань, які потребують тривалого часу обробки або значних обсягів пам'яті. Наприклад, аналіз та обробка великих масивів даних, тренування складних моделей машинного навчання, рендерінг відео чи графіки, довготривалі фонові задачі тощо.

Для таких складних проектів обмеження ресурсів окремих функцій Lambda можуть стати критичною проблемою. Тому постає необхідність у ретельній оптимізації архітектури та коду для ефективного використання Lambda у ресурсно-інтенсивних системах хмарного масштабу.

Існують різні підходи для вирішення проблеми обмеженості ресурсів окремих функцій Lambda:

- Оптимізація коду функції для зменшення використання пам'яті та часу виконання [2]. Це включає:
  - Використання легших мов програмування (Node.js, Python), що потребують менших ресурсів. Наприклад, Node.js використовує менше пам'яті ніж Java.
  - Уникнення зайвих об'єктів та змінних шляхом повторного використання, локальних замість глобальних змінних тощо.
  - Використання легших бібліотек замість важких, наприклад для роботи з JSON.
  - Уникнення непотрібних операцій: частих логувань, конвертацій типів.
  - Кешування проміжних результатів в пам'яті функції для уникнення повторних обчислень.
- Розбиття великого завдання на декілька функцій і виклик їх послідовно або паралельно. Наприклад:
  - Поетапна обробка даних в окремих функціях: збір, перевірка, обчислення, збереження результату.
  - Розбиття великого файлу на частини з паралельною обробкою в функціях.
  - Покрокова обробка в ланцюжку: перевірка -> конвертація -> обчислення.
- Використання сервісів AWS, що надають більше ресурсів, як допоміжних для Lambda:
  - S3 для зберігання великих обсягів даних.

- Бази даних RDS, DynamoDB для збереження результатів замість локальних змінних.
- Redis ElastiCache для кешування проміжних результатів між викликами функцій.
- Amazon MQ для організації черги завдань між функціями.
- Запуск функції на потужнішому сервері за допомогою Reserved Concurrency або Provisioned Concurrency [3]:
  - Для обробки великих файлів - з Provisioned Concurrency 1ГБ пам'яті.
  - Для машинного навчання - з Reserved Concurrency 15 хвилин.
- Перенесення частини операцій в інші сервіси AWS або на локальні сервери:
  - Попередня обробка даних на серверах EC2, а в Lambda - фінальні розрахунки
  - Машинне навчання на SageMaker, а в Lambda - використання готових моделей.
  - Обробка великих файлів з використанням Lambda та Batch.

Отже, існує багато методів для оптимального використання обмежених ресурсів окремих функцій Lambda, включаючи оптимізацію коду, декомпозицію задач, використання додаткових сервісів AWS та гібридних архітектур. Їх комбінація дозволяє ефективно масштабувати обчислення на Lambda.

Комбінація підходів дозволяє масштабувати Lambda практично для будь-яких складних завдань. Головне - правильно спроектувати архітектуру, розподілити навантаження, оптимізувати код функцій. Це надає можливість ефективно використовувати переваги серверлес підходу навіть у ресурсно-інтенсивних системах на AWS. Тому з обмеженнями Lambda можна успішно впоратися за допомогою наявних методів оптимізації.

### Список літератури

1. Марк Рендл, Деніел Лемб. Серверлес. Будова і використання функцій без сервера на AWS. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. - сторінки 5, 15-17, 121-123.
2. P. Groner, S. Carr, J. Cooke. Serverless Design Patterns and Best Practices. O'Reilly Media; 1 edition (2018). - pages 32-45.
3. AWS Documentation. Provisioned Concurrency.

### Розширення методів web scraping для надійного збору та аналізу даних

Внаслідок інтенсивного цифрового розвитку суспільства, кількість інформації в Інтернеті щодня збільшується з феноменальною швидкістю. Це призводить до нескінченного потоку даних різних форматів та структур.

Існують різноманітні методи збору даних, проте вони не завжди дозволяють ефективно та гнучко збирати інформацію. Розв'язанням цієї проблеми можуть слугувати web scrapers, у основі яких лежить технологія web scraping (англ. scraping – «вишкрібання»).

Web scraping – це процес автоматичного збирання даних із різних веб-сайтів. Це може включати в собі аналіз HTML-документу веб-сторінок, вилучення лише необхідних даних та подальшу обробку інформації.

Web scraper – це програма, яка потрібна для витягування даних з веб-сайтів для подальшого аналізу та обробки вмісту. Вона може включати в себе різні правила і параметри збору, обробки та видачі даних.

Існують різні реалізації для скраперів, проте усі вони дотримуються трьох загальних кроків:

- 1) Web scraper спрямовує HTTP-запити до сервера веб-сайту з метою отримання доступу до даних, зокрема до HTML-документу.
- 2) Після успішного отримання доступу скрапер аналізує HTML-структуру сторінки, поділяючи її на окремі компоненти з метою ідентифікації необхідних елементів. Вони можуть включати текстову інформацію, таблиці, теги та інші компоненти.
- 3) Отримані та розібрані дані фіксуються для подальшого використання. Зазвичай, для збереження інформації використовують Excel та бази даних [1].

Блок-схема принципу роботи для загального скрапера представлена на рисунку 1.

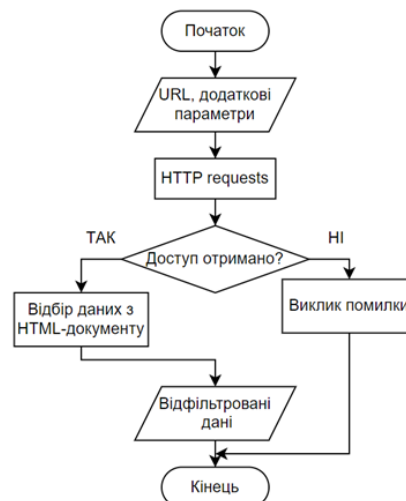


Рис. 1. Блок-схема роботи web scraper

Вхідними даними є URL сайту та додаткові параметри, які мають на меті допомогти отримати доступ. Далі надсилаються запити на сервер, і, у разі успішного доступу, зчитується увесь HTML-документ. Виходом слугують «чисті» дані, у форматі json, csv тощо.

Даний підхід широко застосовуються в бізнесі та маркетингу, що дозволяє збирати значні обсяги інформації про товари, послуги та інші об'єкти. Наприклад, підприємці можуть оцінювати конкурентоспроможність свого бізнесу, а ріелтори швидко аналізувати доступну нерухомість для надання клієнтам оптимальних варіантів.

Слід враховувати, що деяка інформація підлягає обмеженням, оскільки її збір може викликати негативні наслідки, такі як блокування IP-адрес, втрата облікових записів та інше. Таким чином, перед використанням програми, необхідно перевіряти файл robots.txt, який визначає сторінки, доступні для скрапінгу, а також уважно ознайомлюватися з умовами використання веб-сайту [2].

Проте бувають ситуації, коли усі умови дотримуються, але скрапер не може зібрати дані або був заблокований через певну кількість спроб дістати інформацію. Тому було проведено дослідження для визначення необхідних дій, які потрібно зробити для успішної роботи програми.

Перш за все, необхідно налаштувати заголовки, які дозволять скраперу імітувати роботу браузера. Це є необхідним кроком для уникнення блокування. На рисунку 2 зображено мінімальний зміст заголовка, для того, щоб отримати доступ до даних.

```
headers = {
    "Accept": "text/html,application/xhtml+xml,application/xml;"
             "q=0.9,image/avif,image/webp,image/apng,*/*;q=0.8,"
             "application/signed-exchange;v=b3;q=0.7",
    "User-Agent": "Mozilla/5.0 (Linux; Android 6.0; Nexus 5 Build/MRA58N) "
                 "AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) "
                 "Chrome/119.0.0.0 Mobile Safari/537.36",
}
```

Рисунок 2 – Мінімальний зміст заголовку

Поле "User-Agent" відповідає за клієнтське програмне забезпечення, а "Асцепт" вказує тип даних, які браузер може обробляти або приймати від сервера. Для отримання даної інформації слід використовувати інструмент "Inspect". У вкладці "Networks" необхідно обрати будь-який GET запит, дані якого знаходяться в "Request Headers".

Після першого кроку, HTML-сторінка, ймовірно, буде завантажена. Проте слід врахувати, що деякі сайти обмежують кількість запитів для уникнення перевантаження. Тому отримані дані рекомендується зберігати в окремий файл, наприклад, index.html, і продовжувати роботу з ним.

Це також націлює на необхідність встановлення обмеження на швидкість відправки запитів для запобігання блокуванню. Навіть якщо це робить програму менш швидкою, у кінцевому результаті вона стає більш гнучкою для різних веб-сайтів [3].

У сучасному світі web scraping став важливою концепцією для збору стратегічної інформації. Використання наведених методів дозволяє покращити роботу скрапера для збору необхідної інформації, уникання блокування та зберігання гнучкості для роботи з різними веб-сайтами.

1. What Is Web Scraping? [A Complete Step-by-Step Guide]. *CareerFoundry*: веб-сайт. URL: <https://careerfoundry.com/en/blog/data-analytics/web-scraping-guide/#what-is-web-scraping> (дата звернення: 23.11.2023).

2. Data Gathering Methods: How to Crawl, Scrape, and Parse Data Online. *HackerNoon*: веб-сайт. URL: <https://hackernoon.com/data-gathering-methods-how-to-crawl-scrape-and-parse-data-online> (дата звернення: 23.11.2023).

3. Mitchell R. Avoiding Scraping Traps. *Web Scraping with Python: collection more data from the modern web* / за ред. MacDonald A. Себастопол. 2018. С. 215–225.

**С.І. Отрох**, дтн, проф. (*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*)

**І.С. Мордас**, студент (*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*)

**В.І. Руденко**, студент (*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*)

### Алгоритм генерації одноразового коду на основі параметра часу

Алгоритм генерації коду в свою чергу за основу використовує застарівшу методологію HOTP (“Одноразовий пароль на основі HMAC”). За допомогою даного алгоритму відбувається створення хешу HMAC (метод на основі SHA-1), який поєднує в собі секретний ключ і лічильник. В результаті таких дій ми отримуємо рядок довжиною в 20 байтів, який в подальшому обрізається до вигляду одноразового паролю.

Головною різницею між HOTP, який створює хеш на основі лічильника, і TOTP є використання параметру часу, як унікального ідентифікатора для генерації коду. Варто зазначити, що для усунення непорозумінь з різними часовими поясами, використовується тимчасова мітка Unix, яка в свою чергу рахується в секундах[1].

Принцип роботи програми можна описати за допомогою формул:

$$T = \frac{CurrentTime - T_0}{X}, \quad (1)$$

$$HOTP(K, T) = Truncate(HMAC - SHA - 256(K, T)), \quad (2)$$

$$TOTP = HOTP(K, T), \quad (3)$$

де:  $T$ -дискретне значення часу;

$CurrentTime$  – поточний час в секундах, від початку вимірювання епохи;

$T_0$  – початковий час;

$X$  – довжина часового періоду (30 секунд);

$K$  – секретний ключ;

$HMAC - SHA - 256$  – функція генерації хешу на основі секретного ключа і часу у вигляді 20 байт;

$Truncate$  – метод скорочення до 4 байтів.

Процес створення одноразового коду відбувається в конкретній послідовності. На першому кроці відбувається вирахування поточного значення часу в секундах з використанням системи Unix Time. Дана система використовується для запису моментів у часі, відраховуючи їх від початку епохи (четвер, 1 січня 1970 року), і вимірює їх в секундах. Вона широко використовується для синхронізації часу по всьому світу, незалежно від часового поясу.

Далі в алгоритмі проводиться розбиття часу на інтервали, які, як правило, тривають 30 секунд. Значення округлюється вниз для визначення поточного інтервалу.

На підставі попередніх даних та секретного ключа виконується обчислення хешу за допомогою функції HMAC-SHA-256. Після цього отриманий хеш використовується для генерації одноразового пароля, перетворюючи його біти в шістнадцяткове число з шістьма цифрами[2].

Також при реалізації даного алгоритму можна використовувати різні хеш функції, такі як HMAC-SHA-1, HMAC-SHA-256, HMAC-SHA-512 в залежності від конкретних вимог.

Згенерований ключ необхідно ввести в мобільний застосунок, де безпосередньо і буде відображатися динамічний код для аутентифікації, для цього і скористаємося QR-кодом.

Відбувається така послідовність дій: мобільний застосунок зчитує секретний ключ з QR-коду і значення часу на даний момент, за допомогою алгоритму TOTP відбувається генерація паролю[3].

Коли користувач під час аутентифікації вводить даний код до системи, то відповідно відбуваються аналогічні речі на стороні сервера з метою генерації свого динамічного паролю і порівняння з тим що надійшов (рисунок 1).

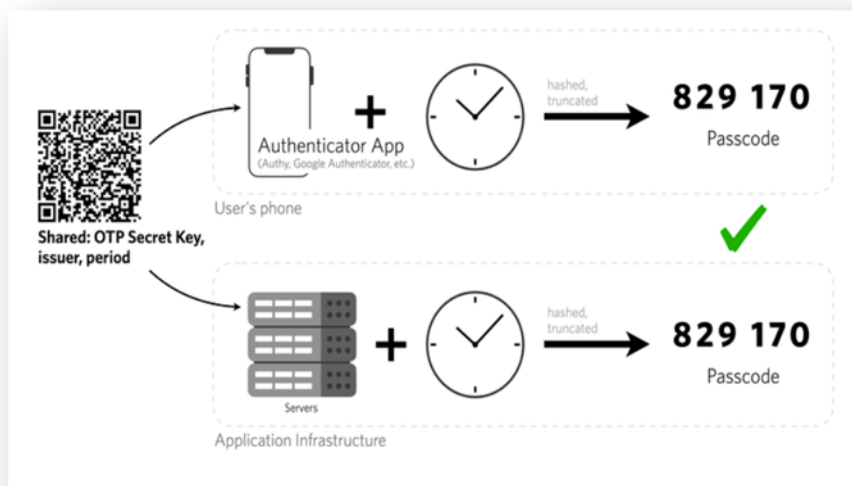


Рис. 1. Узагальнена модель використання динамічного коду на основі параметра часу

Як середовище розробки використано IntelliJ Idea, яка надає широкий спектр можливостей для реалізації даної системи. Для написання програмного забезпечення використано високорівневу мову програмування Java, яка надає всі необхідні інструменти для написання коду, підключення допоміжних зовнішніх системи і доступ до взаємодії з базою даних.

Алгоритм TOTP є сучасним криптографічним методом для здійснення аутентифікації. Він є досить стійким від кібератак, проте варто розглянути способи взлому даної технології. Одним з яких є перехоплення логіну і паролю за допомогою прослуховування трафіку. Для унеможливлення такого випадку, варто зменшувати час дії одноразового паролю, щоб у випадку заволодіння ним, правопорушник не встиг їм скористатися.

### Список літератури

1. Time based One Time Password [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.hypr.com/security-encyclopedia/time-based-time-password-totp-otp>.
2. TOTP Algorithm Explained [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.protectimus.com/blog/totp-algorithm-explained/>
3. TOTP [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Time-based\\_one-time\\_password](https://en.wikipedia.org/wiki/Time-based_one-time_password)



Отрох С. І., 2411197@ukr.net

Федорова Ю. Є., yuliafedorova051@gmail.com

Дорохова Є.В., dorokhovalizard@gmail.com

*(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»)***Оптимізація контрастності зображення через адаптивне розтягнення гістограми**

Адаптивне розтягнення гістограми є одним з методів підсилення контрастності зображень, який дозволяє збільшити різницю між яскравими та темними областями зображення. Цей метод застосовується для поліпшення візуальної якості та деталізації зображень, особливо у випадку, коли контрастність між об'єктами на зображенні недостатня.

Принцип роботи адаптивного розтягнення гістограми полягає у вирахованні гістограми яскравості зображення та зміні розподілу значень яскравості таким чином, щоб відповідні пікселі займали більший діапазон значень. Це досягається шляхом перетворення гістограми зображення, так щоб вона була розтягнута на всю шкалу значень яскравості.

Однак, адаптивне розтягнення гістограми відрізняється від класичного глобального розтягнення гістограми тим, що воно застосовується локально до окремих регіонів зображення замість всього зображення в цілому. Це дозволяє враховувати різні рівні контрастності в різних частинах зображення.

Адаптивне розтягнення гістограми можна описати наступними кроками:

1. Обчислення гістограми зображення: Гістограма яскравості зображення показує розподіл пікселів за їх яскравістю. Це можна зробити шляхом підрахунку кількості пікселів для кожного значення яскравості від 0 до 255.
2. Обчислення глобальних меж контрастності: Глобальні межі контрастності визначаються як найнижче та найвище значення яскравості, які представлені на зображенні. Ці значення використовуються для розтягнення гістограми на всьому зображенні.
3. Поділ зображення на локальні блоки: Зображення розбивається на локальні блоки розміром  $N * N$  пікселів.
4. Обчислення локальних меж контрастності: Для кожного локального блоку обчислюються межі контрастності, використовуючи гістограму яскравості для цього блоку. Це дозволяє враховувати особливості контрастності в різних частинах зображення.
5. Розтягнення гістограми: Гістограма яскравості для кожного блоку розтягується на основі локальних меж контрастності. Це здійснюється шляхом перетворення значень яскравості пікселів згідно з формулою:

$$x_{new} = \frac{x_{old} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \times 255 \quad (1)$$

де  $x_{new}$  - нове значення яскравості пікселя після розтягнення,

$x_{old}$  - початкове значення яскравості пікселя,

$x_{min}$  - локальна мінімальна межа контрастності,

$x_{max}$  - локальна максимальна межа контрастності.

6. Об'єднання локальних блоків: Зображення повертається до свого початкового розміру шляхом об'єднання розтягнутих локальних блоків.

У даній роботі було проведено експериментальне дослідження з використанням адаптивного розтягнення гістограми для покращення контрастності зображень. Для цього було використано набір тестових зображень, що містили різноманітні типи об'єктів і рівні контрастності. Результати дослідження представлені на рис. 1-2.



Рис.1. Початкове зображення



Рис.2. Зображення, яке було піддане адаптивному розтягненню гистограми

Для аналізу результатів було використано кілька метрик, таких як покращення контрастності, рівень деталізації та сприйняття небезпечних об'єктів. Результати експериментів показали, що адаптивне розтягнення гистограми дійсно сприяє покращенню контрастності зображень. Зображення, які були оброблені цим методом, виявили виразні покращення у візуальному сприйнятті та деталізації. Важливою особливістю адаптивного розтягнення гистограми є здатність зберігати деталі в темних та світлих областях зображення, що дозволяє виявляти небезпечні об'єкти, навіть коли вони знаходяться у складних умовах освітлення. Додатково, було порівняно ефективність адаптивного розтягнення гистограми з іншими методами покращення контрастності, такими як глобальне розтягнення гистограми та локальне вирівнювання контрастності.

#### Список літератури

1. Adaptive Histogram Equalization and Its Variations, Pizer S. M. , 1987.
2. Image Contrast Enhancement Using Adaptive Histogram Equalization With Brightness Preservation, Smith J., 2017.

**С.І. Отрох**, дтн, проф. (Київський Політехнічний Інститут)

**М.О. Шалигін**, студент (Київський Політехнічний Інститут)

## Оптимізація ресурсів під час використання ORM бібліотеки Hibernate для взаємодії з базами даних

Використання ORM бібліотек на кшталт Hibernate дає значні переваги при роботі з базами даних в об'єктно-орієнтованих мовах програмування. За допомогою ORM розробники можуть працювати з базою даних, використовуючи звичні об'єктно-орієнтовані конструкції своєї мови програмування, не вдаючись безпосередньо до написання SQL-коду.

Проте такий підхід може призводити до неоптимального використання ресурсів, особливо при великих навантаженнях. Однією з ключових проблем є генерація великої кількості SQL-запитів при роботі з даними, що призводить до перевантаження бази даних. Крім того, часто генеруються складні запити з великою кількістю об'єднань таблиць, що також позначається на продуктивності.

Отже, постає завдання оптимізації використання ресурсів при застосуванні Hibernate, зокрема мінімізації кількості SQL-запитів та їх складності. Існує декілька основних підходів до вирішення цієї проблеми:

### 1. Використання лінивого завантаження даних (lazy loading)

Цей підхід передбачає відкладене завантаження пов'язаних сутностей до моменту, коли це дійсно необхідно. За замовчуванням Hibernate використовує жадібну стратегію (eager loading), отримуючи з бази даних відразу всі пов'язані дані. Ліниве завантаження дозволяє уникнути зайвих запитів при читанні обмеженого набору даних, зменшуючи загальне навантаження на БД [1].

Наприклад, можна налаштувати ліниве завантаження колекції коментарів у пості блогу. Коментарі будуть завантажені лише при явному запиті:

```
@OneToMany(mappedBy="post", fetch = FetchType.LAZY)
public Set<Comment> getComments() {
    return comments;
}
```

Мал. 1 – приклад реалізації лінивого завантаження.

Варто зауважити, що ліниве завантаження може призводити до появи додаткових SQL-запитів в процесі роботи додатку. Тому його використання потребує уважності, аби уникнути "ляпасів ліновості" через N+1 запитів.

### 2. Використання пакетних запитів

Замість відправки індивідуальних SQL-операцій для кожної екземпляру сутності, Hibernate може згрупувати їх в один пакетний запит в межах транзакції за допомогою JDBC batching [2]. Це дозволяє значно скоротити кількість звернень до БД та оптимізувати програму. Особливо ефективно при bulk-операціях вставки/оновлення великих обсягів даних:

```
spring.jpa.properties.hibernate.jdbc.batch_size=50
```

Мал. 2 – Приклад реалізації пакетних запитів.

Оптимальний розмір пакета запитів залежить від БД та характеру операцій. Для PostgreSQL рекомендується батч у 50-500 запитів. Великі батчі можуть перевантажувати пам'ять.

### 3. Кешування запитів

Hibernate може кешувати часто використовувані запити, щоб уникнути звернень до БД при повторних однакових запитах [3]. Дані беруться з кешу сесії або 2-го рівня. Це особливо ефективно в системах з переважанням операцій читання:

```
spring.jpa.properties.hibernate.cache.use_second_level_cache=true
```

Мал. 3 – Приклад реалізації кешування.

Це особливо ефективно в читабельних системах, дозволяючи суттєво розвантажити БД. Використання кешування Hibernate дозволяє досягти приросту продуктивності до 40-60%.

Отже, існують ефективні методи оптимізації Hibernate за допомогою налаштувань лінивого завантаження, пакетних запитів та кешування. Їх використання в комплексі дозволяє мінімізувати кількість зайвих звернень до БД, скоротити обсяг мережевого трафіку та підвищити загальну швидкодію системи за рахунок кешування даних і повторного їх використання.

Застосування даних оптимізаційних підходів особливо важливе для високонавантажених проектів, де кожна операція взаємодії з БД має велике значення. Грамотна настройка ORM фреймворків, таких як Hibernate, є ключем до ефективного використання ресурсів та забезпечення високої продуктивності системи.

### Список літератури

1. Java 8 in Action. Raoul-Gabriel Urma, Mario Fusco, Alan Mycroft; Manning 2014 - сторінка 389
2. JDBC Batching with Hibernate. Igor Kononenko; Leanpub 2022 - сторінка 15
3. Mastering Hibernate. Antonio Goncalves; Leanpub 2016 - сторінка 195

**Н.М. Аушева**, д.т.н, проф. (*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*)

**А.Р. Клоков**, студент (*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*)

### **Комбінація штучного інтелекту та нечіткої логіки для синтезу рекомендацій по енергетичній інфраструктурі**

Для скорочення часу прийняття рішень, витрат, покращення ефективності, точності та продуктивності в енергетичній галузі доцільно застосовувати розвинуті комп'ютерні технології. Енергетична галузь має великі обсяги даних та вимагає проведення аналізу демографічних та економічних факторів, вивчення структури енергоспоживання, оцінку транспортних потреб, враховувати наявні виробництва та інфраструктуру і т. д. Тому виникає задача підібрати технології для ефективної обробки такої інформації.

Одним із шляхів вирішення цієї задачі є застосування технології штучного інтелекту. Ця технологія дозволить вирішувати наступні завдання:

- обробляти великі масиви структурованих і неструктурованих даних, таких як дані виробництва, споживання енергії, кліматичні умови, економічні дані та інші, для отримання повного зображення стану системи;
- застосовувати алгоритми машинного навчання для прогнозування попиту на енергію, враховуючи різноманітні фактори, такі як демографічні тенденції, економічний розвиток та технологічні зміни;
- знаходити оптимальні рішення щодо розташування енергетичних об'єктів, використання різних видів джерел енергії та розвитку інфраструктури;
- моделювати сценарії та враховувати ризики, пов'язаних з енергетичною інфраструктурою, надавати рекомендації для забезпечення стійкості системи в умовах невизначеності;
- використовувати дані в реальному часі для моніторингу та управління роботою енергетичної інфраструктури, надання рекомендацій щодо оптимізації режимів роботи [1].

Однак при роботі з енергетичними даними виникають проблеми з нечіткими та нестабільними параметрами. В цьому випадку доцільно поєднати технології штучного інтелекту з нечіткою логікою, яка дозволить встановити правила та врахувати досвід експертів для адаптації системи до змін у вхідних параметрах. Наприклад, використання штучного інтелекту, зокрема методів машинного навчання, може допомогти в автоматизованому налаштуванні параметрів нечіткої логіки на основі великих обсягів даних та навчальних прикладів. А використання адаптивних моделей машинного навчання може дозволити системі адаптуватися до змін в вхідних даних та умовах експлуатації [2].

Створення системи, яка комбінує нечітку логіку та штучний інтелект для аналізу та рекомендацій по побудові енергетичної інфраструктури, вимагає детального планування та проектування. Важливо узгоджувати обидві технології для досягнення оптимальної ефективності та точності (рис.1). Розглянемо етапи формування рекомендацій по енергетичній інфраструктурі.



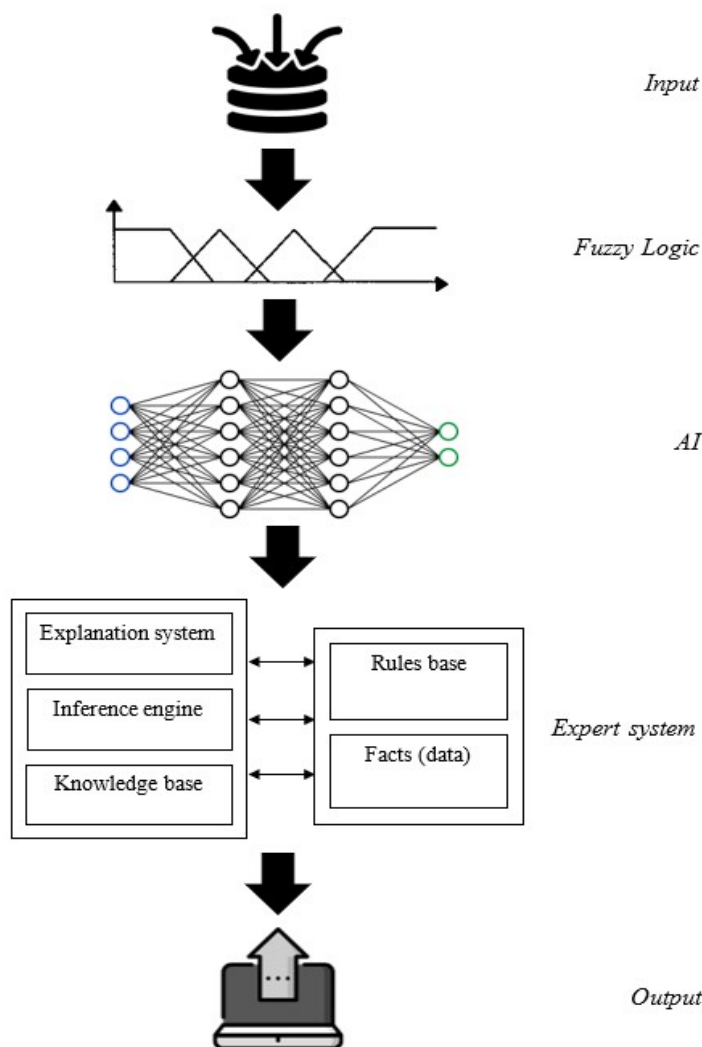


Рис. 1. Загальна архітектура комбінованої (гібридної) архітектури системи

Збір та підготовка даних. На цьому кроці дані збираються та готуються для подальшого аналізу та прийняття рішень. Визначаються дані про виробництво та споживання енергії, кліматичні умови, географічні параметри, екологічні показники тощо. Отримані дані оброблюються, фільтруються та нормалізуються, тобто усуваються помилки, викиди, дублікати, пропущені значення. Дані з різних джерел інтегруються у єдину структуру, яка може включати в себе конвертацію різних форматів і стандартизацію одиниць вимірювання. При використанні методів машинного навчання дані діляться на набори для навчання, валідації та тестування моделей. Це може включати в себе вибір репрезентативних прикладів та розподіл даних для різних етапів моделювання. Для збереження та управління зібраними даними формується база даних або файлове сховище.

Використання нечіткої логіки для моделювання експертних знань. На цьому етапі спочатку визначаються лінгвістичні змінні, які представляють ключові концепції в області дослідження. Наприклад, змінна "Потреба в енергії", яка може мати лінгвістичні значення, такі як "низька", "середня" та "висока". Для кожної лінгвістичної змінної створюються нечіткі множини, які відображають ступені належності конкретного значення до цієї змінної. Для визначення логіки взаємодії між лінгвістичними змінними створюємо нечіткі правила. Враховуються експертні знання та досвід фахівців у галузі. Експерти можуть визначити важливі зв'язки та правила, які слід враховувати при моделюванні. Знання експертів формалізується у вигляді нечітких правил та множин, які легко використовувати в контексті нечіткої логіки. На етапі валідації експертні правила перевіряються на достовірність та

адекватність в рамках завдань системи. Це може включати корекції та доповнення правил для покращення точності.

Використання штучного інтелекту для оптимізації параметрів нечіткої логіки. На цьому кроці відбувається використання методів машинного навчання та оптимізації параметрів нечіткої логіки з метою покращення ефективності та адаптації системи до змін у вхідних даних та умовах. Під змінами у вхідних даних і умовах ми відносимо зміни у енергетичних потребах, промисловості, росту населення, розвитку технологій, кліматичні зміни (температур, опадів), економічні зміни, екологічних стандартів або соціокультурних чинників (наприклад, зростання чи зменшення споживчого попиту). Далі ми визначаємо цільову функцію, яка буде оптимізована. Ця функція визначає, яким чином будуть оцінюватися та порівнюватися різні набори параметрів нечіткої логіки. Формуємо набори даних для тренування моделі. Ці дані повинні включати в себе приклади вхідних та вихідних даних, де вихідні дані є вже оптимізованими параметрами нечіткої логіки. Проводимо, власне, тренування моделі на зазначених наборах даних (використовуючи попередньо обрані методи машинного навчання). Модель стежить за цільовою функцією та визначає оптимальні параметри нечіткої логіки. Проводимо оцінку результатів оптимізації на тестових даних для перевірки відповідності вихідних результатів очікуваним. Важливо перевірити, чи модель правильно адаптується до змін у вхідних умовах та робить ефективні рішення. У кінці застосуємо механізми для постійної оптимізації параметрів нечіткої логіки в реальному часі або періодично, щоб система була адаптована до змін у вхідних даних та умовах.

Розробка експертної системи для прийняття рішень. Тут ми взаємодіємо з експертами у галузі для збору експертних знань та досвіду. Це може включати в себе інтерв'ю з експертами, аналіз документації, рецензування наукових публікацій та інше. Розробляємо базу знань, яка включає в себе нечіткі правила, множини та параметри, що визначають логіку системи. Це включає в себе створення нечітких множин для різних змінних, нечітких правил для взаємозв'язків та інше. Визначаємо методи виведення, які використовуються системою для прийняття рішень на основі експертних знань.

Взаємодія з користувачем. На цьому етапі проходить розробка інтерфейсу користувача, який може бути інтуїтивно зрозумілим і легко використовуваним. Це може бути веб-інтерфейс або десктоп-додаток. Представляємо результати аналізу та рекомендацій у зручному та зрозумілому форматі. Це може бути текстовий вивід, графіки, діаграми або інші засоби візуалізації. Конкретно у нашому випадку підійде карта областей або однієї конкретної області, при натисканні на кожен з яких можна побачити звіт з рекомендаціями.

У результаті проведеного аналізу було визначено, що для системи синтезу рекомендацій по енергетичній інфраструктурі можуть використовуватись як нечітка логіка, так і штучний інтелект. Але комбінація обох елементів дозволяє мінімізувати недоліки кожного з них. Це надає більшу гнучкість та адаптивність, ефективність в умовах невизначеності, можливість управляти системою на основі досвіду, спільно використовувати експертні та індуктивні знання, покращити прозорість рішень [3].

### Список літератури

1. Tanveer Ahmad, Hongyu Zhu, Dongdong Zhang, Rasikh Tariq, A. Bassam, Fasee Ullah, Ahmed S AlGhamdi, Sultan S. Alshamrani, *Energetics Systems and artificial intelligence: Applications of industry 4.0*, *Energy Repo.rts*, Volume 8, November 2022, Pages 334-361.
2. Erich Peter Klement, Wolfgang Slany, *Fuzzy Logic in Artificial Intelligence*, *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, pp.179-190, Chapter: Vol. 34, Suppl. 19, July 1997.
3. Christoph S. Herrmann, *Fuzzy Logic as interfacing technique in hybrid AI-systems*, *Lecture Notes in Computer Science*, volume 1188, 2005.

**С.І. Отрох**, дтн, проф. (Національний технічний університет)  
**Д.О. Шевчук**, студент (Національний технічний університет)  
**Д.А. Смолянчук**, студентка (Національний технічний університет)

### Оптимізація нейронних мереж

У сфері комп'ютерного зору та штучного інтелекту одним з найбільш актуальних завдань є розробка ефективних систем розпізнавання облич. Це завдання набуває особливої важливості з огляду на його застосування у таких областях, як безпека, ідентифікація особистості, інтерактивні системи, та багато інших. Основною науковою проблемою є створення такої нейронної мережі, яка б забезпечувала високу точність та надійність у розпізнаванні облич у різноманітних умовах освітлення, з різними емоціями, позами та іншими можливими варіаціями.

Традиційні методи оптимізації, такі як градієнтний спуск, часто стикаються з проблемами, пов'язаними з локальними мінімумами, швидкістю збіжності та потребою у великій кількості ручних налаштувань. У цьому контексті, модифікатор оптимізації сірого вовка (Grey Wolf Optimizer, GWO) може бути розглянутий як альтернативний підхід, який імітує соціальну ієрархію та полювання сірих вовків, щоб знаходити оптимальні рішення в багатовимірних просторах пошуку. Завдання полягає у впровадженні GWO для тренування нейронної мережі з метою підвищення ефективності процесу навчання та покращення загальної точності розпізнавання облич. Це включає в себе розробку алгоритму, який може адаптуватися до різних умов та змін у вхідних даних, забезпечуючи стабільність та надійність системи розпізнавання облич.

Алгоритм оптимізації сірого вовка (GWO) можна представити на рис. 1.

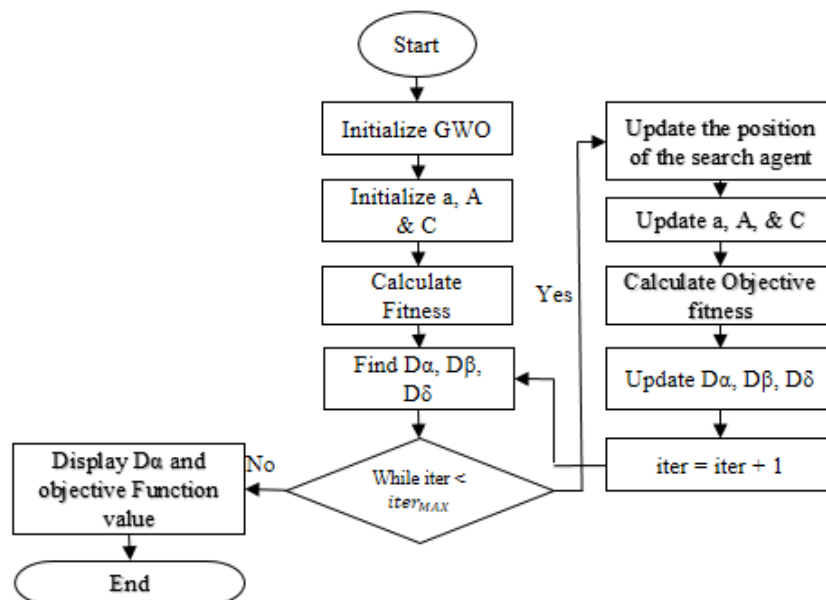


Рис. 1. Алгоритм оптимізації сірого вовка (GWO).

Для розв'язання поставленої проблеми розроблено нейронну мережу, яка використовує алгоритм оптимізації сірого вовка (GWO) для ефективного налаштування ваг. GWO є мета евристичним алгоритмом, який наслідує соціальну структуру та поведінку сірих вовків при полюванні. У контексті оптимізації нейронної мережі, вовки представляють кандидатів рішень, а полювання - процес пошуку оптимальних ваг мережі.



Алгоритм GWO ініціює популяцію вовків (кандидатів рішень), де кожен вовк представляє вектор ваг нейронної мережі. Вовки розподіляються на соціальні ролі: альфа ( $\alpha$ ), бета ( $\beta$ ), дельта ( $\delta$ ) та омега ( $\omega$ ), де  $\alpha$  представляє найкраще рішення,  $\beta$  та  $\delta$  - наступні найкращі рішення, а  $\omega$  - решту популяції.

Процес оптимізації включає наступні кроки:

1. Ініціалізація: Генерується випадкова популяція вовків (кандидатів рішень).
2. Оцінка: Кожен вовк (вектор ваг) оцінюється за допомогою функції пристосування, яка зазвичай є зворотним значенням функції втрат нейронної мережі:

$$Fitness_i = \frac{1}{1 + Loss(W_i)}$$

де  $W_i$  - вектор ваг  $i$ -го вовка, а  $Loss(W_i)$  - значення функції втрат для цих ваг.

3. Оновлення позицій: Позиції вовків оновлюються на основі позицій  $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\delta$  вовків, використовуючи формули:

$$\begin{aligned} W' &= W_\alpha - A \times D_\alpha \\ W'' &= W_\beta - A \times D_\beta \\ W''' &= W_\delta - A \times D_\delta \\ W_{new} &= W - A \times D_\delta \end{aligned}$$

де  $W_{new}$  - нова позиція вовка,  $A$  - коефіцієнт, який контролює інтенсивність пошуку, а  $D$  - відстань між поточною позицією вовка та позицією ведучого вовка.

4. Термінація: Процес повторюється до досягнення критерію зупинки, яким може бути максимальна кількість ітерацій або досягнення заданого рівня точності.

Використання GWO дозволяє нейронній мережі ефективно налаштовувати ваги, що призводить до підвищення точності розпізнавання облич. Експерименти показують, що такий підхід може перевершувати традиційні методи оптимізації, особливо у випадках, коли ландшафт функції втрат є складним та має багато локальних мінімумів.

Ефективність алгоритму оптимізації сірого вовка (GWO) у сфері штучного інтелекту, особливо в задачах розпізнавання облич, є значною. GWO демонструє кращу точність у порівнянні з традиційними методами оптимізації, успішно уникаючи локальних мінімумів завдяки своїм унікальним стратегіям пошуку. Алгоритм показує високу адаптивність до різних умов, забезпечуючи надійність у реальних сценаріях застосування. Хоча GWO може вимагати більше обчислювальних ресурсів, його швидкість збіжності та загальна швидкість навчання покращують ефективність процесу. Крім того, універсальність GWO дозволяє йому знаходити застосування в широкому спектрі оптимізаційних задач в галузі штучного інтелекту. Перспективи майбутніх досліджень можуть включати розробку гібридних моделей, що поєднують GWO з іншими стратегіями оптимізації для подальшого покращення ефективності та точності нейронних мереж.

### Список літератури

1. Mirjalili, S. et al. "An Improved Grey Wolf Optimizer Based on Differential Evolution and ..." [Електронний ресурс] // URL: <https://www.nature.com>. 2014. Описує алгоритм GWO, який наслідує ієрархію лідерства та полювання вовків.
2. "Grey Wolf Optimizer: A Review of Recent Variants and Applications." [Електронний ресурс] // URL: <https://link.springer.com>. Відгуки на різні варіанти та застосування GWO.
3. "Grey Wolf Optimizer." [Електронний ресурс] // URL: <https://www.sciencedirect.com>. Описує GWO як новий метаевристичний алгоритм, натхненний сірими вовками.
4. Mirjalili et al. "Building Energy Optimization Using Grey Wolf Optimizer (GWO)." [Електронний ресурс] // URL: <https://www.sciencedirect.com>. Описує GWO як новий метаевристичний метод оптимізації.

**В.П.Пільчевський** , категорія вища, ст.викладач  
(*Васильківський фаховий коледж Національного авіаційного університету*)

### **Оптимізація надійності керованої технічної системи**

Експлуатація складних технічних систем є досить складним процесом і ефективність його залежить не тільки від варіанту реалізації цього процесу, але і від закладених при її проектуванні інженерних рішень. При цьому стоїть завдання збільшення терміну ефективної експлуатації, під яким будемо розуміти час від моменту досягнення окупності системи до прийняття рішення про її заміну. Для вирішення даної задачі вибираються процедури зменшення часу виконання етапів відновлення за рахунок апаратно-програмного моделювання процесів, що відбуваються в системі при її поданні у вигляді технологічної системи та технологічного процесу. Цей підхід ґрунтується на результатах етапу проектування технологічного процесу та структури системи.

Враховуючи чергування процесів експлуатації та відновлення, можна сказати, що при цьому підході відбувається зменшення витрат на експлуатації за двома напрямками: зрівняння витрат при різних дефектах у системі за рахунок зменшення часу виявлення дефекту при використанні апаратно-програмних систем, що моделюють; зниження витрат на відновлення через скорочення часу виявлення дефекту.

Практична реалізація цього підходу передбачає [1]: - формальне уявлення технологічного процесу; формальне подання процесу знімання, обробки інформації; розробка методології дубльованого та адаптивного моделювання; розробка алгоритмічного та програмного забезпечення; практична реалізація моделюючого комплексу з достатньою швидкістю для адаптивного втручання у процес експлуатації. Пропонується метод адаптивного моделювання за станом при контролі, діагностуванні та технічному обслуговуванні складних технічних систем, що складається з наступних процедур.

На етапі проектування виконуються такі види робіт із розробки апаратно-програмного забезпечення:

1. Побудова математичної моделі структури об'єкта аналізу та математичної моделі технологічного процесу, реалізованого у ньому.

2. Побудова алгоритмів синтезу тестових послідовностей контролю діагностування, алгоритмів технічного обслуговування та алгоритмів моделювання для структури об'єкта та технологічного процесу, що реалізується в ньому.

3. Побудова тестових послідовностей та моделюючих програм для аналізу стану структури об'єкта та технологічного процесу, що реалізується в ньому.

4. Формування баз даних тестових послідовностей, результатів виконання моделюючих програм та еталонних реакції. Аналіз взаємовпливу та взаємозалежностей несправностей та станів у структурі об'єкта та технологічному процесі.

5. Розробка спеціалізованих апаратно-програмних засобів моделювання функціонування структури та технологічного процесу, заснованих на концепції апаратної підтримки обчислень та які мають високу швидкість. Для реалізації даних пристроїв пропонується застосувати апаратно-програмні засоби, що використовують асоціативні обчислювальні пристрої, що можливо за рахунок реалізації в них розпаралелювання операцій. У реальному режимі аналізу об'єкта станом пропонується циклічне виконання вказаних процедур.

### **Список літератури**

1. Коцовський В.М. Супровід програмних систем: Методичний посібник для студентів спеціальності «Інженерія програмного забезпечення» / В. М. Коцовський. - Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2016. - 52 с.

### **Інтелектуальна система автономного керування наземних роботизованих систем**

Автономний автомобіль - це транспортний засіб, здатний сприймати довкілля та працювати без участі людини. Пасажир-людина не зобов'язаний брати на себе керування транспортним засобом у будь-який час, і пасажир-людині взагалі не потрібно бути присутнім у транспортному засобі. Автономний автомобіль може проїхати скрізь, де їздить традиційний автомобіль, і робити все те саме, що й досвідчений водій-людина [1].

Метод SLAM з технологією Lidar який використовується для автономного паркування транспортними засобами працює наступним чином:

На першому етапі проводиться включення системи за допомогою спеціальної кнопки біля приладового щитка, на мультирулі або сенсорної панелі системи управління функціями авто.

Після активації режиму автоматичної стоянки передаються сигнали включення всіх датчиків, виконавчих пристроїв, відбувається завантаження програми управління.

На третьому етапі відбувається аналіз обстановки навколо автомобіля за допомогою ультразвукових датчиків. У блоці управління формується двомірною або тривимірною моделлю дорожньої обстановки. Рух авто сповільнюється до 40 км / год у разі паралельної парковки. Якщо обрана функція перпендикулярної парковки, то швидкість буде ще менше - 20 км/год.

Система моделює програму переміщення з мінімальним перемиканням режимів вперед-назад, вправо-вліво.

Перехід до виконання команд з одночасним режимом контролю за обстановкою.

Для автономного паркування чи управління транспортним засобом використовуються такі методи, як метод SLAM з технологією Lidar, ToF та іншими датчиками.[2].

Висновки. Розроблений в роботі алгоритм автоматичного паркування та керування транспортним засобом був успішно протестований в симуляторі середовища Unity. Застосування цього алгоритму дозволяє автоматизувати систему управління, яка забезпечує високу ефективність управління транспортним апаратом. Отримані результати демонструють ефективність алгоритму в досягненні бажаної поведінки головного об'єкта[3].

Основні отримані результати:

Розроблено алгоритм автоматичного паркування та керування транспортним засобом.

Одразу було протестовано алгоритм на виявлення в ньому дефектів.

У подальших дослідженнях планується удосконалення алгоритму автоматичного керування транспортним засобом з урахуванням таких факторів, як наявність зовнішніх факторів та можливість появи зовнішніх факторів [1].

### **Список літератури**

1. [https://www.kiaoptimainfo.ru/poryadok\\_raboti\\_s\\_sistemoy-160.html](https://www.kiaoptimainfo.ru/poryadok_raboti_s_sistemoy-160.html)
2. <https://www.mathworks.com/discovery/slam.html>

### Адаптивна система автоматичного управління наземним рухаючимся об'єктом

Під час розробки автоматичних систем, важливою частиною процесу є розрахунок їх параметрів. Зазвичай це виконується на основі припущень, що статичні та динамічні характеристики об'єкта керування, а також всіх елементів системи, відомі і залишаються незмінними протягом експлуатації та при зміні зовнішніх умов. Однак реальні характеристики об'єкта та окремих елементів системи можуть бути відомі тільки приблизно, піддаватися змінам внаслідок фізичного зносу та варіювати залежно від зовнішніх умов.

Використання запасів стійкості дозволяє системі керування ефективно функціонувати, навіть якщо практичні характеристики об'єкта трошки відрізняються від розрахункових. Однак у деяких випадках діапазон змін статичних та динамічних характеристик може бути настільки великим, що управління об'єктом за допомогою простої системи з постійними параметрами може бути неприйнятним або навіть неможливим через втрату стійкості.

У таких випадках можна застосовувати систему керування із змінними властивостями, яка дозволяє адаптуватися до змін у характеристиках об'єкта та умов навколишнього середовища. Це дозволяє забезпечити більш гнучкий та ефективний контроль у ситуаціях, коли традиційні методи можуть виявитися обмеженими.

Системи, які володіють здатністю до адаптації, отримали назву адаптивних систем. Таким чином, адаптивна система автоматичного керування (САК) є системою, яка, виконуючи свою основну функцію керування, може динамічно змінювати параметри та структуру регулятора. Це дозволяє системі адаптуватися до нестачі інформації про об'єкт керування, а також компенсувати вплив зовнішніх збурень, що в результаті поліпшує якість її функціонування в реальному часі.

У структурі адаптивних систем визначається особливість, яка полягає в наявності додаткового контуру, відомого як контур адаптації (рис.1). Цей контур спеціально призначений для обробки інформації про змінні умови роботи системи та впливає на регулятор основного керуючого контуру. Адаптер, що входить у загальну структуру, призначений для отримання та аналізу інформації, такої як вхідні дії, збурення (позначене як  $f$ ), вихідні величини (позначені як  $y$ ), та подальшого впливу на керуючий пристрій основного контуру.



Рис. 1.1 – Функціональна схема адаптивної системи

Це означає, що адаптивна система обладнана вбудованим механізмом, який надає їй здатність виявляти та реагувати на зміни у внутрішніх або зовнішніх умовах, що впливають на її функціонування. Контур адаптації виступає як важлива частина системи, яка дозволяє системі адаптуватися до нових умов, оптимізуючи параметри та регулюючи процес керування в реальному часі. Ця особливість структури адаптивних систем розширює їхні можливості, надаючи можливість ефективного вирішення завдань в умовах змінюючого оточення, і водночас підкреслює їх гнучкість та здатність адаптуватися до різноманітних сценаріїв роботи. Отже, для контуру адаптації об'єктом керування є вся основна САК.

Важливо відзначити, що адаптивні системи не є нововведенням, адже вони існують у природі протягом тривалого періоду. Типовою рисою адаптивних систем є відсутність повної апріорної інформації про об'єкт керування, зовнішні збурення і граничні умови. Іншими словами, адаптивні системи відрізняються ступенем невизначеності. Однак їхня основна мета полягає у функціонуванні в умовах невизначеності, спрямованому на вирішення цієї невизначеності шляхом досягнення стану, що задовольняє певний критерій. Таким чином, адаптивні системи пристосовуються до змін у своєму середовищі, працюючи на користь оптимальності та досягнення конкретних цілей навіть при відсутності повної інформації.

Забезпечення адаптивних систем розкриттям невизначеності відбувається завдяки декільком аспектам:

- **Надмірності** (складності) системи: Ця надмірність виявляється у багатоступеневості, багатоконтурності та інших характеристиках. Це робить систему більш гнучкою та здатною пристосовуватися до різноманітних умов.
- **Логічності її дії**: Подібно до логічного мислення людини, логічні процеси в адаптивних системах грають ключову роль у розумінні та взаємодії з оточенням.
- **Прогнозуванню стану системи і аналізу накопиченої інформації**: Адаптивні системи володіють здатністю прогнозувати свій стан та аналізувати зібрану інформацію. Це дозволяє їм самостійно навчатися та вдосконалювати свою ефективність з часом.

Оптимальне функціонування адаптивних систем базується на аналізі інформації про їхній стан. Якщо оптимальний режим визначається через пошук умов екстремуму критерію ефективності, то такі системи отримують назву пошуковими. У цьому контексті система веде серію експериментів, збирає дані та вдосконалює свою якість, шукаючи оптимальні умови роботи. Можливість зміни стану системи реалізується через вплив на керуючі фактори, параметри налаштування та структуру системи, і ці зміни вважаються контрольованими.

Залежно від об'єму таких змін, адаптивні системи поділяються на:

- Екстремальні: Зміни можуть бути внесені лише в керуючі впливи.
- Самоналагоджувані: Дозволяють змінювати параметри системи, крім керуючих впливів.
- Самоорганізовані: Дозволяють змінювати керуючі впливи, параметри та структуру системи.
- Навчальні: Включають в себе можливість змінювати алгоритм роботи та, у випадку самонавчання, критерій ефективності.

За методом впровадження контрольованих змін адаптивні системи можна розділити на:

- Пасивні: Зміни виконуються за наперед визначеною програмою, наприклад, обробкою вхідної інформації в системі автопілота (висота, швидкість, атмосферні умови).
- Активні: Зміни контрольовані ситуацією і не мають чіткої наперед визначеної програми.

Також важливо враховувати, що адаптивні системи можуть працювати в замкнутому або відкритому циклі: у першому випадку відбувається аналіз контрольованих змін, у другому - ні. З аспекту ефективності, аналітичні активні системи навчання в замкнутому циклі є найбільш вдосконаленими.

### Список літератури

1. Репнікова Н.Б. Теорія автоматичного керування: класика і сучасність: підруч. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 328 с
2. Стенін А.А. Цифрові системи автоматичного керування (лекції). – К.: НТУУ «КПІ», 2002

### **Переваги модульних елементів при побудові мобільних робототехнічних систем**

Модульна архітектура дозволяє реалізувати оперативне реконфігурування робототехнічних систем. Використання ієрархічної топології для побудови інформаційно-вимірною та керуючої системи робота, коли кожен модуль та субмодуль має власну інформаційно-вимірною та керуючу систему з окремим обчислювачем, дозволяє збільшити швидкість системи за рахунок розподілу обчислювального навантаження між обчислювальними пристроями модулів. Реалізація розподілених обчислень у багатопроцесорній системі з ієрархічною топологією накладає низку обмежень на організацію міжмодульної інформаційної взаємодії. На основі аналізу логічних міжмодульних зв'язків та оцінки можливих інформаційних потоків у системі з розподіленими обчисленнями формулюються вимоги як до типів самих мереж, так і до їхньої топології. У тих вимог розглядаються існуючі мережі та протоколи інформаційного взаємодії, наводиться їх коротка характеристика.

Одним із загальних підходів розробки робототехнічної системи (РТС) є використання модульних вузлів. Модульність значно спрощує робочий процес [1]. Пропонується розглянути можливість побудови систем управління мобільними робототехнічними системами з використанням модульного підходу. Суть такого підходу полягає у використанні модулів (вузлів), які є загальними при розробці різних пристроїв. Серед недоліків даного підходу відзначається, по-перше, велика кількість кабельних з'єднань між окремими модулями, що може спричинити помилки при монтажі. По-друге, такі модулі мають бути уніфіковані (тобто у них має бути закладено максимальний функціонал конкретного вузла).

У той же час використання модульності дозволяє суттєво спростити процес та скоротити час розробки пристрою. Крім того, застосування модульної структури дозволяє масштабувати можливість модернізації такої системи шляхом заміни існуючих або додавання нових модулів, що збільшують функціональність робота. Найбільш показовим є модульний підхід розробки РТС для роботи у різних середовищах, наприклад, наземної і повітряної. У кожному робототехнічному комплексі свого безпосереднього середовища базування використовуються загальні елементи - обчислювач, автономне джерело живлення (АДЖ), контролер електроприводів та інші.

Загальним вузлом всіх систем насамперед є обчислювач, який забезпечує централізоване управління всіма частинами робота і взаємозв'язок між ними. По-друге, це вузол АДЖ, який забезпечує роботу електроенергією. По-третє, – модуль контролера електроприводів. В даний час найчастіше застосовні безколекторні двигуни через їх потужнісні параметри, можливості реалізації гнучких режимів управління і перспективи застосування у воді та агресивних середовищах. Таким чином, єдиний модуль контролера дозволяє широко застосовувати безколекторні двигуни. Також на модульній основі доцільно розробити модулі аудіо-відео спостереження, модулі корисного навантаження та модулі прийомопередавача.

### **Список літератури**

1. Ярмолюк, В. М., Бачинський, В. В., Люлька, О. В., Горошко, О. О., Марченко, В. П. (2022). Концепція модульних тренажерних систем із можливістю швидкої заміни функціонального призначення. Збірник наукових праць ЖВІ «Проблеми створення випробовування, застосування та експлуатації інформаційних», (22), 79–89.

## **Нечітка модель управління та діагностики екологічно чистих технологій**

### **Вступ**

Сучасний світ стикається із зростаючими вимогами до сталості розвитку та збереження природних ресурсів. Однією з ключових галузей, яка спрямована на досягнення цих цілей, є розробка та впровадження екологічно чистих технологій. Завдяки їх використанню можна досягти не лише ефективного управління ресурсами, але й зниження негативного впливу на довкілля.

### **Мета Роботи**

Метою даної роботи є розробка та аналіз нечіткої моделі управління та діагностики екологічно чистих технологій. Враховуючи складність сучасних екосистем та неоднозначність у виборі оптимальних рішень, використання нечітких моделей може допомогти у забезпеченні сталого та ефективного функціонування.

### **Узагальнена Модель Управління Екологічно Чистою Технологією**

Узагальнена математична модель управління екологічно чистою технологією може бути представлена наступним чином[1]:

Множина моментів управління (керування) - A:

Включає в себе часові точки, в які здійснюється управління екологічно чистою технологією. Ці моменти можуть бути стратегічно визначеними для досягнення конкретних цілей.

Множина вхідних впливів на екологічно чисту технологію - B:

Включає в себе всі зовнішні фактори та параметри, які можуть впливати на функціонування екологічно чистої технології. Це може включати в себе енергетичні впливи, ресурси, зовнішні умови тощо.

Множина вихідних відгуків екологічно чистої технології - C:

Охоплює всі параметри та характеристики, які можуть бути виміряні або визначені під час експлуатації екологічно чистої технології.

Множина керуючих впливів на екологічно чисту технологію - D:

Складається з усіх параметрів та змінних, які можуть бути змінені або регульовані з метою досягнення певних цілей управління.

Множина внутрішніх станів - E:

Визначає всі внутрішні параметри та стани, які описують внутрішню структуру та умови екологічно чистої технології.

Множина цілей - F:

Включає в себе конкретні цілі, які має досягти екологічно чиста технологія. Ці цілі можуть бути пов'язані з покращенням ефективності, зниженням викидів, збереженням ресурсів тощо.

Оператори переходу станів і виходів -  $\Phi$ :

Визначають, як система переходить від одного стану до іншого та які вихідні параметри генеруються під час цих переходів.

Оператор Визначення Системи Контролю та Діагностики -  $\Psi$ :

Враховується в контексті узагальненої математичної моделі, де множина технічних станів об'єкту управління ( $G$ ), узагальнена ознака агрегованого стану ( $H$ ), та множина ознак всіх технічних станів ( $I$ ) визначаються для системи контролю та діагностики.

Застосування Нечітких Величин:

За умов невизначеності та неоднозначності вхідних даних, модель може бути доповнена нечіткими величинами для більш точного врахування реальних умов експлуатації[2].

Узагальнена математична модель управління екологічно чистою технологією є інструментом, який дозволяє аналізувати та оптимізувати функціонування екологічних систем з урахуванням нечіткості, невизначеності та комплексності взаємодій.

Модель Системи Контролю та Діагностики

Складовою частиною системи управління є контроль та діагностика стану екологічно чистої технології. Агрегована модель системи контролю та діагностики може бути представлена наступним чином:

Множина технічних станів об'єкту управління ( $G$ ):

Визначає всі можливі стани, в яких може перебувати технічний об'єкт. Це може бути широкий спектр параметрів, які визначають стан технологічного процесу.

Множина узагальнених ознак агрегованого стану ( $H$ ):

Охоплює узагальнені ознаки, які характеризують групу станів або параметрів технічного об'єкту. Це може включати в себе загальні характеристики ефективності чи екологічної чистоти.

Множина ознак всіх технічних станів ( $I$ ):

Визначає всі можливі ознаки, які можуть бути виміряні чи визначені для кожного конкретного технічного стану.

Оператори справного і несправного стану об'єкту управління ( $\Omega$ ):

Визначають, як визначити, чи перебуває система в справному чи несправному стані. Це може базуватися на порогових значеннях параметрів чи відхиленнях від стандартних умов.

Множина несправностей ( $J$ ):

Включає в себе всі можливі несправності, які можуть виникнути в системі. Це може бути, наприклад, відмова обладнання, втрата з'єднань чи інші проблеми.

Оператори системи контролю і діагностики ( $\Psi$ ):

Визначають, як система контролю взаємодіє з об'єктом управління, які параметри вимірюються та які діагностичні процедури виконуються для виявлення можливих несправностей чи відхилень.



Множина нечітких станів об'єкту управління (К), нечітких цін перевірок або обмежень (L), нечітких мір (M):

Враховує використання нечітких множин для моделювання невизначеності та нечіткості вхідних даних та параметрів системи.

Ефективність та якість системи контролю та діагностики:

Визначається ефективністю алгоритмів контролю та діагностики у виявленні, ізоляції та усуненні проблем, що можуть виникнути у технічній системі.

Узагальнена математична модель системи контролю та діагностики враховує складності технічних систем, велику кількість параметрів, які можуть бути невизначеними чи непередбачуваними. Така модель дозволяє ефективно управляти та забезпечувати безпеку екологічно чистих технологій, зменшуючи ризики та максимізуючи їх ефективність.

### **Висновок:**

Розробка нечіткої моделі управління та діагностики екологічно чистих технологій виявляється актуальною та перспективною задачею. Використання нечітких моделей управління може сприяти досягненню високої ефективності системи при забезпеченні сталого та екологічно безпечного розвитку.

### **Список літератури**

1. Ross, T.J. (2010). "Fuzzy Logic with Engineering Applications." John Wiley & Sons.
2. Mamdani, E.H., & Assilian, S. (1975). "An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller." International Journal of Man-Machine Studies, 7(1), 1-13.

### Автономний робот на базі ARDUINO

Автономний мобільний робот (АМР) це система, яку можна програмувати для виконання певних дій. Мобільні роботи можуть програмувати для виконання різних завдань, наприклад, рух місцевістю при наявності перешкод. Одним з таких завдань є рух АМР за траєкторією, заданою чорною лінією на світлому фоні. Це завдання є дуже поширеним, наприклад, на олімпіадах з робототехніки. В даній роботі розглядається створення АМР на базі Arduino, призначеного для вирішення зазначеного вище завдання.

Склад АМР може змінюватися в залежності від їх цілей, однак в ньому завжди можна відокремити наступні частини: 1. інформаційно-вимірювальна система; 2. система прийняття рішень; 3. виконавча система; 4. система енергопостачання; 5. механіка робота. Інформаційно-вимірювальна система відповідає за сприйняття роботом зовнішнього світу. В нашому випадку основним елементом інформаційно-вимірювальної системи є датчик КУ-033. Цей датчик складається з випромінювача і фото резистора, що приймає сигнал, який відбивається від об'єкта, що розташований на невеликій відстані – до 20 мм. Датчик є цифровим та формує на своєму виході логічний «0» або логічну «1» в залежності від того, який колір він «бачить».

Для комфортного управління роботам нам потрібно мінімум 3 датчика, які розташовані на передній частині робота: зліва, справа і по центру. Система прийняття рішень займається обробкою даних, отриманих з датчиків, та формування управляючих рішень. В нашому випадку ця система реалізована на базі мікропроцесорної платформи Arduino. В якості закону, що дозволяє АМР стежити за полозою, використовується ПД-закон:

$$U_{pd}(t) = k_p \varepsilon(t) + k_d \Delta \varepsilon(t) \quad (1)$$

де  $\Delta \varepsilon$  – різниця між поточною помилкою керування та помилкою на попередньому кроці,  $\Delta \varepsilon = \varepsilon - \varepsilon_{old}$ .

На початку програми вводяться 2 коефіцієнта:  $k_p$  і  $k_d$ . Їх значення визначено на основі рівнянь динаміки робота. Змінна  $\varepsilon_{old}$  буде зберігати значення помилки для наступної ітерації циклу. У тілі циклу відбувається наступне: обчислюються помилка і керуючий вплив, а також запам'ятовується значення помилки для наступного кроку.

Диференціальна складова в даній задачі виконує дві функції: - виступає як підсилювач на різких поворотах: у робота швидко змінюються показання: різниця нової і старої помилки збільшується по модулю, а, отже, збільшується другий доданок в (1) по модулю; - виступає як компенсатор: після повороту при вирівнюванні, другий доданок в (1) якийсь час має інший знак з пропорційною складовою, тому робота не «відкидає» від стіни.

В нашому випадку використовується платформа, що має два незалежно керованих колеса, а третє колесо закріплене на шасі робота на вертикальній вилці, що саме повертається. Дослідження показали, що у разі, коли третє колесо знаходиться попереду ведучих коліс, АМР може стійко рухатися по прямій з будь-якою швидкістю. Саме тому ми використовуємо таку компоновку робота. Надалі можливо ускладнення алгоритму роботи АМР, наприклад, реалізувати ПІД-алгоритм та додати датчик лінії позаду робота. В останньому випадку підвищиться стійкість руху, якщо лінія буде перериватися.

### Список літератури

1. Момот М.В., Мобільні роботи на базі Arduino. БХВ, 2018.- 336 с

**Ю.А. Гарнавський**, к.ф.-м.н., доц. ( КПІ ім. Ігоря Сікорського)  
**В.Я. Савко**, студент ( КПІ ім. Ігоря Сікорського)

### **Комп'ютеризована система керування якістю повітря**

У сучасному світі проблема недостатньої доступності та свідомості щодо якості повітря стала серйозною загрозою для здоров'я людей та екологічної стійкості. Відсутність доступної та зручної інформації про якість повітря обмежує можливості населення в розумінні стану довкілля та прийнятті свідомих рішень щодо збереження здоров'я та екології. Щоб вирішити цю проблему, було розроблено веб-додаток, який забезпечує доступну та інтерактивну інформацію про якість повітря. Цей додаток допомагає користувачам отримати історичні дані, відслідковувати конкретні станції, отримувати статистику по різних країнам, дізнаватись про найзабрудненіші міста в реальному часі та отримувати прогноз на найближчий тиждень. Наше рішення сприяє свідомому прийняттю рішень та зменшенню негативного впливу забруднення повітря на здоров'я та навколишнє середовище.

Деякі дослідження вказують на невирішені аспекти проблеми, такі як врахування взаємодії між різними забруднюючими речовинами, оцінка впливу на здоров'я населення та екосистему, а також розробка ефективних стратегій зменшення забруднення повітря.

Ціллю роботи є дослідження ефективності використання сервісно-орієнтованих систем для моніторингу стану якості повітря.

Інтерфейс програми повинен мати наступний функціонал:

- Домашню сторінку з усією локальною інформацією користувача.
- Мапу де можна дізнатись індекс якості повітря в різних точках планети.
- Рейтинг країн по індексу якості повітря на даний момент
- Прогноз стану навколишнього середовища
- Історію минулих записів
- Сторінку з інформацією про зацікавлені місця
- Опис всіх скорочень та термінів використаних в програмі

Завдання роботи:

- Обґрунтувати вибір сервісу для побудови сервісно-орієнтованої системи для моніторингу стану якості повітря

- Визначити класи прикладних задач для ефективної реалізації в сервісно-орієнтованих системах.

- Розробити інструментальні засоби для побудови системи моніторингу стану повітря

Призначенням розробленого програмного забезпечення є надання користувачам даних про якість повітря в режимі реального часу, минулих періодів, а також прогнозів. Система зручна та доступна, дозволяє користувачам легко переміщатися між різними функціями та отримувати доступ до важливої інформації.

Потенційними користувачами програми є особи або організації, які стурбовані якістю повітря та хочуть отримати доступ до цих даних. Це стосується осіб, які страждають на респіраторні проблеми та потребують моніторингу AQI у своїй місцевості, а також дослідників, екологічних організацій та державних установ, яким потрібно аналізувати цю інформацію, щоб приймати обґрунтовані рішення щодо політики охорони здоров'я, підприємства, які покладаються на точну інформацію про AQI для прийняття рішень щодо своєї діяльності, наприклад будівельні компанії або навіть організатори заходів на відкритому повітрі.

Розроблена система – це система моніторингу якості повітря, яка має надавати користувачам точну та оперативну інформацію. Система складається з кількох взаємопов'язаних компонентів, у тому числі зовнішнього веб-додатку, внутрішнього сервера та стороннього API.

API для аналізу стану індексу якості повітря є доступними для широкого користування. Популярними серед них є: OpenAQ API, AirVisual API, AirNow API, Breezometer API, Weatherbit API, The World Air Quality Index Project (WAQI) API, The Air Quality Index (AQI) API, API Air Quality Egg, API AirCasting, The Air Quality Open Data Platform API. Після проведення порівняльного аналізу особливостей кожного API, було обрано The World Air Quality Index Project (WAQI) API. Проект World Air Quality Index (WAQI) – це ініціатива, яка спрямована на надання точної та актуальної інформації про якість повітря в різних регіонах світу.

Розроблена система є високотехнологічною та багатофункціональною платформою, яка використовує найновіші технології та інструменти для досягнення видатних результатів. TypeScript використовувався як основна мова програмування, і це дозволило нам скористатися його функціями перевірки типу та масштабованості. React було обрано як інтерфейсний фреймворк для розробки інтерфейсів користувача, які є інтуїтивно зрозумілими, чуйними та візуально привабливими.

Внутрішню частину системи було розроблено за допомогою Nest, яка є високомодульною та ефективною структурою для створення програм на стороні сервера. MapBox був інтегрований у систему для надання карт і даних про місцезнаходження, що значно покращує роботу користувача. WebStorm використовувався як IDE для розробки системи, і його було обрано через його потужний редактор коду, інтегрований налагоджувач і розширені можливості рефакторингу. Yarn було обрано як менеджер пакетів, і це допомогло оптимізувати процес розгортання. В якості системи керування базою даних було обрано PostgreSQL, яка забезпечує надійне зберігання даних і функції керування, необхідні для роботи системи.

Щоб забезпечити безперервний зв'язок між клієнтом і сервером, було реалізовано REST API. Цей API забезпечує ефективний обмін даними та забезпечує можливість масштабування системи відповідно до вимог зростаючої бази користувачів. Нарешті, Postman було використано для тестування та документування API, що дозволило нам перевірити API та переконатися, що він функціонує належним чином. Ці технології та інструменти були ретельно відібрані, щоб створити основу для високопродуктивної та надійної системи, а їх інтеграція дозволила нам створити справді видатну платформу.

Система пропонує ряд функцій, призначених для надання користувачам інформації про умови якості повітря.

**Домашня сторінка (локальні дані):** Домашня сторінка системи відображає дані місцевого індексу якості повітря (AQI) для місця розташування користувача, надаючи миттєву інформацію якості повітря в його регіоні. Цей розділ особливо корисний для користувачів, які хочуть швидко перевірити якість повітря у своїй місцевості та отримати основну інформацію по AQI.

**Карта інформаційної панелі (AQI у будь-якій точці):** у розділі «Карта інформаційної панелі» відображається карта з маркерами, які представляють станції моніторингу якості повітря по всьому світу. Користувач може натиснути на маркер, щоб переглянути дані AQI для цього місця. Цей розділ корисний для користувачів, які хочуть вивчити дані AQI для різних частин світу та порівняти якість повітря в різних регіонах.

**Рейтинг країн (з графіками зміни історії AQI за останні 24 години):** у розділі «Рейтинг країн» наведено рейтинг країн на основі їхніх даних AQI з можливістю перегляду даних AQI у формі графіку. Графіки відображають історію AQI за останні 24 години, що дозволяє користувачеві відстежувати зміни якості повітря з часом. Цей розділ корисний для користувачів, які хочуть порівняти якість повітря в різних країнах і відстежувати зміни AQI з часом.

**Прогноз (з можливістю почати слідкувати за станцією):** розділ «Прогноз» надає користувачеві прогноз AQI на наступні 5-7 днів, а також можливість почати стежити за станцією моніторингу. Коли користувач починає стежити за станцією, він отримуватиме

інформацію про AQI в розділах історії та відслідковування. Цей розділ корисний для користувачів, які хочуть отримувати інформацію про майбутні значення AQI.

**Усі станції:** розділ «Усі станції» містить список усіх станцій моніторингу якості повітря в системі, що дозволяє досліджувати дані AQI для різних місць у всьому світі. Цей розділ корисний для користувачів, які хочуть вивчити дані AQI для різних місць і порівняти якість повітря в різних регіонах.

**Сторінка «Підписки»:** Сторінка «Підписки» відображає список усіх станцій моніторингу якості повітря, за якими користувач зараз стежить, разом із їхніми поточними даними AQI. Цей розділ корисний для користувачів, які хочуть стежити за якістю повітря в певних місцях, які їх цікавлять.

**Історія (для станцій, за якими стежить користувач):** розділ «Історія» відображає історію AQI для станцій, за якими стежить користувач, дозволяючи їм відстежувати зміни якості повітря з часом. Цей розділ корисний для користувачів, які хочуть відстежувати зміни в AQI для певних місць протягом тривалих періодів часу та розуміти, як змінювалася якість повітря протягом тижнів або місяців.

**Опис (терміни та скорочення):** розділ «Опис» містить перелік термінів і скорочень, які використовуються в системі, а також вплив повітря, з різними значеннями AQI, на організм, допомагаючи користувачам краще зрозуміти дані AQI та спосіб їх вимірювання. Цей режим корисний для користувачів, які вперше знайомляться з моніторингом якості повітря та хочуть дізнатися більше про термінологію та поняття, що використовуються в системі.

Розроблені інструментальні засоби розробки сервісно-орієнтованих систем для моніторингу стану якості повітря, які забезпечують розв'язання наступних класів задач:

- Про стан якості повітря в локальному регіоні розташування користувача.
- Порівняльний аналіз світових даних про стан повітря.
- Рейтингування країн за рівнем забрудненості повітря.
- Прогнозування змін стану забрудненості повітря в регіоні.
- Моніторинг якості повітря для вибраних регіонів.
- Підписка на відслідковування показників забрудненості у визначених регіонах.

### Список літератури

1. І. Любчак, О. Васишин, О. Кондратюк та ін. Використання геоінформаційних систем для аналізу якості повітря в місті // Вісник Львівського університету. Серія географічна, 2018. Вип. 52. С. 63-69.
2. О. Бойко, М. Тесленко, Т. Литвиненко та ін. Оцінка впливу антропогенних джерел забруднення на якість повітря у Львові // Вісник Львівської політехніки. Екологія, 2017. Вип. 869. С. 33-38.
3. World Health Organization. (2021) Ambient air pollution: Health impacts. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
4. Kumar, P., Morawska, L., & Martani, C. (2018). Air quality index: a review. Atmospheric Environment, - 582 с.
5. Programming TypeScript: Making Your JavaScript Applications Scale" by Boris Cherny 2019.- p.415-434.

**В.М. Азарсков**, дтн, проф. (Національний авіаційний університет)  
**Р.В. Михайловський**, студент (Національний авіаційний університет)

**Розробка програми керування положенням платформи гексапода**

У промисловості та науці часто використовують гідравлічні платформи Стюарта через їх міцність, швидке прискорення та силу утримання, але лише деякі публікації зосереджуються на дешевій конструкції з використанням електродвигунів.

Платформа Стюарта є конструкцією, що складається з двох основних елементів. Перший елемент – це нерухома основа і другий елемент – рухома платформа. Принцип роботи платформи Стюарта заснований на тому, що на платформі виділяються шість точок, відстань від яких до нерухомої основи змінюється. Залежно від цих шести відстаней змінюється кут повороту рухомої платформи щодо основи.

Для визначення конфігурації платформи необхідно визначити вектори  $p_k$  та  $b_k$  відносно систем відліку  $^pO$  та  $^bO$  (рис. 1) за умови, що платформа та основа співпадають (довжина вектора  $T$  дорівнює нулю).

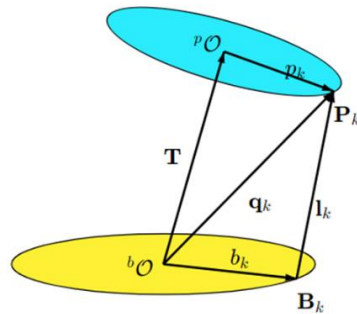


Рисунок 1 – Загальна схема платформи Стюарта

Опорна точка  $P_k$  на платформі визначає положення шарніру з номером  $k$  на платформі. Опорна точка  $B_k$  на основі визначає точку кріплення важеля на вісі двигуна з номером  $k$  (рис. 2).

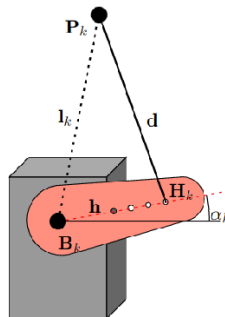


Рисунок 2 – Кінематика приєднання серводвигуна

Для розв’язання цієї задачі введено дві системи координат  $O_b X_b Y_b Z_b$  та  $O_p X_p Y_p Z_p$ . Вектор переходу  $T$  визначає положення полюсу  $^pO$  платформи (рис. 1) відносно бази  $^bO$ .

$$T = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Кватерніон повороту платформи відносно бази  $R$  визначено з урахуванням відомостей у монографії [2].

Оскільки орієнтація об'єкта визначається з допомогою кутів тангажу  $\vartheta$ , крену  $\gamma$  та курсу  $\psi$ , то з джерела [2] визначено зв'язок між цими кутами Крилова (рис. 8) та компонентами кватерніона  $R$  у вигляді

$$\begin{cases} r_0 = \cos \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} + \sin \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\gamma}{2} \sin \frac{\vartheta}{2}, \\ r_1 = \cos \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} - \sin \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\vartheta}{2}, \\ r_2 = \cos \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} + \sin \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \sin \frac{\vartheta}{2}, \\ r_3 = \sin \frac{\Psi}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} - \cos \frac{\Psi}{2} \sin \frac{\gamma}{2} \sin \frac{\vartheta}{2}, \end{cases} \quad (2)$$

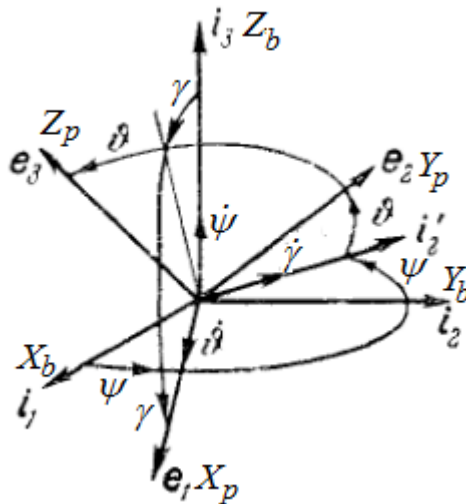


Рисунок 8 – Кути та послідовність поворотів Крилова

Кватерніон  $R$  дорівнює

$$R = r_0 1 + r_1 i + r_2 j + r_3 k \quad (3)$$

$i, j, k$  – комплексні одиниці. Цей кватерніон характеризує перехід від системи координат  $ObX_bY_bZ_b$  до  $OpX_pY_pZ_p$

Для автоматизації обчислення кватерніону за кутами в системі Matlab призначена функція `angle2quat`. Формат звернення

`R=angle2quat(rotationAng1, rotationAng2, rotationAng3, rotationSequence)`, де `rotationAng1`, `rotationAng2`, `rotationAng3` – перший, другий та третій кути повороту системи координат. Масиви розмірів  $m \times 1$ ;

`rotationSequence` – символічна змінна, яка характеризує послідовність поворотів. За замовченням вона дорівнює 'ZYX'. Це означає послідовність поворотів Крилова( перший на курс навколо Z; другий на крен навколо Y; третій на тангажу навколо X);

$R$  – масив розміру  $m \times 4$  елементів кватерніону.  $m$  – кількість комбінацій кутів обертання.

Для автоматизації перетворення кутів обертання у кватерніону в системі Simulink призначено блок Rotation Angles to Quaternions бібліотеки Aerospace Blockset/Utilities/Axes Transformations.

Ефективна довжина штанг являє собою вектор  $l_k$ , який дорівнює [1]

$$l_k = T + R \times p_k \times \bar{R} - b_k = \begin{bmatrix} l_k^{(x)} \\ l_k^{(y)} \\ l_k^{(z)} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Добуток  $R \times p_k \times \bar{R}$  у відповідності до [2] є новим вектором  $a_k$  який повернули у відповідності з кватерніоном  $R$ . Іншою мовою

$$a_k = R \times p_k \times \bar{R}. \quad (5)$$

Для автоматизації обчислення вектору  $a_k$  за кутами в системі Matlab призначена функція quatrotate. Формат звернення

a1= quatrotate(q,p);

a1 – зберігає вектор p, який повернуто у відповідності до кватерніону q.

Для автоматизації повороту вектору p у відповідності з кватерніоном q в системі Simulink призначено блок Quaternion Rotation з бібліотеки Aerospace Blockset/Utilities/Math Operations.

В основу алгоритму покладено залежність

$$\alpha_k = \arcsin \frac{g_k}{\sqrt{e_k^2 + f_k^2}} + \arctg \left( \frac{f_k}{e_k} \right). \quad (6)$$

Тут

$$\begin{aligned} e_k &= 2|h|l_k^{(z)} \\ f_k &= 2|h|(\cos(\beta_k)l_k^{(x)} + \sin(\beta_k)l_k^{(y)}) \\ g_k &= \sqrt{|l_k|^2 - (|d|^2 - |h|^2)} \end{aligned} \quad (7)$$

$|d|$  - довжина тяги (рис. 2).

$|h|$  - відстань між точками  $B_k$  та  $H_k$  рис. 2.

### Список літератури

1. Inverse Kinematics of a Stewart Platform
2. Застосування кватерніонів у задачах орієнтації твердого тела / В.Н. Бранец, И.П. Шмиглевский – М.: Наука, 1973. -320 с.



**В.В. Гавриленко**, д.ф.-м.н., професор (Національний транспортний університет)  
**Р.Р. Мрозакевич**, асистент (Національний транспортний університет)

### **Розробка інформаційної система розрахунку доцільності переведення комерційного автопарку на електромобілі**

Використання електромобілів у сучасному бізнес-середовищі є актуальною вимогою часу. Зростання цін на паливо, збільшення викидів, шумове забруднення від автомобілів з ДВЗ актуалізують перехід комерційних автопарків на електротранспорт.

Проте використання електротранспорту має також ряд особливостей, і керівництво компаній, які мають власний автопарк, має враховувати всі чинники, що впливають на економічну та технологічну ефективність такої заміни. Тому існує потреба у розробці інформаційної системи, яка буде максимально масштабованою під різні запити власників комерційних автопарків і дозволить автоматизувати повністю або частково процес вибору альтернатив серед електротранспорту, які забезпечать ті ж потреби діяльності, що і наявний автопарк автомобілів на ДВЗ. Значна кількість легкових автомобілів і легких комерційних транспортних засобів, які зараз використовуються в Україні, мають потенціал для заміни електричними моделями. Крім того, значна частина автопарків, які покладаються на ці типи транспортних засобів, здатна працювати виключно з електричними альтернативами. Тому доцільно виокремити параметри, які впливають на економічну доцільність заміни, і розробити модель для оцінки заміни окремої моделі автомобіля з ДВЗ в комерційному автопарку на електромобіль з відповідними технічними характеристиками.

В Україні діє Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [1], Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [2], програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF) [3]. Питаннями впровадження та розробки проектів з альтернативної енергетики займаються різні організації, наприклад, Державне енергетичне агентство з енергоефективності, Інститут відновлюваної енергетики, КТ-Енергія, компанія Atmosfera, Active Solar, Квазар та інші. Тому можна врахувати ці розробки при проектуванні інфраструктури парку електромобілів.

За допомогою проектової системи можна порівняти будь-які моделі наявних в автопарку автомобілів з ДВЗ та електромобілів, запропонованих на ринку України. Можна додати у систему автоматичне оновлення цін на електромобілі з офіційних сайтів дистриб'юторів електротранспорту в Україні. В інформаційну систему можна вносити додаткові параметри, такі як дисконтна ставка, амортизаційні відрахування, податок на прибуток тощо в залежності від сфери діяльності компанії, моделі оподаткування чи інших чинників. В інформаційній системі можна зробити API-інтеграцію із державними та статистичними сервісами, щоб система автоматично підтягувала актуальні динамічні дані. Таким чином розрахунки будуть завжди актуальні незважаючи на зміни на ринках.

Отже, розробка інформаційної система розрахунку доцільності переведення комерційного автопарку на електромобілі є актуальною для підприємств, які мають власний автопарк для виробничих потреб. Чинник масштабованості системи під різну кількість автомобілів, різні критерії порівняння та додаткові інфраструктурні аспекти дозволить застосовувати розроблену систему на будь-якому підприємстві.

#### **Література**

1. Розпорядження КМУ «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» № 605-р від 18.08.2017 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#n2>
2. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 р. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
3. Програма фінансування альтернативної енергетики України – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oecd.org/env/outreach/USELF-Ukraine.pdf>

**В.В. Гавриленко**, д.ф.-м.н., професор (*Національний транспортний університет*)  
**А.В. Огарков**, старший викладач (*Національний транспортний університет*)  
**І.О. Бедько**, асистент (*Національний транспортний університет*)

### **Розробка інформаційних систем засобами LLM**

У сучасному світі технологій Large Language Models (LLM), такі як GPT-4 від OpenAI чи LLM-270b від Meta AI, відіграють значну роль у розвитку штучного інтелекту. Ці комплексні системи, що базуються на нейронних мережах з мільярдами параметрів, відкривають нові перспективи в області обробки природної мови. Відкритість архітектури і доступність ваг деяких моделей сприяють їхньому ширшому використанню в наукових та технологічних дослідженнях.

Навчання LLM вимагає значних обчислювальних ресурсів і величезного обсягу даних, як правило, зібраних з Інтернету. Основна задача цих моделей полягає у прогнозуванні наступного слова, базуючись на контексті, що вимагає не лише знання мови, але й розуміння ширшого контексту. Моделі здатні генерувати тексти, що базуються на навчальних даних, імітуючи різні форми контенту та створюючи новий контент.

Завдяки своїм можливостям LLM здатні використовувати додаткові інструменти, такі як інтернет-браузери, для вирішення складніших завдань. Мультифункціональність цих моделей, що включає здатність сприймати та створювати зображення, аудіо та навіть код, розширює сферу їх застосування. Це робить LLM особливо гнучкими у використанні для різноманітних завдань, в тому числі у життєвому циклі програмного забезпечення.

Першим кроком у використанні LLM для розробки інформаційної системи є вибір відповідної моделі, що відповідає специфіці проекту. Моделі на кшталт GPT від OpenAI або спеціалізовані моделі для конкретних завдань можуть бути адаптовані до потреб сайту та його користувачів. Після вибору моделі відбувається її навчання та оптимізація, щоб забезпечити максимальну точність та відповідність очікуванням користувачів. Навчання моделі передбачає використання великих даних, що відображають реальні сценарії взаємодії користувачів з програмним забезпеченням.

Важливим аспектом є інтеграція LLM з існуючими веб-сайтами та додатками. Така інтеграція дозволяє створювати інтерактивні чат-боти та віртуальних асистентів, що значно полегшують навігацію користувачів по сайту та забезпечують швидке реагування на їх запити. Окрім цього, LLM здатні аналізувати поведінку користувачів, надаючи персоналізовані рекомендації та відповіді, що підвищує загальну лояльність та задоволеність користувачів.

Проте, використання LLM супроводжується певними викликами та ризиками. Основними серед них є потенційні ризики, пов'язані з неправильними відповідями, та необхідність забезпечення точності та відповідності відповідей. Постійний моніторинг та аналіз відгуків користувачів є критичним для успішного впровадження LLM. Це дозволяє виявляти можливості для покращення та адаптації системи до змінюваних умов та потреб користувачів. Крім того, захист даних користувачів є обов'язковим, особливо в контексті обробки чутливої інформації.

У підсумку, використання LLM у життєвому циклі програмного забезпечення відкриває широкі перспективи для підвищення ефективності, якості обслуговування та задоволення потреб користувачів. Однак, для досягнення цих переваг необхідно поєднувати технологічні інновації з глибоким розумінням потреб бізнесу та користувачів, а також враховувати потенційні ризики та виклики.

**Є.О. Топольськов**, к.т.н., доцент (*Національний транспортний університет*)

**Р.С. Бердо**, ст. викладач (*Національний транспортний університет*)

**В.О. Скорик**, студент (*Національний транспортний університет*)

### **Апаратно-програмний комплекс для відстеження руху пальців оператора ПК у віртуальному середовищі**

Розвиток технологій віртуальної реальності поступово робить їх досягнення більш доступними для широкого кола користувачів. Використання віртуальної реальності стає актуальним і затребуваним не тільки в відео-ігровій та кіноіндустрії, а також в інженерній, транспортній, художній і освітній галузях, й навіть у туризмі. Вже зараз існує можливість від першої особи прогулятися по змодельованій на комп'ютері будівлі чи локації та власноруч, хоч і обмежено, але взаємодіяти з об'єктами віртуального світу. Це дозволяє людині віртуально програвати різні ситуації, навчатися приймати рішення, здобувати знання і досвід з мінімальними негативними наслідками та можливими втратами у порівнянні з діяльністю у реальному світі.

На сьогоднішній день базова взаємодія з віртуальним середовищем потребує лише VR-шолома та пари контролерів. Проте треба зазначити, що стандартні пристрої введення для ПК значно обмежують спектр взаємодії з віртуальною реальністю, а більш просунуті аналоги, які здатні повністю відстежувати і відтворювати рухи всього тіла та дозволяють передавати, хоч і примітивно, тактильні відчуття, мають велику вартість (300 доларів США і вище), що обмежує їх широке використання. Тому наразі існує потреба у створенні доступних по вартості контролерів, які б відстежували рух пальців і дозволяли з достатньою точністю впливати на об'єкти віртуального світу.

У доповіді пропонується ідея створення апаратно-програмного комплексу відстеження руху пальців у віртуальному середовищі, який на сьогоднішній за рахунок низької вартості і високої точності практично не має конкурентів на ринку у ціновому діапазоні до 50 доларів США.

За основу апаратної частини розробки обрано мікроконтролер Arduino Nano, так як він споживає небагато електроенергії і є одним з найдоступніших на ринку, а також 5 датчиків змінного опору з механічними приводами пальців руки. Окрім датчиків змінного опору до плати мікроконтролера також можна приєднати декілька інших елементів для розширення функціоналу маніпулятора, наприклад, джойстики для переміщення у віртуальному середовищі, виходи інерціальних датчиків або кнопки для яких-небудь дій. Решта частин конструкції виготовляються з пластику на 3D принтері та кріпиться до рукавиці, виготовленої з будь-якого матеріалу. Така конструкція виходить дуже дешевою та простою у реалізації. Програмна частина розробки представлена прошивкою мікроконтролера Arduino, алгоритмом обробки даних і драйвером, що забезпечує взаємодію маніпулятора з операційною системою ПК та віртуальним середовищем.

При підключенні до Arduino різних датчиків технічною проблемою є те, що сигнал, який надходить з будь-якого датчика, є завжди випадковою величиною, яка коливається навколо реального значення. Це пояснюється насамперед неідеальною технологією виготовлення датчиків і впливом вібрації та зсувів під час руху датчиків, що призводять до стрибкоподібних змін вимірюваних параметрів. Для зменшення випадкових шумів використовуваних датчиків пропонується застосувати алгоритм адаптивної фільтрації.

Запропонована розробка за рахунок помірної вартості реалізації дозволить розширити коло користувачів і задач, які потребують точних маніпуляцій у середовищі віртуальної чи доповненої реальності, не гірше ніж дозволяють виконувати існуючі контролери і маніпулятори значно вищого цінового діапазону.

Н.В. Білак, доц. (Національний авіаційний університет)  
Д.П. Євтушенко, студент (Національний авіаційний університет)

### Оптимальна система стабілізації каналу тангажу малогабаритної гіровертикалі синтезована спектральним методом

**Постановка проблеми.** У сучасному світі існує зростаючий інтерес до використання малогабаритних гіровертикальних систем в різних галузях, таких як авіація, беспілотна техніка, аерокосмічна технологія, аграрний сектор і багато інших. Оптимальна стабілізація таких систем є критично важливою для їхньої надійності та ефективності. Вимоги до точності та стабільності гіровертикальних систем стосуються не тільки маневреності літальних апаратів, але і сфер, де важливо зберігати стабільність та точність, наприклад, в апаратах для обробки зображень, навігаційних системах та БПЛА.

У сучасних системах автоматизованого проектування (САПР) системних об'єктів, до яких можна віднести складні технічні системи та пристрої, використовують комп'ютерне моделювання, що піднімає процес проектування на якісно новий рівень. Більшість таких САПР містять модуль параметричної оптимізації, який дозволяє при заданій структурі пристрою, що проектується підібрати значення параметрів складових її елементів, при яких характеристики будуть знаходитися в заданих розробником межах.

Для отримання регуляторів застосовується параметричний синтез, тобто процес визначення параметрів та елементів об'єкта, що синтезується, при яких будуть задовольняти умови технічного завдання. У нашому випадку, було синтезовано П-, ПІД-, ПД-, ПІІ-регулятори, для заданої передавальної функції об'єкта та реалізовано технічне завдання, у вигляді запасу за фазою  $P_m = 55^\circ$  на графіку ЛАЧХ. При параметричному синтезі визначаються саме параметри елементів, оскільки структура має бути задана. Визначення структури виробляється у процесі структурного синтезу, а за структурно-параметричному синтезі визначаються і структура і параметри елементів, її складових.

Параметричний синтез легко піддається формалізації, отже, і автоматизації, і знайшов широке застосування у системах автоматизованого проектування. Для автоматизації параметричного синтезу необхідні:

- математична (комп'ютерна) модель;
- оптимізаційний алгоритм;
- цільова функція, що є формалізованим завданням на синтез.

При використанні цільової функції, об'єкт, що синтезується, буде оптимальним за яким-небудь критерієм (критеріями). При параметричній оптимізації змінюються лише параметри елементів, що становлять структуру проектованого пристрою, а сама структура залишається незмінною. При структурно-параметричній оптимізації змінюються як параметри, так і структура пристрою, отже, з формальної погляду, цільова функція кожної структури буде унікально і тому необхідний алгоритм її автоматичного формування. Але так, як при складанні цільових функцій система рівнянь, що являє собою математичну модель проектованого пристрою, зазвичай інкапсульована в його характеристиках, цільова функція для структурно-параметричного синтезу буде відрізнятися способом встановлення обмежень на безліч структур, які повинні забезпечити відповідність обраної структури умов технічного завдання. Такі обмеження можуть вводитися за допомогою безлічі альтернатив або морфологічної множини, на якому здійснюється пошук, і тоді їх можна віднести до моделей до алгоритмів структурного синтезу. Крім того, при синтезі структур може знадобитися додаткова цільова функція, що відображає структурні властивості об'єкта, що проектується, яка може носити якісний характер, вказуючи на більшу або меншу відповідність обраної структури умовам технічного завдання.

Слід підкреслити, що в структурно-параметричному синтезі розробник має великий вибір під час створення цільової функції, що є формалізованим завданням синтезу. Так, при параметричному синтезі застосування обмежень на критерії обмежено тим, що при даній структурі пристрою, що проектується сукупне виконання обмежень може виявитися недосяжним. При структурно-параметричному синтезі така проблема відсутня і, якщо алгоритм розроблений правильно, технічне завдання є коректним, а морфологічна безліч містить структуру, при якій виконуються дані обмеження. Отже, з великою ймовірністю рішення, яке б задовольняло умовам технічного завдання, буде знайдено. Саме до структурно-параметричного синтезу належить спектральний метод оптимальної системи стабілізації.

**Вхідні дані. Об'єкт**

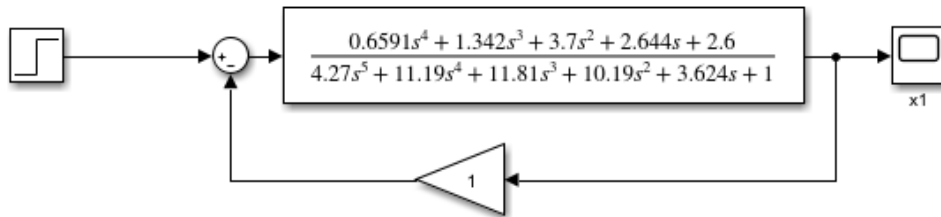
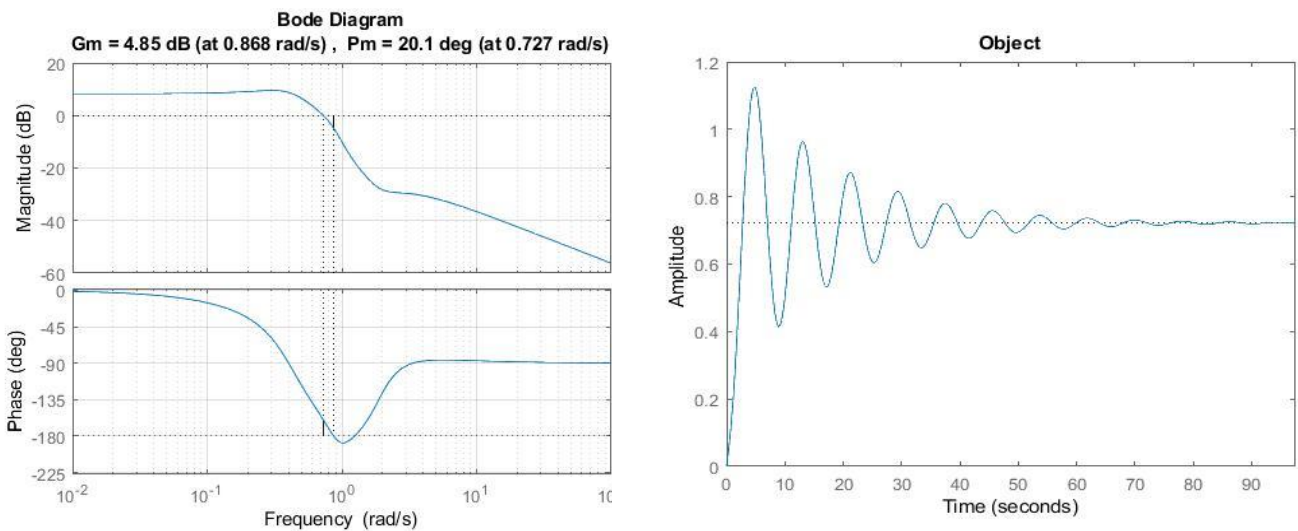


Рис. 1. Схема Simulink об'єкта

$$W_p = \frac{0.6591 s^4 + 1.342 s^3 + 3.7 s^2 + 2.644 s + 2.6}{4.27 s^5 + 11.19 s^4 + 11.81 s^3 + 10.19 s^2 + 3.624 s + 1}$$

Рис. 2. ЛАЧХ об'єкта та перехідна характеристика об'єкта



**Результати, отримані в ході синтезу системи за спектральним методом**

$$F_u = \frac{-0.0007822 s^5 - 0.08211 s^4 - 0.3978 s^3 - 0.8384 s^2 - 1.022 s - 0.7515}{s^5 + 3.726 s^4 + 6.156 s^3 + 6.928 s^2 + 4.445 s + 1.94}$$

$$F_x = \frac{-0.0001208 s^4 - 0.01261 s^3 - 0.05454 s^2 - 0.1481 s - 0.01417}{s^5 + 3.726 s^4 + 6.156 s^3 + 6.928 s^2 + 4.445 s + 1.94}$$

F<sub>x</sub> – передавальна функція по збуренню, F<sub>u</sub> – передавальна функція по управлінню.

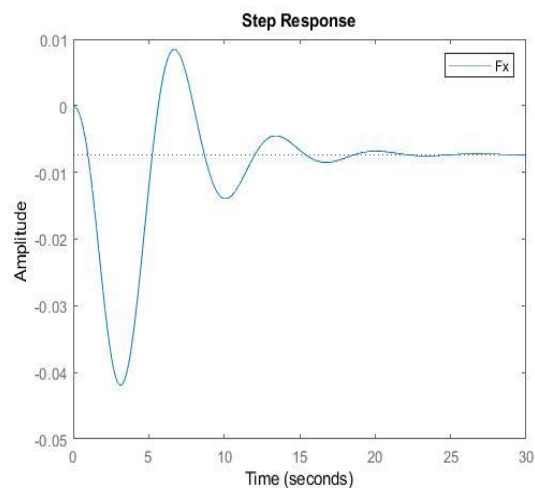
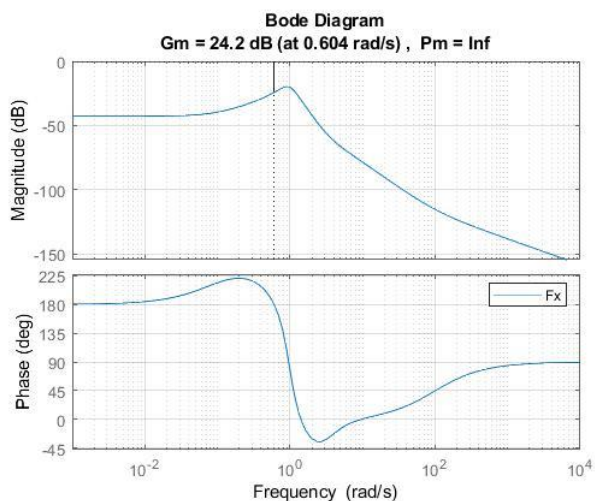


Рис. 3. ЛАЧХ передавальної функції по збуренню (F<sub>x</sub>) та перехідна характеристика

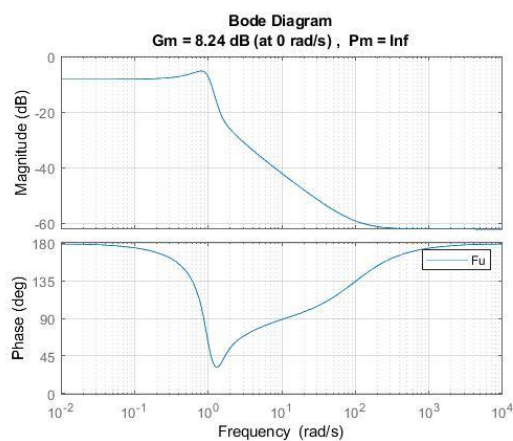
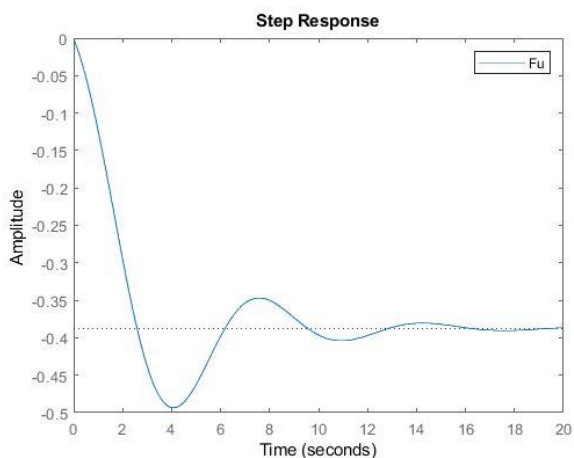


Рис. 4. ЛАЧХ передавальної функції по управлінню (F<sub>u</sub>) та перехідна характеристика

### Список літератури

1. Малогабаритна гіровертикаль (МГВ-1): <https://ppt-online.org/366951>
2. Синтез систем: <https://studfile.net/preview/3580965/>
3. Sripramong T., Toumazou C. The Invention of CMOS Amplifier ing Genetic Programming and Current-Flow Analysis. - M IEEE trans computer-aided design of integrated circuits and systems", 2002, Vol. 21 11, p. 1237-1252.
4. Chen D., Aoki T. e.a. Graph-Based Evolutional Design of Arithi tic Circuits. - "IEEE trans. on Evolutionary Computation", 2002, Vol. 6. 1,p. 86-100.

**Л.А. Кирпач**, ктн, доц. (Національний авіаційний університет)  
**Д.О. Резніченко**, студент (Національний авіаційний університет)

### **Використання сучасних комп'ютеризованих технологій в системі управління енергозабезпеченням приватного будинку**

У сучасних умовах, коли питання енергоефективності набуває все більшого значення, комплексне використання відновлювальних та альтернативних джерел енергії для енергозабезпечення приватного будинку стає оптимальним рішенням. Сучасні комп'ютеризовані технології, в свою чергу, можуть налагодити цей процес та забезпечити його належне функціонування. У зв'язку з цим виникає запит на розробку спеціальних автоматизованих систем управління енергозабезпеченням конкретного будинку, що створюються із урахуванням потреб споживачів, кількості електроносіїв, обсягу енергії, інженерних особливостей побудови, кліматичних та географічних умов тощо.

Для забезпечення результативності даних розробок необхідно застосовувати інтегральний підхід в рамках окремої енергетичної (виробничої) системи будинку, що дозволяє виділити такі етапи: планування, виробництво (генерація), передача (трансформація), накопичення, зберігання, розподіл та використання енергії.

Ефективність такого підходу можна засвідчити на прикладі комп'ютеризованої системи «Smart Char»

«Smart Char» - це модульна система (зображена на рисунку 1) електроенергетики, спроектована для максимізації домашнього споживання сонячної енергії та ефективного управління електричним обладнанням будинку.

Базова конфігурація системи складається з керуючого блоку, фотогальванічної системи, батареї зберігання енергії, інвертора і вимірювача споживання. Центральна частина системи - керуючий блок, який координує всі компоненти.

Вивчення функціонування даної комп'ютеризованої системи показало її можливості у багатьох напрямках.

1) Вона дозволяє клієнтам моніторити потоки енергії в своєму будинку в будь-який час на планшеті або смартфоні, аналізувати рівень споживання. Наприклад: скільки електроенергії в даний час виробляє сонячна система на даху, стан заряду акумулятора і поточні потреби в енергії будинку. Всі ці дані зберігаються і згодом можуть бути представлені на графіках для оцінки конкретних періодів.

2) Додаток «Smart Char» може використовуватися не тільки для моніторингу потоків енергії, а й для цілеспрямованого керування збереженням енергії, подачею необхідного обсягу енергії в мережу. Наприклад: визначати носії, що споживають найбільшу кількість енергії, обирати для них різний час споживання, щоб перерозподіляти навантаження на цілісну мережу.

3) Модульний підхід дозволяє використовувати окремі компоненти і управляти підключеними пристроями. Це означає, що рішення підходить як для нових фотоелектричних установок, так і для систем, які вже встановлені. Більш того в майбутньому вона може бути сумісною з енергогенеруючими системами інших виробників.

4) За запитом споживача є можливість контролювати всі встановлені системи через центр інсталятора. Виробництво чистої енергії, запобігання викидів CO<sub>2</sub> і зниження енергоспоживання - ось лише деякі з переваг для кінцевого споживача. Користувач може зробити активний внесок в енергетичний перехід і забезпечити збереження планети в хорошому стані для майбутніх поколінь.



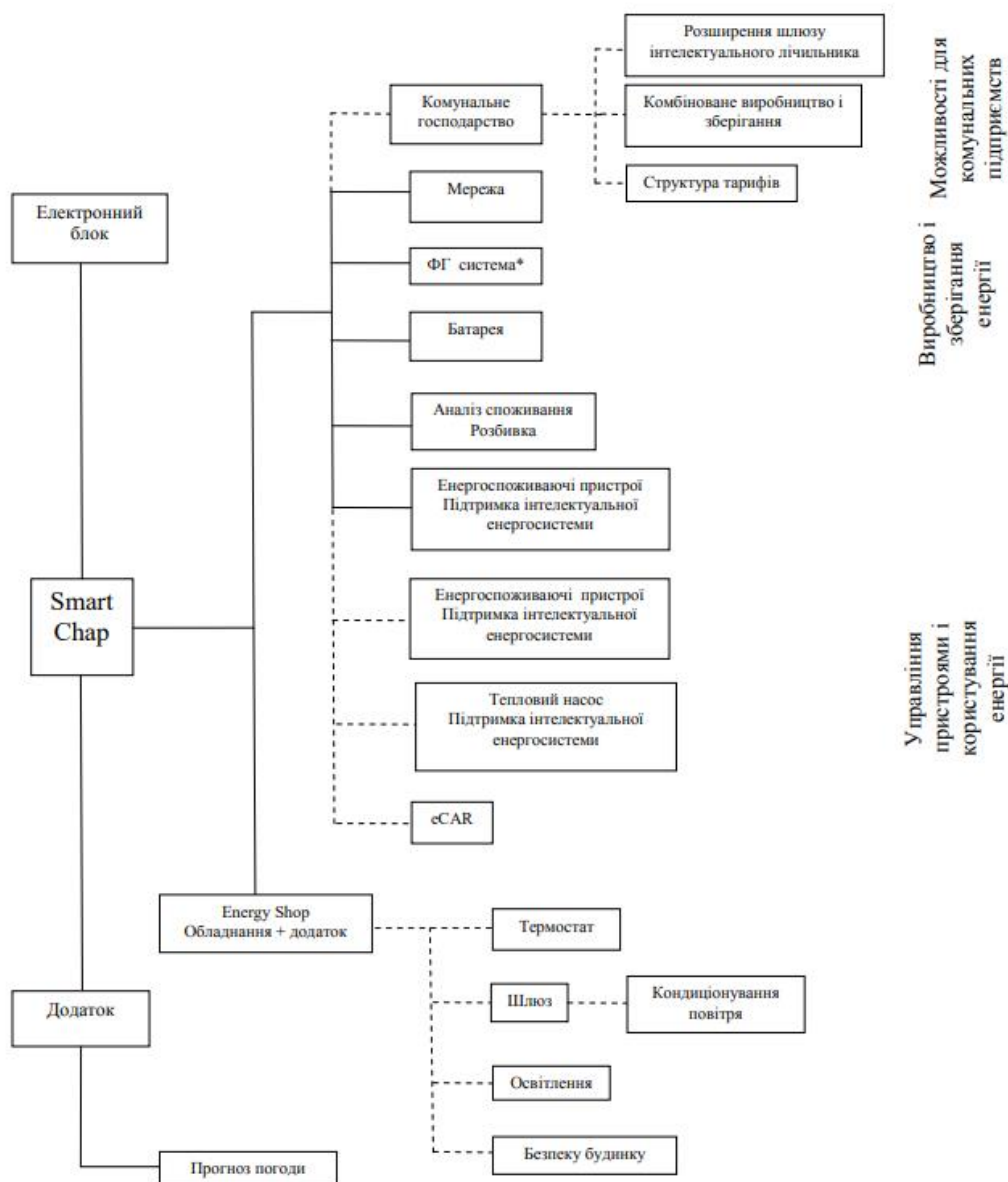


Рис. 1 – система "Smart Chap"

Аналіз впровадження комп'ютеризованої системи енергозабезпечення засвідчив, що цей напрям розробок і надалі буде популярним. Система «Smart Chap» розроблена на основі використання сонячної енергії. В подальшому виникає необхідність у створенні таких автоматизованих систем управління, у яких передбачався б комплексний підхід до використанні різних відновлювальних джерел енергії одночасно (енергія сонця, вітру, води). Зрозуміло, що завдяки такому ефективному впровадженню сучасних комп'ютеризованих технологій енергетична система перейде на інший рівень використання будь-якого виду відновлювальної енергії, як у будинку так і у будь якій іншій організації.

### Список літератури

1. Долінський А.А., Басок Б.І., Недбайло О.М. та ін. Концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії» // 3б. наук. пр. «Будівельні конструкції» — Київ, Вип.77 (2013). — С. 222— 227.
2. [Електронний ресурс] – [http://conf-ampr.diit.edu.ua/public/conferences/51/PEMS-2014/Zbirnyk\\_tez\\_2014.pdf](http://conf-ampr.diit.edu.ua/public/conferences/51/PEMS-2014/Zbirnyk_tez_2014.pdf)



**О.В.Єрмолаєва** (Національний авіаційний університет)  
**Д.В. Горбаненко**, студент (Національний авіаційний університет)  
**В.А. Грищук**, студент (Національний авіаційний університет)

### Обробка експериментальних сигналів динамічного об'єкта

Поняття якості складних динамічних систем різного призначення – одне з визначальних в інженерній практиці. Питання поліпшення чи максимізації мають постійно знаходитись в центрі уваги наукової та інженерної діяльності фахівців, котрі створюють чи експлуатують ці системи. Визначивши поняття якості конкретної складної системи, можна ставити і вирішувати задачі кількісних змін її динамічних характеристик, а також результатів перетворення динамічною системою усіх діючих на неї вхідних впливів та збурень.

Як відомо, якістю для рухомих об'єктів є точність стабілізації на траєкторії. Необхідною умовою для цього є повне знання моделей динаміки досліджуваного об'єкта і збурень, що діють на нього в процесі експлуатації. Априорі реальні моделі динаміки рухомого об'єкта під дією збурюючих факторів не завжди відомі. В таких випадках потрібним є проведення структурної ідентифікації – визначення динамічних характеристик об'єкта за результатами натурного експерименту. Першою стадією етапу ідентифікації є первинна обробка експериментальних даних.

Вхідні сигнали формувалися спеціально моделювальним послідовним багатовимірним фільтром безпосередньо з комп'ютерного псевдо білого шуму. Всі зафіксовані сигнали мають стохастичний характер. Для оцінки властивостей цих сигналів і взаємозв'язків між ними необхідно зробити їхню первинну обробку – визначення моделей динаміки сигналів у вигляді їх спектральних та взаємно спектральних щільностей

В результаті моделювання руху динамічного об'єкта були зареєстровані осцилограми управляючих впливів, а також вихідних реакцій системи (рис.1).

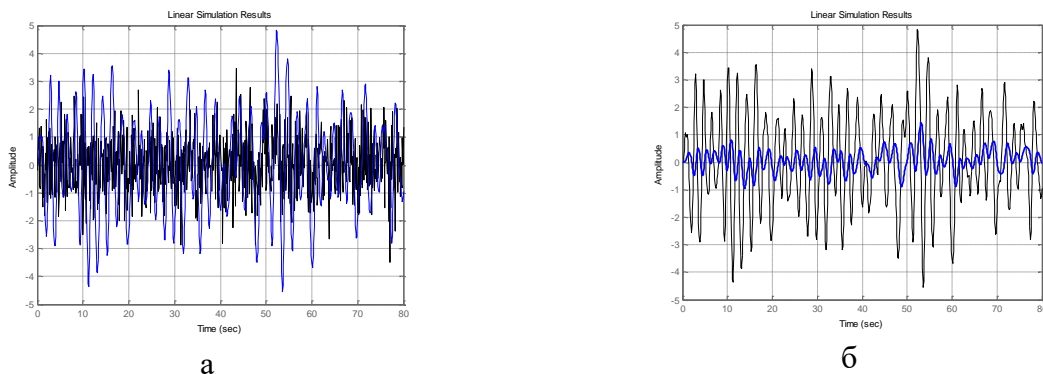
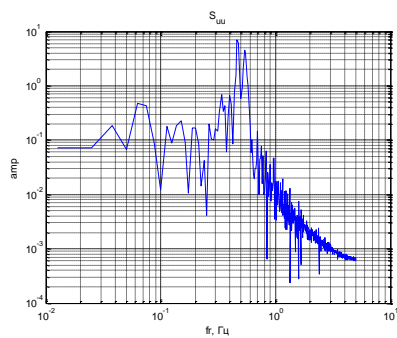
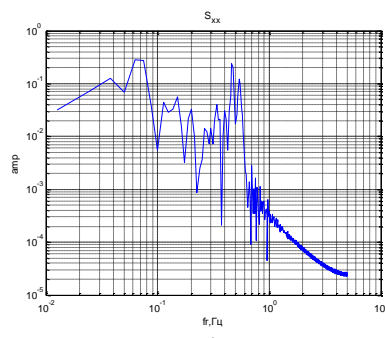


Рис.1 Осцилограми управляючих впливів (а) та вихідних реакцій системи (б)

Визначення статистичних характеристик експериментальних даних виконується за допомогою відомих алгоритмів визначення кореляційних та взаємних кореляційних функцій досліджуваних сигналів з наступним перетворенням цих функцій за Фур'є. Результатом цього є спектральні та взаємні спектральні щільності сигналів у вигляді графічних залежностей амплітуди і фази від частоти (рис.2 - 3).

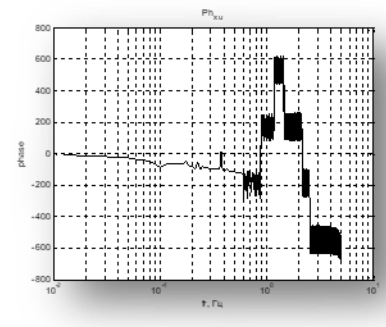
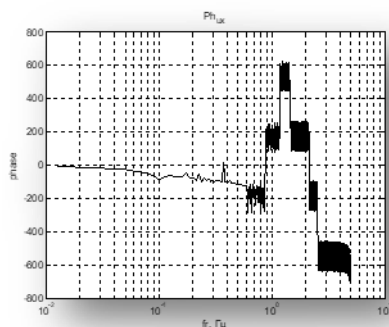
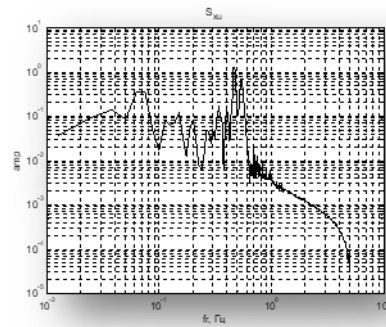
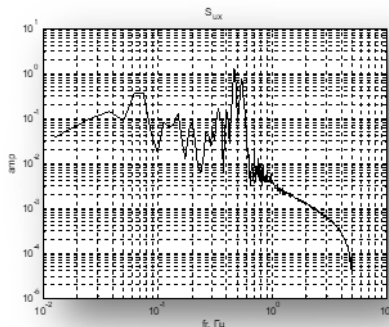


а



б

Рис.2 Спектральні щільності вхідного (а) і вихідного сигналів (б)

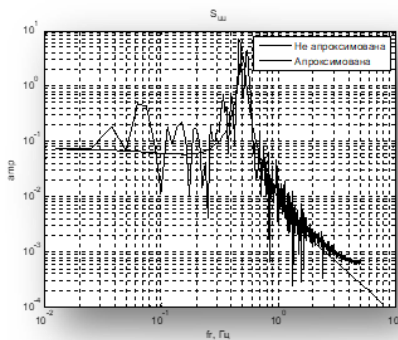


а

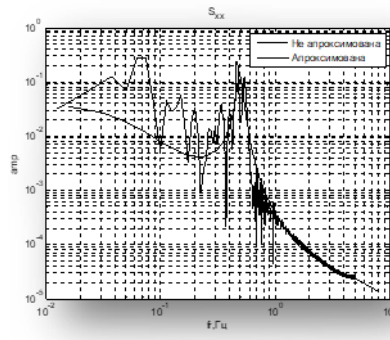
б

Рис.3 Взаємні спектральні щільності вхід-вихід (а) та вихід-вхід (б)

Для складання математичних моделей динаміки сигналів по отриманим графічним залежностям необхідно їх апроксимувати за допомогою узагальненого методу логарифмічних характеристик (рис. 4)



а



б

Рис.4 Апроксимація спектральних щільностей вхідного (а) і вихідного сигналів (б)

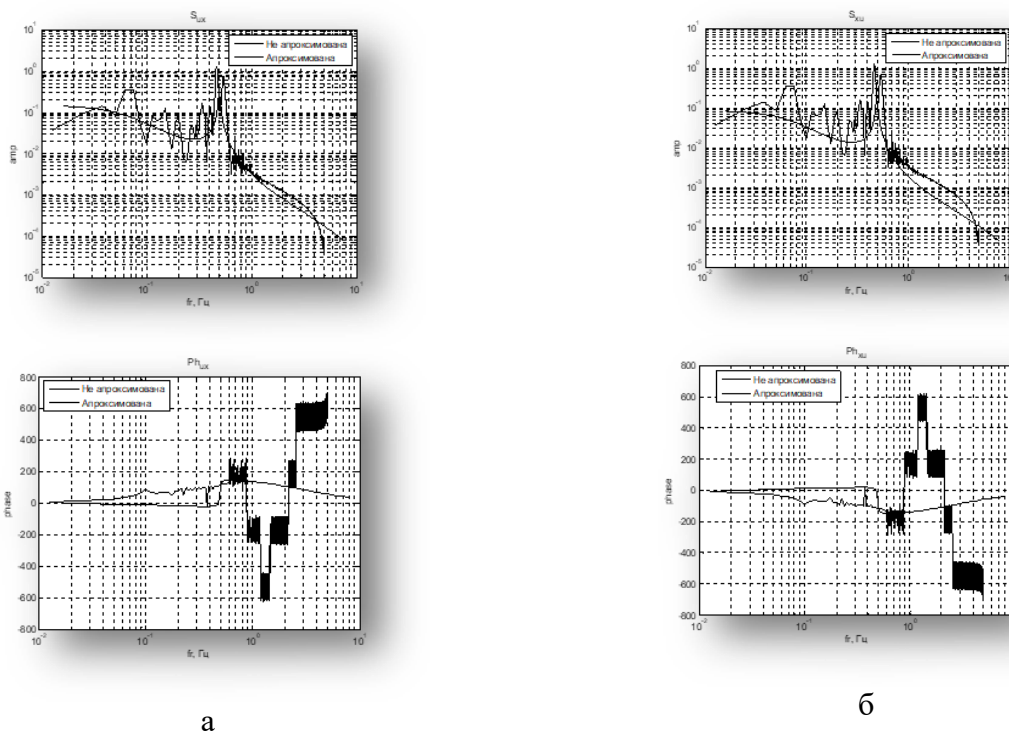


Рис.5 Апроксимація взаємна спектральних щільностей вхід-вихід (а) та вихід-вхід (б)

В результаті виконання всіх вищевказаних процедур отримані моделі динаміки сигналів динамічного об'єкта в вигляді спектральних і взаємних спектральних щільностей сигналів управління.

$$S'_{uu} = \frac{0,47^2}{\pi} \left| \frac{(0,61s + 1)(0,17^2 s^2 + 2 \cdot 1 \cdot 0,17s + 1)}{(0,32^2 s^2 + 2 \cdot 0,05 \cdot 0,32s + 1)(0,29^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,29s + 1)} \right|^2, \text{ (град}^2 \cdot \text{сек)}$$

$$S'_{xx} = \frac{0,35^2}{\pi} \left| \frac{(0,66s + 1)(0,45^2 s^2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,45s + 1)(0,1s + 1)}{(1,32s + 1)(0,32^2 s^2 + 2 \cdot 0,06 \cdot 0,32s + 1)(0,29^2 s^2 + 2 \cdot 6 \cdot 0,29s + 1)} \right|^2, \text{ (B}^2 \cdot \text{сек)}$$

$$S'_{ux} = 2,8 \cdot \frac{0,47 \cdot 0,35}{\pi} \cdot \frac{(-0,61s + 1)(0,26^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,26s + 1)(-0,09s + 1)}{(2,27s + 1)(0,32^2 s^2 - 2 \cdot 0,02 \cdot 0,32s + 1)(0,23^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,23s + 1)(0,06s + 1)}, \text{ (град} \cdot \text{B} \cdot \text{сек)}$$

$$S'_{xu} = 1,7 \cdot \frac{0,47 \cdot 0,35}{\pi} \cdot \frac{(0,61s + 1)(0,26^2 s^2 - 2 \cdot 2 \cdot 0,26s + 1)(0,09s + 1)}{(-2,27s + 1)(0,32^2 s^2 + 2 \cdot 0,02 \cdot 0,32s + 1)(0,23^2 s^2 - 2 \cdot 2 \cdot 0,23s + 1)(-0,06s + 1)}, \text{ (град} \cdot \text{B} \cdot \text{сек)}$$

Отримані моделі можуть бути використані на етапі структурної ідентифікації динамічного об'єкта й синтезу його оптимальної структури.

### Список літератури

1. Статистична динаміка систем управління / Л.М. Блохін, М.Ю. Буриченко, Н.В. Білак, Ю.М. Безкорвайний, О.П. Кривоносенко Підручник для ВНЗ. – К.: НАУ, 2010. – 276 с.
2. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: монографія / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С. — К.: НАУ, 2006. — 440 с.

**В.Ю. Донець**, студент (*Національний авіаційний університет*)

### **Оптимальна система точної навігації БПЛА типу RTK**

**Постановка проблеми.** Технологія RTK умовно новою, але все частіше застосовується у різних галузях. Це пов'язане з тим що підприємства автоматизується і намагаються збільшити маржу своїх товарів або послуг. Саме тому всі намагаються автоматизувати, пришвидшити, і зробити більш точним і дешевшим своє виробництво. Тому технологія GPS вже перестала влаштовувати і її на допомогу прийшов RTK. Якщо точність GPS становить від 5-20м то точність технології RTK становить вже сантиметри, що дозволяє автоматизувати складні потреби.

Систему RTK можна використовувати з передовою технікою. Одною із них є БПЛА. Перші безпілотні літальні апарати з'явилися ще у 1994 роках, але масовості набули не так давно. Відносна дешевизна і простота конструкції зробила звичайні дрони популярними, але яким чином вони відносяться до БПЛА. Коли поєднуємо технологію RTK і дрона то ми можемо отримати апарат який не буде потребувати втручання людини для проходження маршруту у заданих координатах.

Основна суть навігації типу RTK полягає в тому, щоб отримувати сигнал від GPS і базової станції. Базова станція може бути, як інший більш точний приймач сигналу так і визначені станції з наперед відомими координатами. Іноді ровер може втрачати сигнал для цього потрібно його відкалібрувати для відновлення точності навігації, тому бпла які керуються за допомогою елеронів не є найкращим вибором для навігації RTK. Квадрокоптери мають більшу гнучкість руху і можуть стабільно утримуватися в повітрі, що дозволяє їм здійснювати точну навігацію в режимі RTK навіть у зоні обмеженого доступу до супутників. Квадрокоптери являються більш ефективними для синхронізації, оскільки вони можуть зупинятися у повітрі, забезпечуючи додатковий час для отримання та обробки сигналів з супутників і головної станції.

В RTK-навігації передача даних між базовою станцією і ровером є критичною для забезпечення високоточного позиціонування. Передачу сигналу впливає дисперсійна і не дисперсійна компонента. RTK-навігація хоч високоточною в плані позиціонування, але недоліком системи є великі об'єми даних котрі передаються на ровер. Чим менші об'єм даних буде передано на ровер, ти швидше він зможе їх опрацювати. Дисперсійні і не дисперсійні змішення є важливою складовою значень котрі передаються на ровер для коректування його положення. Дисперсійні змішення виникають у наслідок систематичних помилок. Недисперсійні змішення виникають у наслідок помилок які не можливо прорахувати чи змодельовати наперед наприклад, як шумами в сигналах, множинними відбиттями сигналу. Якщо об'єми переданих даних можна зменшити, це може призвести до зниження вимог до пропускної здатності мережі та поліпшення продуктивності системи. Однак, при цьому, важливо враховувати, що зменшення об'єму переданих даних може вплинути на якість корекції та, відповідно, на точність позиціонування. Метод який був обраний це частота відправлення корекції він має як свої переваги та недоліки. До переваги може віднести зменшення об'єму файлів котрі потрібно буде передати з головної станції, що призводить до зменшення обчислювальних дій у процесорі. Це надає змогу зменшити розміри ровера і зменшити його ціну. До недоліків віднесемо зменшення точності через зменшення об'єму даних. Різниця швидкості обробки даних на станції приймачі може бути визначена конкретно реалізацією алгоритмів обчислення та обробки корекцій. Також на обробку помилок можуть впливати швидкість руху ровера. При збільшенні швидкості його помилка буде збільшуватися. Було з модульовано передача сигналу у ідеальних умовах дисперсійна, де не дисперсійна компонента не розділяється.

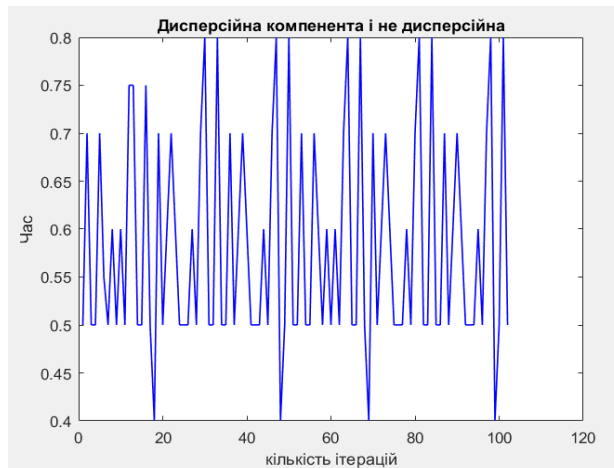


Рис.1 Одночасний обрахунок двох компонент

Роздільне відправлення помилок за часом що збільшу ефективність передачі даних

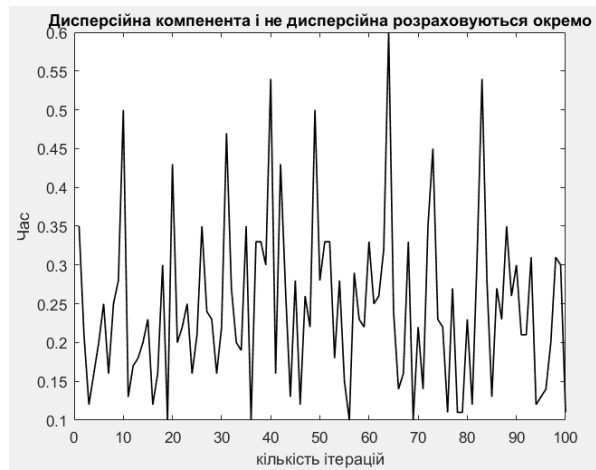


Рис.2 Компоненти розраховані окремо

Порівняння передачі сигналу з різними інтервалами часу.

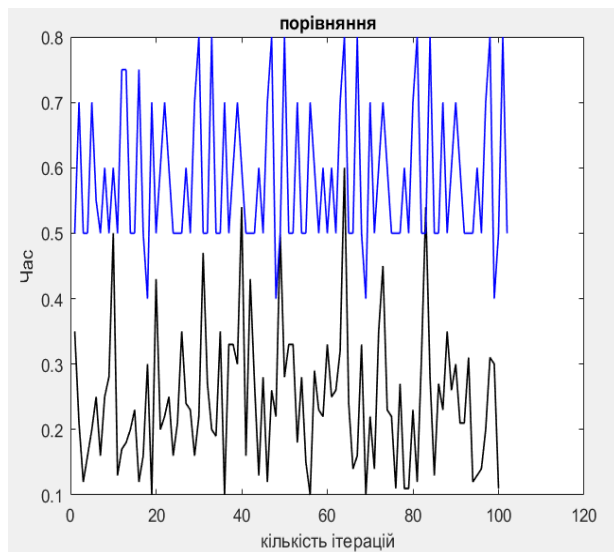


Рис.3 Порівняльний графік

З цього відпливає що відправка різних помилок через різні проміжки часу має сенс і зменшує кількість даних які потрібно обробити, навіть в піку передачі роздільна передача показує себе краще.

### Список літератури

1. Hans-Jurgen Euler Reference Station Network Information Distribution 03 December 2005
2. RACELOGIC. How Does RTK (Real Time Kinetic) Work? RACELOGIC Support Centre: [https://en.racelogic.support/VBOX\\_Automotive/01General\\_Information/Knowledge\\_Base/How\\_Does\\_RT\\_\(Real\\_Time\\_Kinetic\)\\_Work?](https://en.racelogic.support/VBOX_Automotive/01General_Information/Knowledge_Base/How_Does_RT_(Real_Time_Kinetic)_Work?)
3. Lambert Wanninger Introduction to Network RTK 11 June 2004: <http://www.wasoft.de/e/iagwg451/intro/introduction.html>
4. Frederik Jacobus Potgieter Navigational precision of an autonomous ground vehicle using multiple sensors March 2016

**К.Д. Сушильников**, студент (*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*)  
**Т.А. Імасва**, студентка (*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*)  
**А.О. Забловська**, студентка (*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*)

### Розпізнавання емоцій людини за допомогою нейронних мереж

Розробка технології розпізнавання емоцій в реальному часі, зокрема використовуючи згорткові нейронні мережі, для покращення якості міжособистісної взаємодії та інтерфейсів користувача в різних сферах. Мета полягає в створенні точної та швидкої системи, здатної класифікувати емоції в режимі реального часу з високою ефективністю, що може знайти застосування в медицині, соціальних дослідженнях, маркетингу та розвагах.

Завдання цієї теми передбачає розробку та впровадження системи реального часу для розпізнавання емоцій на обличчях людини. Ключовими викликами є створення ефективної згорткової нейронної мережі, забезпечення високої точності класифікації емоцій та інтеграція з інтерфейсами користувача. Задачі включають оптимізацію для швидкодії та роботи в реальному часі, а також застосування у різних сферах, таких як медицина, соціальні дослідження, маркетинг і розваги.[1]

Алгоритм можна представити у вигляді зображеному на рисунку 1:

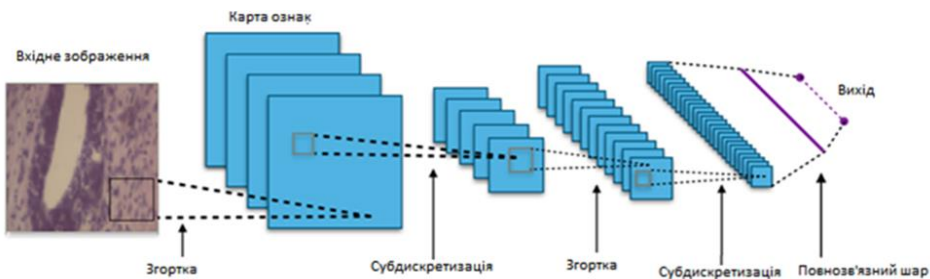


Рис. 1. Класифікація шарів згорткових нейронних мереж.

Субдискретизація - це процес зменшення розмірності сигналу або зображення шляхом видалення деякої інформації або зведення даних до меншої кількості точок чи пікселів. Це також називають децимацією в області сигналів.

У контексті зображень субдискретизація часто використовується в процесі пулінгу в згорткових нейронних мережах. Під час пулінгу розмір області зменшується шляхом об'єднання інформації з деякого регіону зображення (наприклад, у випадку максимального пулінгу, вибираються лише максимальні значення пікселів у кожному регіоні). Це дозволяє зменшити розмірність зображення і знизити кількість параметрів, що зменшує обчислювальні витрати і ризик перенавчання.

Після тренування нейронної мережі вона стає здатною класифікувати емоції або характеристики на зображеннях з високою точністю. Процес тренування включає в себе ваги оптимізації фільтрів у кожному шарі таким чином, щоб мережа здатна була виявляти та класифікувати емоції на обличчях людей у реальному часі з високою точністю.[2]

Основна формула для згорткової операції виглядає наступним чином:

$$S(i, j) = (I * K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i + m, j + n) * K(m, n) \quad (1)$$

де:

$S(i, j)$  - значення пікселя у вихідному зображенні,

$I$  - вхідне зображення,

$K$  - ядро або фільтр,

$(i, j)$  - координати пікселя на вихідному зображенні,

$(m, n)$  - координати елементів ядра.

Узагальнена математична модель роботи всіх шарів представляє :

$$H_i = f(\sum_{j=1}^n W_{ij} * X_j + b_i) \quad (2)$$

де  $H_i$  -  $i$ -тий канал вихідного зображення,  $X_j$  -  $j$ -те вхідне зображення,  $W_{ij}$  - ядро згортки,  $b_i$  - зміщення (bias), а  $f$  - функція активації (наприклад, ReLU).

Шари підсумовування (pooling): Ці шари зменшують розмірність зображення шляхом підсумовування інформації з попередніх шарів згортки. Це допомагає зменшити кількість параметрів у мережі та покращити роботу з об'єктами різних розмірів на зображенні.

$$Y_i = \max(X_i * s : (i+1) * s, j * s : (j+1) * s) \quad (3)$$

де  $Y_i$  -  $i$ -те значення вихідного зображення,  $X_i * s : (i+1) * s, j * s : (j+1) * s$  - область вхідного зображення, що розглядається для підсумовування, а  $s$  - розмір пікселя області підсумовування.

Повністю зв'язані шари: Ці шари виконують класифікацію об'єктів на зображенні, використовуючи інформацію, отриману з попередніх шарів. Вони допомагають з'єднати виявлені особливості з зображеннями до певних класів або емоцій.

$$Y = f(WX + b) \quad (4)$$

де  $Y$  - вихідне значення,  $X$  - вхідний вектор,  $W$  - матриця ваг,  $b$  - вектор зміщень, а  $f$  - функція активації (наприклад, softmax для класифікації).[3]

У цьому дослідженні було розглянуто та реалізовано систему розпізнавання емоцій на обличчях людини в реальному часі, використовуючи згорткові нейронні мережі. Застосування цієї технології виявило високу точність та ефективність в класифікації різних емоцій, від щастя до злості, що робить її потенційно корисною в різних сферах життя, таких як медицина, соціальні дослідження, маркетинг та розваги.

У великому і цікавому контексті розвитку емоційного інтелекту та технологій, розпізнавання емоцій за допомогою нейронних мереж в реальному часі визначається як перспективна та потужна технологічна можливість з великим потенціалом для подальшого вдосконалення та застосування.

### Список літератури

1. "Основи згорткових нейронних мереж для аналізу зображень" [Електронний ресурс]. — URL: <https://towardsdatascience.com/basics-of-image-classification-with-convolutional-neural-networks-cnn-cbeba760a8ae>
2. "Глибокі Нейронні Мережі для Вирішення Завдань Розпізнавання і Класифікації Зображення?" [Електронний ресурс]. — URL: <https://itcm.comp-sc.if.ua/2017/Sineglazov.pdf>



Шевченко А.А. студент (Національний авіаційний університет)

Романовський Е.Р. студент (Національний авіаційний університет)

### Система захисту БПЛА від перехвату управління

Перехоплення управління безпілотних літальних апаратів (БПЛА) шляхом відправлення помилкових даних системи GPS - один із найпоширеніших і найскладніших одночасно видів електронної атаки на БПЛА. Підсумком такої атаки, проведеної з використанням сучасного обладнання, може бути як мінімум відхилення від курсу і виліт за потрібний квадрат, а в гіршому випадку - відмова всіх необхідних датчиків. Безпілотні літальні апарати знаходять широке застосування в різних областях, у будь-якій з яких перехоплення є небажаним або неприпустимим. Але найчастіше це пов'язано зі стандартними протоколами обміну даними між оператором та БПЛА, а також БПЛА та супутником GPS.

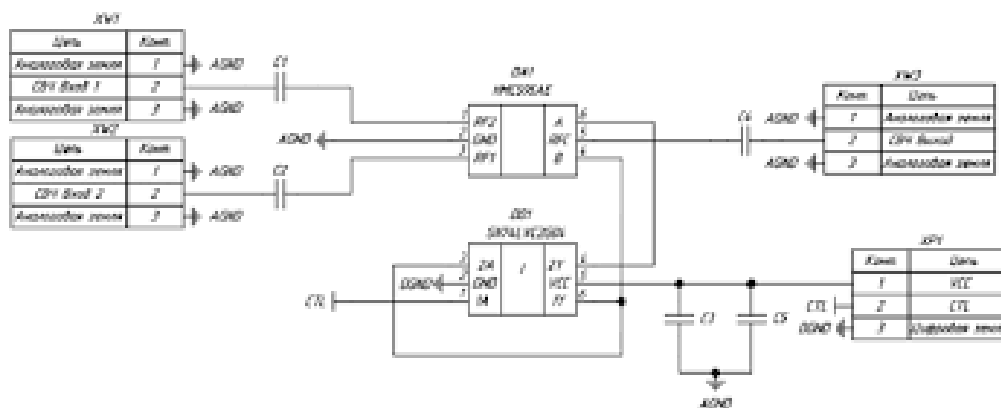


Рис 1. Комплекс перехвату управління БПЛА

Існуючі на сьогоднішній день методи протидії подібним атакам не можна вважати високоефективними. Як методи боротьби з GPS-Spoofing розглядають системи криптографії, а також застосування засобів перешкодостійкості кодування з використанням керованих перестановок, що дозволяють на короткому відрізку часу здійснювати маскування істинної структури сигналу [1]. Пропонується новий альтернативний підхід до проблеми захисту БПЛА від GPS Spoofing і подібного роду активних атак перехоплення управління апаратом, який полягає в реалізації так званої Системи Альтернативного Орієнтування (САО). Принцип роботи даної системи базується на математичному обчисленні положення БПЛА щодо останніх даних, отриманих від GPS-супутника до початку розриву з'єднання при спробі реалізації атаки типу GPS Spoofing і зміні його курсу за записаним раніше маршрутом. Система завдяки наявності специфічних датчиків визначає значення швидкості, напрямку, висоти та інших критичних параметрів управління БПЛА і виходячи з цього виробляє математичний розрахунок пройденого шляху, записуючи це внутрішню карту місцевості. Представлений метод може забезпечити захист БПЛА від атаки типу GPS Spoofing, безпечно перенаправити апарат у найближчу задану раніше точку пройденого маршруту до моменту відновлення з'єднання з оператором. На відміну від відомих методів, запропонована система трохи підвищує вартість БПЛА, його масу і не ускладнює його конструкцію.

### Список літератури

1. Spoofed' GPS signals can be countered, researchers show [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://news.cornell.edu/stories/2012/07/researchers-counter-gps-spoof-attack>. - Дата доступу: 20.11.2023.

**В.В. Чіковані**, дтн, проф. (Національний авіаційний університет)  
**М.О. Костюков**, студент (Національний авіаційний університет)

### Мінімізація зміщення нуля вібраційного гіроскопа шляхом керування положення вібраційної хвилі

Гіроскоп — це інерційний датчик, який використовується для вимірювання або контролю орієнтації та швидкості обертання тіла. На початку 17 століття люди час від часу використовували обертові масові об'єкти для навігації. Концепція обертового масового гіроскопа була вперше розроблена французьким вченим Жаном Бернаром Леоном Фуко в 1852 році [1]. Наприкінці 18 століття використання гіроскопа поширилося на навігацію суден у морі. На початку 20-го століття традиційний обертовий масовий гіроскоп почав використовуватися в літаках [2]. У 1960-х роках було введено концепцію оптичних лазерів для гіроскопів, які забезпечили вищу точність і кращу чутливість і зробили величезний стрибок вперед для аерокосмічних і військових застосувань [3]. Однак витрати, пов'язані з оптичними гіроскопами, були досить високими, і це стало мотивацією для розробки вібраційних гіроскопів з мікроелектромеханічними системами (MEMS). За останні кілька десятиліть було розроблено велику кількість гіроскопічних технологій MEMS з високою чутливістю, високим масштабним коефіцієнтом і зниженими витратами на виготовлення [4]. Сьогодні в нашому повсякденному житті смарт-пристрої зазвичай використовуються для відстеження, а для їх навігації потрібні системи глобального позиціонування, такі як мобільні телефони, розумні годинники та транспортні засоби. Навігаційні системи містять інерційні вимірювальні пристрої (IMU) [5], які встановлені в інтелектуальних електронних пристроях [6]. IMU зазвичай складається з кількох інерційних датчиків, включаючи гіроскоп, акселерометр і магнітометри. Усі ці датчики працюють за різними науковими принципами: гіроскоп — це інерційний датчик обертального руху, який виявляє зміну положення під час обертання, акселерометр — датчик поступального руху, який виявляє лінійне прискорення [7], а магнітометр дає вказівки в система координат [8].

1) Нехай є система рівнянь:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F_D + 2m\Omega \frac{dy}{dt} \quad (1)$$

Відповідь режиму чутливості, як правило, дуже мала за величиною порівняно з відповіддю режиму водіння, тому сила Коріоліса  $2m\Omega \frac{dy}{dt}$  стане незначною і рівняння (1) можна записати

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F_D \quad (2)$$

$$m \frac{d^2y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + ky = F_S - F_C \quad (3)$$

$$F_C = -2m\Omega \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

(1)

де  $F_D$ ,  $F_S$ ,  $F_C$  - рушійна, чутлива та коріолісова сили відповідно,  $m$  – інерційна маса,  $x$  – переміщення рушійного руху,  $y$  – зміщення чутливого руху,  $c$  – коефіцієнт демпфування,  $k$  – константа жорсткості та  $\Omega$  – швидкість зовнішнього обертання.

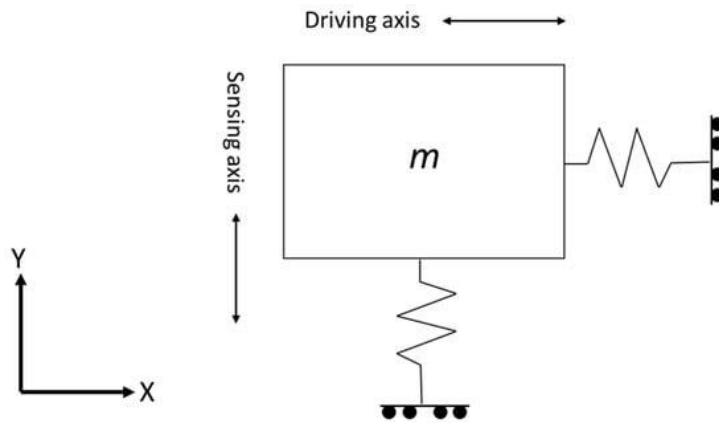


Рисунок 1.1. Просте зображення коливальної системи пробної маси

2) Рівняння руху для одного ступеня свободи:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F \quad (5)$$

$$\zeta = \frac{c}{c_c} = \frac{c}{2\sqrt{km}} \quad (6)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (7)$$

де  $m$  – тестова маса,  $c$  – константа демпфування,  $k$  – константа жорсткості,  $c_c$  – константа критичного демпфування,  $\omega_n$  – власна частота,  $\zeta$  – коефіцієнт демпфування.

Підставляючи в рівняння власну частоту і коефіцієнт демпфування, що є відношенням демпфування до критичного демпфування, рівняння руху для системи з одним ступенем свободи має вигляд:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\omega_n \zeta \frac{dx}{dt} + \omega_n^2 x = \frac{F}{m} \quad (8)$$

Сила Коріоліса базується на законі збереження імпульсу. Для вібраційного гіроскопа потрібні чутливі механічні частини, підвішені на підкладці, які створюють імпульс у певному напрямку. У вібраційних гіроскопах MEMS система осциляторів повинна бути включена разом із рушійними електродами, що генерує гармонічне збурення та підтримує цей імпульс вздовж провідної осі. Рівняння руху для приводу задається як:

$$m_D \frac{d^2 x}{dt^2} + c_D \frac{dx}{dt} + k_D x = F_D \sin \omega t \quad (9)$$

Де  $m_D$  – рушійна сила,  $c_D$  – константа демпфування руху,  $k_D$  – константа жорсткості рушійної пружини для резонатора з одним ступенем свободи.

Вібруючу структуру необхідно збудити гармонійно силою  $F = F_0 \sin \omega t$ . Добротність режиму руху  $Q_D$  і керуюча резонансна частота  $\omega_D$  визначає амплітудний відгук для гармонійного збудження та записується як у рівнянні (10).

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (10)$$

$$x_0 = \frac{F_0}{k \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_D}\right)^2\right)^2 + \left(\frac{\omega}{Q_D \omega_D}\right)^2}} \quad (11)$$

$$\omega_D = \sqrt{\frac{k_D}{m_D}} \quad (12)$$

$$Q_D = \frac{m_D \omega_D}{c_D} \quad (13)$$

Коефіцієнт якості та масштабний коефіцієнт є важливими параметрами для опису ефективності та продуктивності гіроскопа, і вони мають вирішальне значення

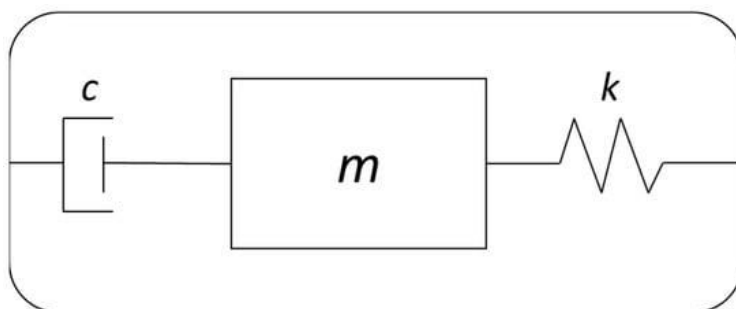


Рисунок 1.3. Типовий резонатор з одним ступенем свободи

Чутливість вібраційного гіроскопа до частоти обертання  $\Omega$  можна підвищити шляхом налаштування різних параметрів для керування ефектом Коріоліса:

1. Збільшити амплітуду  $x_0$ .
2. Збільшити масу Коріоліса  $m_C$  одночасно зменшуючи чутливу масу  $m_S$ .
3. Використовуючи вакуумну упаковку, підвищте коефіцієнт якості датчик  $Q_S$ .

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Turner, G. History of Gyroscopes. 2004. Available online: <http://www.gyroscopes.org/history.asp> (accessed on 1 August 2022).
2. Tazartes, D. (Ed.) An historical perspective on inertial navigation systems. In Proceedings of the 2014 International Symposium on Inertial Sensors and Systems (ISISS), Laguna Beach, CA, USA, 25–26 February 2014; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2014.

**О.М.Терещенко**, категорія вища,ст.викладач  
(Васильківський фаховий коледж Національного авіаційного університету)

### Інтелектуальна система контролю параметрів руху роботизованих систем

Стосовно роботизованих систем задача інтелектуалізації полягає у підвищенні ефективності функціонування робочих механізмів системи із середовищем за рахунок алгоритмів адаптації в умовах обмеження часу на прийняття рішення.

Одним із сучасних підходів вирішення такого класу задач, пов'язаних з обмеженням методів крапкового виміру, є застосування технологій безперервного контролю параметрів робочого процесу. Даний метод безперервного контролю робочого процесу заснований на гіпотезі, що роботизована система і параметри зовнішнього середовища утворюють єдину динамічну систему, що володіє унікальними характеристиками.

Принцип роботи системи представлено та залежність середньоквадратичної помилки від ітерації та діаграму узагальнюючої здатності мережі. на рисунку.



Навчання припиняється, коли помилка validation набору даних перестає зменшуватися.

Дані сенсорів піддаються спектральному перетворенню Фур'є (модуль FE) і класифікуються штучною нейронною мережею. Потім оцінюється якість робочого процесу, ґрунтуючись на знаннях. На виході використовується монітор запис до протоколу, щоб відбити процес під час експлуатації.

Вхідні дані нейронної мережі формуються з функцій, витягнутих з виходів відповідних сенсорів. Кількість вхідних вузлів нейронної мережі, вибирається на основі кількості витягнутих ознак. Кількість вихідних вузлів залежить від необхідного дозволу класифікації.

Використовується алгоритм навчання мережі зворотного поширення, заснований на алгоритмі Левенберга Марквардта (LM) [1]. Мета навчання нейромережі – знайти такі значення параметрів (ваг), при яких помилка класифікації буде мінімальною. Навчання припиняється, коли помилка validation набору даних перестає зменшуватися.

Для безперервного контролю якості робочих процесів роботизованих систем можна використовувати двохслойну нейронну мережу.

### Список літератури

1. Методи дослідження операцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. О. Кузьмініх, О. К. Молодід, Р. А. Тараненко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,185 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 117 с.

**О.В. Іващенко**, аспірант (*Національний транспортний університет*)  
**С.С. Федін**, д.т.н., професор (*Національний транспортний університет*)

### **Використання самоорганізуючих карт у дослідженні пасажирських потреб та прогнозуванні патернів поведінки у транспортних системах**

У наш час управління транспортними системами стає важливішим завданням, що вимагає глибокого аналізу широкого спектру даних. Вдосконалення ефективності транспорту передбачає ретельне вивчення інформації про час подорожей, частоту використання транспортних засобів, популярні маршрути, а також аналіз показників щоденних, щотижневих чи щомісячних подорожей окремих користувачів. З метою ефективного управління та вдосконалення транспортних систем необхідно чітко розуміти потреби пасажирів, їхню поведінку, також важливо враховувати зміни у структурі населення, тенденції урбанізації та розвиток нових технологій. Це дозволяє прогнозувати не лише поточні потреби, але і адаптувати транспортні системи до майбутніх викликів.

Необхідність збереження екологічної стійкості та раціонального використання ресурсів також визначає важливість застосування аналізу пасажирських попитів. Системи, які раціонально реагують на зростаючий попит та враховують екологічні аспекти, не лише поліпшують якість обслуговування, але й сприяють сталому розвитку міст та регіонів. Інноваційні підходи до аналізу пасажирських потреб дозволяють виробникам транспортних засобів та операторам пристосовувати свої послуги до високих стандартів екологічної ефективності.

Серед методів аналізу пасажирських попитів і моделювання патернів поведінки використовується кластерний аналіз, зокрема самоорганізуючі карти Кохонена (Self-Organizing Maps, або SOM). Цей інструмент дозволяє візуалізувати складні структури в наборах даних, роблячи зрозумілими їхні зв'язки та закономірності. SOM також застосовуються для кластеризації даних, виділяючи групи об'єктів зі схожими властивостями, наприклад, для автоматичного визначення та сегментування різних режимів руху або завантаженості доріг. Виявлені закономірності дозволяють розробляти моделі для прогнозування транспортних потреб, що сприяє гнучкому адаптуванню інфраструктури до змін у попиті.

Крім цього, SOM допомагають зменшити розмірність даних, спрощуючи їх обробку та аналіз, і виявляють аномалії та несподівані залежності. Це корисно для виявлення проблем або потенційних можливостей у транспортних системах. SOM підтримують процеси прийняття рішень, надаючи аналітичні засоби для обґрунтованого управління на основі даних.

У сфері транспортних систем, використання SOM дозволяє класифікувати пасажирів за їхніми споживчими звичками, що допомагає управлінцям розробляти ефективні стратегії обслуговування. Аналізуючи дані з використанням самоорганізуючих карт, можна ідентифікувати популярні маршрути, часові піки пасажирського попиту, а також виділити різні групи пасажирів за їхніми уподобаннями та потребами.

Це допомагає транспортним компаніям оптимізувати розклади руху транспортних засобів, поліпшувати обслуговування на популярних маршрутах і вдосконалювати системи білетного обслуговування. Крім того, самоорганізуючі карти дозволяють передбачати тенденції пасажирського попиту в майбутньому, дозволяючи заздалегідь планувати ресурси та оптимізувати витрати на утримання транспортної інфраструктури. Цей аналіз також може використовуватися для покращення сервісу, створення нових транспортних послуг та збільшення кількості пасажирів.

Таким чином, застосування самоорганізуючих карт в аналізі пасажирських попитів та моделюванні патернів поведінки в транспортних системах необхідне для забезпечення ефективного та зручного транспортного обслуговування, що відповідає потребам сучасного суспільства.

**О.В. Харкянен**, к.т.н., доцент (*Національний транспортний університет*)  
**Д. І. Ігнатенко**, студент (*Національний транспортний університет*)

### Інформаційні технології для удосконалення процесів веб-розробки

В сучасному світі веб-розробка відіграє ключову роль у створенні та підтримці функціональних та естетичних веб-сайтів. Розробка веб-проектів стає все більш складною через потребу у вдосконаленні та оптимізації процесів. В рамках цієї роботи досліджується вплив інформаційних технологій на покращення процесів веб-розробки та наведено переваги використання таких засобів.

**SCSS** – це препроцесор, що дозволяє писати код для стилів CSS. Його синтаксис дуже гнучкий, враховує безліч дрібниць, які так бажані в CSS. Порівняно зі звичайним CSS він має потужніший функціонал, який включає в себе зручність в роботі зі стилями, можливість використання змінних, міксінів, наслідування. Препроцесор побудований мовою Ruby і передбачає використання його терміналу або командного рядку для перетворення SCSS на CSS. Мову Ruby при цьому знати не обов'язково. Деякою незручністю є те, що браузер не сприймають файли, написані на SCSS і не можуть прочитати код всередині них, що вимагає конвертації у звичні CSS файли.



Рис. 1. Препроцесор SCSS.

**TypeScript** – це мова програмування, яка являє собою надмножину JavaScript. Вона додає статичну типізацію і додаткові функції, які допомагають розробникам створювати більш надійні та масштабовані додатки. Однак, незважаючи на свої розширені можливості, TypeScript зберігає сумісність зі стандартами JavaScript, що робить його легко інтегрованим в наявні проекти. TypeScript надає можливість визначати типи даних змінних, параметрів функцій, об'єктів тощо, що допомагає виявляти помилки на етапі розробки та полегшує роботу з кодом. Підтримує нові функції та можливості, які вводяться в нових версіях ECMAScript, дозволяючи розробникам використовувати їх і в старіших версіях JavaScript. TypeScript підтримує об'єктно-орієнтований підхід до програмування через використання класів та інтерфейсів, що спрощує структуру коду та полегшує його розуміння.



Рис. 2. Узагальнена модель управління технічною системою.

**Figma** - це онлайн-редактор, призначений для створення макетів, прототипів і дизайну користувацького інтерфейсу (UI) і користувацького досвіду (UX). Це потужний інструмент, який дає змогу дизайнерам працювати в режимі реального часу, спільно редагувати та ділитися своїми проєктами в хмарі. Figma має безліч переваг для роботи, включно з можливістю роботи в режимі реального часу, спільною роботою, доступністю та зручністю використання. Вона дає змогу створювати компоненти, спрощуючи процес дизайну та повторного використання елементів інтерфейсу. Крім того, Figma дає змогу створювати прототипи та робити презентації своїх проєктів.

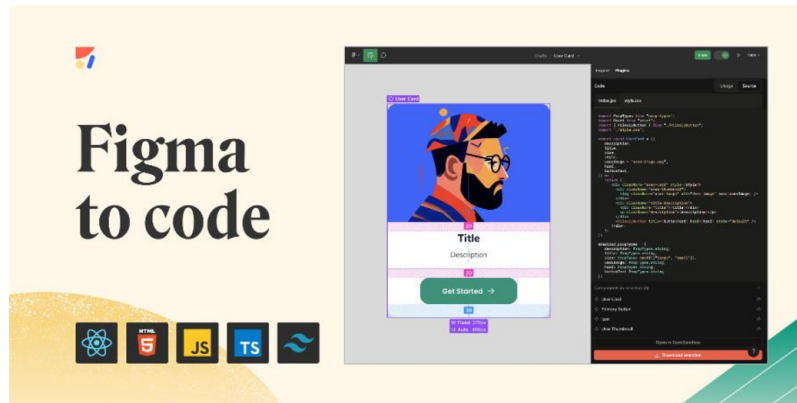


Рис. 3. Figma: The Collaborative Interface Design Tool.

**Angular**, один із найпопулярніших фреймворків для розробки веб-додатків, відомий своєю потужною функціональністю та набором інструментів для створення високоякісних односторінкових додатків. Angular базується на компонентній архітектурі, де веб-додаток розбивається на невеликі, незалежні компоненти. Це сприяє чистоті коду, його повторному використанню та полегшує розуміння структури додатку. Angular побудований на TypeScript, що надає статичну типізацію для JavaScript. Це дозволяє виявляти помилки на етапі розробки та підвищує надійність програми. Angular вбудовує маршрутизацію, дозволяючи створювати односторінкові додатки (SPA), де завантаження сторінок відбувається без повного перезавантаження веб-сторінки.



Рис. 4. Angular framework.

В роботі розглянуті та проаналізовані сучасні інформаційні технології, спрямовані на покращення процесів веб-розробки.

Результати дослідження надають уявлення про переваги та недоліки кожної технології, їх роль у процесі веб-розробки та можливості для подальшого використання.

### Список літератури

1. SCSS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sass-lang.com/>.
2. TypeScript [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.typescriptlang.org/>.
3. Figma [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.figma.com/>.
4. Angular [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://angular.io/>.



**О.В. Харкянен**, к.т.н., доцент (*Національний транспортний університет*)  
**П.В. Отінов**, студент (*Національний транспортний університет*)  
**О.В. Якуба**, студент (*Національний транспортний університет*)

## **Роль інтернету речей у вдосконаленні систем керування рухом транспортних засобів**

Сучасний світ переживає еру, де Інтернет речей (IoT) входить у всі аспекти нашого життя. Ця технологія дозволяє підключати різні пристрої та об'єкти до Інтернету, щоб вони могли взаємодіяти та обмінюватися інформацією.

Отже, IoT перетворює звичні предмети в "розумні", здатні комунікувати та виконувати завдання, що робить життя людини зручнішим, ефективнішим та безпечнішим. Наприклад, побутові прибори до яких людина звикла у повсякденному житті набувають інтелектуальні функції – вмикатись або вимикатись за потребою, реагувати на певні події і сигнали, самостійно економити електроенергію тощо.

Основою технології Інтернет речей є використання різноманітних датчиків та пристроїв, вбудованих в побутові пристрої та промислове обладнання, що збирають дані та передають їх через мережу Інтернет для впорядкування, подальшого аналізу та забезпечення інтелектуальних функцій керування.

У сфері транспорту IoT відіграє важливу роль трансформуючи системи керування рухом транспортних засобів. Це приносить інновації та поліпшує якість та безпеку автомобільного руху. Таким чином, Інтернет речей відкриває нові перспективи для розвитку та удосконалення нашого повсякденного життя.

Розглянемо такі аспекти використання IoT як: моніторинг та діагностика, автономне керування, системи навігації та оптимізація маршрутів для вдосконалення систем керування рухом транспортних засобів.

### *Моніторинг та Діагностика.*

Системи IoT дозволяють збирати в режимі реального часу велику кількість даних з різних датчиків, що встановлені на транспортних засобах. Це включає в себе інформацію про стан двигуна, трансмісії, гальм та інших систем. За допомогою цих даних можна проводити ефективний моніторинг роботи автомобілів, виявляти потенційні проблеми та запобігати аваріям.

### *Автономне Керування.*

IoT є ключовим елементом в реалізації концепції автономного транспорту. Дані з сенсорів і камер, які збирають за допомогою IoT, використовуються для створення систем штучного інтелекту, які дозволяють автомобілям обирати найкращі маршрути, уникання перешкод та забезпечувати безпеку руху.

Автономний автомобіль здатен орієнтуватися, використовуючи різні прилади й методи, такі як радар, лідар, GPS, одометри та комп'ютерний зір. Сучасні системи керування здатні інтерпретувати інформацію з сенсорів аби визначити правильний напрямок руху, а також ідентифікувати перешкоди й відповідні покажчики. Також автономні автомобілі мають системи керування, які здатні аналізувати сенсорні дані і розрізняти інші транспортні засоби на дорозі, що є дуже корисним при плануванні маршруту до бажаної точки призначення.

### *Системи Навігації та Оптимізація Маршрутів.*

Впровадження IoT у сферу автономного керування вимагає не тільки використання сучасних технологій для транспортного засобу, але й наявність відповідної інфраструктури (дороги, сигнальні світлофори тощо). Оскільки при невідповідності між сучасними автономними транспортними засобами та існуючою інфраструктурою можуть виникнути певні проблеми.

Розглянемо алгоритм налагодження зв'язку між автомобілем і супутником.

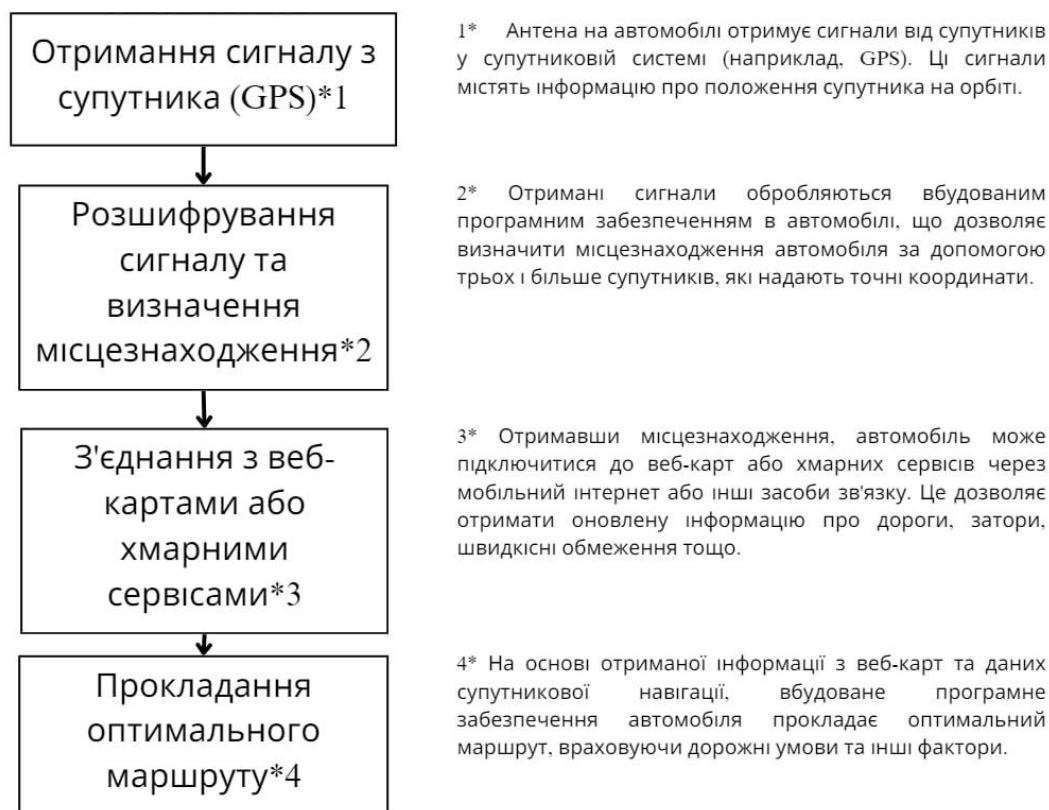


Рис.1. Зв'язок між автомобілем і супутником.

Таким чином, IoT дозволяє створювати інтелектуальні системи навігації, які аналізують дані про трафік, погоду та інші фактори, щоб надавати водіям оптимальні маршрути. Це покращує рухові умови та зменшує затори.

Інтернет речей (IoT) став неодмінною складовою сучасного життя, трансформуючи і поліпшуючи різні аспекти повсякденного і професійного існування. У контексті транспортних систем, IoT є одним з ключових інструментів для вдосконалення систем керування рухом транспортних засобів.

Моніторинг та діагностика, автономне керування, системи навігації та оптимізація маршрутів – це лише кілька аспектів, які підкреслюють важливість впровадження IoT у транспортну інфраструктуру. Збір та аналіз даних у режимі реального часу дозволяє ефективно моніторити роботу транспортних засобів, попереджати можливі проблеми та аварії.

### Список літератури

1. Сидорова О.М. Інтернет речей як складова сучасних систем керування транспортними потоками / Сидорова О.М., Петренко В.В. // Інтелектуальні транспортні системи. – 2018. – № 1(9). – С.76-83.
2. Мельник Ю.В. Інтернет речей у вдосконаленні систем керування рухом транспорту / Мельник Ю.В., Коваленко О.П. // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2016. – № 2(11). – С.42-49.
3. Інтернет речей (IoT) – що це таке і як працює, суть, технології і приклади. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://termin.in.ua/internet-rechey-iot/>
4. Автономні транспортні засоби та Інтернет речей (IoT) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ts2.space/uk/автономні-транспортні-засоби-та-інте/gsc.tab=0>

**О.В. Харкянен**, к.т.н., доцент (*Національний транспортний університет*)  
**А.В. Тютюн** студент (*Національний транспортний університет*)  
**А.В. Біденко** студент (*Національний транспортний університет*)

### **Інтеграція сенсорних технологій у сучасних системах керування рухом**

Архітектура Інтернету речей (англ. IoT) складається з чотирьох функціональних рівнів. Перший, найнижчий рівень – сенсорні пристрої та сенсорні мережі складається з об'єктів, інтегрованих із сенсорами (датчиками), які забезпечують збір і обробку інформації в реальному масштабі часу. Другий рівень – шлюзи та мережі складається з конвергентної мережевої інфраструктури, яка створюється шляхом інтеграції різнорідних мереж у єдину мережеву платформу. Третій сервісний рівень - містить певний набір послуг, які автоматизують низку технологічних і господарських операцій. Четвертий рівень архітектури IoT включає різні типи додатків для відповідних промислових секторів і сфер діяльності [1].

Розглядається задача розробки та інтеграції сенсорних технологій у сучасні системи керування рухом. Важливими етапами є розробка точних та надійних сенсорів для реєстрації рухомих об'єктів, створення алгоритмів обробки даних для ефективної ідентифікації та класифікації об'єктів, а також створення інтегрованих систем керування, які використовують ці дані для оптимізації руху об'єктів або транспортних засобів.

Однією з основних функцій сенсорів у системах керування рухом є детекція рухливих об'єктів на дорозі. Використання візуальних сенсорів (наприклад, камер), дозволяє системі реагувати на рух транспортних засобів та пішоходів. Застосування радарів та лідарів дозволяє системам працювати в умовах обмеженої видимості чи поганих погодних умов [3].

Інтеграція сенсорних технологій дозволяє системам керування рухом оптимізувати транспортні потоки, зменшуючи затори та покращуючи рух на дорогах. Система отримує дані від сенсорів про затор на певній ділянці дороги і може автоматично змінити світлофорний режим, надаючи більше часу для руху транспорту у напрямку з великим затором, що значно покращує трафік [2].

Сенсорні технології також сприяють покращенню екологічного середовища за рахунок зменшення енергоспоживання транспортними засобами. Використання сенсорів для моніторингу стану автомобіля та оптимізації ресурсів зменшує витрати пального та викиди CO<sub>2</sub> за рахунок автоматичного вимикання двигуна в режимі простою.

Таким чином, інтеграція сенсорних технологій у системи керування рухом є важливим кроком у вдосконаленні транспортних систем. Це дозволяє підвищити безпеку, ефективність та сталість транспортного руху. З ростом технологічних можливостей сучасних сенсорів, цей напрямок розвитку може принести значні позитивні зміни у містобудуванні та транспортній інфраструктурі.

### **Список літератури**

1. Кучеренко Є.І., Глушенкова І.С., Творошенко І.С. "Використання інтернету речей у системах моніторингу транспортних засобів." Транспортні системи і технології. - 2015. - № 4(22). - С. 94-101.
2. Сидорова О.М., Петренко В.В. "Інтернет речей як складова сучасних систем керування транспортними потоками." Інтелектуальні транспортні системи. - 2018. - № 1(9). - С. 76-83.
3. Мельник Ю.В., Коваленко О.П. "Інтернет речей у вдосконаленні систем керування рухом транспорту." Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. - 2016. - № 2(11). - С. 42-49.

Електронне наукове видання

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ  
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ  
КЕРУВАННЯ РУХОМ  
28-29 листопада, 2023**

В авторській редакції

Технічний редактор: *Юрченко О.М.*

Комп'ютерна обробка і складання:

*Мельник Ю.В., Юрченко О.М., Безкоровайний Ю.М.*

Національний авіаційний університет  
Кафедра аерокосмічних систем управління