



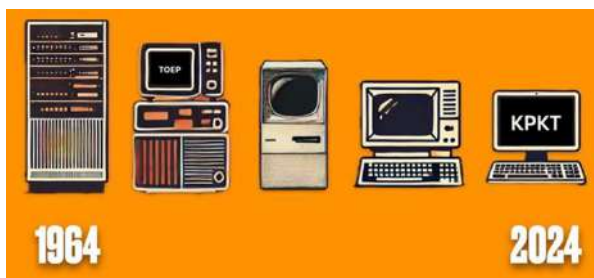
КАФЕДРА
РАДІОФІЗИКИ ТА
КОМП'ЮТЕРНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

60
РОКІВ
1964

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОГО СЕМІНАРУ**

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

присвяченого 60-річчю кафедри радіофізики
та комп'ютерних технологій,
110-річчю з дня народження професора Миколи Максимовича
та 100-річчю з дня народження професора Лева Синицького



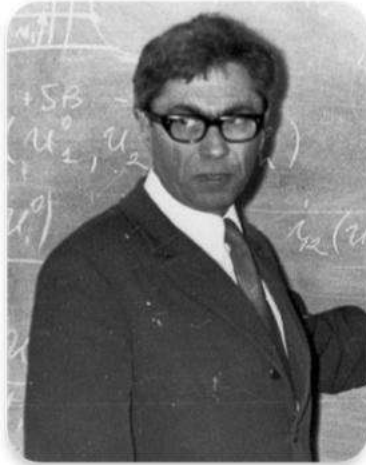
Львівський національний університет імені Івана Франка
17 грудня 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА РАДІОФІЗИКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ СЕМІНАР

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

до 60-річного ювілею
кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій,
110-річчя з дня народження професора Миколи Максимовича
та 100-річчя з дня народження професора Лева Синицького



ЛЬВІВ - 2024

Радіоелектроніка та комп'ютерні технології: збірник тез доповідей науково-практичного семінару присвяченого 60-річчю кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій, 110-річчю з дня народження професора Миколи Максимовича та 100-річчю з дня народження професора Лева Синицького / за заг. ред. І.Д. Карбовника // Львів: кафедра радіофізики та комп'ютерних технологій факультету електроніки та комп'ютерних технологій Львівського національного університету імені Івана Франка. – 2024. – 91 с.

Збірник містить тези доповідей, присвячені актуальним дослідженням у сфері програмного забезпечення, Інтернету речей, штучного інтелекту, комп'ютерного моделювання, обчислювальних методів, сучасної електроніки та вбудованих систем. Доповіді виголошувалися на науково-практичному семінарі, який проходив 17 грудня 2024 року у Львові на кафедрі радіофізики та комп'ютерних технологій Львівського національного університету імені Івана Франка.

За загальною редакцією доктора фізико–математичних наук,
завідувача кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій
Івана Карбовника

Технічний редактор збірника – кандидат фізико–математичних наук,
доцент Христина Середницька

ЗМІСТ

Секція ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Романишин Ростислав, Пилип Назар Застосування машинного навчання для діагностики матеріалів за ультразвуковими зображеннями	7
Божовський Віталій, Клим Галина Пошукова система на базі нейронних мереж	9

Секція ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

Кушнір Олег, Футей Володимир Повторюваність як критерій відмінності текстів природною мовою і рандомних символічних послідовностей.....	12
Терещук Олег Прогнозування значення цільової змінної на основі незалежних параметрів за допомогою методів машинного навчання	15
Пушкарик Олексій, Шевцов Микола, Ковальчук Олександр, Середницька Христина Дослідження системи зв'язку на основі мереж LoRa.....	18
Кушнір Олег, Остріков Данило Тісний світ у лінгвістичних мережах природних текстів: аналіз для символічних і лексичних n-грам	20
Кравчук Олексій, Кушнір Олег Порівняння мережевих характеристик цифрових зображень із класичними характеристиками шумів	23
Цемко Андрій Розділення мовлення з використанням	

нейронних мереж та проблеми створення таких систем.....	26
Крупич Андрій, Карбовник Іван Автоматизація експерименту з використанням спектрометра StellarNet та хмарних технологій AWS.....	29
Вельгош Андрій, Фургала Юрій, Вельгош Сергій Вплив зменшення розміру гістограм кольору на результати кореляційного співставлення зображень.....	32
Кугівчак Володимир, Вельгош Сергій Дескриптори колірних та просторових ознак у задачах обробки зображень.....	35
Оленич Ігор, Демчик Дмитро, Баб'як Святослав, Футей Олександр Прогнозування рівня забруднення повітря методами машинного навчання.....	38
Шевчик Володимир, Карбовник Іван Використання нечіткої логіки у вібраційній діагностиці.....	41
Величко Ярема, Середницький Богдан, Середницький Андрій Прототип IoT пристрою для визначення рівня ультрафіолетового випромінювання.....	43
Болеста Іван, Калівошка Богдана Хмарні лабораторії: нові можливості розвитку науки та освіти. Короткий огляд.....	45
Berizka Ihor, Karbovnyk Ivan Modeling real-time obstacle avoidance using symmetric artificial potential field method.....	49
Берщанський Євген, Клим Галина Використання rag концепту в системах штучного інтелекту.....	51
Омелюх Назар, Клим Галина Система управління доступом на приватну територію.....	54

Ковалів Леся, Клим Галина Система моніторингу та управління компонентами розумного будинку.....	57
--	----

Секція РОБОТОТЕХНІКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ

Скільський Тарас, Клим Галина Система відеоспостереження та виявлення руху з використанням компонентів arducam і ріг сенсорів.....	60
Рабик Василь, Скребуха Володимир Управління автономним мобільним роботом на основі нечіткої логіки	63

Секція ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА

Степанов Олександр, Клим Галина Аутентифікація в мікрофронтендах: стратегічні підходи та виклики.....	69
--	----

Секція КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ

Рудик Денис-Роман, Кушнір Олексій Перспективи використання WFC алгоритму для вдосконалення евристичних стратегій пошуку.....	72
Кочан Роман, Гоц Наталія, Озірковський Леонід, Сторож Володимир, Фабіровський Сергій, Сечко Олексій, Кіцера Антон Оцінка дальності дії акустичних датчиків системи моніторингу повітряного простору	75

Секція СУЧАСНА ЕЛЕКТРОНІКА

Бернацик Сергій-Ігор, Кофлюк Ірина Дослідження	78
---	----

люмінесценції тонких плівок $Y_2O_3:Eu$ та перспективи застосування у плоских дисплеях

Фанда Максим, Веліховський Андрій, Бігдай Володимир

Використання ядерного квадрупольного резонансу для виявлення вибухових речовин.....

81

Секція ВБУДОВАНІ СИСТЕМИ

Миронюк Дмитро, Благітко Богдан Порівняння часу

розпізнавання зображень використовуючи моделі детектування об'єктів різного рівня оптимізації на одноплатних комп'ютерах

83

Лук'янчук Андрій, Клим Галина Система моніторингу

здоров'я немовлят у реальному часі

89



ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ МАТЕРІАЛІВ ЗА УЛЬТРАЗВУКОВИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ

Ростислав Романишин¹, Назар Пилип²

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,

[¹rostyslav.romanyshyn@lnu.edu.ua](mailto:rostyslav.romanyshyn@lnu.edu.ua)

[²nazarpylip@gmail.com](mailto:nazarpylip@gmail.com)

На ринку неруйнівного контролю є ряд приладів, котрі дозволяють проводити моніторинг стану об'єктів для виявлення дефектів. Однак такі засоби „жорстко зв'язані” з визначеними умовами експлуатації та обробкою результатів контролю. Приймання рішень здійснюється оператором. Зміна умов експлуатації або вимог до діагностики об'єкту зв'язана з громіздкою переробкою діагностичних технологій. Сучасний розвиток комп'ютерної техніки на основі застосування технологій штучного інтелекту дозволяє на новий рівень підняти можливості діагностичних систем.

Робота присвячена актуальній тематиці – застосуванню технологій штучного інтелекту та машинного навчання в задачах ультразвукової діагностики матеріалів і конструкцій на основі формування ультразвукових зображень просторового розподілу неоднорідностей матеріалу.

Побудова діагностичної системи буде здійснюватися у відповідності з принципами Інтернету речей і націлена на забезпечення автоматизації, самоконтролю, самодіагностування та прийняття рішень в процесі безперервного комплексного віддаленого моніторингу об'єкту. Архітектура діагностичної системи буде передбачати побудову віртуальної моделюючої системи, яка би забезпечувала моделювання роботи реальної системи, що дозволить відпрацьовувати технології реєстрації і бізнес-процесу при зміні умов експлуатації реальної системи/підсистеми. Діагностична система буде містити базу знань, в якій будуть актуальні дані про миттєвий стан/ресурс безаварійної працездатності для кожної підсистеми і для системи в цілому. Використання хмарних технологій забезпечить віддалений моніторинг, доступ до ІТ-інфраструктури за допомогою Інтернету з будь-якого комп'ютерного пристрою. Будуть використовуватись інформаційні

Науково-практичний семінар

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

до 60-річного ювілею кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій,
110-річчя з дня народження професора Миколи Максимовича,
та 100-річчя з дня народження професора Лева Синицького



Секція «Програмне забезпечення»

технології штучного інтелекту, нейронні мережі, машинне навчання для синтезу і виявлення типових фрагментів даних при обробці, знаходженні дефектів, оцінці їх розмірів, інтерпретації результатів контролю.

APPLICATION OF MACHINE LEARNING FOR DIAGNOSTICS OF MATERIALS USING ULTRASOUND IMAGES

The work is devoted to the application of artificial intelligence and machine learning technologies in the tasks of ultrasonic diagnostics of materials and structures based on the formation of ultrasonic images of the spatial distribution of material inhomogeneities.



ПОШУКОВА СИСТЕМА НА БАЗІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Віталій Божовський, Галина Клим

Національний університет "Львівська Політехніка", (Львів, Україна),
vitalii.bozhovskyi.mkisk.2023@lpnu.ua, halyna.i.klym@lpnu.ua

Кількість інформації з кожним роком невинно зростає, цьому сприяє як розвиток нейронних мереж, так і те що люди в цілому створюють більше інформації. В результаті чого знайти потрібну інформацію стає все більш складною задачею. І для вирішення цієї проблеми ми користуємося різноманітними пошуковими системами, для одних задач використовуємо Google, при пошуку роботи користуємося пошуком в LinkedIn, використовуємо пошуковики для знаходження повідомлень у Discord чи Telegram. Інколи нам вдається добитися бажаних результатів пошуку, а інколи ні, але твердо можна сказати, що з появою генеративних нейронних мереж потрібну інформацію стало знайти більш складніше, і неважливо, це текстова інформація чи фотографії. Тому цю проблему потрібно вирішити поки її масштаби не вирости, одним з таких підходів є використання тих ж самих нейронних мереж. Очікується, що до 2025 року використання нейронних мереж у різних пошукових механізмах значно зросте, що дозволить покращити якість пошуку в різних сферах: від персоналізованого контенту до наукових досліджень.

В програмних продуктах все частіше починають появлятися нейронні мережі, інколи в незалежності потрібно це чи ні, це є наслідком дуже стрімкого розвитку даної технології. Якщо розглядати дану технологію в контексті пошукових систем, то її в більшості випадків використовують для персоналізації видачі результатів пошуку користувача. Але спектр задач з якими нейронні мережі можуть допомогти є більш широким, наприклад, останнім часом розвивались LLM (Large Language Model), які також можна розглядати, як вид пошукової системи. Нейронні мережі спроможні допомагати в більш специфічних задачах пошуку. Вони можуть, як і підвищити точність пошуку, автоматично відфільтровувати згенеровані



тексти, можуть бути натреновані для покращення пошуку в конкретних даних, так і навпаки бути натренованими для як більш широкого спектру інформації.

В результаті при використанні нейронних мереж в пошуковиках вони покращують свою точність та інші характеристики. Крім того вони можуть перейняти на себе старі аспекти систем і прискорити їх що також відіграє велику роль.

Враховуючи актуальність і важливість даної проблеми в інформаційному просторі, пропонується використати нейронні мереж в розробці пошукової системи.

Ця система унікальна на фоні інших, тим що користувачеві розширюється пошуковий контекст, чим допоможе отримувати більш точні результати пошуку. Ця задача буде вирішуватись нейронною мережею, яка за допомогою додаткових вхідних даних від користувача редагує його пошуковий запит за допомогою графа, який вказує які слова є лексично близькими і можуть доповнити пошуковий запит. Крім того нейронні мережі будуть використовувати і в інших аспектах, таких як аналіз зображень створених користувачами для того щоби виконувати пошук по фотографіям, ранжування результатів пошуку користувача на основі його минулих запитів та його відвідуваних сторінок. Також на відміну від інших систем дана надає можливість користувача відключати і підключати потрібні йому інструменти.

Головною задачею такої системи є в першу чергу покращення взаємодії користувачем з пошуковою системою, це відбувається за допомогою інструментів, які надаються користувачеві напряму, а не скритно на відміну від інших пошукових систем. Також нейронна мережа, яка працює на основі багаторівневого лексичного дерева система може оптимізуватися під різноманітні задачі в інших системах, тобто дана пошукова система може працювати, як і з середньостатистичними даними, так і з спеціалізованими даними.

Ця робота присвячена розробці пошукової системи з використанням нейронних мереж для розширення контексту пошуку та надання потрібного інструментарію користувачеві для покращення точності пошуку. Також дана система протестована в різноманітних умовах, з використанням



різноманітних налаштувань та різних даних для демонстрації роботи системи.

1. *Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., & Toutanova, K.* - (2019). - BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding.
2. *Gartner, Inc.* - (2021). - Top Strategic Technology Trends for 2021.

SEARCH SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORKS

This paper is about a search engine that uses neural networks. In this system, neural networks are used to improve the accuracy and quality of search. One of the neural networks used is a neural network that works with a multi-level lexical graph and is used to expand the search context. And as a result of using this and other neural networks, it is expected to improve the user's interaction with the search engine.



ПОВТОРЮВАНІСТЬ ЯК КРИТЕРІЙ ВІДМІННОСТІ ТЕКСТІВ ПРИРОДНОЮ МОВОЮ І РАНДОМНИХ СИМВОЛЬНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Олег Кушнір¹, Володимир Футей²

кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій, Львівський національний
університет імені Івана Франка, вул. Тарнавського 107, м. Львів
¹oleh.kushnir@lnu.edu.ua, ²volodymyr.futei@lnu.edu.ua

Одне з важливих і актуальних питань комп'ютерної лінгвістики та опрацювання природної мови – встановлення наявності синтаксису та семантики невідомого тексту без попереднього знання мови цього тексту [1]. На жаль, загальні статистичні закономірності на зразок законів Ціпфа або Гіпса не можуть однозначно дати відповідь на це питання, оскільки ці закони з тою чи іншою точністю виконуються і для багатьох випадкових статистичних моделей природної мови. Одна із відповідних можливостей – це статистична характеристика повторюваності $v(t)$ у текстах [2], яка є функцією поточної позиції t лінгвістичного елемента в тексті. Її визначають як кількість V_0 завершених унікальних повторень, тобто «словник» повторених символічних або лексичних n -грам довільної довжини n , поділений на поточне значення позиції t . Мета цієї праці – з'ясувати, чи дана характеристика може слугувати критерієм розрізнення природних текстів, яким притаманна семантика та синтаксис, від випадкових текстів, які позбавлені цих ознак. У цьому плані ми продовжуємо дослідження, розпочаті в праці [3].

Для досліджень повторюваності ми розробили програмний додаток, який розраховує функцію $v(t)$, базуючись на алгоритмі Укконена побудови суфіксних дерев [4, 5]. Як вхідні дані використовували природні тексти з корпусів класичних творів англійською та українською мовами, а також тексти, побудовані в рамках різноманітних випадкових статистичних моделей. Програма давала змогу обчислювати $v(t)$ у різних режимах: розрахунки для символів або слів; врахування лише перших або всіх повторень; зарахування 1 або n «балів» за кожне повторення з довжиною n символів (або слів).

Завдяки емпіричним дослідженням було виявлено, що для переважної



більшості природних текстів при $t > 10^4$ повторюваність $v(t)$ наближається до «граници», близької до $1/2$. Натомість для випадкових текстів різних типів такої «збіжності» немає (див. Рисунок), що дає змогу розрізнити природні та випадкові тексти. Для відповіді на питання про причини цієї відмінності (семантика, синтаксис – чи обидві) слід дослідити схожості та відмінності повторюваності в природних текстах і текстах, випадковизованих по реченнях.

Предметом наших наступних досліджень буде залежність обчислювальних ресурсів (як то оперативна пам'ять та навантаження процесора) від розмірів опрацьованого тексту та можливість заміни алгоритму Укконена на менш ресурсозатратний алгоритм суфіксних масивів. Додатковим подальшим завданням є використання критерію повторюваності для ідентифікації не тільки відповідності невідомої нам наперед послідовності символів деякій природній мові, але й ідентифікації самої мови. Нарешті, цікавим є вивчення повторюваності програмних кодів або їхніх корпусів.

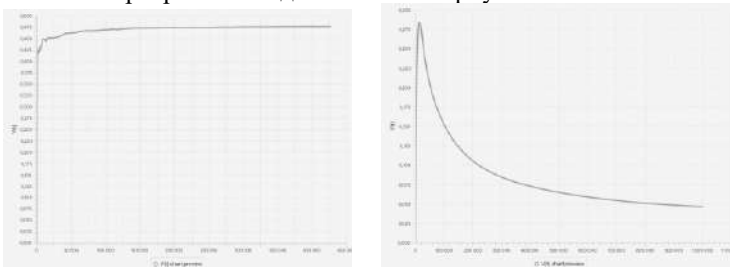


Рисунок. Функція повторюваності $v(t)$ для природного тексту «Берег любові»

О. Гончара (зліва) і випадкового тексту мавпи Міллера з формальним алфавітом 5000 символів, частоти яких однакові (справа): режим символів, 1 бал за повторення, врахування лише перших повторень.

1. Clark A., Fox C., Lappin S. The Handbook of Computational Linguistics and Natural Language Processing / Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. – 802p.
2. Golcher F. A stable statistical constant specific for human language texts // 2007. – P. 1–6. URL: https://www.academia.edu/5986557/A_Stable_Statistical_Constant_Specific_for_Human_Language_Texts
3. Kushnir O. S., Ivanitskyi L. B., Kashuba A. I., Mostova M. R., Mykhaylyk V. B.



Repetition characteristic for single texts, Proc. 5th Int. Conf. on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2021). Vol. I: Main Conference. Ed. by N. Sharonova et al., CEUR Workshop Proc., Vol. 2870, p. 629–641.

4. *Ukkonen E.* On-line construction of suffix-trees // *Algorithmica*. – 1995 – Vol. 14. – P. 249–260.
5. *Kokoszka B.* Visualization of Ukkonen’s algorithm, 2016. URL: <http://brenden.github.io/ukkonen-animation/>

REPETITIVENESS AS A CRITERION FOR DIFFERENTIATING NATURAL-LANGUAGE TEXTS AND RANDOM SYMBOLIC SEQUENCES

We have developed basic algorithms and programming resources for calculating a repetition characteristic $v(t)$ in texts, with the emphasis on computational feasibility and universality of calculation regimes. The repetitiveness revealed by natural-language texts is opposed to that typical for the random symbolic sequences which correspond to a number of null natural-language models. It is shown that the $v(t)$ functions for the natural and random texts are different in many aspects. This enables one to distinguish the natural texts revealing semantics and syntax from the random texts that lack these properties.



ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕННЯ ЦІЛЬОВОЇ ЗМІННОЇ НА ОСНОВІ НЕЗАЛЕЖНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Олег Терещук, Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Львівського національного університету
імені Івана Франка Львів, Oleh.Tereshchuk@lnu.edu.ua

Задача прогнозування не завжди пов'язана із часовими послідовностями. Є багато випадків, коли необхідно спрогнозувати значення цільової змінної, котре залежить від декількох параметрів незмінних в часі. Прикладом такої задачі є прогнозування значення ємності нанопористих матеріалів від параметрів, що визначають технологію виготовлення [1-2].

Для прогнозування значення цільової змінної необхідно побудувати математичну модель з набором вхідних величин заданих вектором вхідних параметрів \vec{x} , що визначають значення цільової змінної \vec{y} .

Під математичною моделлю розуміють систему рівнянь (інтегральних, диференціальних чи алгебраїчних), які дають змогу по заданому вектору вхідних параметрів \vec{x} розрахувати значення цільової змінної \vec{y} .

Часто побудова математичної моделі у вигляді функціональних чи статистичних моделей є ускладненою чи просто неможливою.

Використання нейромереж дає можливість обійти цю проблему. Треба розуміти, що саме обійти, а не повністю вирішити. Навчена нейромережна структура відіграє роль математичної моделі фізичного об'єкта, яку надалі можна використати для прогнозування.

Для навчання нейромережі потрібно мати навчаючі пари $(\vec{x}^{(i)}, \vec{y}^{(i)})$, де $\vec{y}^{(i)}$ – значення вихідного вектора \vec{y} при заданому вхідному $\vec{x}^{(i)}$.

Створена нейронна мережа по суті відіграє роль апроксиматора, котрий дає можливість визначити значення цільової змінної при довільних значеннях $\vec{y}^{(i)}$.



Нейронні мережі вважаються універсальними апроксиматорами. Нейронна мережа дає можливість реалізації довільної багатовимірної функції шляхом представлення цієї функції за допомогою більш простих функцій.

Найбільш універсальною і найчастіше вживаною нейронною структурою, що використовується для вирішення задачі апроксимації є багатoshаровий перцептрон, структура якого показана на рисунку 1.

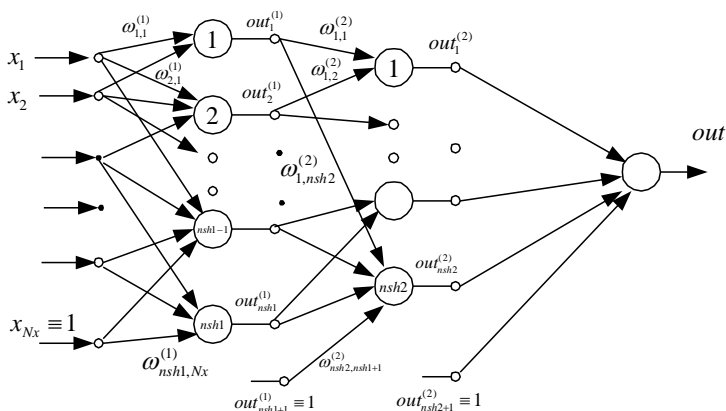


Рис.1. Структура нейронної мережі.

Для апроксимації довільної функції достатньо одного прихованого шару з кількістю нейронів $2N + 1$, де N - розмірність функції. Для практичних задач кількість нейронів прихованого шару коливається від N до $3N$, а кількість прихованих шарів до $2N$.



Для багатьох задач кількість вихідних даних доступних для вирішення задачі прогнозування невелика. Це означає, що слід використовувати нейронні мережі невеликої розмірності з малим числом ваг, щоб уникнути ефекту перенавчання.

Для отримання нейронної мережі, як інструменту для прогнозування при невеликому числі даних, було проведено дослідження залежності точності прогнозування від структури мережі при різних значеннях функції активації на модельній задачі.

Результати числових експериментів показали хороші результати для нейромережі з одним прихованим шаром при сигмоїдальній функції активації.

1. *Ostafiychuk, B., Lyubun, Z., Lisovskiy, R., Moiseienko, M., Rachi, B., Ivanichok, N., & Bandura, K.* Modeling of Forming a Nanoporous Structure of Carbon Materials for Electrodes of Electrochemical Capacitors. *Physics and Chemistry of Solid State.* – 2020. - 21(2), 199–203.
2. *Осовський С.* Нейронні мережі для обробки інформації // *Станіслав Осовський.* Переклад з польського *І.Д. Рудинського.* - М.: Фінанси та статистика, 2002.



ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ МЕРЕЖ LoRa

Олексій Пушкарик¹, Микола Шевцов², Ковальчук Олександр³, Христина Середницька⁴

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,

¹oleksii.pushkaryk@lnu.edu.ua, ²mykola.shevtsov@lnu.edu.ua,

³oleksandr.kovalchuk.fe@lnu.edu.ua, ⁴khrystyna.serednytska@lnu.edu.ua

Дослідження пов'язані з передачею даних є актуальними і широко використовується у військових системах швидкого реагування. Тому передача даних має здійснюватися на велику відстань з невеликим енергоспоживанням, скорочення часу на розгортання системи і невеликими розмірами самого пристрою. Найбільш поширеною моделлю такої системи є бездротова мережа розроблена на основі протоколу LoRa. Постає питання правильного налаштування параметрів радіомодему для ефективної передачі інформації.

В даній роботі проведено ряд досліджень, що дають змогу проаналізувати залежності максимальної відстані передачі сигналу від параметрів системи і виду місцевості. Було проведено налаштування системи LoRa за заданими параметрами потужності, режиму приймача, коефіцієнту поширення та ширини смуги пропускання сигналу.

Висока чутливість приймача дозволяє приймати слабші сигнали, що забезпечує більшу відстань. Встановлюється час, за який сигнал досягає повної потужності, щоб забезпечити стійкість до перешкод. За рахунок низької швидкості передачі даних модуль LoRa забезпечує високу дальність. Кожен біт інформації подається декількома чіпами інформації. Коефіцієнт поширення визначається кількістю символів, що надсилаються на біт інформації. Чим більше значення коефіцієнту поширення, тим більша дальність і менша швидкість передачі. Низька ширина смуги пропускання сигналу збільшує дальність і чутливість, але зменшує швидкість передачі. Швидкість кодування визначає співвідношення між даними та корекцією помилок. Оптимізація для низької швидкості передачі дозволяє зменшити кількість помилок під час тривалих передач. За допомогою діаграми Сміта

Науково-практичний семінар

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

до 60-річного ювілею кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій,
110-річчя з дня народження професора Миколи Максимовича,
та 100-річчя з дня народження професора Лева Синицького



Секція «Інтернет речей та штучний інтелект»

розраховано діапазон частот для ефективного використання антени, зокрема візуально проаналізовано чи є узгодження між джерелом сигналу (наприклад, передавачем) і антенною. Проведено тестування системи в режимі реального часу на сільській та міській місцевості. Встановлено, що максимальна відстань у селі становить 9 км, а у місті 2 км.

RESEARCH OF A COMMUNICATION SYSTEM BASED ON LORA NETWORKS

A study of the communication system using LoRa networks and determination of the optimal parameters of the radio modem for information transmission were conducted. The system was tested in real time for two types of terrain. The possible frequency range at which the signal is effectively transmitted was analyzed.



ТІСНИЙ СВІТ У ЛІНГВІСТИЧНИХ МЕРЕЖАХ ПРИРОДНИХ ТЕКСТІВ: АНАЛІЗ ДЛЯ СИМВОЛЬНИХ І ЛЕКСИЧНИХ N-ГРАМ

Олег Кушнір¹, Данило Остріков²

кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій, Львівський національний
університет імені Івана Франка, вул. Тарнавського 107, м. Львів

¹oleh.kushnir@lnu.edu.ua, ²danylo.ostrikov@lnu.edu.ua

Сучасні підходи до аналізу природних текстів використовують методи теорії складних мереж [1, 2]. Однак всі відомі з літератури дослідження стосувалися виключно лексичних мереж. Тут ми зосередимося на вивченні ефекту «тісного світу» в мережах загальнішого характеру, які побудовані на n-грамах таких лінгвістичних елементів як символи та слова. Це продовження досліджень, висвітлених у нашій попередній праці [3].

Для побудови мереж на основі природних текстів було застосовано підхід, за яким лінгвістичні елементи деякого рівня (наприклад, символи або слова) є вузлами мережі, а зв'язки між ними визначають за «сусідством» (із радіусом сусідства r у тексті, який вимірюють в одиницях кількості елементів досліджуваного лінгвістичного рівня). Наш аналіз включав обчислення таких стандартних мережевих характеристик як кількість вузлів (EC) і зв'язків (NV) у мережі, середня довжина найкоротшого шляху (APL) для незваженого та зваженого графів, середній кластерний коефіцієнт (ACC), середня кількість сусідів на один вузол (ANC) і середня кратність зв'язку (AM) для зваженого випадку (див., наприклад, пояснення [2, 3]). Важливим додатковим параметром є «тіснота світу» $\mu = (ACC/APL)/(ACC_{RG}/APL_{RG})$ мережі, де ACC_{RG} і APL_{RG} – відповідні параметри рандомного графа, тобто графа з такими ж EC і NV , але рандомними зв'язками між вузлами. У Таблиці 1 наведено приклади мережевих параметрів природного тексту англійською мовою, здобутих для лексичних і символічних n-грам при $n = 1, 2$ і радіусах сусідства $r = 1, 2$. Усі дані стосуються незваженого графу та двох альтернативних умов – режимів розрізнення великих і малих букв або приведення всіх букв до нижнього регістру. Тут за браком місця не наведено параметрів EC , ACC і APL для відповідних рандомних графів. Ці емпіричні дані засвідчують, що властивості лінгвістичних мереж істотно залежать від



вхідних даних для побудови мережі – лінгвістичного рівня, довжини n -грамів та радіуса сусідства r . Для деяких мереж спостерігаємо кластерність, помітно вищу за кластерність ACC_{RG} для аналогічних випадкових графів, і малі середні оптимальні шляхи, порівнянні з параметрами APL_{RG} . Останній факт говорить про те, що шлях від одного до іншого випадково обраних вузлів мала, що називають «тісним світом». За цих умов одержуємо великі параметри $\mu \gg 1$. Зазначимо, що всі досліджені досі лінгвістичні мережі володіли саме такими властивостями (див. працю [2]). Проте інші мережі (див. значення $\mu \sim 1$, виділені жирним шрифтом у Таблиці 1) мають властивості, близькі до випадкових графів. Це мережа семантично наповнених лексичних 2-грам при $r = 1$ і мережі семантично порожніх символічних 1-грам. Мережі символічних n -грам із $n > 1$ поступово набувають рис тісного світу. Зауважимо, що зростання n фактично означає перехід до слів, тобто зростання семантичного навантаження. Поведінка ж мереж зі зростанням радіуса r потребує подальшого вивчення.

Таблиця 1. Мережеві властивості тексту «Relativity: the Special and the General Theory» (A. Einstein) для випадку незваженого графу

№	Вхідні дані для побудови мережі				Вихідні параметри мережі			
	Лінгвістичний рівень	n	Чутливість до регістру	Радіус сусідства r	EC	ACC	APL	μ
1	слово	1	ні	1	3065	0,35	2,82	102,4
2	слово	1	ні	2	3065	0,61	2,41	79,2
3	слово	2	ні	1	15075	0,004	6,18	7,2
4	слово	2	ні	2	15075	0,43	4,24	641,1
5	символ	1	так	1	88	0,73	1,65	1,5
6	символ	1	так	2	88	0,82	1,48	1,4
7	символ	2	так	1	2133	0,02	3,97	2,5
8	символ	2	так	2	2133	0,41	2,84	16,8

Цікаво було би вивчити поведінку лексичних мереж з подальшим зростанням порядку $n > 2$. Нарешті, оскільки наявність (або відсутність) явища тісного світу і наявність (або відсутність) важкого хвоста розподілу ймовірності степенів k вузлів $p(k)$ завжди були спільними властивостями всіх вивчених досі лінгвістичних мереж, то важливим буде аналіз того факту, чи функції $p(k)$ досліджених нами мереж виявляють важкий хвіст. Ці питання, а



також інтерпретація даних для ширших діапазонів параметрів n і r будуть предметом наших подальших досліджень.

1. Newman M. E. J. The structure and function of complex networks // SIAM Rev. – 2003. – Vol. 45. – P. 167–256.
2. Ferrer i Cancho R., Solé R. V. The small world of human language // Proc. Roy. Soc. Lond. B. – 2001. – Vol. 268. – P. 2261–2265.
3. Кушнір О. С., Дребот А. С., Остріков Д. А., Кравчук О. М. Властивості лексичних мереж, побудованих на природних і рандомних текстах // Електроніка та інформаційні технології. – 2024. – Вип. 28 (у друці).

**SMALL WORLD IN THE LINGUISTIC NETWORKS OF NATURAL TEXTS:
ANALYSIS FOR SYMBOLIC AND LEXICAL N-GRAMS**

We study empirically the properties of generalized linguistic networks built on symbolic and lexical n -grams ($n = 1, 2$) in a natural-language text. It is shown that some of the networks reveal a known effect of small worldliness, while the other networks lack this property. Our data can shed light on the small-world effect in the linguistic networks and its relation to the scaling properties of these networks.



ПОРІВНЯННЯ МЕРЕЖЕВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ІЗ КЛАСИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ШУМІВ

Олексій Кравчук¹, Олег Кушнір²

кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій, Львівський національний
університет імені Івана Франка, вул. Тарнавського 107, м. Львів

¹oleksii.kravchuk@lnu.edu.ua, ²oleh.kushnir@lnu.edu.ua

В останні роки спостерігаємо інтенсивний розвиток галузей цифрової обробки зображень і обробки природної мови [1, 2]. Раніше в праці [3] було запропоновано мережевий підхід, запозичений зі статистичної лінгвістики, для оцінювання внеску гаусівського шуму до зображенні. А саме, для зображення будували мережу, вузлами якої є інтенсивності пікселів, а зв'язки між вузлами відповідають просторовій суміжності пікселів. Далі вивчали залежності від частки шумів у зображенні таких мережевих параметрів як найкоротший шлях, коефіцієнт кластерності та ін. Ці дослідження стали розвитком ідей праці [4] у контексті розвитку аналогій між текстами і зображеннями.

Дослідження, яке ми тут представляємо, продовжує цей напрям і спрямоване на порівняння результатів, одержаних у праці [3], із даними, одержаними згідно з класичними підходами для оцінювання частки шуму на зображенні. А саме, ми порівнювали залежності $NW_i(noise)$ мережевих параметрів NW_i від частки гаусівського шуму $noise$ у зображенні із залежностями $SNR(noise)$, $PSNR(noise)$ і $SE(noise)$ (див. Рис. 1), що відповідають стандартним параметрам signal-to-noise ratio (SNR), peak signal-to-noise ratio (PSNR) і Shannon entropy (SE). Останні класичні характеристики добре описано в літературі (див., наприклад, оглядову статтю [5]).

Основні величини, які нас цікавили, – це повні абсолютні та відносні зміни характеристик $SNR(noise)$, $PSNR(noise)$ і $SE(noise)$, ділянки різких змін цих характеристик, а також відносний уміст шуму $noise_0$, при якому дані характеристики виходять на режим насичення та не змінюються при подальшому зростанні змінної $noise$. Згадані параметри було критично порівняно з їхніми відповідниками [3], одержаними з функцій $NW_i(noise)$.

Для простоти порівнянь у розрахунку перерахованих вище характеристик



ми дотримувалися означень і точних кількісних значень часток шуму, використаних раніше в праці [3]. Ми вивчали спільний для усіх характеристик датасет із 60 кольорових 8-бітних зображень з розмірами 512x512 і різними частками гаусівського шуму. Для усіх характеристик розрахунки проводили по червоному каналу зображень.

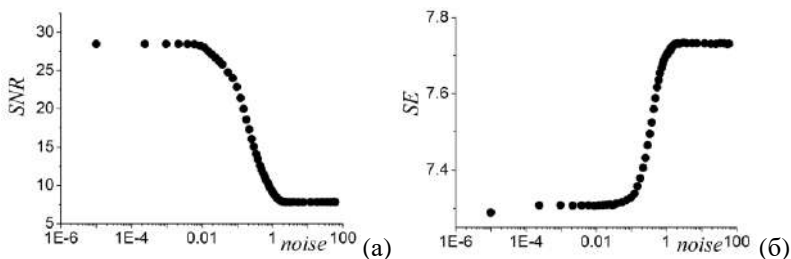


Рис. 1. Приклади характеристик $SNR(noise)$ (а) і $SE(noise)$ (б) для одного із вивчених зображень, де $noise = \sigma/\sigma_0$ (σ_0 і σ – стандартні відхилення значень пікселів відповідно для вихідного зображення та шуму).

Порівняння класичних характеристик $SNR(noise)$, $PSNR(noise)$ і $SE(noise)$ із характеристиками $NW_i(noise)$ підтверджує, що мережеві характеристики зображення загалом є надійними метриками вмісту шумів у зображеннях. Додаткових досліджень потребують питання універсальності мережевих характеристик зашумлених зображень і вирішення проблем немонотонності окремих функцій $NW_i(noise)$ на деяких діапазонах змінної $noise$.

1. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing / New Jersey: Prentice Hall, 2008. – 976 p.
2. Clark A., Fox C., Lappin S. The Handbook of Computational Linguistics and Natural Language Processing / Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. – 802p.
3. Кравчук О. М., Кушнір О. С., Дребот А. С., Довгань І. Я. Властивості мереж, побудованих на цифрових зображеннях // Електроніка та інформаційні технології. – 2024. – Вип. 28 (у друці).
4. Довгань І. Я., Кушнір О. С., Фургала Ю. М., Паночко Г. І. Аналогії між зображеннями та текстами: явище «спалахів» у текстах і цифрових зображеннях // Електроніка та інформаційні технології. – 2022. – Вип. 17. – С. 3–15.



5. Zhang Z. Image noise: detection, measurement, and removal techniques / Knoxville: Department of Electrical Engineering and Computer Science, 2015. – 10 pp.

COMPARISON OF NETWORK CHARACTERISTICS OF DIGITAL IMAGES WITH THE CLASSICAL CHARACTERISTICS OF IMAGE NOISE

Our study continues elaborating the analogies between digital images and natural texts and applying the methods of natural language processing to the problems of image processing. In particular, we compare the characteristics of image networks with the data obtained according to the classical approaches for estimating a fraction of Gaussian noise in an image. These are a signal-to-noise ratio (SNR), a peak signal-to-noise ratio (PSNR) and a Shannon entropy (SE). Our comparison of the dependences of network parameters $NW_i(\text{noise})$ on the fraction of Gaussian noise for a number of images with the dependences $SNR(\text{noise})$, $PSNR(\text{noise})$ and $SE(\text{noise})$ shows that $NW_i(\text{noise})$ can be used as measures of noise fraction.



РОЗДІЛЕННЯ МОВЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ТАКИХ СИСТЕМ

Андрій Цемко¹

¹факультет електроніки та комп'ютерних технологій Львівського національного університету імені Івана Франка, місто Львів, andrii.tsemko@lnu.edu.ua

Сучасні системи розділення мови присутні в розумних колонках, розумних годинниках і т.д. адаптовані на розпізнавання слів у середовищах, де говорять лише одна людина і навпаки, демонструють слабкий рівень розпізнавання в середовищах, коли декілька людей можуть говорити одночасно. Ця проблема «коктейльних вечірок» потребує інших підходів для вирішення від тих, які вже є імплементовані, оскільки постановка задачі змінюється на розпізнавання ключових слів або слів від будь-кого, а не від однієї людини.

Оптимальним і популярним підходом для створення систем автоматизованого розпізнавання слів є послідовний підхід [1], який складається з двох кроків: покращення/очищення аудіо сигналу та розпізнавання. На першому кроці, система підвищує рівень SNR'у, придушуючи шуми, реверберація і т.д., тим самим очищаючи сигнал від компонент які не є мовленням, і після того системи розпізнавання слів переводять аудіо сигнал в текст. Систему розділення мовлення потрібно інтегрувати у підсистему покращення аудіо, щоб розділити потік аудіо сигналу на декілька каналів, кожен з яких буде містити окремого мовця. Після цього, система розпізнавання слів зможе окремо обробити кожен канал і розпізнати ключові слова хоч в якомусь каналі. Такий підхід дозволить ефективно працювати системами розпізнавання слів у середовищах з великою кількістю мовців без ускладнення систем розпізнавання, що дозволить не втратити оптимальність існуючих рішень.

Однією з ефективних архітектур нейронних мереж для розділення мовлення є енкодер-декодер структура [2], яка переводить часове-представлення аудіо сигналу у псевдо-спектр, що схожий на результат роботи віконного перетворення Фур'є, в той час як декодер – виконує зворотнє перетворення від псевдо-спектру і часовий сигнал. Між енкодером і



декодером є набір шарів, які відповідають за генерацію так званих масок мовців, які накладаються на вихід енкодера. Дані архітектури розроблені для розділення постійної кількості мовців. Більшість архітектур розрізняють за типами і кількістю блоків, які використовують для генерації маски. Однією з таких нейронних мереж є мережа SuDORM-RF [3], яка використовує послідовний набір U-net блоків на основі згортки та підвищенні роздільності. Основною проблемою навчання таких нейронних мереж розділення є так зване перекручування каналів. Оскільки в нас немає певних правил, яка людина має потрапити в який канал, функція обрахунку втрат має враховувати всі можливі комбінації спікерів і добре оцінювати, якщо хоча б в одній з них, кожен канал має кожную людину.

Описані вище нейронні мережі сфокусовані на одноканальну постановку задачі, коли маючи сигнал лише з одного мікрофону пристрою, потрібно отримати декілька каналів мовців. В реальному житті, пристрої містять більше ніж один мікрофон, що збільшує кількість даних і може покращити ефективність систем розпізнавання. Окрім збільшення кількості вхідних даних в запропоновані вище мережі, ми розглянули інший підхід обробки багато-канальних сигналів [4]. Цей підхід відповідає ідеї BeamForming'у, яка алгоритмічно дозволяє підсилити сигнал на певному куті відносно набору мікрофонів, використовуючи відомі геометричні параметри розташування мікрофонів (відстані між ними і т.д.). Дана нейронна мережа опрацьовує спектрограму аудіо сигналу і також генерує маски, які накладаються на певний вхідний референсний канал. Як і алгоритм, дана нейронна мережа потребує додаткових вхідних даних крім аудіо сигналів з мікрофонів, який відповідає куту розташування мовця відносно мікрофонів. Навчивши дану нейронну мережу, ми побачили, що вона добре працює лише у випадках, коли основний мовець знаходиться найближче до мікрофону, а у випадку, якщо мовець, кут якого ми задали, знаходиться далі, ніж інші мовці, то мережа не може виділити лише його. Потенційно, збільшення даних для навчання може вирішити цю проблему.

1. *M. Lichouri, K. Lounnas, R. Djeradi, A. Djeradi. Performance of End-to-End vs Pipeline Spoken Language Understanding Models on Multilingual Synthetic Voice // International Conference on Advanced Aspects of Software Engineering (ICAASE). –*



2022. – P. 1-6.
2. *Y. Luo, N. Mesgarani.* TaSNet: Time-Domain Audio Separation Network for Real-Time, Single-Channel Speech Separation // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – 2018. – P. 696-700.
 3. *E. Tzinis, Z. Wang, P. Smaragdis.* Sudo RM -RF: Efficient Networks for Universal Audio Source Separation // IEEE 30th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP). – 2020. –P. 1-6.
 4. *K. Tesch, T. Gerkmann.* Multi-Channel Speech Separation Using Spatially Selective Deep Non-Linear Filters. IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2024. - № 32. – P. 542-553.

SPEECH SEPARATION USING NEURAL NETWORKS AND CHALLENGES IN DEVELOPING SUCH SYSTEMS

Speech separation systems are designed to address the acoustic challenge known as the “cocktail party” problem. Developing such systems is complex, as they range from single- to multi-channel solutions, requiring innovative approaches for training neural networks. The purpose of this presentation is to describe state-of-the-art approaches, their challenges, and solutions.



АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕКТРОМЕТРА STELLARNET ТА ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ AWS

А. Крупич, І. Карбовник

Кафедра радіофізики та комп'ютерних технологій, факультет електроніки та комп'ютерних технологій, Львівський національний університет імені Івана Франка, Драгоманова, 50, 79005 Львів, Україна
andrii.krupych@lnu.edu.ua

У цій роботі запропоновано концепцію інтегрованого рішення, яке поєднує можливості спектрометра StellarNet із хмарними сервісами AWS для автоматизації та підвищення ефективності наукових експериментів. Створено систему, яка забезпечує надійний збір, обробку, зберігання та візуалізацію даних у реальному часі, з використанням сервісів AWS IoT Core, AWS Lambda, Amazon DynamoDB та Amazon API Gateway. Це рішення дозволяє автоматично зберігати дані у масштабованій базі даних NoSQL, безперервно збирати та аналізувати інформацію зі спектрометра, а також створювати динамічні візуалізації через інтерактивні інформаційні панелі. Інтеграція спрощує автоматизований контроль і моніторинг експериментів, оптимізуючи процеси обробки даних і значно підвищуючи їх точність та ефективність. Запропонований підхід демонструє, як хмарні технології можуть сприяти розвитку науки, забезпечуючи гнучкі, масштабовані та економічно вигідні рішення для управління та аналізу даних.

Апаратна частина системи включає спектрометр VIS-50, світлодіодне джерело SL1-LED від StellarNet, а також персональний комп'ютер з ОС Windows. Світло від діода передається безпосередньо на приймач



спектрометра за допомогою оптоволоконного кабелю. Спектрометр передає отримані дані про спектр через USB 2.0 порт на міні-ПК, на якому встановлені необхідні драйвери та програмне забезпечення для обробки і передачі даних зі спектрометра у хмарне середовище. Для підключення та налаштування спектрометра застосовується програмний пакет StellarPro, який включає необхідні драйвери пристрою та забезпечує зручний інтерфейс для відображення даних у режимі реального часу. Для зчитування сигналу використовується Python SDK від StellarNet, а для підключення до хмарного середовища та передачі даних застосовується AWS IoT Python SDK.

Для передачі даних використовується протокол MQTT, за допомогою якого дані напряму надходять до AWS IoT Core — керованої хмарної служби Amazon Web Services. Ця служба забезпечує безпечну та зручну взаємодію підключених пристроїв з хмарними додатками та іншими пристроями. Для зберігання оброблених спектрометричних даних обрано Amazon DynamoDB завдяки її високій продуктивності, масштабованості та простоті у використанні. Доступ до даних здійснюється через сервіс AWS API Gateway — інструмент для створення, публікації, адміністрування, моніторингу та захисту API. Зв'язок між AWS API Gateway і AWS DynamoDB забезпечується за допомогою AWS Lambda — серверлес-сервісу, який дозволяє виконувати код без необхідності налаштування серверів. Для візуалізації даних створено додаток на основі фреймворку Flutter. Цей додаток отримує дані через AWS API Gateway та відображає їх, використовуючи бібліотеку FL Chart.

Реалізоване рішення демонструє переваги інтеграції хмарних технологій у традиційне лабораторне середовище. Поєднання сучасних хмарних інструментів із науковими приладами відкриває нові можливості для підвищення ефективності, масштабованості та глибшого аналізу даних. Такий підхід не лише оптимізує використання ресурсів, але й сприяє створенню

Науково-практичний семінар

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

до 60-річного ювілею кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій,
110-річчя з дня народження професора Миколи Максимовича,
та 100-річчя з дня народження професора Лева Синицького



Секція «Інтернет речей та штучний інтелект»

ширших автоматизованих рішень для аналізу та обробки даних у майбутньому.



ВПЛИВ ЗМЕНШЕННЯ РОЗМІРУ ГІСТОГРАМ КОЛЬОРУ НА РЕЗУЛЬТАТИ КОРЕЛЯЦІЙНОГО СПІВСТАВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

¹Андрій Вельгош, ²Юрій Фургала, ³Сергій Вельгош

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

¹andrii.velhosh@lnu.edu.ua, ²yuriv.furhala@lnu.edu.ua, ³serhiy.velhosh@lnu.edu.ua

Досліджено зміни коефіцієнту кореляції Пірсона [1] гістограм кольорової складової (*Hue*) зображень у кольоровому просторі *HSV* [2] в залежності від кількості врахованих піків. Ідея дослідження полягає у виключенні з розгляду піків меншої інтенсивності і виявленні, яким чином це впливає на коефіцієнт кореляції.

Для досліджень було обрано набір зображень (*dataset*) CQ100: A High-Quality Image Dataset for Color Quantization Research [3].

Дослідження проводилися як для оригінальних, так і спотворених зображень. Зокрема, розглядалися: поворот, дисторсія, розмиття і накладання шумів (всього 14 варіантів спотворень).

Для 10 зображень з набору CQ100 розраховувалася залежність коефіцієнту кореляції від кількості піків між гістограмою оригінального (неспотвореного) зображення і гістограмами 14-ти спотворень цього самого та інших 9-ти зображень. Для отриманих залежностей визначалося середнє значення та стандартне відхилення. Значення середнього арифметичного та стандартного відхилення усереднювалися по всіх парах з 10 досліджуваних об'єктів. При цьому, окремо розглядалася кореляція спотворених екземплярів того самого та різних зображень. Виявлено, що максимальна різниця між усередненими коефіцієнтами кореляції для того самого і різних зображень досягається в околі 16-ти піків.

Запропоновано класифікатор (розпізнавач) зображень за принципом „свій-чужий” на основі бінаризації по коефіцієнту кореляції гістограм кольору. За поріг бінаризації було обране середнє арифметичне даних усереднених коефіцієнтів кореляції того самого і різних зображень.

На рис. 1 наведено діаграми типу *heatmap* бінаризованих даних



коефіцієнту кореляції гістограм кольору у випадку 180-ти піків (повна гістограма). Розмір матриці становить 140×140 елементів (14 спотворень для 10 зображень). Значення бінаризованих коефіцієнтів кореляції того самого зображення (оригінального та з накладеними 13-ма спотвореннями) розміщені у квадратах розміром 14×14 на діагоналі матриці.



Рис. 1. Діаграма типу *heatmap* бінаризованих даних коефіцієнту кореляції гістограм кольору

З рис. 1 видно, що в межах одного й того самого зображення кореляція залишається досить високою, незважаючи на внесені спотворення. Водночас, значення коефіцієнта кореляції між різними зображеннями виявляються низькими у більшості випадків. Отримані результати свідчать про можливість використання гістограм кольору для ідентифікації зображень або їх фрагментів, навіть за умов значних спотворень, спричинених завадами різного характеру.

1. Коефіцієнт кореляції Пірсона. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%97_%D0%9F%D1%96%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0.



2. Колірна модель HSV. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/HSV>.
3. Celebi M. Emre, Pérez-Delgado María-Luisa. CQ100: A High-Quality Image Dataset for Color Quantization Research. – 2022. – Mendeley Data, Vol 2. DOI: 10.17632/vw5ys9hfxw.2.

THE EFFECT OF REDUCING OF THE COLOR HISTOGRAMS SIZE ON THE RESULTS OF IMAGES CORRELATION

The correlation of images color histograms in the HSV color space depending on the number of considered peaks were studied. The idea of the study is to exclude from consideration the lower intensity peaks and find out how this affects the correlation coefficient.



ДЕСКРИПТОРИ КОЛІРНИХ ТА ПРОСТОРОВИХ ОЗНАК У ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ

Володимир Кугівчак¹, Сергій Вельгош²

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,

¹volodymyr.kuhivchak@lnu.edu.ua, ²serhiy.velhosh@lnu.edu.ua

В сучасних системах комп'ютерного зору та обробки зображень однією з ключових задач є ефективне представлення та аналіз візуальної інформації. Колірні та просторові ознаки зображень відіграють важливу роль у розв'язанні широкого спектру задач, включаючи пошук зображень за вмістом, розпізнавання об'єктів та сегментацію зображень [3].

Метою даного дослідження є систематизація та аналіз сучасних методів опису кольорних та просторових характеристик зображень, визначення їх переваг і обмежень, а також оцінка ефективності різних дескрипторів у задачах обробки зображень.

Гістограма кольорів (Color Histogram) є одним з базових та широко використовуваних методів опису розподілу кольорів на зображенні [3]. Вона представляє частоту появи кожного кольору в дискретизованому кольорному просторі. Перевагами даного підходу є інваріантність до повороту та масштабування зображення, проте класична гістограма кольорів не враховує просторового розташування кольорів.

Дескриптор різниці гістограми кольорів (Color Difference Histogram, CDH) є вдосконаленим методом опису кольорних характеристик, що враховує перцептивно рівномірні різниці між кольорами в просторі $L^*a^*b^*$. CDH обчислюється на основі двох типів гістограм, які характеризують різниці кольорів між сусідніми пікселями з урахуванням їх орієнтації та кольорного індексу, що дозволяє ефективно описувати як кольорні, так і просторові характеристики зображення.

Color Correlogram є дескриптором, що характеризує як локальні, так і глобальні просторові кореляції кольорів у зображенні [2]. На відміну від гістограми, корелограма обчислює ймовірність знаходження пікселів певного кольору на заданій відстані один від одного. Це дозволяє врахувати не тільки



розподіл кольорів, але й їх взаємне розташування, що робить дескриптор більш стійким до змін масштабу та повороту зображення.

Ще одним ефективним дескриптором є Color Co-occurrence Matrix (CCM), який описує просторові взаємозв'язки між кольорами шляхом обчислення частоти спільної появи пар кольорів на певній відстані та в певному напрямку. CCM дозволяє ефективно характеризувати як текстурні, так і колірні характеристики зображення.

Кватерніонні моменти Зерніке (Quaternion Zernike Moments, QZM) представляють більш комплексний підхід до аналізу колірних характеристик зображення, який дозволяє обробляти всі колірні канали цілісно, без їх розділення. За допомогою алгебри кватерніонів RGB-зображення представляється як чистий кватерніон (I)

$$f(x, y) = fR(x, y)i + fG(x, y)j + fB(x, y)k \quad (1)$$

де fR, fG, fB відповідають червоному, зеленому та синьому каналам [1]. Такий підхід має ряд переваг: по-перше, він базується на ортогональних поліномах Зерніке, що забезпечує кращу стійкість до шуму; по-друге, представлення у вигляді кватерніонів дозволяє розглядати зображення як векторне поле; по-третє, побудовані на основі QZM інваріанти є кватерніонозначними, що дає більше дійсних інваріантних характеристик порівняно з класичними підходами [1].

Проведений аналіз демонструє різноманітність підходів до опису візуального контенту зображень. Прості дескриптори, такі як гістограма кольорів, не враховують просторову інформацію, але демонструють достатню ефективність у задачах СВІР. Складніші дескриптори (Color Correlogram, CCM, QZM) враховують просторові відношення між кольорами, забезпечуючи вищу точність за рахунок більшої обчислювальної складності. Перспективним напрямком є розробка адаптивних методів вибору дескрипторів залежно від специфіки конкретної задачі та типу зображень.

1. *Beijing Chen, Huazhong Shu, Hui Zhang, Gang Chen, Christine Toumoulin, Jean-Louis Dillenseger, Limin M. Luo.* Quaternion Zernike moments and their invariants for color image analysis and object recognition. *Signal Processing*, 2012, vol. 92, pp. 308-318.



2. *Jing Huang, S Ravi Kumar, Mandar Mitra, Wei-Jing Zhu, Ramin Zabih.* Image Indexing Using Color Correlograms // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. -- 1997. -- Vol. 17, No. 7. -- P. 729-736.
3. *Srivastava D., Wadhvani R., Gyanchandani M.* A Review: Color Feature Extraction Methods for Content Based Image Retrieval // International Journal of Computational Engineering & Management. – 2015. – Vol. 18, Issue 3. – P. 9-13.

COLOR AND SPATIAL FEATURE DESCRIPTORS IN IMAGE PROCESSING TASKS

The paper presents a review of color and spatial descriptors used in modern image processing tasks. Various approaches to visual information representation are investigated, particularly color histograms and their modifications. Advanced methods such as Color Correlogram and Color Co-occurrence Matrix (CCM), which combine color distribution and their spatial relationships, are examined. Special attention is given to Quaternion Zernike Moments (QZM), which provide comprehensive processing of color channels. The analysis demonstrates that combining color and spatial features significantly improves accuracy in content-based image retrieval, object recognition, and image segmentation tasks.



ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Ігор Оленич¹, Дмитро Демчик², Святослав Баб'як³, Олександр Футей⁴

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

¹igor.olenych@lnu.edu.ua, ²dmytro.demchuk@lnu.edu.ua,

³sviatoslav.babiak@lnu.edu.ua, ⁴oleksandr.futey@lnu.edu.ua

У сучасному світі забруднення повітря твердими мікрочастинками стає однією з найважливіших проблем міських агломерацій і промислових регіонів. Забруднення атмосфери є не тільки загрозою для здоров'я людей, але й має фундаментальний вплив на глобальну зміну клімату. Прогнозування рівня забруднення повітря є критично важливим для розробки ефективних стратегій управління ризиками та формування політики покращення екологічної ситуації. Методи машинного навчання, які набувають популярності як потужні інструменти для прогнозування в різних галузях, надають нові можливості для аналізу даних якості повітря [1,2].

Для аналізу використано набір даних, що містить понад 250 тис. записів, одержаних системою моніторингу забруднення повітря упродовж року. Запропонована система була реалізована в рамках парадигми IoT, яка передбачає обмін даними між різноманітними сенсорами та комп'ютерними системами в автоматичному режимі з використанням бездротових телекомунікацій і стандартних протоколів зв'язку. Моніторинг забруднення повітря здійснювався за допомогою лазерного сенсора твердих мікрочастинок HM-3301, який дає змогу одержати інформацію про концентрацію твердих частинок з розмірами 1 мкм (PM1), 2,5 мкм (PM2,5) і 10 мкм (PM10), і мікроконтролера Arduino UNO R4 WiFi, як платформи для збору, попередньої обробки та передачі сенсорних даних на віддалений сервер. Крім того, для аналізу використано інформацію з веб-ресурсу <https://www.weatherapi.com> щодо поточних погодних умов (дані про температуру, вологість, напрям і швидкість вітру) для заданої місцевості.

Попередня обробка даних забезпечила видалення аномалій і підготовку вхідних змінних для навчання моделей машинного навчання. Часові



характеристики були представлені за допомогою циклічного кодування для місяців, днів тижня та годин доби. Сезонні закономірності були враховані у додатковій ознаці season. Категоріальна ознака, що характеризує напрям вітру, була закодована методом one-hot encoding. Підготовлені дані були розділені на навчальну та тестову вибірки у співвідношенні 80 та 20% відповідно. Аналіз здійснювався за допомогою алгоритмів Random Forest, XGBoost та LSTM, які демонструють високу точність та ефективність прогнозування складних залежностей.

Результати дослідження точності прогнозування зазначеними моделями машинного навчання за метриками Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE) та коефіцієнта детермінації R^2 наведені у табл.1.

Таблиця 1. Точність прогнозування рівня забруднення повітря.

Метод машинного навчання	Метрика		
	MAE	MSE	R^2
Random Forest	1,65	9,09	0,94
XGBoost	2,28	13,02	0,92
LSTM	2,86	18,13	0,89

Усі три розглянуті моделі демонструють доволі високу точність прогнозування для низьких рівнів забруднення твердими мікрочастинками (до 25 мкг/м^3). Однак із зростанням концентрації забруднювальних частинок відхилення прогнозованих значень від фактичних збільшується, що може бути зумовлено невеликою кількістю записів у наборі даних з високою концентрацією твердих мікрочастинок, оскільки середні значення концентрації PM1, PM2,5 та PM10 не перевищують 25 мкг/м^3 [3].

На основі аналізу одержаних результатів встановлено, що модель LSTM демонструє високу здатність до прогнозування трендів, але спостерігаються відхилення у деяких пікових значеннях. Модель Random Forest характеризується доволі точним передбаченням рівня забруднення повітря та меншою чутливістю до різких піків. Високу точність прогнозування з хорошим узгодженням між фактичними та прогнозованими значеннями, особливо для середніх рівнів забруднення, забезпечує модель XGBoost.



1. *Xiaojun C., Xianpeng L., Peng X.* IoT-based air pollution monitoring and forecasting system // 2015 International Conference on Computer and Computational Sciences (ICCCS). – 2015. – P. 257–260.
2. *Mokhtari I., Bechkit W., Rivano H., Yaici M.R.* Uncertainty-aware deep learning architectures for highly dynamic air quality prediction // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 14765–14778.
3. *Оленич І., Баб'як С.* Автоматизована система дослідження забруднення повітря // Електроніка та інформаційні технології. – 2024. – № 26. – С. 59–72.

PREDICTING AIR POLLUTION LEVELS USING MACHINE LEARNING METHODS

Air pollution by particulate matter is becoming one of the most important problems of urban agglomerations and industrial regions. Machine learning methods are widely used for air quality forecasting. Random Forest, XGBoost, and LSTM algorithms were used to predict the level of air pollution by PM1, PM2.5, and PM10 particles based on meteorological data (temperature and humidity of air, direction and speed of the wind). It is found that the proposed machine learning models provide high prediction accuracy and good agreement between actual and predicted values for low and medium levels of particulate matter pollution.



ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У ВІБРАЦІЙНІЙ ДІАГНОСТИЦІ

В. Шевчик¹, І. Карбовник¹

¹ Кафедра радіофізики та комп'ютерних технологій,
факультет електроніки та комп'ютерних технологій

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. ген. Тарнавського, 107, 79017 Львів, Україна

volodymyr.shevchuk@lnu.edu.ua, ivan.karbovnyk@lnu.edu.ua

Моніторинг та діагностика обертових механізмів за допомогою візуального чи акустичного аналізу без впровадження розумних рішень уже не може у повній мірі задовільнити потреби сучасної індустрії [1]. Впровадження інноваційних наукових методологій, зокрема підходів на основі нечіткої логіки, значно розширює можливості автоматизації складних процесів. Це дозволяє мінімізувати вплив людського фактора на прийняття рішень, що сприяє зменшенню похибок і підвищенню точності результатів у дослідницьких і прикладних задачах.

У цій роботі йдеться про впровадження алгоритмів нечіткої логіки [2] як складової програмно-апаратного комплексу для аналізу вібраційних сигналів

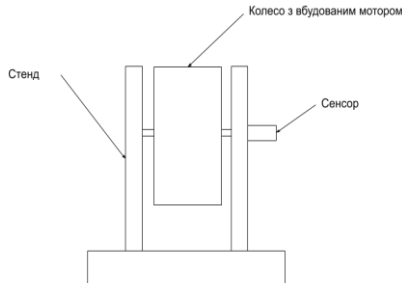


Рис. 1. Станд для дослідження вібраційних сигналів системи на основі вбудованого в колесо електромотора.



[3]. Експериментальний стенд для досліджень передбачає змонтовану на осі обертання одноколісну систему із вбудованим електричним мотором, яка схематично показана рис. 1.

Зібрані сигнали опрацьовувалися із застосуванням методу співставлення середньоквадратичного значення по таблиці механізму першого класу ISO 2372 та результатами отриманими від аналізу методом нечіткої логіки. Отримані результати свідчать про доцільність застосування методів нечіткої логіки для аналізу вібраційних сигналів, що відкриває перспективи їх використання у вирішенні задач діагностики та прогнозування стану складних технічних систем.

1. Mushiri T., Mbohva C., Vibration Based Condition Monitoring of Rotating Machinery using Fuzzy Logic. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2016 Vol II WCECS 2016, October 19-21, 2016, San Francisco, USA.
2. Rohit V. Mukane , Nandkumar M. Gurav , Shilpa Y. Sondkar , Neville C. Fernandes. LabVIEW Based Implementation of Fuzzy Logic for Vibration Analysis to Identify Machinery Faults. Third International Conference on Computing, Communication, Control And Automation, 2017.
3. Карбовник І. Платформа комп'ютеризованого вібраційного моніторингу для вбудованих у колесо електродвигунів / І. Карбовник, І. Яворський, І. Мацько, В. Шевчик // Електроніка та інформаційні технології. – 2024. – Т. 26. – С. 25-32.

LEVERAGING FUZZY LOGIC FOR VIBRATION DIAGNOSTICS

Monitoring and diagnostics of rotating machinery without the implementation of advanced automation and intelligent software is increasingly considered obsolete in modern practice [1]. Advanced smart techniques, such as fuzzy logic, have emerged as effective tools for minimising errors by reducing the reliance on human input in decision-making processes. In this study, we integrate the analysis of vibration signals with fuzzy logic algorithms into our custom-developed vibration diagnostics system. For this purpose, a test rig featuring a wheel, in-wheel motor, and sensor has been designed. The collected signals were analyzed using the root mean square (RMS) comparison method, following the ISO 2372 standard for first-class mechanisms, alongside the results obtained from fuzzy logic analysis. The findings indicate that fuzzy logic methods can be effectively employed for the analysis of vibration signals.



ПРОТОТИП ІоТ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Ярема Величко¹, Богдан Середницький², Андрій Середницький³

^{1,2} Національний університет "Львівська політехніка", Львів,

¹ yarema.vely4ko@gmail.com, ² bohdan@u3.org.ua

³ Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України,
Львів, ³ serandry@gmail.com

Мета даної роботи розробити портативний IoT-пристрій для моніторингу рівня ультрафіолетового (УФ) опромінення. Надмірне УФ-опромінення, що перевищує природні захисні можливості шкіри може спричинити опіки, прискорене старіння шкіри, появу зморшок, розвиток меланоми та інших онкологічних захворювань. Для оцінки небезпеки такого впливу Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) впровадила показник «УФ-індекс», який характеризує ризик опромінення за шкалою від 1 (низький) до 11+ (надзвичайно високий). При розрахунку УФ-індексу необхідно враховувати потужність випромінювання повного УФ спектру від 280 до 400 нм (UVB: 280-314 нм) і UVA: 315-400 нм). Запропонована система дає змогу відслідковувати величину отримного ультрафіолетового опромінення у вказаному діапазоні, а отже й знизити вплив шкідливих променів на тіло людини. Основним елементом системи є малопотужний датчик УФ випромінювання Si1145/46/47 з цифровим інтерфейсом I2C, мікросхема датчика містить аналого-цифровий перетворювач, інтегровані високочутливі фотодіоди, процесор цифрових сигналів, що забезпечує йому високу продуктивність у широкому динамічному діапазоні та при різноманітних джерелах світла, включаючи прямі сонячні промені. Дані датчика збираються і обробляються мікроконтролером ESP32, який може автономно сповіщати користувача про рівень УФ-опромінення за рахунок світлової і звукової індикації або передавати дані на мобільний додаток з використанням технології Bluetooth Low Energy (BLE). Живиться прототип від компактного літій-полімерного акумулятора. Компактні розміри елементів з яких складається прототип і бездротова комунікація з мобільним



додатком дозволяють виготовляти його у вигляді прикрас які можна закріпити на одязі як тодатковий аксесуар і робить його зручним у використанні. Подальший розвиток прототипу може включати інтеграцію додаткових датчиків для аналізу інших факторів довкілля, таких як температура чи вологість повітря, даних інших “розумних аксесуарів” (розумні годинники, фітнесбраслети, тощо), які слідкують за станом здоров’я користувача, а також інтеграцію з системами штучного інтелекту, які зможуть співставляти реальні дані про опромінення з метрологічними картами УФ-індексу і робити більш точні прогнози потенційної небезпеки, що ще більше підвищить корисність прототипу. Розробка такого пристрою сприятиме підвищенню обізнаності користувачів щодо УФ-опромінення та зменшенню його шкідливого впливу на здоров’я.

IoT DEVICE FOR MONITORING THE LEVEL OF UV-RADIATION

The prototype is a portable IoT device designed to monitor and analyze UV radiation exposure, helping users avoid harmful health effects such as sunburns, premature skin aging, and increased cancer risks. The device uses a UV sensor Si1145/46/47 and a microcontroller ESP32 to measure radiation levels and sends real-time data to a smartphone via BLE. This paper outlines the device's construction, functionality, and benefits, highlighting its role in health protection.



ХМАРНІ ЛАБОРАТОРІЇ: НОВІ МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ НАУКИ ТА ОСВІТИ. КОРОТКИЙ ОГЛЯД

Іван Болеста, Богдана Калівошка

Львівський національний університет імені Івана Франка,
кафедра радіофізики та комп'ютерних технологій

e-mail: ivan.bolesta@lnu.edu.ua, bogdana.kalivoshka@lnu.edu.ua

Хмарні лабораторії є основою для побудови автоматизованої науки, керованої штучним інтелектом, мають неймовірний потенціал для прискорення досліджень, підвищення відтворюваності та доступності. З урахуванням переваг інтерес до технологій невідомо зростає як з боку промисловості, так і наукових кіл. Звичною справою стало використання IoT у системі охорони здоров'я, зокрема, при наданні медичних послуг, обробці великих обсягів медичних даних для покращення результатів лікування [1]. Автоматизація процесу генерації та вивчення характеристик наноструктур ДНК [2] дозволила дослідницьким лабораторіям частіше тестувати нові наноструктури ДНК, підвищила доступність технологій і призвела до зростання прогресу. У [3] розроблено архітектуру IoT для клітинної біології. Продемонстровано її застосування в електрофізіології, мікроскопії та флюїдиці. Ця система IoT дозволяє контролювати та відстежувати експерименти в режимі реального часу за допомогою онлайн веб-інструменту, автоматизувати дослідницькі завдання та отримувати поточні оновлення щодо статусу експериментів. Для забезпечення потреб криміналістів у [4] представлено інноваційну технологію, яка дозволяє інтегрувати портативний пристрій, зокрема, *Viavi MicroNIR*, з хмарною системою, зменшуючи навантаження на лабораторії та підвищуючи їх ефективність.

Хмарні лабораторії активно використовуються студентами під час виконання практичних робіт, забезпечуючи доступ до дорогого обладнання, сприяючи масштабованості та гнучкості, а також співпраці та підтримці міждисциплінарних досліджень. Хмарна лабораторія OTG (On-The-Go) є трансформаційним і динамічним навчальним середовищем [5]. Прототип



віддаленої лабораторії [6] дозволив студентам дистанційно керувати промисловим пілотним заводом.

У [7] розроблено основні методи застосування хмарних сервісів для технології IoT радіаційно-екологічних досліджень. Запропоновано перспективний напрям – інтеграцію локальних вимірювальних приладів із хмарними сервісами з використанням технології M2M/IoT для дистанційного вимірювання, розроблено архітектуру та структурну схему дозиметричної системи з можливістю віддаленого доступу та дистанційного управління основними функціями. Запропонована модель дозволила знизити витрати на розробку та впровадження системи комплексного контролю й спостереження за радіаційною безпекою та визначення рівня забруднення, швидкого реагування на надзвичайні події та попередження можливих радіаційних аварій, зменшення їх наслідків для населення.

Розвиток хмарних обчислень і технології штучного інтелекту підвищив вимоги до зберігання даних, що спричинило потребу в прогресі оптичного зберігання даних за допомогою нанофотоніки. У [8] досліджують доцільність аналогу нанофотоніки в біології шляхом емуляції пам'яті мозку на основі клітинних енграм для нейроморфного оптичного зберігання даних за допомогою нанофотоніки. Розглянуто нові методи та матеріали нанофотоніки, а також виклики та можливості такого впровадження для майбутнього оптичного зберігання даних. У [9] представлено хмару фотонних матеріалів (PMCloud), веб-інтерактивний відкритий інструмент для проектування та аналізу фотонних матеріалів. PMCloud дозволяє визначення відмінностей між моделями оптичних матеріалів, згенерованими з бази даних, введення експериментальних даних і вбудовано-генерованих матеріалів з різних аналітичних моделей. PMCloud відкриває швидкий і доступний шлях до створення прототипів оптичних матеріалів та простих основних пристроїв і може служити освітньою платформою для дослідження фотонних матеріалів.

Аналіз публікацій формує комплексне бачення того, як хмарні архітектури IoT можуть бути реалізовані у лабораторіях, наголошуючи на оптимізації продуктивності, масштабованості та інтеграції розширеної аналітики даних. Подано цінну інформацію і структуру, яка може керувати розробкою та розгортанням складних хмарних лабораторій IoT для



передових досліджень у нанофотоніці, зокрема. Хмарна IoT-лабораторія для нанооптики є інноваційною концепцією, що поєднує нанооптику та хмарні технології для проведення досліджень і аналізу даних у сфері оптики на нанорівні. Інтеграція сучасних технологій дозволяє не лише збирати та аналізувати дані, але й відкриває нові можливості для співпраці між науковими установами. З правильним підходом до архітектури та імплементації, такі лабораторії можуть суттєво сприяти розвитку науки та технологій в Україні та за її межами. Однак залишається низка викликів, які необхідно долати – це контроль якості даних, що надходять з різних джерел, з метою забезпечення точності і надійності результатів; сумісність технологій (стандартизація протоколів та форматів даних); безпека даних, що передаються та зберігаються в хмарі, використання шифрування та автентифікації.

1. *Mohamad Jawad, H.H.; Bin Hassan, Z.; Zaidan, B.B.; Mohammed Jawad, F.H.; Mohamed Jawad, D.H.; Alredany, W.H.D.* A Systematic Literature Review of Enabling IoT in Healthcare: Motivations, Challenges, and Recommendations // *Electronics* 2022, 11, 3223.
2. *D. Sebastian Arias and Rebecca E. Taylor.* Scientific Discovery at the Press of a Button: Navigating Emerging Cloud Laboratory Technology // *Adv. Mater. Technol.* 2024, 9, 2400084.
3. *D.F. Parks, et al.* IoT cloud laboratory: internet of Things architecture for cellular biology // *Internet of Things*, 2022, 20, Article 100618.
4. *Florentin Coppey, Cédric Schelling, Jean-Luc Veuthey and Pierre Esseiva.* Cloud-Enabled Handheld NIR Spectroscopy: A Transformative Approach for Real-Time Forensic Analysis of Cannabis Specimens // *Helv. Chim. Acta* 2023, 106, e202300052.
5. *Vigneshwaran, Sreerambabu, Kalidasan, Mohammed Riyaz.* Cloud-based on OTG Lab // *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology* ISSN: 2321-9653; Volume 11 Issue VIII Aug 2023.
6. *M. Domínguez, R. González-Herbón, J.R. Rodríguez-Ossorio, J.J. Fuertes, M.A. Prada and A Morán.* Development of a remote industrial laboratory for automatic control based on Node-RED, IFAC-PapersOnLine 2020, vol. 53, no. 2, pp. 17210-17215.



7. *V.L. Terokhin, M.G. Stervoyedov, O.V. Ridozub.* Application of the IoT technology and cloud services for radiation monitoring // Control Systems and Computers 2021, № 2-3, с. 60-68.
8. *Simone Lamon, Qiming Zhang, Haoyi Yu, and Min Gu.* Neuromorphic Optical Data Storage Enabled by Nanophotonics: A Perspective // ACS Photonics 2024, 11, 3, 874-891.
9. *Korsa, M.T., Petersen, S., Rahmani, N., Shabani, A., Mishra, Y.K., Adam, J.* Photonic Materials Cloud: An Online Interactive Open Tool for Creating, Comparing and Testing Photonic Materials // Nanomaterials 2022, 12, 2585.

CLOUD LABORATORIES: NEW OPPORTUNITIES FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION. A BRIEF OVERVIEW

Cloud labs are the foundation for building automated, AI-driven science, with incredible potential to accelerate research, increase reproducibility, and accessibility. Taking into account the advantages, the interest in the technology is steadily growing both from industry and academia. An analysis of publications is conducted that forms a comprehensive vision of how cloud-based IoT architectures can be implemented in laboratories, emphasizing performance optimization, scalability, and the integration of advanced data analytics. Valuable insights and a framework are provided that can guide the design and deployment of sophisticated IoT cloud labs for advanced research in nanophotonics, in particular. The Cloud IoT Lab for Nano-Optics is an innovative concept that combines nano-optics and cloud technologies to conduct research and data analysis in the field of nano-optics. The integration of modern technologies allows not only to collect and analyze data, but also opens up new opportunities for cooperation between scientific institutions. With the right approach to architecture and implementation, such laboratories can significantly contribute to the development of science and technology in Ukraine and beyond.



MODELING REAL-TIME OBSTACLE AVOIDANCE USING SYMMETRIC ARTIFICIAL POTENTIAL FIELD METHOD

Ihor Berizka¹, Ivan Karbovnyk²

Ivan Franko Lviv National University, 107, Tarnavskoho Str, Lviv, 79013, Ukraine,
ihor.berizka@lnu.edu.ua¹, ivan.karbovnyk@lnu.edu.ua²

Mobile robots are advanced devices designed to navigate spaces independently and capable of making real-time decisions. An essential element of the software framework in these machines relates to the algorithms for path planning and obstacle avoidance. In this report we provide a brief overview of the family of modified obstacle avoidance methods based on classic approach which was introduced by O. Khatib in 1984 [1]. The main idea of these methods is in the calculation of 3 fields: attractive (drives robot towards target locations), repulsive (generated by obstacles to repel robot away) and total field. Safe direction is determined by finding the argmin of the total field. Recent modifications involve simplifying mathematical models and moving toward scalar functions instead of vectors [2]. In previous works we conducted research using Laplace function [3]. In this exercise we propose further investigation in this direction and used Logistic function for calculation of potentials. Equation (1) presents Logistic repulsive field.

$$f_k(\theta_i) = A_k * \operatorname{sech}^2\left(\frac{\pi(\theta_k - \theta_i)}{2\sqrt{3} * \sigma}\right) \quad (1)$$

where θ_k corresponds to the central angle of the k_{th} obstacle, σ is half of angle occupied by the k_{th} obstacle. Scaling parameter A_k is fitted so that repulsive function covers obstacle completely. Such modification might have an advantage in description of obstacles as compared to Gaussian potential – it has heavier tails which might help to avoid more sharp obstacles.

1. *B. Sciliano, O. Khatib.* “Springer Handbook of Robotics”, 2nd ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016, pp. 1189-1190.



2. *Jang-Ho Cho, Dong-Sung Pae, Myo-Taeg Lim, Tae-Koo Kang.* (2018 Aug). A Real-Time Obstacle Avoidance Method for Autonomous Vehicles Using an Obstacle-Dependent Gaussian Potential Field. *Journal of Advanced Transportation.* [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2018/5041401>
3. *Berizka I.A., Karbovnyk I.D.* Mathematical Model of Modified Real-Time Obstacle Avoidance Method Based on Laplace Artificial Potential Field. *Прикладні проблеми комп'ютерних наук, безпеки та математики*, вип 3, 12–22, 2024. <https://apcssm.vnu.edu.ua/index.php/Journalone/article/view/123>

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДУ ШТУЧНИХ ПОТЕНЦІАЛЬНИХ ПОЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СИМЕТРИЧНИХ ФУНКЦІЙ ДЛЯ ВИЯЛЕННЯ ПЕРЕШКОД У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО

У роботі виведено математичну модель нової модифікації алгоритму штучних потенціальних полів із використанням логістичної функції для опису репульсивного поля. Параметр масштабування A_k підібрано так, щоб репульсивна функція повністю покривала перешкоду. Така модифікація потенційно може мати перевагу у виявленні перешкод порівняно з гауссовим потенціалом – логістична функція має важчі "хвости", що може допомогти уникати більш гострі перешкоди.



ВИКОРИСТАННЯ RAG КОНЦЕПТУ В СИСТЕМАХ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Євген Берщанський, Галина Клим

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
yevhen.v.bershchanskyi@lpnu.ua, halyna.i.klym@lpnu.ua

З розвитком великих мовних моделей (Large Language Models) стало можливим вирішувати дедалі складніші завдання, проте зростає потреба у забезпеченні їхньої точності, контекстуальності та ефективності. Одним із перспективних підходів, що розв'язує ці виклики, є концепт RAG (Retrieval-Augmented Generation). Ця методика поєднує можливості глибокого навчання та традиційного пошуку, дозволяючи отримувати більш релевантні й обгрунтовані відповіді від AI-систем. RAG забезпечує генерацію тексту на основі додаткового контексту, отриманого з зовнішніх джерел інформації, таких як бази даних або оновлювальні знання.

Метою цієї роботи є дослідження як використання RAG концепту підвищує ефективність систем штучного інтелекту, забезпечуючи кращу продуктивність у практичних застосунках.

RAG – це підхід, який поєднує два процеси: отримання релевантної інформації з зовнішніх джерел та генерацію тексту з урахуванням цього контексту [2]. На відміну від традиційних мовних моделей, які обмежуються знаннями, отриманими під час навчання, RAG дозволяє інтегрувати актуальні дані в реальному часі, що значно підвищує точність і корисність відповідей. Процес RAG починається з отримання інформації з зовнішніх джерел, таких як документи чи бази знань. Ця інформація формує контекст для подальшої генерації відповіді. Мовна модель на наступному етапі генерує текст, інтегруючи нові дані, що забезпечує релевантність і глибину відповідей, особливо для специфічних запитів. RAG ефективно використовується в завданнях, що потребують актуальних даних, таких як технічна підтримка, пошук у великих масивах або створення рекомендаційних систем [3]. Його здатність інтегрувати нову інформацію робить його цінним для задач, що вимагають точності та адаптивності в системах штучного інтелекту.



Основною перевагою RAG є забезпечення контекстуальності та релевантності відповідей. Завдяки інтеграції зовнішніх джерел інформації, AI-системи можуть генерувати точніші відповіді, адаптовані до поточних запитів. Наприклад, у складних сценаріях, RAG знижує ризик дезінформації, який часто виникає при використанні моделей, що працюють лише на основі навчальних даних. RAG дозволяє працювати з великими масивами даних, що зберігаються в базах знань чи зовнішніх джерелах. Це дає можливість оновлювати відповіді в реальному часі без необхідності постійного перенавчання моделей. Попри переваги, існують технічні виклики. Один з основних — управління якістю джерел інформації, оскільки ефективність RAG залежить від релевантності та достовірності даних. Помилки чи застаріла інформація можуть вплинути на результати. Іншим викликом є затримка в обробці запитів, оскільки пошук перед генерацією відповіді може збільшити час виконання, особливо при великих обсягах даних [1]. Також важлива оптимізація інтеграції RAG у складні AI-архітектури, що потребує додаткових ресурсів для забезпечення стабільності та надійності.

Отже, незважаючи на ці виклики, переваги RAG значно перевищують труднощі його впровадження. Ця концепція продовжує розвиватися, відкриваючи нові можливості для покращення функціоналу та ефективності систем штучного інтелекту. Застосування RAG дає можливість створювати більш ефективні та надійні AI-системи, які можуть задовольняти потреби користувачів у різних галузях. RAG дозволяє створювати системи, здатні поєднувати найкращі практики генеративного навчання з точністю та гнучкістю сучасних технологій пошуку.

1. Bershchanskyi Y., Klym H. Foundation model system design in artificial intelligent and cyber-physical systems (pp.242-243). II International Scientific and Practical Conference Information and Measuring Technologies Ivt-2024
2. Gupta, S., Ranjan, R., & Singh, S. N. (2024). A Comprehensive Survey of Retrieval-Augmented Generation (RAG): Evolution, Current Landscape and Future Directions. arXiv preprint arXiv:2410.12837.
3. Singh, J. (2023). The Ethical Implications of AI and RAG Models in Content Generation: Bias, Misinformation, and Privacy Concerns. *Journal of Science & Technology*, 4(1), 156-170.



USAGE OF THE RAG CONCEPT IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS

This work explores the Retrieval-Augmented Generation concept and its application in artificial intelligence systems. RAG integrates two key processes: information retrieval from external sources and the generation of responses based on this retrieved context. This approach improves the accuracy and relevance of AI-generated outputs by ensuring that the system can access up-to-date information in real-time, rather than relying solely on pre-existing knowledge encoded during training. The article discusses how RAG enhances AI applications, such as chatbots, information retrieval systems, and recommendation engines, by providing more accurate and contextually relevant responses. The technology is particularly beneficial for tasks that require the processing of large data sets or real-time updates, such as legal consulting or technical support. However, challenges such as managing the quality of external data sources, optimizing response times, and integrating RAG into existing AI architectures remain. Despite these challenges, RAG offers significant advantages in terms of scalability, flexibility, and the ability to generate high-quality responses, making it a valuable tool for the continued evolution of AI systems.



СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ НА ПРИВАТНУ ТЕРИТОРІЮ

Омелюх Назар, Галина Клим

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
nazar.omeliukh.mkisk.2023@lpnu.ua, halyna.i.klym@lpnu.ua

В сучасному світі питання безпеки та автоматизації є актуальними для багатьох організацій і приватних власників. Однією з важливих складових сучасних безпекових систем є системи управління доступом до приватної території. Такі системи дозволяють не тільки контролювати переміщення транспорту, але й підвищувати рівень безпеки та ефективності управління доступом.

Мікроконтролери, такі як ESP32, забезпечують надійне управління системами безпеки, включаючи обробку відеосигналів, управління бар'єрами та підтримку мережевих інтерфейсів для віддаленого доступу [1]. Важливою перевагою ESP32 є його здатність до бездротового зв'язку та обробки даних у реальному часі, що робить його ідеальним вибором для систем розпізнавання номерних знаків та автоматизації доступу.

Метою цієї роботи є проектування та розробка автоматизованої системи управління доступом на приватну територію. Система повинна забезпечувати розпізнавання автомобільних номерних знаків із використанням камери, можливість зчитування RFID міток, інтегрувати веб-інтерфейс для віддаленого керування доступом, транслювати відео з камер у реальному часі та містити можливість ручного керування системою. У ході роботи розроблено структурну схему системи Рис.1, вибрано апаратну базу, включаючи мікроконтролер ESP32-S3, камеру OV3660, RFID модуль PN532 і сенсор відстані HC-SR04. Розроблено програмне забезпечення, яке включає три основні компоненти: прошивку мікроконтролера, серверну частину на базі Flask і веб-інтерфейс, створений за допомогою React.

Система складається з двох основних пунктів контролю: в'їзного та виїзного, кожен із яких включає окремий мікроконтролер ESP32-S3, камеру OV3660, сенсор відстані HC-SR04 та RFID-зчитувач PN532. Усі ці елементи працюють у координації з центральним сервером, з яким мікроконтролери



обмінюються даними через Wi-Fi. Сервопривід використовуються для управління шлагбаумом. Макет складеної системи показаний на Рис.2. У системі автоматизованого управління доступом використовується модель YOLOv8 для розпізнавання автомобілів та їх номерних знаків [2]. Веб-інтерфейс є ключовим компонентом системи автоматизованого управління доступом, який дозволяє користувачам моніторити стан системи, керувати шлагбаумом, змінювати налаштування та переглядати історію подій (Рис. 3).

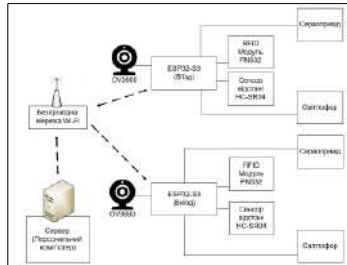


Рис. 1. Структурна схема системи управління доступом



Рис. 2. Макет системи

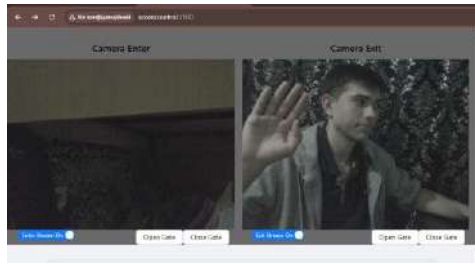


Рис. 3. Інтерфейс системи

Інтерфейс дозволяє виконувати операції додавання, редагування та видалення транспортних засобів у базі даних, а також спостерігати за станом шлагбаума, змінювати налаштування та переглядати історію подій у реальному часі.



1. Dietz Henry ESP32-CAM as a programmable camera research platform – 2022. – Т. 34, № 7. – С. 232–1–232–6
2. Wan C. Overview of YOLO Object Detection Algorithm // International Journal of Computing and Information Technology. – 2022. – Т. 2, № 1. – С. 11.

AUTOMATED ACCESS CONTROL SYSTEM TO PRIVATE TERRITORY

This work presents the development of an automated access control system for private territory using of microcontrollers, machine vision, RFID modules and a web interface, which provides convenience and security of management. During the work, the functional structure of the system was developed, the hardware base was selected, including the ESP32-S3 microcontroller, the OV3660 camera, the PN532 RFID module and the HC-SR04 sensor. The software was developed, which includes three main components: the microcontroller firmware, the Flask-based server part and the web interface created using React. The system parameters were studied, including the video stream frequency and the accuracy of license plate recognition, which showed the high efficiency of the proposed solution. To ensure security, the system uses authorization mechanisms for each request.



СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ КОМПОНЕНТАМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Леся Ковалів, Галина Клим

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
lesia.kovaliv.mkisk.2023@lpnu.ua, halyna.i.klym@lpnu.ua

Смарт-інфраструктура стрімко розвивається, стаючи невід'ємною частиною сучасного побуту багатьох людей. До 2025 року кількість «розумних» пристроїв, підключених до інтернету у сфері житлових приміщень, може перевищити 75 мільярдів. Це швидке зростання обумовлене не тільки зручністю, але й попитом на енергоефективність та безпеку. На сьогодні основною проблемою залишається інтеграція різноманітних компонентів, таких як освітлення, клімат-контроль, системи безпеки, з можливістю їх централізованого моніторингу та управління [2]. Моніторинг і управління компонентами розумного будинку стають все актуальнішими через швидкий розвиток технологій у сфері IoT та автоматизації житлових приміщень [3]. Управління компонентами розумного будинку через веб-інтерфейс дозволяє користувачам контролювати свої оселі з будь-якої точки світу. Це підвищує ефективність управління ресурсами та знижує витрати на комунальні послуги [1].

Метою цієї роботи є розроблення системи моніторингу та управління компонентами розумного будинку, що включатиме контроль та автоматизацію роботи різних пристроїв, таких як освітлення, вентиляція та системи безпеки.

Одним із ключових компонентів тестувального макету розумного будинку є плата ESP32, яка забезпечує високу продуктивність, підтримку бездротового зв'язку та широкі можливості для інтеграції різних сенсорів і модулів. До основних елементів апаратного забезпечення також входять сенсори температури, вологості, пари, якості повітря, руху, а також модулі для управління електронними пристроями. Створена система забезпечує безперервний контроль за умовами в приміщенні та автоматично реагує на зміни, зовнішній вигляд моделі представлено на рис. 1. Вибір програмних



засобів зосередився на використанні Arduino IDE для програмування контролера ESP32, а також React як фреймворку для розробки веб-інтерфейсу керування. Це поєднання забезпечує гнучкість та швидкодію системи, дозволяючи створити динамічний веб-інтерфейс, який надає користувачу можливість моніторингу та керування системою в реальному часі.



Рис. 1. Модель розумного будинку

Інтерфейс системи моніторингу та управління розумного будинку надає користувачу можливість контролю основних компонентів та умов у приміщенні (рис. 2).



Рис. 2. Інтерфейс системи

Головна панель відображає поточні показники температури, вологості, якості повітря, стан освітлення та безпеки. Окремі розділи забезпечують моніторинг клімату, контроль якості повітря, перегляд руху, управління освітленням та автоматизацію сценаріїв, таких як ввімкнення вентиляції при підвищенні температури.

1. *Mashal, I., Shuhaiber, A., & Al-Khatib, A. W. (2023). User acceptance and adoption of*



smart homes: A decade long systematic literature review. *International Journal of Data and Network Science*, 7(2), 533.

2. Parekh, R. (2024). Automating the design process for smart building technologies. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23, 1213-1234.
3. Witczak, D., & Szymoniak, S. (2024). Review of Monitoring and Control Systems Based on Internet of Things. *Applied Sciences*, 14(19), 8943.

SYSTEM OF MONITORING AND MANAGEMENT OF SMART HOME COMPONENTS

This work presents the development of a comprehensive smart home monitoring and control system built on the ESP32 microcontroller. The system integrates essential sensors for temperature, humidity, air quality, and motion detection, along with modules for controlling lighting, ventilation, and other household devices. Through a React-based web interface, users gain centralized, real-time access to critical environmental metrics, such as indoor climate, lighting, and security status. The interface also allows users to create custom automation scenarios, like activating ventilation in response to temperature changes or triggering lights based on motion detection. Open-source tools, including Arduino IDE, support the flexible, scalable programming of the system, which is designed to offer intuitive control capabilities. This solution enhances energy efficiency, safety, and convenience, providing a robust platform for modern smart home automation.



СИСТЕМА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ РУХУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОНЕНТІВ ARDUCAM І PIR СЕНСОРІВ

Тарас Скільський, Галина Клим

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
taras.skilyski.mkisk.2023@lpnu.ua, halyna.i.klym@lpnu.ua

З розвитком технологій безпеки та потребою у спостереженні за об'єктами, питання автоматизації та оптимізації відеоспостереження стають особливо актуальними. Це важливо для різних застосувань: від забезпечення безпеки в житлових приміщеннях до промислових і громадських установ. Враховуючи сучасні тенденції до автоматизації та цифровізації всіх сфер життя, розробка таких систем є надзвичайно актуальною. В умовах постійного підвищення вимог до ефективності та надійності систем відеоспостереження особливо увагу привертають рішення на основі мікроконтролерів, таких як Arduino, які пропонують доступні і функціональні варіанти моніторингу. Розробка таких систем на основі відкритого апаратного та програмного забезпечення дозволяє знизити вартість їх впровадження та експлуатації, а також забезпечити можливість їх модифікації під конкретні вимоги користувача.

Мета даної роботи — розробити ефективну і доступну систему відеоспостереження з використанням Arducam та PIR сенсорів для виявлення руху. Основними елементами системи є камера Arducam, що забезпечує захоплення зображень при активації, та датчик руху PIR, що виконує функцію тригера, фіксуючи будь-яку активність у зоні спостереження. Для обробки даних і керування системою використовується плата Arduino Uno, яка відповідає за керування процесами виявлення та зберігання зображень. Використання мікроконтролера Arduino дозволить досягти оптимального балансу між простотою реалізації, вартістю та функціональністю [1].

Система виявляє рух за допомогою інфрачервоного датчика (PIR-сенсора). Інфрачервоні датчики реагують на зміну теплового випромінювання об'єктів в їхньому полі зору. Наступним етапом розробки



функціоналу системи є впровадження можливості автоматичного фіксування відео за допомогою камери ArduCam при виявленні руху. Камера буде захоплювати кадри або записувати відео, а отримані дані зберігатимуться на SD-карті, що забезпечить надійне і локальне збереження інформації. Це дозволить зберігати велику кількість даних без залежності від зовнішніх мереж або серверів, що особливо важливо для використання системи у віддалених або складних умовах [2,3].

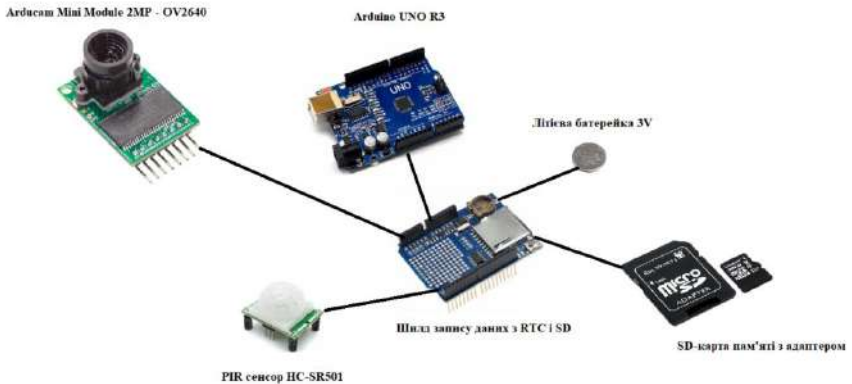


Рисунок 1. Схема системи

Підсумовуючи перевагами запропонованої системи є простота її конструкції, низька вартість компонентів та можливості автономної роботи. Система може бути використана для домашньої безпеки або інших сценаріїв, де необхідно контролювати рух та автоматично фіксувати події.

Окрім цього, система може бути інтегрована в інші системи, де автоматичне виявлення руху може допомогти регулювати транспортні потоки, моніторити громадські місця або забезпечувати безпеку на



критичних об'єктах для моніторингу територій, що може знизити фактор людської помилки.

1. S. A Akinwumi, A. C Ezenwosu, T. V Omotosho, O. O Adewoyin, T. A Adagunodo and K. D. Arduino Based Security System using Passive Infrared (PIR) Motion Sensor
2. Maya Nayak, Prasannatjit Dash. SMART SURVEILLANCE MONITORING SYSTEM USING RASPBERRY PI AND PIR SENSOR
3. Rupali R. Ragade. Embedded home surveillance system with pyroelectric infrared sensor using GSM

VIDEO SURVEILLANCE AND MOTION DETECTION SYSTEM USING ARDUCAM COMPONENTS AND PIR SENSORS

This paper presents the development of a cost-effective video surveillance system using Arducam and a PIR motion sensor. The system employs an Arduino Uno microcontroller to manage motion detection, image capture, and data storage on an SD card. The PIR sensor detects movement by responding to changes in infrared radiation, triggering the Arducam to capture images or record video. The proposed solution is simple, low-cost, and capable of autonomous operation, making it suitable for applications such as home security, public monitoring, and remote environments.



УПРАВЛІННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Василь Рабик¹, Володимир Скребуха²

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів,

¹vasyl.rabyk@lnu.edu.ua, ²volodymyr.skrebukha@lnu.edu.ua

Для управління рухом мобільного автономного робота використовуються як класичні підходи (ПІД контролер), які залежать від точності математичної моделі, так і інтелектуальні алгоритми керування (контролери нечіткої логіки, управління з допомогою нейронних мереж), які дозволяють керувати мобільними роботами без детального опису математичної моделі [1].

Ця робота присвячена реалізації контролера нечіткої логіки на основі алгоритму Мамдані для управління мобільним роботом в середовищі з перешкодами та моделюванню його руху в IDE CoppeliaSim.

1. *Кінематична модель двоколісної мобільної робототехнічної платформи (МРП).*

МРП складається з двох незалежних активних коліс і пасивного колеса. Активні колеса МРП приводяться в рух двигунами постійного струму [2]. Кінематична модель МРП зображена на рис. 1. Конфігурація МРП характеризується координатами (X, Y) та орієнтацією в декартовій системі координат.

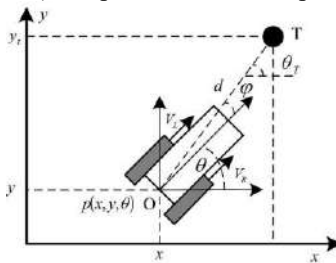


Рис. 1.

Змінні, які використовуються в кінематичній моделі: точка $p_T(x_t, y_t)$ – координати цілі T в декартовій системі координат; точка $p(x, y, \theta)$ – координати



нати МРП відносно т. О на центральній його осі в нерухомій системі координат та орієнтація МРП; V_R – лінійна швидкість лівого колеса МРП; V_L – лінійна швидкість правого колеса МРП; d – віддаль між МРП та ціллю.

Лінійна швидкість V визначається як середнє значення швидкостей лівого і правого коліс:

$$V = \frac{V_R + V_L}{2}. \quad (1)$$

Співвідношення між лінійною і кутовою швидкостями описується виразом:

$$\omega = \frac{V_R - V_L}{L}. \quad (2)$$

де L – віддаль між двома колесами.

Система рівнянь, яка описує кінематичну модель МРП, має вигляд [2]:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{V_R + V_L}{2} \cos(\theta), \quad (3,a)$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{V_R + V_L}{2} \sin(\theta), \quad (3,b)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{V_R - V_L}{L}. \quad (3,c)$$

2. Реалізація контролера нечіткої логіки (FLC-1) для навігації МРП на ціль.

Реалізований контролер нечіткої логіки має дві вхідні лінгвістичні змінні: відстань від МРП до цілі (d) та кут орієнтації на ціль (φ) (рис. 2).

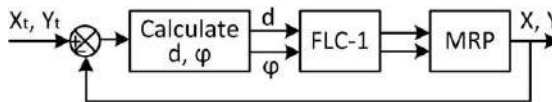


Рис. 2. Структурна схема управління МРП на основі FLC-1

Вихідними лінгвістичними змінними FLC-1 є швидкість правого V_R та лівого коліс V_L МРП. Значення вхідних змінних для кожного часового кроку обчислюються з допомогою виразів:



$$d = \sqrt{(x_T - x)^2 + (y_T - y)^2}, \quad (4)$$

$$\theta_T = \arctg \frac{y_T - y}{x_T - x}, \quad (5)$$

$$\theta = \arctg \left(\frac{y}{x} \right). \quad (6)$$

Інтервал $[0 \dots 1]$ m вхідної лінгвістичної змінної d розбито на п'ять термів: VSD – дуже мала відстань, SD – мала відстань, AD – середня відстань, BD – велика відстань, VBD – дуже велика відстань.

Вхідна лінгвістична змінна φ (кут орієнтації на ціль) розділена на сім термів в діапазоні $[-180^\circ \ 180^\circ]$: NBA – від'ємний великий кут, NAA – від'ємний середній кут, NSA – від'ємний малий кут, ZA – нульовий кут, PSA – додатний малий кут, PAA – додатний середній кут і PBA – додатний великий кут.

Вихідні лінгвістичні змінні FLC-1 МПП розбиті на п'ять термів: VLS – дуже мала швидкість, LS - мала швидкість, AS – середня швидкість, BS – велика швидкість, VBS - дуже велика швидкість. На основі функцій належності вхідних та вихідних лінгвістичних змінних сформовано нечіткі бази правил для двох вихідних змінних V_R, V_L . Кожна з баз правил включає 35 правил IF-THEN.

3. *Реалізація контролера нечіткої логіки (FLC-2) для уникнення перешкод МПП.*

Для управління рухом МПП в середовищі з перешкодами використано вхідні лінгвістичні змінні – відстань до перешкод, які отримуються з давачів відстані (рис. 3). МПП має два давачі відстані, розташовані попереду праворуч і ліворуч від центральної осі платформи.

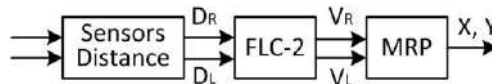


Рис. 3. Структурна схема управління МПП на основі FLC-2
Вхідними даними в FLC-2 є відстань до перешкоди зліва (лінгвістична



змінна – D_L) та віддаль до перешкоди справа (лінгвістична змінна – D_R). Кожна з них має три терми: $D_L - T=\{SLD, ALD, BLD\}$, $D_R - T=\{SRD, ARD, BRD\}$.

Вихідними лінгвістичними змінними є швидкості лівого V_L та правого V_R коліс МПП. Терми цих вихідних змінних аналогічні термам вихідних змінних контролера FLC-1: $V_L, V_R - T=\{VLS, LS, AS, BS, VBS\}$. Кожна з баз правил FLC-2 для двох вихідних змінних V_R, V_L включає 15 правил IF-THEN.

4. Управління МПП контролерами нечіткої логіки FLC-1 та FLC-2.

Алгоритм навігації МПП до цілі з уникненням перешкод реалізовано на основі контролерів FLC-1 та FLC-2. Структурна схема управління МПП на основі FLC-1 та FLC-2 зображена на рис. 4.

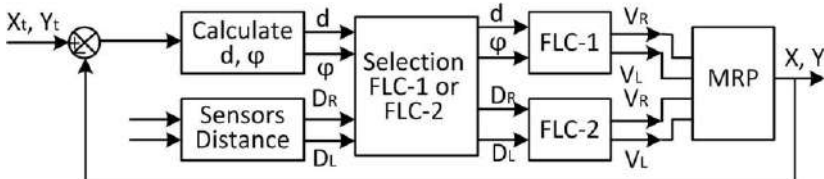


Рис. 4. Структурна схема управління МПП на основі FLC-1 та FLC-2

Ця схема включає блок вибору одного з контролерів FLC-1 або FLC-2 на кожному часовому кроці. Алгоритм їх вибору базується на порівнянні $\min(D_R, D_L)$ з безпечною відстанню до перешкоди (D_S). Якщо менша з виміряних відстаней до перешкоди є більшою D_S , то тоді МПП керує контролер FLC-1. В іншому випадку вибирається контролер уникнення перешкод FLC-2.

Також на кожному часовому кроці виконується перевірка умови досягнення МПП цілі: $\min(D_R, D_L) \leq D_T$, де D_T – мінімальна відстань до цілі. При виконанні цієї умови МПП зупиняється. Величини D_S, D_T ініціалізуються на початку алгоритму.

5. Моделювання руху МПП в IDE CoppeliaSim.

Для імітаційного моделювання руху МПП в невідомому середовищі використано IDE CoppeliaSim, а для програмування – інтегровано в IDE мову Python. Навігація МПП до цілі під управління FLC-1 зображена на рис. 5, а на



рис. 6 - зміна швидкостей V_R та V_L під час руху МПП до цілі. Координати цілі – $Y_T=-1.7$, $X_T=1.7$.

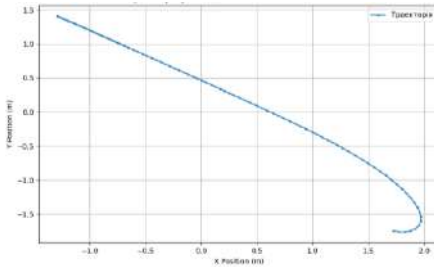


Рис. 5. Траєкторія руху МПП до цілі

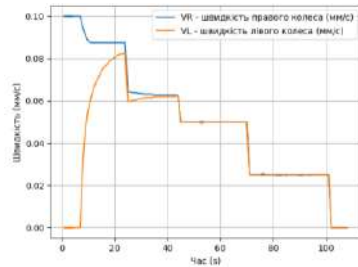


Рис. 6. Зміна швидкостей V_R та V_L

Траєкторія руху МПП в середовищі з перешкодами під управлінням FLC-2 зображена на рис. 7.

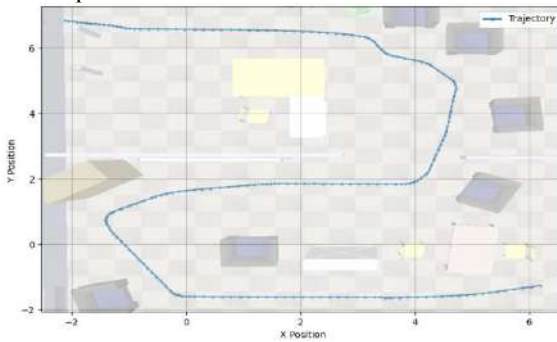


Рис. 7. Траєкторія руху МПП в середовищі з перешкодами

1. *Rafai A.N.A., Adzhar N., Jaini N.I.* A Review on Path Planning and Obstacle Avoidance Algorithms for Autonomous Mobile Robots. // *Journal of Robotics*. Volume 2022, Article ID 2538220, 14 p., <https://doi.org/10.1155/2022/2538220>.
2. *Omrane H., Masmoudi M. S., Masmoudi M.* Fuzzy Logic Based Control for



Autonomous Mobile Robot Navigation. // Computational Intelligence and Neuroscience. 2016(2), p. 1-10, <https://dx.doi.org/10.1155/2016/9548482>

CONTROL OF AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT BASED ON FUZZY LOGIC

This work presents the implementation of two fuzzy logic controllers based on the Mamdani algorithm and the simulation of their motion in the CoppeliaSim IDE. The FLC-1 controller enables MRP to move toward a target, while the FLC-2 controller allows the MRP to avoid obstacles when navigating in an unknown environment. Additionally, a motion algorithm for the mobile robot utilizing both FLC-1 and FLC-2 controllers is proposed. Membership functions for the input and output linguistic variables, as well as a fuzzy rule base, have been developed for each controller.



АУТЕНТИФІКАЦІЯ В МІКРОФРОНТЕНДАХ: СТРАТЕГІЧНІ ПІДХОДИ, ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ

Олександр Степанов, Галина Клим

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
oleksandr.v.stepanov@lpnu.ua, halyna.i.klym@lpnu.ua

Розвиток веб-розробки супроводжується переходом до модульної архітектури, де мікрофронтеди забезпечують високу гнучкість, модульність і швидке впровадження змін. Однак така архітектура висуває нові виклики, особливо у сфері аутентифікації, оскільки кожен мікрофронтед може працювати як незалежна система зі своїми унікальними вимогами до безпеки. Основною проблемою є забезпечення ефективного управління токенами аутентифікації та контролю доступу, що має бути як безпечним, так і продуктивним [1].

Одним із популярних підходів є використання архітектури Backend for Frontend (BFF). Ця стратегія передбачає, що всі запити до бекенд-сервісів виконуються через спеціальний шлюз, який генерує токени на основі привілеїв користувача. Такий підхід дозволяє ізолювати окремі мікрофронтеди, зменшуючи ризики некоректного доступу до даних. BFF забезпечує високий рівень безпеки за рахунок деталізованого контролю доступу, проте супроводжується збільшенням затримок у роботі системи через необхідність регулярної генерації токенів. Крім того, обробка численних запитів потребує значних обчислювальних ресурсів. Для мінімізації затримок можуть використовуватися механізми кешування, які зменшують навантаження на сервери аутентифікації, зберігаючи водночас високий рівень захищеності даних.

Іншою популярною стратегією є Frontend Silent Login, яка передбачає генерацію токенів безпосередньо на стороні клієнта після завантаження мікрофронтеду. Цей підхід сприяє мінімізації кількості запитів до серверів, що позитивно впливає на швидкість роботи додатка. Водночас, така стратегія менш захищена від потенційних атак, таких як XSS, що може призвести до



компрометації клієнтських секретів. Для забезпечення безпеки в цьому випадку важливим є впровадження політики найменших привілеїв, посилений моніторинг активності та регулярне оновлення маркерів доступу. Silent Login дозволяє значно спростити взаємодію з користувачем, але вимагає посиленої уваги до управління токенами [2,3].

Вибір між цими двома підходами залежить від особливостей конкретної системи. Архітектура BFF краще підходить для складних проєктів із великою кількістю API та високими вимогами до безпеки. Натомість Frontend Silent Login є доцільним для застосунків, де критичною є швидкість і спрощення користувацького досвіду. У деяких випадках можливе комбінування обох підходів, що дозволяє досягти оптимального балансу між безпекою та продуктивністю. Наприклад, BFF може бути використаний для внутрішніх викликів, тоді як Silent Login — для взаємодії з кінцевими користувачами.

Таким чином, аутентифікація в мікрофронтендах є складним завданням, яке вимагає детального аналізу архітектури, ризиків і функціональних потреб системи. Використання правильних стратегій, адаптованих до конкретних умов, дозволяє забезпечити не лише захищеність даних, але й комфорт користувачів, що є ключовим для успішної реалізації мікрофронтендів у сучасних веб-додатках.

1. *Marco, V., & Farias, K. (2024).* Exploring the technologies and architectures used to develop micro-frontend applications: A systematic mapping and emerging perspectives. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.475066>.
2. *Perlin, R., Ebling, D., Maran, V., Descovi, G., & Machado, A. (2023).* An approach to follow microservices principles in frontend. In Proceedings of the IEEE 17th International Conference on Application Information and Communication Technology (AICT). <https://doi.org/10.1109/aict59525.2023.10313208>
3. *Stepanov, O., & Klym, H. (2024).* Features of the implementation of micro-interfaces in information systems. *Advances in Cyber-Physical Systems*, 9(1), 54–60. <https://doi.org/10.23939/acps2024.01.054>

AUTHENTICATION IN MICROFRONTENDS: STRATEGIC APPROACHES, ADVANTAGES AND CHALLENGES

Authentication in micro-frontends poses significant challenges due to their modular



and independent nature, requiring careful token management and secure access control. Two widely used approaches are Backend for Frontend (BFF) and Frontend Silent Login. The BFF strategy routes all backend requests through a gateway that generates tokens based on user privileges. This ensures robust security by isolating micro-frontends and reducing unauthorized access risks but can increase system latency and computational load. Implementing caching mechanisms can help alleviate delays while maintaining data security. In contrast, Frontend Silent Login generates tokens directly on the client side after the micro-frontend loads. This approach enhances application speed and reduces server requests but increases vulnerability to attacks like cross-site scripting (XSS). To mitigate such risks, it is essential to implement strict security policies, activity monitoring, and regular token updates. The choice between these strategies depends on the specific requirements of the system. BFF is better suited for complex projects with extensive APIs and high-security needs, while Silent Login is ideal for applications prioritizing speed and a streamlined user experience. In some cases, combining both approaches can achieve an optimal balance between security and performance, tailoring the solution to meet the unique needs of the application.



ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ WFC АЛГОРИТМУ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕВРИСТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ ПОШУКУ

Денис-Роман Рудик¹, Олексій Кушнір²

Львівський Національний Університет імені Івана Франка, Львів

[1denysroman.rudyk@lnu.edu.ua](mailto:denysroman.rudyk@lnu.edu.ua), [2oleksiy.kushnir@lnu.edu.ua](mailto:oleksiy.kushnir@lnu.edu.ua)

У цій роботі досліджується застосування алгоритму згортання хвильової функції (WFC) для вдосконалення евристичних стратегій пошуку. Ми порівнюємо його ефективність із алгоритмами Дейкстри та A* на графіках різного розміру.

Швидке зростання даних вимагає розширених алгоритмів пошуку для таких галузей, як робототехніка та логістика. Традиційні евристичні методи, такі як Дейкстри та A*, є ефективними, але борються зі складними обмеженнями. Алгоритм згортання хвильової функції (WFC), який спочатку використовувався для процедурного створення вмісту, пропонує підхід на основі обмежень, який динамічно коригує ваги та ймовірності. У цьому документі досліджується потенціал WFC в евристичному пошуку, оцінюючи його ефективність порівняно з Дейкстрою та A* для різних розмірів графів.

Ми протестували алгоритми Дейкстри, A* і WFC на графах із 100, 500 і 1000 вузлами. Кожному вузлу було призначено динамічні ваги, а обмеження поширювалися ітеративно в підході WFC. Показники включали довжину шляху, відсоток дослідження вузла та час обчислення. Кілька рандомізованих екземплярів графа забезпечили надійність. На Графах із 100 вузлами WFC продемонстрував конкурентоспроможність, дослідивши 92% вузлів за 389 мс, у порівнянні з 83% A* за 458 мс. Однак із збільшенням розміру Графа A* зберігав ефективність, тоді як продуктивність WFC знизилася. У Графах із 500 вузлами A* знаходив коротші шляхи за менший час (503 мс), тоді як WFC вимагав 678 мс. Для Графів із 1000 вузлів WFC дослідив 99% вузлів за 1345 мс, тоді як A* дослідив 84% за 983 мс.

Таблиця 1. Результати для графу зі 100 вершинами

Алгоритм	Довжина шляху	Відсоток досліджених	Час виконання,
----------	---------------	----------------------	----------------



Секція «Комп'ютерне моделювання і обчислювальні методи»

		вершин, %	ms
Дейкстри	34	97	712
A*	34	83	458
WFC-базований	34	92	489

Таблиця 2. Результати для графу з 500 вершинами.

Алгоритм	Довжина шляху	Відсоток досліджених вершин, %	Час виконання, ms
Дейкстри	245	97	817
A*	173	86	503
WFC-базований	204	95	678

Таблиця 3. Результати для графу з 1000 вершинами.

Алгоритм	Довжина шляху	Відсоток досліджених вершин, %	Час виконання, ms
Дейкстри	447	97	1005
A*	412	84	983
WFC-базований	479	99	1345

WFC демонструє перспективу вдосконалення евристичних стратегій пошуку, особливо в динамічних налаштуваннях. Майбутні дослідження мають бути зосереджені на інтеграції WFC із традиційною евристикой для вирішення проблеми масштабованості та підвищення продуктивності в складних середовищах.

1. A. Mac and D. Perkins, "Wave function collapse coloring: A new heuristic for fast vertex coloring", arXiv:2108.09329, 2021.
2. A. Newgas, "Tessera: A practical system for extended WaveFunctionCollapse", Proc. 16th Int. Conf. Found. Digit. Games (FDG), pp. 1-7, Aug. 2021.
3. Felner A. Heuristic Search / A. Felner, R. Stern. // Handbook of Constraint Programming. – 2006. – №1. – С. 579–623.
4. H. Kim, S-T. Lee, H. Lee, T. Hahn, and S-J. Kang, "Automatic Generation of Game Content



using a Graph-based Wave Function Collapse Algorithm", 2019 IEEE Conference on Games (CoG), pp. 1-4, Aug 2019, doi: /10.1109/cig.2019.8848019.

5. I. Karth and A. M. Smith, "WaveFunctionCollapse is constraint solving in the wild", Proc. 12th Int. Conf. Found. Digit. Games, pp. 1-10, Aug. 2017.
6. M. Gumin, Wave Function Collapse, 2016, [online] Available: <https://github.com/mxgmn/WaveFunctionCollapse>
7. Zhao. P. and Guo H. (2014). Scientific big data and digital Earth. *Chinese Science Bulletin*, 59(12), 1047-1054.

PROSPECTS OF USING THE WFC ALGORITHM FOR IMPROVING HEURISTIC SEARCH STRATEGIES

An overview of the key concepts of the WFC algorithm was conducted, its effectiveness compared to other methods was investigated, and practical examples of the use of the algorithm to improve heuristic search strategies were also considered. Highlighted moments when there are possible difficulties and limitations that the algorithm may encounter when solving specific tasks. The prospects of WFC algorithm integration in artificial intelligence and optimization systems are analysed.



ОЦІНКА ДАЛЬНОСТІ ДІЇ АКУСТИЧНИХ ДАТЧИКІВ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Роман Кочан¹, Наталія Гоц², Леонід Озірковський³, Володимир Сторож⁴, Сергій Фабіровський⁵, Олексій Сечко⁶, Антон Кіцера⁷

Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів, e-mail:

¹roman.v.kochan@lpnu.ua, ²nataliia.y.hots@lpnu.ua, ³leonid.d.ozirkovskiy@lpnu.ua,
⁴volodymyr.h.storozh@lpnu.ua, ⁵serhii.y.fabirovskiy@lpnu.ua, ⁶oleksii.i.siechko@lpnu.ua,
⁷anton.o.kitsera@lpnu.ua

Проблема захисту від засобів повітряного нападу є особливо актуальною під час війни. В Україні її вирішують війська протиповітряної оборони (ППО). Кількість вражених повітряних цілей з початку повномасштабного вторгнення Росії, станом на 29.11.2024 р., складає 23299 літальні апарати, з яких 85% – це безпілотні літальні апарати (БПЛА) та 12% – крилаті ракети (КР) [1]. Однак, кількість повітряних цілей, що не були знешкоджені є суттєвою, вони призводять до великої кількості жертв і руйнувань. Так, наприклад, з 20.11.2024р. по 29.11.2024р. Україну було атаковано з використанням 103 ракет різних класів та 960 БПЛА, типу «Shahed» [2]. Війська ППО вразили 82 ракети та 476 БПЛА, що дозволяє оцінити ефективність ППО з враження ракет на рівні 80%, а БПЛА – 50%. Необхідною умовою підвищення ефективності враження повітряних цілей є їх супровід в повітряному просторі України. Наявні на озброєнні РЛС мають малу дальність виявлення маловисотних цілей з малою ефективною площею розсіяння [3], що не дозволяє забезпечити суцільне радіолокаційне поле. В арміях країн НАТО та Росії ця проблема вирішується використанням літаків дальнього радіолокаційного стеження AWACS та A50 відповідно [4]. Україна не володіє такими засобами, тому були розроблені системи, що працюють на інших принципах, призначені для доповнення інформації РЛС[5, 6,7], проте вони мають суттєві недоліки.

Розробляється розподілена сенсорна мережа, що забезпечує моніторинг повітряного простору і базується на виявленні акустичних сигналів (АС), що генерують двигуни літальних апаратів[8]. Система складається з множини



акустичних датчиків (АД), що забезпечують автоматичний моніторинг акустичного стану навколишнього середовища, виявлення та розпізнавання АС, що генеруються двигунами маловисотних цілей, вимірювання азимуту цілі і передачу результатів роботи серверу з використанням каналів мобільного інтернету. Сервер системи забезпечує агрегацію даних АД, розрахунок координат цілей і представлення результатів роботи на електронній карті, до якої надається авторизований доступ. Недослідженим є питання дальності виявлення різнотипних цілей.

Для оцінки дальності дії АД використано закон збереження енергії генерованої джерелом АС, що розповсюджується у повітряному середовищі, у всіх напрямках з однаковою питомою густиною. Критерієм оцінки дальності дії АД є відношення сигнал/шум ($K_{S/N}$) на мікрофонах АД, де сигнал – інтенсивність АС віддаленого джерела, а шум – інтенсивність АС навколишнього середовища. Рівень інтенсивності АС навколишнього середовища (L_N), залежно від місця встановлення та погодних умов, складає 30-60 дБ. Рівень інтенсивності джерел АС (L_S) лежить в межах від 220 дБ – вибух атомної бомби, до 90 дБ – двигун мотоциклу (постріл – 130-180 дБ, реактивний двигун літака – 120 дБ). Оцінка дальності дії АД (x) для різних значень, які визначаються вимогами алгоритму опрацювання АС, представлена в таблиці:

$L_S - L_N$, дБ	30	40	50	60	70	80	90	100
x , км (для $K_{S/N} = 1,5$)	0,026	0,08	0,26	0,82	2,6	8,2	26	82
x , км (для $K_{S/N} = 2$)	0,022	0,07	0,22	0,71	2,2	7,1	22	71
x , км (для $K_{S/N} = 3$)	0,018	0,06	0,18	0,6	1,8	6	18	60

Отримані результати дозволяють оцінити густину АД і оптимізувати топологію систем для покриття району розвідки довільної конфігурації. Для збільшення дальності дії АД доцільним видається виділення в смузі АС сигналів, характерних для певних типів цілей і придушення інших сигналів, що здатне збільшити відношення сигнал/шум в смузі корисних сигналів.

1. <https://armyinform.com.ua/2024/11/29/ponad-dvi-tysyachi-pihotyncziv-desyatky-bbm-ta-artsystem-genshtab-zsu-oprylyudnyv-vtraty-voroga/>



2. <https://www.facebook.com/kpszsdu>.
3. Климченко, В. Й., Дончак, Д. А., Донченко, М. М., Тютюнник, В. О. Проблеми набуття спроможностей радіотехнічних військ з розвідки перспективних засобів повітряного нападу // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2021. – 44, №3. – С. 108-115.
4. <https://naukatehnika.com/a-50-protiv-boing-e-3a-%C2%ABsenti%C2%BB.-sравнение-boevyx-xarakteristik-samoletov-drlou.html>
5. <https://eppoua.com/>
6. <https://eraketa.com/>
7. <https://armyinform.com.ua/2023/01/23/lvivski-teroboronczy-rozrobyly-systemu-zvuk/>
8. R. Kochan *et al.*, "Approach to Acoustic Drone Detection System Development," 2023 *IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, Dortmund, Germany, 2023, pp. 471-476, doi: 10.1109/IDAACS58523.2023.10348897.

SENSOR'S RANGE ESTIMATION OF THE ACOUSTIC AIR SPACE MONITORING SYSTEM

This investigation shows the correlation between the acoustic intensity level of the sound sources and the sensor's range. The sensor's range computing is based on acoustics wave propagation in the air environment. The sound source intensity level decreases in distance, compared with the sound intensity level of the acoustic noise. Analysis shows the direct correlation between the sensor's range and source acoustic intensity level and the reverse correlation between the sensor's range and noise level.



ДОСЛІДЖЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ ТОНКИХ ПЛІВОК $Y_2O_3:Eu$ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ У ПЛОСКИХ ДИСПЛЕЯХ

¹Сергій-Ігор Бернацик, ²Ірина Кофлюк

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,

serhii-igor.bernatsyk@lnu.edu.ua, iryna.koflyuk@lnu.edu.ua

Сучасні плоскопанельні дисплеї відіграють ключову роль у багатьох сферах технологій, включаючи споживчу електроніку, медичне обладнання, авіацію та телекомунікації. Постійне зростання попиту на дисплеї з покращеними оптичними характеристиками, високою яскравістю, енергоефективністю та стабільністю роботи стимулює розробку нових та удосконалення вже відомих матеріалів для їх виготовлення. У цьому контексті особливу увагу привертають оксиди рідкісноземельних елементів (РЗЕ), зокрема оксид ітрію (Y_2O_3), легований європієм (Eu) [1]. Тонкі плівки $Y_2O_3:Eu$ є перспективними матеріалами для використання в дисплеях завдяки їхнім унікальним люмінесцентним властивостям, таким як висока ефективність катодолюмінесценції, яскравий червоний колір випромінювання та стійкість до термічних і хімічних впливів. Застосування інших РЗЕ-активаторів, таких як тербій (Tb), церій (Ce) або гадоліній (Gd), також розширює спектр оптичних характеристик оксидних плівок, що робить їх придатними для використання в повноколірних і високояскравісних дисплейних пристроях [2].

Тонкі плівки $Y_2O_3:Eu$ осаджували методом ВЧ іонно-плазмового розпилення та методом дискретного випаровування у вакуумі. ВЧ розпилення проводилось на підкладки із плавленого кварцу $\nu-SiO_2$. Концентрація активатора Eu_2O_3 у вихідній сировині становила 0.5 – 7.5 моль.%. Осадження плівок проводилось на підкладки при кімнатній температурі. Після нанесення плівок здійснювалась їх термообробка в повітрі або аргоні при 1000–1100°C. Для дослідження катодолюмінесценції плівки піддавали електронному опроміненню при різних енергіях електронного пучка (від 50eV до 10 keV). Дослідження спектрів катодолюмінесценції проводилось в діапазоні довжин хвиль 200–800 nm.



Дослідження спектрів КЛ тонких плівок $Y_2O_3:Eu$ з різною концентрацією активатора показує, що вигляд спектрів свідчення, при зміні концентрації Eu в межах 1.0–7.5 мол.%, не змінюється. Характерні спектри КЛ отриманих плівок $Y_2O_3:Eu$ при різних концентраціях активатора наведено на рис. Максимум інтенсивності свідчення катодолумінесценції тонких плівок $Y_2O_3:Eu$ проявляється на довжині хвилі 612 нм, що відповідає переходу ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ для іонів Eu^{3+} . Інтенсивність КЛ зростає зі збільшенням концентрації европію до 5 мол.%, після чого спостерігається повільний спад інтенсивності.

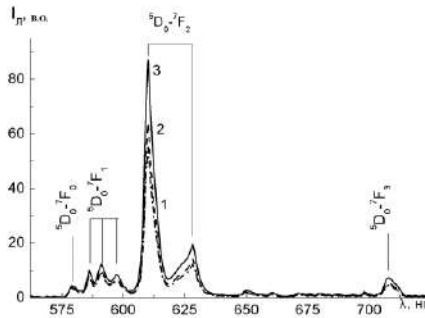


Рис. Спектри КЛ отриманих плівок $Y_2O_3:Eu$ при різних концентраціях активатора. 1 мол.% (1), 2.5 мол. % (2) і 5 мол. % (3).

Підвищення енергії електронного опромінення до 10 кеВ приводить до збільшення інтенсивності катодолумінесценції, що може бути корисним для досягнення високої яскравості у дисплеях.

Максимальна інтенсивність КЛ спостерігається при концентрації европію 5 мол.%. Збільшення концентрації понад 5 мол.% призводить до зменшення ефективності люмінесценції через явище концентраційного гасіння та утворення дефектів, які поглинають енергію.

1. Rosa J., Heikkilä M.J., Sirkiä M., Merdes S. Red $Y_2O_3:Eu$ -Based Electroluminescent Device Prepared by Atomic Layer Deposition for Transparent Display Applications // Materials. – 2021. – **14**, p.1505.



2. *Bordun O. M., Bordun B. O., Kofliuk I. M., Kukharskyi I. Y., Medvid I. I., Protsak M. V. Thin Oxide Films for Transparent Electronics and Full Color Displays. // 2021 IEEE 12th International Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT). – 2021. – P: 33 – 36.*

STUDY OF LUMINESCENCE OF $Y_2O_3:Eu$ THIN FILMS AND PROSPECTS FOR APPLICATION IN FLAT PANEL DISPLAYS

The study focuses on thin films of europium-doped yttrium oxide ($Y_2O_3:Eu$) synthesized by RF ion-plasma sputtering and discrete vacuum evaporation. The concentration of the activator Eu_2O_3 was varied from 0.5 to 7.5 mol.%. Film deposition was carried out at room temperature, followed by thermal annealing at 1000–1100 °C in air or argon atmosphere. The cathodoluminescence (CL) spectra were investigated in the wavelength range of 200–800 nm under electron beam energies ranging from 50 eV to 10 keV.

The maximum luminescence intensity was observed at 612 nm, corresponding to the $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$ electric dipole transition of Eu^{3+} ions, while the $^5D_0 \rightarrow ^7F_1$ magnetic dipole transition was recorded at 596 nm. The CL intensity increased with the europium concentration up to 5 mol.%, after which a decline was observed due to concentration quenching and defect formation. An increase in electron beam energy to 10 keV significantly enhanced the CL intensity, indicating the potential of $Y_2O_3:Eu$ thin films for application in high-brightness display technologies due to their superior luminescence efficiency, stability, and optical performance.



ВИКОРИСТАННЯ ЯДЕРНОГО КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН

Максим Фанда¹, Андрій Велиховський², Володимир Бігдай³

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,

¹maksym.fanda@lnu.edu.ua, ²andrii.velikhovskiy@lnu.edu.ua, ³volodymyr.bihdai@lnu.edu.ua

Розмінування є важливою проблемою в Україні. Частина вибухових пристроїв мають пластиковий корпус і не виявляються металодетекторами. Незалежно від використовуваних корпусів, вибухові речовини які містять ¹⁴N, наприклад гексоген, часто використовуються для виготовлення мін і бомб. Тверді тіла що мають у своєму складі атоми які володіють електричним квадрупольним моментом, наприклад ¹⁴N, мають характеристичний спектр ядерного квадрупольного резонансу (ЯКР) і можуть бути здетектовані методами ЯКР спектроскопії.

Метою цієї студентської роботи є побудова прототипу ЯКР спектрометра (Рисунок 1) який в подальшому, після мініатюризації, може бути використаний для безконтактного детектування вибухових речовин.

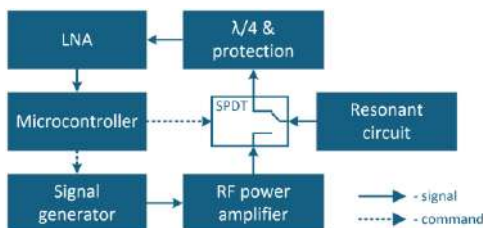


Рисунок 1. Схема прототипу ЯКР спектрометра

Прототип ЯКР спектрометра складається з окремих блоків: генератор Agilent 33220A, РЧ підсилювач (25 Вт), резонансний контур зі зразком речовини яка детектується, схема узгодження імпедансу і захисту, підсилювач з малим шумом Fairview Microwave FMAM63014 (60 дБ), плата відладки CY8CKIT-042.



Наступними кроками є реєстрація ЯКР, вдосконалення схеми, створення портативного демонстратора.

1. *Леновенко А.М., Ковальчук Н.О., Паракуда В.В., Григоренко В.В., Кузій А.І.* Ядерно-квадрупольний вимірювальний перетворювач для квантового еталона частоти: пат. 79915 Україна. заявл. 01.10.2012 ; опубл. 13.05.2013, Бюл. №9

USE OF NUCLEAR QUADRUPOLE RESONANCE FOR EXPLOSIVES DETECTION

This study focuses on developing an NQR spectrometer for identification of explosives containing ^{14}N . After miniaturization, the device could enable land mine detection.



ПОРІВНЯННЯ ЧАСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ВИКОРИСТОВУЮЧИ МОДЕЛІ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ РІЗНОГО РІВНЯ ОПТИМІЗАЦІЇ НА ОДНОПЛАТНИХ КОМП'ЮТЕРАХ

Дмитро Миронюк, Богдан Благітко

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів

myronyukdmytro@gmail.com, blagitko@gmail.com

Вступ

У вік штучного інтелекту велику популярність здобули системи на граничних пристроях, які поєднують у собі достатню продуктивність для виконання різних завдань та порівняно невелике енергоспоживання. Останніми роками розвиток методів оптимізації моделей штучного інтелекту дає змогу зменшити кількість обчислень до рівня, який дає змогу реалізувати моделі на граничних пристроях. Дослідження граничних пристроїв [1, 2] показують, що пристрої такого класу дають змогу працювати з моделями детектування об'єктів з високою швидкістю обробки. У цьому дослідженні виконано порівняння різних показників продуктивності моделей детектування об'єктів для розпізнавання зображень на сучасних одноплатних платформах різних типів.

Матеріали та методи

Оскільки сучасні одноплатні платформи підтримують використання різних зовнішніх та внутрішніх апаратних прискорювачів, то для експериментів були використані пристрої таких типів:

- Платформи загального призначення (представники: Raspberry Pi 4 [8], Raspberry Pi 5 [9]);
- Платформи загального призначення із підключеними зовнішніми прискорювачами (використаний зовнішній прискорювач: Google Coral [5]);
- Платформи спеціального призначення з внутрішніми апаратними



прискорювачами (представник: NVidia Jetson Nano [6]).

У якості досліджуваних моделей глибинного навчання використано моделі комп'ютерного зору для розпізнавання зображень об'єктів. Вибір такої задачі обґрунтовується вищою обчислювальною складністю таких моделей у порівнянні з класифікаційними моделями, що дає змогу отримати більше інформації про об'єкт, який досліджується системою комп'ютерного зору.

Дослідження проводилось для моделей з розміром вхідного зображення 640x640. Таким чином, було обрано наступні популярні моделі для дослідження для розміру зображення 640x640 пікселів з архіву моделей Tensorflow [7], а також сучасну модель YOLOv5 [3]:

- SSD-MobilenetV1;
- SSD-MobileNetV2;
- EfficientDet_Lite3x;
- YOLOv5s.

Як базовий програмний каркас для виконання оптимізацій та обчислень було використано Tensorflow та його похідний рушій TFLite для квантизованих моделей. У випадку з моделями типу YOLO було виконане проміжне перетворення PyTorch – TFLite за допомогою універсального формату ONNX у якості проміжної моделі.

Оскільки рівень оптимізації вихідних моделей не дає змоги виконувати їх ефективно на одноплатних платформах, для покращення продуктивності цих моделей використано додаткові оптимізаційні підходи:

- Квантизація до цілочисельного типу int8x8;
- Використання делегатів ARM NN (оптимізація виконання моделей на процесорі);
- Використання оптимізаційних бібліотек для прискорювача Google Coral та спеціального рушія TensorRT.

Результати

Перший експеримент полягає у розпізнаванні зображень виконаних шляхом використання моделей без додаткових оптимізацій. Тип змінних використаних моделей: int8x8, використовувана мова: python 3.11.9. Цифрові зображення для тестування вибрано з випадкових 10 категорій набору даних



MS COCO, розмір зображення для тестування – 640x640 RGB. Результати роботи інтерпретатора наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Результати тестування часу розпізнавання зображень шляхом використання моделей без оптимізацій

Модель	Розмір входу	Raspberry Pi 4, мс	Raspberry Pi 5, мс	Nvidia Jetson Nano, мс
SSD-MobileNetv1 [7]	640x640 RGB	2467	285	2133
SSD-MobileNetv2 [7]	640x640 RGB	244	79	238
EfficientDet-Lite3 [7]	640x640 RGB	743	188	705
YOLOv5s [3]	640x640 RGB	376	67	344

Однією із оптимізацій виконання моделей на ЦП обраних платформ є використання делегата Tflite ARM NN. Такий делегат може бути застосований для всіх обраних платформ. Його робота передбачає встановлення додаткових бібліотек ARM ACL та їх підключення за допомогою механізму делегування.

Параметри експерименту: TF/TFLite, тип змінних використаних моделей: int8x8, використана мова: python 3.11.9., делегат ARM NN. Цифрові зображення для тестування вибрано з випадкових 10 категорій набору даних MS COCO, розмір зображення для тестування – 640x640 RGB. Параметри платформ: без використання додаткових периферійних пристроїв, режим



performance, тип зв'язку з платформою: ssh. Результати роботи інтерпретатора наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Результати тестування часу розпізнавання зображень шляхом використання моделей, які використовують делегат ARM NN

Модель	Розмір входу	Raspberry Pi 4, мс	Raspberry Pi 5, мс	Nvidia Jetson Nano, мс
SSD-MobileNetv1 [7]	640x640 RGB	2117	355	2113
SSD-MobileNetv2 [7]	640x640 RGB	597	193	525
EfficientDet-Lite3 [7]	640x640 RGB	1041	304	1040
YOLOv5s [3]	640x640 RGB	427	74	380

Для тестування одноплатних систем з різними видами прискорювачів використано додаткове програмне забезпечення, яке поставляється безпосередньо виробниками цього обладнання. Для цього дослідження таким програмним забезпеченням є бібліотека PyCoral та фірмовий рушій NVidia TensorRT.

Параметри експерименту: TF/TFLite/TensorRT, оптимізовані моделі для виконання на Edge TPU, int8x8, Python 3.11.9. Фотографії для тестування було вибрано з випадкових 10 категорій набору даних MS COCO, розмір зображення для тестування – 640x640 RGB. Результати роботи інтерпретатора наведено у табл. 3.



Таблиця 3. Результати тестування часу розпізнавання зображень шляхом використання моделей на одноплатних платформах, які використовують апаратні прискорювачі.

Модель	Raspberry Pi 4 + Google Coral	Raspberry Pi 5 + Google Coral	Nvidia Jetson Nano, мс
SSD- MobileNetv1 [7]	431	360	732
SSD- MobileNetv2 [7]	373	130	142
EfficientDet- Lite3 [7]	Не підтримується	Не підтримується	модель не підтримується перетворювачем
YOLOv5s [3]	140	140	109

Висновок

Як показують результати вимірювань, найменший час розпізнавання зображень отриманий із використанням апаратних прискорювачів, які дають змогу прискорити обробку зображення системою. Однак, отримані результати показують меншу ефективність дослідженого зовнішнього прискорювача у порівнянні із внутрішніми прискорювачами спеціального призначення NVidia Jetson.

Список використаної літератури

1. S. Ameen, K. Siriwardana, and T. Theodoridis, “Optimizing Deep Learning Models For Raspberry Pi,” arXiv (Cornell University), Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2304.13039>.



2. W. Lin, Adewale Adetomi, and T. Arslan, “Low-power ultra-small Edge AI Accelerators for Image Recognition with Convolution Neural Networks: Analysis and Future Directions,” Jul. 2021, doi: <https://doi.org/10.20944/preprints202107.0375.v1>.
3. G. Jocher, “ultralytics/yolov5,” GitHub, Aug. 21, 2020. <https://github.com/ultralytics/yolov5>.
4. “Documentation – Arm Developer,” Arm.com, 2024. <https://developer.arm.com/documentation/102561/2111/Overview/Arm-NN-TensorFlow-Lite-Delegate>.
5. “Dev Board,” Coral. <https://coral.ai/products/dev-board/>.
6. “NVIDIA Jetson Nano,” NVIDIA, 2024. <https://www.nvidia.com/ru-ru/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/>.
7. “tensorflow/models,” GitHub. https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/tf2_detection_zoo.md.
8. R. P. (Trading) Ltd, “Buy a Raspberry Pi 4 Model B,” Raspberry Pi, 2023. <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>.
9. Raspberry Pi Ltd, “Buy a Raspberry Pi 5,” Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/>.

IMAGE RECOGNITION TIME COMPARISON USING THE DIFFERENT LEVELS AN OBJECT DETECTION MODELS OF OPTIMIZATION ON SINGLE-BOARD COMPUTERS

This work presents a comparison of inference times image recognition for deep learning models on single-board computers equipped with Cortex A-series processors. Comparison tables are provided for various device types, considering the use of internal or external hardware accelerators. The analysis focuses on the differences in performance resulting from different hardware and software optimizations of inference time's image recognition for deep learning-based object detection models.



СИСТЕМА МОНІТИРОНГУ ЗДОРОВ'Я НЕМОВЛЯТ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Андрій Лук'янчук, Галина Клим

Національний університет "Львівська політехніка" (Львів, Україна),
andrii.lukianchuk.mkisk.2023@lpnu.ua, halyna.i.klym@lpnu.ua

Моніторинг здоров'я дитини є актуальною проблемою сучасності. Дитячий організм особливо вразливий до різних захворювань. Навіть незначне нездужання інколи може свідчити про початок серйозної хвороби. Тому своєчасне виявлення захворювань сприяє уникненню важких наслідків.

У лікарнях використовується багато спеціалізованого обладнання для здійснення такого типу контролю. Ці системи мають високу вартість і створені для застосування у визначених умовах. У домашніх умовах батьки потребують інших систем. Такі системи повинні дозволяти моніторити загальний стан та здоров'я дитини, бути доступними, компактними та мобільними. Важливо також, щоб їх використання не вимагало значних зусиль від батьків під час контролю за станом дитини в режимі реального часу. Система моніторингу може враховувати різні параметри та характеристики дитини. Наприклад, такі показники, як температура тіла та пульс, дозволяють відстежувати швидкі зміни в стані здоров'я. Звукові

сигнали дитини (крик, тиша чи лепет) дають батькам змогу оцінити її загальний стан. Результатом розробки стала система дистанційного моніторингу стану немовлят, що функціонує в режимі реального часу. Вона характеризується завадостійкістю, компактністю, мобільністю та низьким енергоспоживанням.

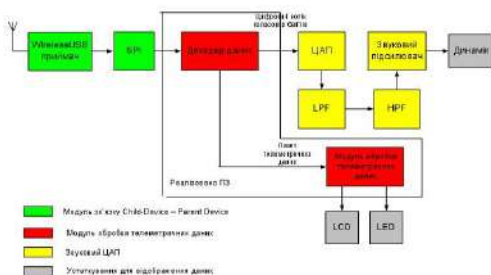




Рисунок 1. Функціональна блок-схема модуля Parent-Device.

Система створена на базі мікроконтролерів PSoC від компанії Infineon: CY8C24223 використовується для модуля, який кріпиться на тілі дитини, CY8C29666 і CY8C29466 призначені для модулів Child-Device та Parent-Device відповідно, а CYRF6936 забезпечує завадостійку безпроводну передачу даних між цими модулями. Розроблено спеціальну структуру пакета даних, яка відповідає технічним вимогам: вона забезпечує підтвердження отримання інформації, перевірку її достовірності та ідентифікацію вмісту пакета.

Створено алгоритм вимірювання температури, який базується на використанні термістора, а також алгоритм вимірювання пульсу, що реалізований за допомогою оптичного методу індикації рівня поглинання світла людською тканиною під час заповнення кровоносного капіляра.

Реалізовано передачу голосового потоку через завадостійкий радіоканал, створений на базі обладнання Wireless USB LP. Система підтримує функцію пересинхронізації у разі втрати сигналу, забезпечуючи надійну передачу даних.

Було змонтовано тестовий стенд і проведено дослідження функціонування розробленого пристрою. Усі заплановані тести пройдено успішно, що підтвердило ефективність системи. Виміряно середній струм споживання пристрою, який працює від батареї, — під час роботи він становить приблизно 0,7 мА.

Мікроконтролери були запрограмовані за допомогою програматора і мають можливість перепрограмування після оновлення програмного коду. Це забезпечує можливість вдосконалення пристрою та покращення його характеристик без необхідності змінювати компоненти принципової схеми.

1. FDA Clearance for Masimo Stork Baby Monitoring System (2023). *Sleep Review*.
2. Islam, M. R., Kabir, M. M., Mridha, M. F., & Safran, M. (2023). Deep Learning-Based IoT System for Remote Monitoring and Early Detection of Health Issues in Real-Time. *Sensors*, 23(11), 5204.



3. Nur Azaliah Abu Bakar, Wan Makhtariah Wan Ramli, and Noor Hafizah Hassan. "The internet of things in healthcare: an overview, challenges and model plan for security risks management process." Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJECS), Vol. 15, no. 1, pp. 414-420, 2019.

REAL-TIME INFANT HEALTH MONITORING SYSTEM

The master diploma project of includes the developed system of the controlled from distance monitoring of the state of babies. Such system is intended for measuring telemetric indexes of a child, such as temperature and pulse, and transmissions of them, together with voice of child, on the paternal device for monitoring by parents. The system is oriented to the use in home terms. Hardware representation of measuring device of temperature and pulse, built on the system on the crystal of CY8C24223 is described in a project. It is realized wireless passing to voice of child in the real time with the inlaid measured telemetric information on microcontroller of CYRF6936. For devices placed next to a child and parents microcontrollers of family of CY8C29x66 is used.