

**ХАРКІВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

Матеріали ХХVІІІ Міжнародного
молодіжного форуму

«Радіoeлектроніка та молодь у ХХІ столітті»

ТОМ 1

**«Електронна, лазерна та
біомедична інженерія»**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ 28-го МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ

**«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ
У ХХІ СТОЛІТТІ»**

16–18 квітня 2024 р.

Том 1

**КОНФЕРЕНЦІЯ
«ЕЛЕКТРОННА, ЛАЗЕРНА ТА БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ»**

Харків 2024

28-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2024. – 129с.

В збірник включені матеріали 28-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті».

Збірник тез конференції «Електронна, лазерна та біомедична інженерія» представляє дослідження та розробки у сферах електроніки, біомедичної інженерії, та фотоніки. Він включає роботи, що охоплюють широкий спектр тем: від інноваційних методів викладання у галузі мікро- та наноелектроніки до прогресивних підходів у біомедичній інженерії та фотоніці. Автори діляться своїми знаннями про електронні прилади та системи прийому та передачі інформації, моделювання електронних систем, сигналів та завад, а також про передавання та реєстрацію інформації в електронних системах. Обговорюються біомедичні електронні пристрої, прилади та системи, які відіграють важливу роль у моделюванні, обробці і аналізі медико-біологічної інформації. Розглядаються також новітні досягнення у фотоніці, включаючи фізичні принципи фотоніки та застосування лазерів та лазерних систем, оптоелектронних пристроїв на базі фотонних кристалів.

Матеріали конференції є цінним ресурсом для дослідників, інженерів, та студентів, які прагнуть розширити свої знання та внести вклад у розвиток цих динамічних галузей науки та техніки.

Матеріали в збірнику друкуються мовою оригіналу.

Матеріали, що включені до збірника тез конференції, пройшли рецензування.

Видання підготовлено факультетом електронної та біомедичної інженерії
Харківського національного університету радіоелектроніки

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14
тел./факс: (057) 7021397

E-mail: mref21@nure.ua

ISBN 978-966-659-391-0
DOI [10.30837/IYF.ELBE.2024](https://doi.org/10.30837/IYF.ELBE.2024)

© Харківський
національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2024

Програмний комітет конференції

- Аврунін О. Г.** д.т.н., проф., зав. каф. БМІ ХНУРЕ, лауреат Державної премії України в галузі освіти, м. Харків, Україна.
- Бондаренко І. М.** д.т.н., проф., зав. каф. МЕЕПП ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Васянович А.В.** канд. фіз.-мат. наук, проф, декан факультету ЕЛБІ, м. Харків, Україна.
- Вербицький В. Г.** проф., директор НДІ Мікроприладів, м. Київ, Україна.
- Гнатенко О.С.** канд. фіз.-мат. наук., зав. каф. ФОЕТ ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Кіпенський А.В.** д. т. н., проф., декан факультету соціально-гуманітарних технологій, проф. кафедри промислової і біомедичної електроніки НТУ«ХП», м. Харків, Україна.
- Максименко В. Б.** д.м.н., проф., зав. каф. БМІ НТУУ «КП», м. Київ, Україна.
- Мачулін В.Ф.** Академік НАН України, директор Інститута фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ, м. Київ, Україна.
- Негрійко А. М.** член-кореспондент НАН України, заступник директора з наукової роботи інституту Фізики НАН України, м. Київ, Україна.
- Пятикоп В.О.** д. м. н., проф., зав. каф. нейрохірургії Харківського національного медичного університету, м. Харків, Україна.
- Стрілкова Т.О** д.т.н., проф. кафедри МЕЕПП ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

СЕКЦІЯ 1

Електронні системи та технології, включаючи мікро- та наноелектронні

Керівники секції:

Докторка технічних наук, професорка
професор кафедри Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
Стрількова Тетяна Олександрівна

Кандидат фізико-математичних наук, доцент
доцент кафедри Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
Пащенко Олексій Георгійович

Координатори секції:

Асистент кафедри Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
Горбенко Євген Олександрович

Асистент кафедри Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
Калмиков Олександр Сергійович

Тематичні напрямки:

Електронні прилади та системи прийому та передачі інформації	Electronic devices and systems for receiving and transmitting information.
Електронні/цифрові/оптичні методи та системи обробки сигналів та зображень	Electronic/digital/optical methods and systems for processing signals and images.
Математичні, статистичні та програмні методи моделювання електронних систем, сигналів та завад, передавання та реєстрації інформації в електронних системах	Mathematical, statistical and software modeling of electronic systems, signals and interference, transmission and recording of information in electronic systems.
Електронні технології та засоби діагностики, управління та моніторингу	Electronic technologies and methods of diagnostics, control and monitoring.
Сучасна елементна база електроніки	Modern electronics elemental base.
Прикладне програмування в електроніці	Applied programming in electronics.
Електронні системи енергозберігаючих технологій	Electronic systems of energy-saving technologies.
Наноелектронні та нанооптичні технології	Nanoelectronic and nano-optical technologies.
Фізико-математичні основи електроніки, мікро- та наноелектроніки	Physical and mathematical foundations of electronics, micro- and nanoelectronics.
Інноваційні методи викладання у галузі електроніки, мікро- та наноелектроніки	Innovative teaching methods in the field of electronics, micro and nanoelectronics.

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ НА ФОНІ НЕГАУСОВИХ КОРЕЛЬОВАНИХ ЗАВАД

Смірнов Д.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Палагін В.В.

Черкаський державний технологічний університет, каф. РТСК,

м. Черкаси, Україна

e-mail: rits@chdtu.edu.ua

The development of high-quality signal detection systems requires complete information about the type of random processes distributions in communication channels with noise. One of the advanced approaches that allows describe random variables is the use of moment and cumulant description of random processes. The article proposes a synthesis of new cumulant models and methods of signal detection in additive correlated non-Gaussian noise. For this purpose, stochastic polynomials of finite degree are used, the optimal coefficients of which are determined according to the adapted new decision-making quality criterion. The nonlinear processing of signals in non-Gaussian noise can increase the signal processing efficiency compared to traditional Gaussian random process models.

Для розробки систем виявлення сигналів необхідно враховувати випадковий характер щільності розподілу під впливом різноманітних завад. Для розв'язання такої задачі використовуються класичні методи статистичної теорії перевірки гіпотез, які теоретично не обмежують клас розподілів досліджуваних процесів [1]. Використання нормального розподілу випадкових величин набуло широкого поширення на практиці при реалізації систем виявлення сигналів, що унеможлиблює відображення реальних процесів з необхідною точністю. Дія на сигнали різноманітних дестабілізуючих факторів породжують складну сигнально-шумову ситуацію, яка описується неганусовими випадковими процесами [2]. Використання традиційного підходу до дослідження та розробки систем обробки випадкових негаусових корельованих процесів характеризується суттєвими обмеженнями, які пов'язаними зі складністю їх алгоритмічної реалізації [3].

В роботі запропоновано інший підхід, який базується на моментно-кумулянтному описі випадкових процесів [4]. Це значно спрощує їх опис і враховує негаусовий характер щільності розподілу.

Метою роботи є підвищення ефективності систем виявлення сигналів на фоні корельованих негаусових завад при використанні моментно-кумулянтних моделей представлення випадкових величин із формуванням моментного критерію якості для перевірки статистичних гіпотез та поліноміальних правил для синтезу ефективних методів і комп'ютерних засобів.

Нехай досліджуваний вхідний сигнал $\xi(t)$ складається з корисного постійного сигналу a та негаусової завади $\eta(t)$ і спостерігається на інтервалі часу $[0, T]$:

$$\xi(t) = a + \eta(t),$$

де $\eta(t)$ - корельована стаціонарна негаусова завада з нульовим математичним сподіванням і дисперсією χ_2 та описується послідовністю одномірних та сумісних (багатовимірних) моментів і кумулянтів [3].

Дискретизований сигнал $\xi(t)$ на інтервалі часу $[0, T]$ запишеться як множина дискретних значень $\mathbf{X} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ в моменти часу t_v для гіпотези H_0 та альтернативи H_1 :

$$H_i: \xi_v = s_v(\alpha_k) + \eta_v(\gamma_k, \chi_{i,j}^{(\tau)}), \quad H_0: \xi_v = \eta_v(\gamma_k, \chi_{i,j}^{(\tau)}), \quad v = \overline{1, n}.$$

де $s_v(\alpha_k)$ – корисний сигнал з параметрами α_k , $\eta_v(\gamma_k, \chi_{i,j}^{(\tau)})$ – негаусова випадкова величина, яка описується параметрами у вигляді сумісних кумулянтів $\chi_{i,j}^{(\tau)}$, $k = \overline{1, \mu}$.

При розв'язанні практичних задач статистичної обробки даних можна використати наближення до логарифму відношення правдоподібності у вигляді стохастичного полінома кінцевого ступеня s [3, 4]:

$$\Lambda_{sn}(\mathbf{X}) = k_0 + \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^s k_{iv} x_v^i, \quad (1)$$

де вибір невідомих коефіцієнтів k_0 і k_{iv} проводиться таким чином, щоб врахувати статистичні зв'язки між вибірковими значеннями.

Дослідження показали, що статистичні залежності між випадковими величинами можна розглядати через їх багатовимірні моменти і кумулянти, а невідомі коефіцієнти k_0 і k_{iv} знаходяться з адаптованого моментного критерію якості перевірки статистичних гіпотез [3, 4]

$$Ku(E, G) = \frac{G_0[\gamma] + G_1[\gamma]}{(E_1[\gamma] - E_0[\gamma])^2}, \quad (2)$$

де відмінність функціоналу $Ku(E, G)$ для залежних вибіркових значень полягає в тому, що математичні сподівання і дисперсії РП (1) при гіпотезі і альтернативі мають вигляд:

$$E_{0(sn)} = \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^s k_{iv} u_i^{(v)}, \quad E_{1(sn)} = \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^s k_{iv} m_i^{(v)},$$

$$G_{r(sn)} = \sum_{v=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s k_{iv} k_{jv} F_{(i,j)}^{(v,k)}(H_r), \quad r = 0, 1,$$

а кореляційні моменти для статистично залежних вибіркових значень описуються виразами через одномірні $u_i^{(v)}$, $m_i^{(v)}$ та двомірні $u_{(i,j)}^{(v,k)}$, $m_{(i,j)}^{(v,k)}$ моменти при гіпотезі та альтернативі.

На основі розроблених математичних моделей негаусових корельованих випадкових величин, моментного критерію якості перевірки статистичних гіпотез з урахуванням кореляційних зав'язків і розробленого

методу виявлення сигналів на фоні негаусових завад синтезовано поліноміальні РП виявлення постійного сигналу на фоні негаусових завад при статистично залежних вибіркових значеннях. Аналіз досліджень показує збільшення точності нелінійної обробки сигналів при степені полінома $s \geq 2$ та врахування параметрів негаусових завад порівняно з лінійною обробкою для РП при $s=1$, яка є оптимальною для гаусових моделей завад при застосуванні класичних методів.

Для оцінки ефективності отриманих результатів скористаємося

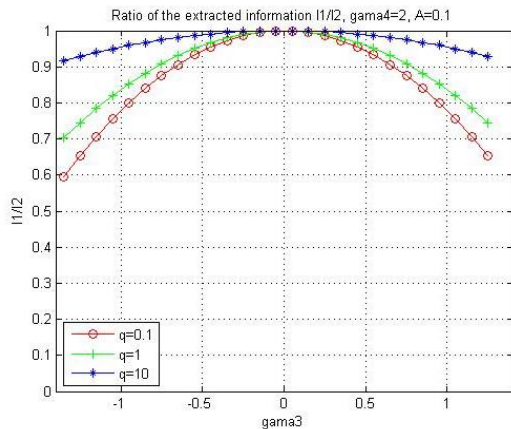


Рис. 1 Залежність кількості добутої інформації про розрізнення гіпотез від коефіцієнта асиметрії γ_3 та ексцесу $\gamma_4=2$ при різних значеннях $q = 0.1; 1; 10$ (відношення сигнал/шум)

поліноміальних розв'язувальних функцій і модифікації моментного критерію якості перевірки статистичних гіпотез отримано новий метод синтезу поліноміальних РП виявлення сигналів на фоні корельованих негаусових завад з кращими характеристиками порівняно з відомими результатами.

виразом, який характеризує ймовірність помилок першого та другого роду отриманих РП, або величиною, яка є зворотна даному функціоналу (2) – кількість добутої інформації про розрізнення гіпотез. На рис.1. наведена залежність відношення кількості добутої інформації I_1 про розрізнення гіпотез РП для гаусової моделі завади ($S=1$) до кількості добутої інформації I_2 ($S=2$) про розрізнення гіпотез РП для негаусової асиметрично-ексцесної моделі завади від коефіцієнта асиметрії γ_3 .

На основі застосування нелінійних

Список використаних джерел:

1. Van Trees, H., Bell, K., Tiany, Z.: Detection Estimation and Modulation Theory. Wiley; 2nd edition, New Jersey (2013).
2. Y.Kunchenko: Polynomial Parameter Estimations of Close to Gaussian Random Variables, Aachen: Shaker Verlag, 2002.
3. Palahina, E., Gamcova, M., Gladisova, I., Gamec, J., Palahin, V.: Signals Detection in Correlated non-Gaussian Noise Using Higher-Order Statistics. Circuits, Systems, and Signal Processing, 37(4), 1704-1723 (2018).
4. D. Smirnov, E. Palahina, V. Palahin. Mathematical Modeling of Signal Detection in Non-Gaussian Correlated Noise // International Conference on Smart Technologies in Urban Engineering - Proceedings of STUE-2022, Lecture Notes in Networks and Systems - LNNS, volume 536, pp.65-74.

**ДО МЕТОДУ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ
ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ**

Романчук В.С., Гусейнов А.Д., Тітов К.Г.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Чумаков В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Українаe-mail: vitalii.romanchuk@nure.ua,
anton.huseinov@nure.ua

This work is devoted to EEG analysis, Nonparametric EEG segmentation based on Kolmogorov–Smirnov statistics is considered. Electroencephalography records and analyses variable potential differences between the two areas of the brain, as well as between areas of the brain and distant tissues of the body. Electroencephalogram (EEG) is a complex oscillatory electrical process that can be detected by placing electrodes on the brain or on the surface of the scalp. EEG is the result of electrical summation and filtering of elementary processes occurring in the brain neurons. The spectrum of EEG is quite complicated. The classification of EEG rhythms by some basic ranges is introduced.

Електроенцефалографія реєструє і аналізує різну різницю потенціалів між двома ділянками мозку, а також між ділянками мозку і віддаленими тканинами тіла.

Електроенцефалограма – це сучасний метод дослідження функціональності мозку. Його принцип ґрунтується на виявленні біологічної активності, яку генерують клітини головного мозку. Спеціальні датчики вловлюють електричні сигнали, а підключений до них прилад їх реєструє та інтерпретує.

Спектр ЕЕГ досить складний. Введено класифікацію ритмів ЕЕГ за деякими основними діапазонами. Поняття «ритм» на ЕЕГ відноситься до певної смуги частот, що відповідає певному стану мозку. До ритмів ЕЕГ здорової дорослої людини, що не спить, відносяться наступні: альфа, бета, мю, гамма ритми. Альфа-ритм характеризується діапазоном частот від 8 Гц до 13 Гц, і амплітудою до 100 мкВ. Реєструється у 85 % – 95 % здорових дорослих пацієнтів.

Класифікація ритмів ЕЕГ наведена в таблиці 1 адаптованої [1, 2].

ЕЕГ відображає функціональну активність головного мозку, завдяки чому ЕЕГ дозволяє виявити патологічні процеси та використовується для діагностики різних порушень у роботі центральної нервової системи.

Але, по суті, ЕЕГ виконує лише допоміжну роль в діагностиці невропатолога. При цьому за допомогою ЕЕГ діагностується лише дуже мала кількість захворювань. А такі захворювання головного мозку, як хвороба Паркінсона і хвороба Альцгеймера і багато інших, взагалі не видно

на ЕЕГ [1]. Цікаво зрозуміти, чому сучасний аналіз ЕЕГ не дозволяє побачити багато захворювань.

Непараметрична сегментація сигналу ЕЕГ не вимагає попередньої побудови будь-якої математичної моделі, що зазвичай є дуже складним завданням для нестационарних процесів. Це вагома перевага розглянутого методу. Застосування непараметричної сегментації до ЕЕГ симетричних електродів у здорових людей показує, що межі стаціонарних сегментів в більшості випадків збігаються [2-6].

Таблиця 1 – Класифікація ритмів ЕЕГ

ЕЕГ ритми дорослої людини, що не спить		
Ритм	Частота ритму, (Гц)	Амплітуда, (мкВ)
α	8 – 13	до 100
β	14 – 40	до 15 (в нормі 3 – 7)
Ритми, які є патологічними для дорослої людини, що не спить		
δ	0,5 – 3	
θ	4 – 6	—«—

Вивчення природи внутрішньої структури ЕЕГ дозволить фахівцям різних областей знайти підходи до вирішення проблеми функціонування різних систем головного мозку, наблизитися до розуміння функціонування мозку в цілому.

Список використаних джерел:

1. O. Mecarelli, Pathological EEG Patterns. In: Mecarelli, O. (eds), *Clinical Electroencephalography* (Springer, Cham, 2019).
2. Харченко О.І. Методи частотного та часового аналізу в системах обробки випадкових сигналів типу енцефалограм. Автореф. дис. канд. техн. наук. спец. 05.12.17., 2007, – 18 с.
3. Yu. I. Voloshchuk, *Signals and processes in radiotechnics*, (ООО “Company Smith, Kharkiv, 2005), (in Ukrainian).
4. Ya. Kaplan, *The Problem of Segmental Description of Human Electroencephalogram*. (Human Physiology, Vol. 25. No. 1., 1999), pp. 107 – 114.
5. NIST/SEMATECH *e-Handbook of Statistical Methods* (National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, Updated in 2021), <https://doi.org/10.18434/M32189>.
6. Julius S. Bendat, Allan G. Piersol, *Random Data Analysis and Measurement Procedures*. (Wiley. 1989).

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА ДОПОМОГОЮ ARDUINO UNO ТА ДАТЧИКІВ

Подворний В.Т.

Науковий керівник – к.т.н., ст. викладач Рожнова Т.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. АПОТ,
м. Харків, Україна

тел. +38(097) 654-29-79, e-mail: volodymyr.podvornyi@nure.ua.

This work is dedicated to assessing the effectiveness of a water environment ecological monitoring system, specifically: measuring acidity, electrical charge, water level, and temperature. The work is considered a fundamental project of water environment ecological monitoring systems. The system was verified through parametric analysis. Experiments were conducted to implement sensor systems. Based on the analysis results of the entire system, a system based on Arduino UNO was proposed with functionality for measuring acidity, electrical charge, water level, and temperature.

Вступ. Вступ. Автоматизовані системи для вивчення екологічного стану водного середовища в сучасному світі відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного контролю та збереження водних ресурсів. Завдяки використанню технологій, таких як Arduino Uno та різноманітні датчики, вдалося розробити системи, що дозволяють надійно вимірювати параметри водного середовища, такі як рівень забруднення, температура, рівень рН тощо. Метою даної роботи є дослідження ефективності таких систем, а також аналіз можливостей їхнього використання для вивчення та контролю екологічного стану водойм.

Разом з рішенням використовувати систему дослідження водного середовища, кожен користувач набуває:

- моніторинг екологічного стану. Користувач може отримувати регулярну інформацію про рівень забруднення води, температуру, рівень рН та інші параметри водного середовища за допомогою датчиків, підключених до Arduino Uno. Це дозволяє оперативно виявляти зміни в середовищі та приймати необхідні заходи для його захисту;

- автоматизована збір та аналіз дани. Система автоматично збирає дані в реальному часі та забезпечує їх аналіз за допомогою програмного забезпечення, що працює на Arduino Uno. Це дозволяє користувачеві ефективно вивчати та аналізувати екологічний стан водного середовища без значних зусиль;

Джерело: приклади пристроїв для дослідження водного середовища. Мета дослідження – надання людям можливості дослідити водне середовище, для покращення стану водного середовища. Завдання – розробка пристрою, що дозволить досліджувати водне середовище.

Зміст дослідження. Дослідження екологічного стану водного середовища за допомогою Arduino UNO та датчиків є актуальною проблемою у сучасному світі. У цьому дослідженні ми розглядаємо використання Arduino UNO, плати розширення адаптера терміналу контролера NANO V3.0, дисплею LCD 1602 з модулем I2C/ПС, а також датчиків рН, TDS, HC-SR04 та DS18B20 для моніторингу параметрів водного середовища. Методика дослідження передбачає використання датчиків для вимірювання рівня води, рівня рН, рівня TDS, температури води та інших параметрів. Ці дані зчитуються за допомогою Arduino UNO та аналізуються з метою оцінки екологічного стану водного середовища. Розробка та реалізація системи включає в себе створення пристрою зчитування даних з датчиків, їх передачу на мікроконтролер Arduino UNO та відображення на дисплеї LCD. Після обробки даних система може надавати користувачеві інформацію про екологічний стан водного середовища. Результати дослідження включають аналіз зібраних даних та їх інтерпретацію з метою виявлення змін у екологічному стані водного середовища. Отримані висновки дозволяють робити висновки щодо стану водних ресурсів та розробляти подальші стратегії збереження довкілля.



Рисунок 1 – Взаємодія елементів системи досліджування водного середовища

Висновки. Наукова та практична новизна полягає у поєднанні технології Arduino Uno та параметричного аналізу для системи дослідження водного середовища за рахунок налаштованих датчиків проекту. Така система буде корисна для підтримання життєдіяльності риб або дослідження хімічних процесів.

Список використаних джерел:

1. Smith, J., & Johnson, A. (2020). "Journal of Environmental Science and Technology", 15(3), 45-56.
2. Garcia, A., & Perez, D. (2016). "Design and Implementation of Arduino Uno-Based Water Quality Sensor Network.", 145-158.
3. Wilson, K., & Martinez, R. (2018). "Arduino-Based Water Quality Monitoring System for Aquatic Ecosystems.", 112-125.
4. Jones, S., et al. (2017). "Advancements in Sensor Technology for Arduino Uno-Based Environmental Monitoring." 30(4), 210-225.

ЗАСТОСУВАННЯ КОЛОРИМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Онiщук Д.А., Тiтов К. Г.

Науковий керiвник – к.т.н., доцент Хорошайло Ю. Є.

Харкiвський нацiональний унiверситет радіоелектронiки, каф. МЕЕПП
м. Харкiв, Україна

e-mail: Denys.Onishchuk@nure.ua

This paper deals with the application of the colometric method of non-destructive testing in industry. This method allows for control and measurement without interfering with the object under study, which makes it an important tool for both quality control and scientific research in industry.

Колориметричний метод неруйнiвного контролю в промисловостi використовує вимiрювання кольору для оцiнки та контролю якостi матерiалiв i виробiв, уникаючи при цьому iхнього руйнування чи фiзичного втручання. Цей метод широко застосовується в рiзних галузях промисловостi завдяки його швидкостi та ефективностi у проведеннi контролю, аналізу та оцiнки якостi.

Основнi аспекти колориметричного методу включають контроль якостi матерiалiв, виробничий контроль, визначення забруднень чи дефектiв, контроль друкованих матерiалiв, оцiнку стабiльностi продукцiї, контроль якостi в харчовiй промисловостi та свiтлопроникностi та опакостi матерiалiв. Цей метод сприяє пiдвищенню якостi продукцiї, зниженню витрат i дотриманню стандартiв у промисловостi, зробивши процес контролю бiльш ефективним та точним.

Метою колориметричного методу неруйнiвного контролю в промисловостi є забезпечення високої якостi та вiдповiдностi стандартам продукцiї шляхом використання кольорових вимiрювань для оцiнки, аналізу та контролю властивостей матерiалiв та виробiв. Основнi завдання включають:

1. Якість продукцiї: Визначення та збереження встановлених стандартiв якостi матерiалiв та виробiв.

2. Виробничий контроль: Моніторинг та забезпечення якостi виробничих процесiв для попередження дефектiв чи аномалiй.

3. Ефективнiсть виробництва: Забезпечення оптимального використання ресурсiв та ефективностi виробництва через контроль кольорових параметрiв.

4. Визначення стабiльностi продукцiї: Оцiнка та забезпечення стабiльностi кольору виробiв протягом часу та рiзних умов експлуатацiї.

5. Досягнення консистентностi: Забезпечення консистентностi кольору виробiв в межах одного батчу чи серiї.

Колориметричний метод неруйнiвного контролю в промисловостi

використовує різноманітні методи та техніки для вимірювання та аналізу кольорових характеристик матеріалів та виробів. Нижче подано кілька основних методів:

- Спектрофотометрія: Здійснює вимірювання інтенсивності світла, що поглинається або відбивається від об'єкта залежно від його кольорових властивостей. Використовується для контролю кольору у різних галузях, таких як хімічна промисловість, фармація, та харчова промисловість.

- Колірна метрія CIE Lab (CIELAB): Визначає кольори на основі трьох параметрів: яскравості (L^*), червоного-зеленого відтінку (a^*), та жовтого-синього відтінку (b^*). Застосовується для оцінки кольорових характеристик матеріалів та виробів, таких як текстиль, фарби, та косметика.

- Колориметрія для визначення індексів кольору (Yxy, RGB, XYZ): Вимірює кольори, використовуючи різні простори кольорів, такі як Yxy, RGB, XYZ, що надають різні способи представлення та вимірювання кольору. Використовується для контролю кольору в електроніці, друкарській промисловості, та виробництві відео.

- Кольорові діаграми та картки для візуальної оцінки: Використовує стандартні кольорові картки чи діаграми для візуальної оцінки відтінків та визначення кольорових відмінностей. Служить для оцінки кольору в промисловості, дизайні та виробництві.

- Системи кольорового узгодження: Використовуються комп'ютерні програми та системи для аналізу та управління кольором у виробничих процесах. Використовується для управління кольором у друкарстві, виробництві фотографічних матеріалів та дизайні.

Ці методи можуть використовуватися окремо або в комбінації для досягнення точних та надійних результатів у контролі кольору в промисловості. Вибір конкретного методу залежить від характеру матеріалів, які контролюються, та конкретних вимог виробництва.

Результати колориметричного методу охоплюють наступне:

- Кольорові вимірювання: Конкретні значення кольору, виражені у вимірювальних системах.

- Оцінка однорідності: Визначення ступеня однорідності кольору вздовж виробу чи матеріалу.

- Знаходження дефектів: Виявлення будь-яких аномалій, забруднень чи дефектів, що можуть впливати на кольорові характеристики.

- Контроль кольорових змін: Виявлення будь-яких змін у кольорі протягом часу чи від різних умов експлуатації.

- Документація та аналіз: Збір та аналіз даних для документування.

Ці результати допомагають забезпечити високий стандарт якості продукції, уникнути дефектів та зберегти консистентність виробництва в промислових умовах. Аналіз колориметричного методу в промисловості дозволяє робити важливі висновки:

1. Орієнтація на якість продукції

2. Контроль виробничих процесів
3. Стабільність та консистентність
4. Виявлення дефектів
5. Документація та аналіз

У результаті дослідження колориметричного методу неруйнівного контролю в промисловості можна зробити наступні висновки:

1. Колориметричний метод є ефективним засобом для оцінки та контролю якості матеріалів і виробів в промисловості. Він дозволяє проводити аналіз без пошкодження об'єктів та втручання в їхні фізичні властивості.

2. Використання колориметрії широко поширене у різних галузях промисловості, завдяки його швидкості та ефективності у проведенні контролю, аналізу та оцінки якості.

3. Основні аспекти колориметричного методу включають контроль якості матеріалів, виробничий контроль, визначення забруднень чи дефектів, оцінку стабільності продукції, контроль якості в харчовій промисловості та інші.

4. Колориметричний метод сприяє підвищенню якості продукції, зниженню витрат і дотриманню стандартів у промисловості, роблячи процес контролю більш ефективним і точним.

5. Важливі завдання використання колориметричного методу включають забезпечення високої якості та відповідності стандартам продукції, контроль якості виробництва, ефективне використання ресурсів та збереження стабільності кольору продукції.

Загалом, колориметричний метод неруйнівного контролю в промисловості є потужним інструментом, який допомагає підтримувати високу якість продукції, забезпечуючи точний та надійний аналіз кольорових властивостей матеріалів та виробів.

Список використаних джерел

1. Хроматографічні та колориметричні методи в аналізі речовин / О. С. Голубєв, А. В. Васківська, О. І. Іванова та ін. // Нафто- та газова промисловість. - 2017. - № 3. - С. 34-39.
2. Колориметричні методи в аналізі води та стічних вод / М. А. Мітрофанов, Л. В. Барчук, В. Є. Маслюк та ін. // Вода та водоочисні технології. - 2018. - Т. 8, № 1. - С. 26-35.
3. Основи колориметрії: навчальний посібник / І. М. Курило, І. В. Бердичевська, В. О. Свєржевська та ін. - Київ: Видавництво Київського університету, 2015. - 240 с.
4. Методи контролю якості матеріалів у промисловості / Р. С. Глушко, С. В. Лисенко, І. О. Левченко та ін. - Київ: Техніка, 2019. - 312 с.
5. Електронна колориметрія / Ю. Є. Хорошайло, І. К. Сезонова та ін. // Кольорові моделі і області їх застосування. - 2022. - С. 46-68.

**МОДЕЛІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ОЦІНКИ РОДЮЧОСТІ
ГРУНТІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОЩУВАННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

Доценко М.В.

Науковий керівник — проф. Смеляков К.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ШІ,
м. Харків, Україна

e-mail: mykuta.dotsenko@nure.ua

The purpose of this article is to explore the progress of artificial intelligence models in the field of agriculture. Using a dataset as an example, it will explore what data can currently be used to improve crop production and the possibility of integration with existing soil research methods, such as laboratory experiments, etc. The article will focus on the assessment of soil fertility using artificial intelligence, which will allow agronomists and farmers to make informed decisions about fertilization, irrigation, and other aspects of land cultivation. It will be discussed how the integration of these technologies with existing soil analysis methods can improve the accuracy of fertility assessment and contribute to sustainable agricultural development.

Штучний інтелект може застосовуватись для аналізу даних про стан ґрунту на місці, тобто отримуючи дані з датчиків вологості або реагуючи на інші зміни погоди такі як підвищення сонячного світла. Також можна автоматизувати лабораторії по дослідженню мікро та макроелементів. Розуміючи як культура росте та отримуючи постійні данні про стан ґрунту та зовнішні чинники можна вчасно зрозуміти як покращити стан довколишнього середовища для культури або як вплинути на адаптацію до цього стану. Традиційно якість ґрунту та здоров'я врожаю визначалися на основі людських спостережень та суджень. Але цей метод не є ані точним, ані своєчасним. Натомість тепер можна використовувати дрони (БПЛА) для зйомки аерофотознімків і навчати моделі комп'ютерного зору використовувати їх для інтелектуального моніторингу стану посівів і ґрунту. ШІ візуального зондування може аналізувати та інтерпретувати ці дані, щоб: відстежувати стан посівів, робити точні прогнози врожайності, виявляти нестачу поживних речовин набагато швидше, ніж людина, ШІ-моделі можуть інформувати фермерів про конкретні проблемні зони, щоб вони могли вжити негайних заходів. Головним чинником для інтеграції ШІ в агрономію є якраз своєчасна реакція на різні ситуації, які не контролюються людиною, наприклад, критична вологість для насіння пшениці, жита і ячменю становить 14,5 - 15,5%, для кукурудзи - 13 - 14%, проса - 12 - 13%, соняшнику - 7 - 9%, ці та інші чинники впливають на врожайність і не завжди можуть бути вчасно визначені.

МакКініон та Леммон у 1985 році були першими у впровадженні штучного інтелекту в аграрну сферу, розробивши GOSSYM, комп'ютерну модель для імітації процесу вирощування бавовни. Вони використали експертну систему, щоб удосконалити виробництво, враховуючи такі чинники, як іригація, добрива, контроль над бур'янами, кліматичні умови та інші агротехнічні заходи [1, 2].

З розвитком технологій в агрономії теж відбувались певні зміни, які допомагали з підвищенням ефективності вирощування та збільшенням врожайності. Наприклад стартапи які виникли під час 4IR (Четверта промислова революція (англ. The Fourth Industrial Revolution, також англ. Industry 4.0, нім. Industrie 4.0, укр. Промисловість 4.0) — поняття, що означає розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з якнайменшим або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес.) - Farmerline, що базується в Гані, - це SMS-сервіс, який надає малим фермерам актуальну сільськогосподарську інформацію та поради. Кенійська компанія M-Farm також використовує великі дані для надання інформації про погоду та ціни на сільськогосподарські культури. ціни на сільськогосподарські культури. M-Farm аналізує десятирічні історичні дані з Системи раннього попередження голоду (Famine Early Warning System) набір даних з агрокліматології.

Набір даних за допомогою якого проводилось дослідження на моделі, що визначає родючість ґрунту за допомогою хімічного аналізу має такі атрибути: N - відношення вмісту азоту (NH_4^+) у ґрунті, P - відношення вмісту фосфору (P) у ґрунті, K - відношення вмісту калію (K) у ґрунті, pH - кислотність ґрунту (pH), ес - електропровідність, ос - органічний вуглець, S - сірка (S), zn - цинк (Zn), fe - залізо (Fe), cu - мідь (Cu), Mn - марганець (Mn), B - бор (B). Кількість даних – 880 записів.

Класифікація родючості ґрунту в датасеті відбувається за трьома категоріями:

401 зразок позначено як неродючий ґрунт (вихід = 0);

440 зразків позначено як родючий ґрунт (вихід = 1);

39 зразків мають позначку вихід = 2, що є показником високої родючості ґрунту.

Кожна точка на графіку нижче відповідає одному зразку з датасету. Вісь Y ("Output") відображає рівень родючості ґрунту, де, "0" означає неродючий ґрунт, "1" - родючий, і можливо, "2"- висока родючість.

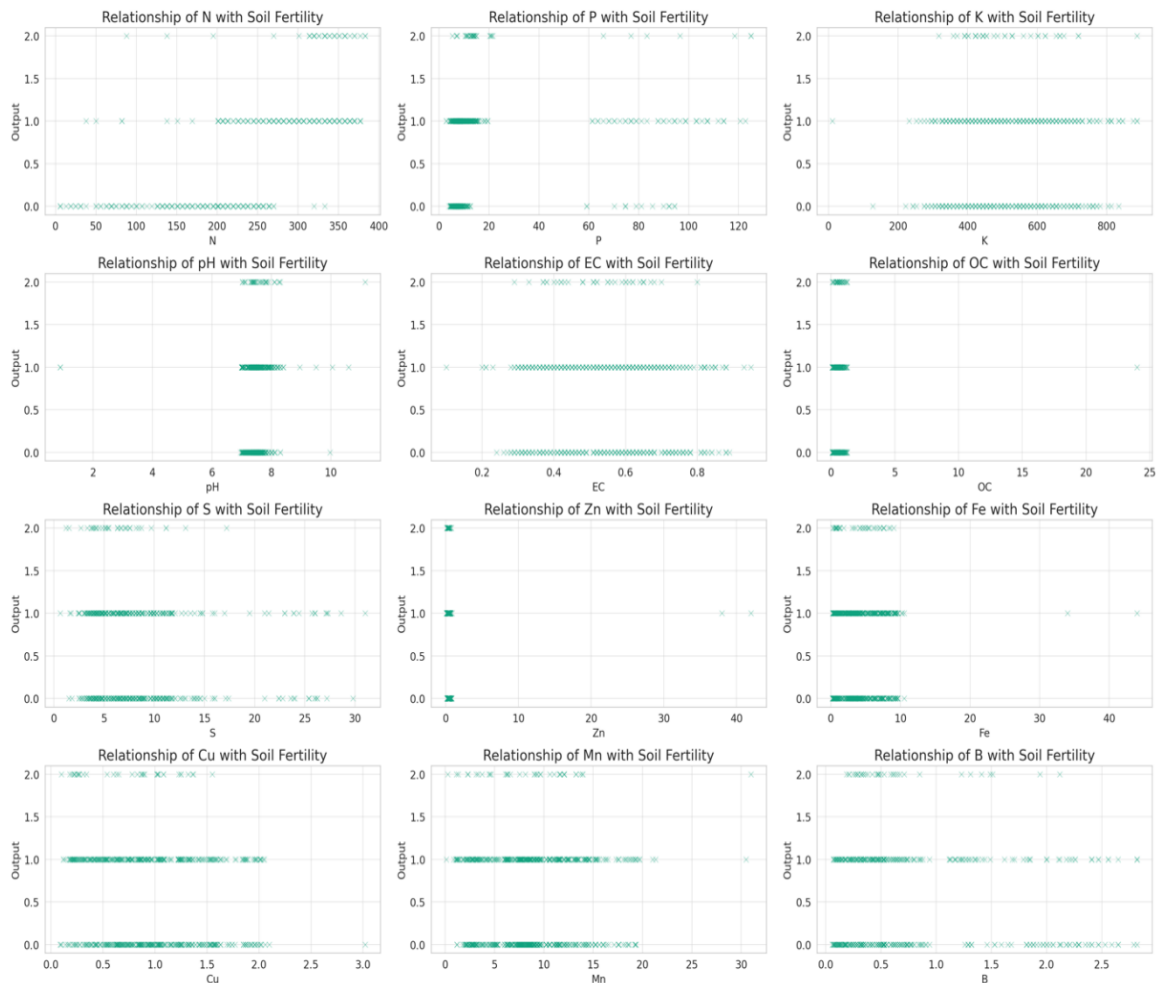


Рисунок 1 - Залежність між кількістю кожного хімічного елементу у ґрунті та його родючістю, яку позначено в датасеті

Використання нових технології може посприяти країнам, що розвиваються у тому що зроблять дешевшим аналіз, обробку та покращать рівень врожайності. Можливість використання та постійного навчання дозволить збільшувати точність моделей які працюють з хімічним аналізом на аналізом рН, що допоможе використовувати добрива більш раціонально і фермерам, можливо, не прийдеться відмовлятись від використання добрив аби зекономити та зробити продукцію чистішою. Зменшення людського фактору у перевірці продукції може стати поштовхом для покращення прозорості у цьому секторі.

Список використаних джерел

1. Mckinion J M, Lemmon H. E. Expert systems for agriculture[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 1985, 1(1):31-40.
2. Gertsis AC, Galanopoulou-Sendouca S, Papathanasiou G, Symeonakis A. USE OF GOSSYM-A COTTON GROWTH SIMULATION MODEL-TO MANAGE A LOW INPUT COTTON PRODUCTION SYSTEM IN GREECE. In First European Conference for Information Technology in Agriculture, 1997.

СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ СИМУЛЯТОРА РОБОТОТЕХНІКИ

Ануфрієв В.В.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: valentyn.anufriiev@nure.ua

Robots are important in any field of work, as they can perform monotonous and hazardous work for humans, thereby increasing productivity and safety in the workplace. To develop them, robotics simulators are used to develop and test algorithms by simulating scenarios in a virtual environment, reducing the costs and risks associated with real-world testing. The paper of this article is to consider the development process and advantages of using robotic simulators in the development of automated systems.

Використання симуляторів має велике значення для розробки бюджетних роботизованих систем, оскільки дозволяє тестувати та вдосконалювати їх у віртуальному середовищі, зменшуючи потребу в дорогих фізичних прототипах [1].

Мета даної роботи – розглянути процес та переваги використання симуляторів для розробки автоматизованих систем.

Webots як і більшість симуляторів робототехніки складається з декількох компонентних блоків, які працюють разом, щоб імітувати поведінку роботів у віртуальному середовищі [2]. Хоча конкретна структура може відрізнятися залежно від симулятора, загальні компоненти включають в себе наступне:

- фізичний рушій (фізична взаємодія між роботами та модельованим оточенням);
- графічний рендеринг (генерація візуального представлення симульованого середовища та роботів);
- моделі роботів: (геометрія, кінематика та динаміка симульованих роботів);
- моделі середовища (віртуальний світ, в якому працюють роботи);
- сенсорні моделі: (імітація поведінки сенсорів, таких як камери, LIDAR тощо);
- інтерфейс керування (взаємодія користувача з симулятором, наприклад, відправка команд роботам, зміна параметрів симуляції та перегляд результатів симуляції);
- двигун симуляції (організація взаємодії між різними компонентами симулятора);
- API та бібліотеки (розширення функціоналу симулятора).

Побудова моделі робота ґрунтується на поєднанні двох підходів розробки програмного забезпечення [3]:

- на основі застосування існуючої компонентної бази;
- на основі симуляції умов навколишнього середовища.

Підхід з використанням існуючої компонентної бази зосереджується на розробці програмних систем з використанням готових програмних компонентів, які можна використовувати повторно. Він спрямований на підвищення продуктивності, зниження витрат на розробку та підвищення якості програмного забезпечення за рахунок використання існуючих компонентів.

Симуляція умов навколишнього середовища зосереджується на автоматизації тестування взаємодії у компонентах програмного забезпечення роботів за допомогою симуляції. Цей підхід автоматично генерує тестові умови, застосовуючи методи на основі специфікацій та враховуючи залежні від симуляції параметри. Під час тестування контролюються тестові параметри, які впливають на поведінку компонента (параметри, залежні від симуляції, вхідні/вихідні параметри необхідного інтерфейсу тощо). Основною перевагою цього методу є те, що він дозволяє виявити помилки, спричинені взаємодією між компонентом та модельованим середовищем.

Використання цих підходів в одному застосунку дозволяє розробляти повністю функціональне та протестоване програмне забезпечення для роботизованих систем з мінімальними витратами часу та ресурсів.

Процес реалізації роботизованої системи за допомогою Webots складається з 3 етапів:

1. Побудова фізичної моделі.
2. Розробка програмного забезпечення.
3. Симуляція робота.

На першому етапі проводиться реалізація фізичної моделі робота, яка може створена за допомогою бібліотек базових геометричних фігур або імпортована з систем автоматизованого проєктування, таких як SolidWorks, AutoCAD, 3Ds Max тощо. На цьому етапі також проводиться розміщення датчиків, налаштування рухомих елементів та фізична взаємодія з навколишнім середовищем.

Другий етап – програмування поведінки робота. Для цього існують різні інструменти програмування. Вони включають високорівневі мови програмування (C/C++, Java та Python) та пакет для числового програмування Matlab. Програма, що керує роботом, як правило, являє собою нескінченний цикл, який поділяється на три частини:

1. Зчитування значень, вимірних датчиками робота.
2. Обчислення наступних дій робота.
3. Надсилання команд актюаторам.

Найпростішими є перша та третя частини. Найскладнішою є друга частина, оскільки саме тут проводиться обчислення отриманих даних та надсилання команд.

На третьому етапі проводиться симуляція робота. Вона дозволяє перевірити коректність побудованої фізичної моделі та розробленого алгоритму поведінки. При запуску симуляції, в режимі реального часу почне відображатися змодельований робот, що виконує розроблену програму. Також є можливість виведення значень, отримані датчиками, результати обробки програми тощо.

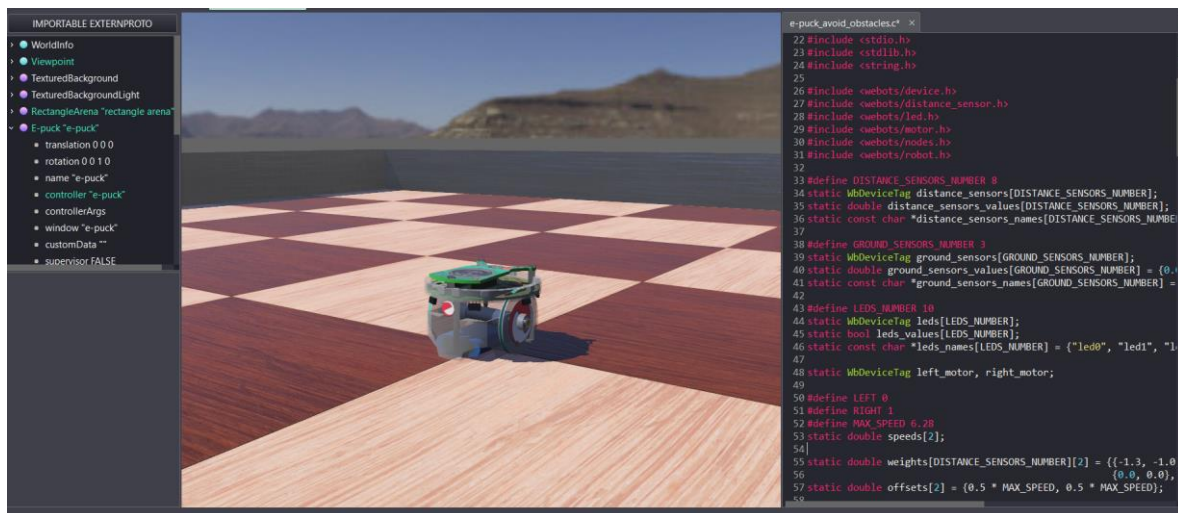


Рисунок 1 – Фізична модель робота та його програмне забезпечення в змодельованому віртуальному середовищі

Після симуляції, коли розроблене програмне забезпечення можна експортувати з віртуального середовища до фізичного робота для використання в реальних умовах.

Таким чином, симулятори робототехніки є ефективним засобом для розробки програмного забезпечення, що дозволяють реалізувати функціональну автоматизовану систему та проаналізувати її в умовах, наближених до реальних, економлячи кошти та час на розробку.

Список використаних джерел:

1. Створення бюджетного робота-асистента для медичних закладів / В. Ануфрієв та ін. Grail of Science. 2023. № 31. С. 197–201.
2. Kumar K., Reel P. S. Analysis of contemporary robotics simulators. 2019 International Conference on Emerging Trends in Electrical and Computer Technology (ICETECT 2019), м. Nagercoil, India, 23–24 берез. 2019 р. 2019.
3. SITAT: Simulation-based Interface Testing Automation Tool for Robot Software Component / J.-S. Kang та ін. Journal of Institute of Control, Robotics and Systems. 2020. Т. 16, № 6. С. 608–616.

ОСОБЛИВОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ

Шевченко М. Д.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. каф. МЕЕПП Бабиченко О. Ю.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна

E-mail: mykhailo.shevchenko@nure.ua

Radar systems have evolved tremendously since their early days when their functions were limited to target detection and target range determination. In fact, the word radar was originally an acronym that stood for radio detection and ranging. Modern radars, however, are sophisticated transducer/computer systems that not only detect targets and determine target range but also track, identify, image, and classify targets while suppressing strong unwanted interference such as echoes from the environment and countermeasures.

Мета роботи полягає у вивченні особливостей радіолокаційного виявлення, яке є важливою складовою багатьох систем з широким спектром застосувань, від військових до цивільних. Перш за все, дослідження спрямоване на розуміння принципів дії радіолокаційних систем, включаючи випромінювання радіосигналів, їх взаємодію з об'єктами та приймання відбитих сигналів. Крім того, дослідження включає аналіз впливу різних факторів, таких як атмосферні умови, на якість та ефективність радіолокаційного виявлення. Особлива увага приділяється технологічним та інженерним рішенням, що забезпечують високу точність та чутливість систем радіолокаційного виявлення [1]. Також розглянуто можливість застосування радіолокаційного виявлення у різних галузях, включаючи оборонну та цивільну сфери, такі як навігація, дослідження атмосфери, безпека, метеорологія та інші. В роботі також наведені переваги та недоліки використання радіолокаційного виявлення порівняно з іншими методами виявлення об'єктів.

Імпульсні радары використовують послідовність імпульсів з певним інтервалом проходження імпульсів або частотою проходження імпульсів для генерації так званих карт доплерівського діапазону. Кожна карта ділиться на осередки роздільної здатності. Розміри цих осередків роздільної здатності - це роздільна здатність за діапазоном за віссю часу і доплерівська роздільна здатність за віссю частот.

Доплерівські вимірювання можуть бути виконані двома способами. Якщо точні вимірювання дальності доступні між послідовними імпульсами, то доплерівська частота може бути залучена з діапазону швидкостей.

Цей підхід працює добре, поки діапазон не змінюється радикально протягом інтервалу. В іншому випадку в імпульсних радарх використовується доплерівський фільтр. Імпульсні радіолокаційні сигнали можуть бути повністю визначені у такий спосіб [2]:

- несуча частота, яка може варіюватися залежно від вимог до конструкції й призначення радара;
- ширина імпульсу, яка тісно пов'язана з шириною смуги і визначає роздільну здатність за дальністю;
- модуляція з метою забезпечення особливостей радіолокаційних сигналів;
- частота повторення імпульсів (ЧП).

Різні методи модуляції зазвичай використовуються для поліпшення продуктивності радарів. Частота повторення імпульсів повинна обиратися у такий спосіб, щоби уникнути доплерівську невизначеність та невизначеність діапазону, а також максимізувати середню передану потужність.

Окрім потрібної цілі, інші поверхні на землі та в атмосфері перевипромінюють сигнал. Ці небажані сигнали називаються шуми. Інтенсивність шуму, що приймається, залежить від робочої частоти і ширини смуги пропускання приймача. Оскільки такі шуми неможливо відокремити від корисних сигналів, то прийнятий шум буде посилений у всіх каскадах приймача радіолокатора [3].

Сучасні радіолокаційні системи здатні автоматично визначати цілі за наявності сторонніх сигналів, таких як атмосферний шум і шум приймача, навмисні глушення. Класифікація радіолокаційних перешкод є першим кроком до протидії перешкодам. Алгоритми, керовані штучним інтелектом, можуть бути дуже ефективними в різноманітних областях радіоелектронної боротьби, обробка радіолокаційних сигналів для ефективного розпізнавання та класифікації випромінювачів, виявлення перешкод та їх характеристик, а також для розробки ефективних алгоритмів захисту від перешкод.

Список використаних джерел:

1. Стрількова Т.О., Хорошун Г., Лунякін Р., Рязанцев А., Рязанцев О., Литюга О. Використання стохастичних моделей в оптико-електронних та інформаційно-енергетичних технологіях // IX International Conference on Optoelectronic Information Technologies “PHOTONICS-ODS 2020” Ukraine, Vinnytsia, VNTU October 5-7, 2020, pp. 30.
2. T. A. Strelkova , A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems // Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0. 2021, Pages: 134-162. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005. Монографія. Chapter 5 in book . IGI Global. USA.
3. Kandarpa S., Purabi S., Mastorakis N. Artificial Intelligence Aided Electronic Warfare Systems-Recent Trends and Evolving Applications: GauhatiUniversity, 2020. 18 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Дудник О. В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрілкова Т.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Українаe-mail: olena.dudnyk@nure.ua

The work is dedicated to researching methods of data processing from television and thermal imaging security systems based on inter-frame signal processing through data fusion. The report discusses the advantages of an automated security system, which will help detect and localize moving objects even in low-light conditions.

Системи відеоспостереження мають широке застосування в заходах контролю безпеки. Перевагою сучасних систем відеоспостереження є можливість ідентифікації об'єктів в різноманітних умовах спостереження, наприклад, в темний період часу. Збільшення обсягу інформації, котра формується системами відеоспостереження потребує автоматизованого аналізу. Обробка, аналіз отриманих даних та розробка автоматичних систем прийняття рішень для систем відеоспостережень з необхідним рівнем безпеки є актуальною задачею.

Для забезпечення необхідного рівня безпеки згідно з ВБН В.2.5-78.11.01-2003 рекомендовано застосовувати скомбіновані системи котрі доповнюють одна одну. Спільно активні системи можуть бути в будь-якій комбінації такі як: пожежна сигналізація, телевізійні та тепловізійні системи контролювання, спостереження виявлення та супроводження. Керування скомбінованими системами та контроль за їх функціонуванням здійснюється автоматичними засобами. Також засоби керування та контролювання повинні мати захист від можливих помилкових дій персоналу.

Метою роботи є дослідження методів обробки даних з телевізійної та тепловізійної охоронних систем на основі міжкадрової обробки сигналів шляхом комплексування даних.

Методи міжкадрової обробки широко використовується в обробці зображень і відео для визначення руху об'єктів. В основі цих методів лежить порівняння пікселів на послідовних кадрах і виявлення різниці між ними. Це дозволяє виявляти зміни в об'єктах або їх рух [1]. Методи міжкадрової обробки даних на основі комплексування використовуються, наприклад, для виявлення руху шляхом порівняння двох чи більше кадрів з метою виявлення відмінностей та закономірностей [2]. Такі методи дозволяють виявляти рухомі об'єкти за різною формою, розміром, швидкістю на основі зміни яскравості пікселів між серією кадрів. Також методи обробки даних на основі комплексування застосовуються для компенсації фону. Ці методи аналізують відстань між

пікселями на послідовних кадрах, дозволяючи виділяти рухомі об'єкти від статичного фону або об'єктів. Методи є особливо ефективним у випадках, коли на передньому кадрі є кілька об'єктів. Після попередньої обробки (видалення шуму), віднімання фону дозволяє локалізувати об'єкти на кадрі [2].

Тепловий модуль FLIR Tau2(13 мм f/1,0, 45 градусів HFOV і 37 градусів VFOV) можна використовувати в умовах обмеженого спостереження. Тепловий модуль відтворюють теплове випромінювання об'єктів, яке може бути використане для аналізу руху об'єктів та виявлення їх координат. Проаналізувавши RGB- зображення(рис. 1 а) можна побачити такі аспекти як погіршення видимості через темний час доби, відблиск яскравих джерел світла, та присутня легка туманність. Такі речі можуть заважати оператору сприймати інформацію при спостереженні за об'єктом та призвести до загрози проникнення злочинців на територію контрольованої зони. Водночас можна побачити різницю на тепловому зображенні (рис. 1 б), де наочно видно усунення даних недоліків в інфрачервоному спектрі. Що доказує ефективність використання для захисту об'єкта відеокамер нічного бачення. Також на тепловому знімку видно що нейромережа виконала ідентифікування об'єктів на досить високому рівні й добре виявила два класи об'єктів такі як: людина та машина. Зокрема правильно вказує на кадрах положення та границі присутніх об'єктів.



а)



б)

Рисунок 1- а) RGB- зображення б) тепловий знімок [3]

В доповіді розглядаються переваги автоматизованої охоронної системи, котра допоможе виявити та локалізувати об'єкти що рухаються навіть в умовах поганого освітлення. Що є безумовно корисно в комбінованих системах сигналізації.

Список використаних джерел

1. T. Strelkova ,A.I. Strelkov, V.M. Kartashov, A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. Methods of Reception and Signal Processing in Machine Vision Systems // Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0., 2021, Pages: 71-102. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch003. Монографія. Chapter 3 in book. IGI Global. USA.
2. T. A. Strelkova , A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems // Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0. 2021, Pages: 134-162. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005. Монографія. Chapter 5 in book . IGI Global. USA.
3. FLIR thermal images dates. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/deepnewbie/flir-thermal-images-dataset> (date of access: 01.03.2024).

**ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ЦІЛЕЙ, ЩО НИЗЬКО ЛЕТЯТЬ,
МЕТОДОМ ФОНОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ**

Матвієнко Є. П.

Науковий керівник – к.ф.м.н., доц. Бабиченко. О. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: yehor.matviienko@nure.ua.

The background radar method is pivotal in detecting small, low-flying targets. Still, conventional radar systems face challenges in effectively identifying these targets due to weak echoes and interference complexities, focusing on spectral scaling processing to refine radar signals and enhance sensitivity to small targets while minimizing interference. By fine-tuning signal frequency content, this approach offers a streamlined solution to bolster radar performance without compromising existing functionalities. Integrating spectral scaling within radar systems enhances target detection capabilities. Through refining spectral information and improving signal-to-interference ratios radar systems detect small, low-flying targets with unprecedented accuracy and reliability.

Метою роботи є дослідження способів та проблем виявлення невеликих цілей на низькій висоті, що повільно рухаються. Взаємодія між невеликими цілями та їх фоновим середовищем ускладнює проблему, оскільки на відбиття часто мають вплив земні перешкоди, а низька швидкість цілі посилює проблему.

Існуючі радіолокаційні методи мають ряд проблем, які заважають відрізнити малі цілі від наземних перешкод, що повільно рухаються: змінність ефективної зони розсіювання, стелс-технології, неоднозначність доплерівської сигнатури, обмеження роздільної здатності та чутливості, перешкоди навколишнього середовища, нечутливість до поляризації. Вирішення даних проблем потребує модернізації радіолокаційних систем для виявлення невеликих цілей, зберігаючи здатність виявляти високошвидкісні загрози [1]. Удосконалення в обробці сигналів і алгоритмах розрізнення цілей пропонують багатообіцяючі шляхи для покращення можливостей радарів у складних середовищах, таким чином зміцнюючи заходи безпеки та спостереження, шляхом підвищення виявлення безпілотних літаючих апаратів з використанням фонових радіолокаційних систем.

Існують різні підходи, які застосовуються для покращення виявлення малих низьколітаючих цілей за допомогою фонового радара. Серед них виділяють:

- радар з активною фазованою решіткою - використовує алгоритм керування променем передачі для «придушення» наземних перешкод і

підвищує точність відстеження цілей у реальному часі за допомогою гнучкого генератора радіолокаційних сигналів;

- бістатичний радар із сигналами 5G - використовується бістатичний радар з сигналами 5G для виявлення цілей на низькій висоті в міських умовах;

- мікродоплерівський аналіз за допомогою радара прямого розсіювання - використовує переваги радара прямого розсіювання, такі як покращена ефективна площа розсіювання та висока роздільна здатність, щоб успішно виявляти обертові лопаті безпілота, демонструючи значний прогрес у роботі радара.

Одним із досягнень, яке дозволило зробити значний крок вперед - введення складного алгоритму виявлення, що базується на масштабуванні спектру. В такому випадку радарні системи можуть точно регулювати частотний вміст сигналів, дозволяючи точніше відокремлювати цільове відлуння від фонових перешкод [2].

Ця інновація вирішує проблему, з якою стикаються звичайні радарні системи, які в основному оптимізовані для виявлення високошвидкісних цілей. Поява малорозмірних цілей представляє унікальні труднощі через їх слабе відлуння та близькість до земних перешкод. Завдяки покращенню співвідношення сигнал/перешкоди та ізоляції відлуння від цілі, радіолокаційні системи можуть виявляти невеликі низьколітаючі цілі з більшою точністю та надійністю. Перевагою такого підходу є його повна інтеграція з існуючими радіолокаційними системами. Алгоритм масштабування спектру можна реалізувати з мінімальними модифікаціями, забезпечуючи безперервність високошвидкісних можливостей виявлення цілей, одночасно розкриваючи новий потенціал у виявленні малих цілей – це оптимізоване рішення для покращення можливостей спостереження для виявлення невеликих низьколітаючих цілей.

Синтез різних досліджень і підходів дає можливість вирішити існуючі проблеми та пропонує основу для подальших досліджень. Об'єднані дослідження обробки спектрального масштабування та невеликих повільних систем виявлення цілей сприяють постійному прогресу в радіолокаційних технологіях та їх різноманітному застосуванні.

Список використаної літератури:

1. T. A. Strelkova, A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems //Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0.2021, Pages: 134-162. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005. Монографія. Chapter 5 in book . IGI Global. USA.

2. Бондаренко І.М., Глухов О.В., Кравчук О.О. Електронні системи: Навч. посібник. Харків: ХНУРЕ. 2019. 240 с.

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ У ПРОВІДНИКОВИХ ЛІНІЯХ ПЕРЕДАЧІ

Бойченко С.В.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: serhii.boichenko@nure.ua

The peculiarities of the use of typical conductor transmission lines for the distribution of broadband signals are considered. The main factors affecting the line parameters on the broadband signal, as well as the directions of their mathematical analysis and evaluation, are defined.

Мета роботи – виявлення факторів впливу та параметрів провідникових ліній передачі на широкосмугові сигнали.

Переважна частина існуючих сучасних радіоелектронних засобів і систем забезпечує створення, обробку, передачу та приймання цифрових сигналів. Одиначний цифровий сигнал у електричному уявленні є імпульсним сигналом з визначеною тривалістю. Чим менше тривалість такого імпульсу, тим більше їх можна передавати та обробляти за одиницю часу.

Однак, чим менше тривалість імпульсного сигналу, тим більшу смугу частот треба забезпечувати для його не викривленої передачі. Зазвичай вважається що смуга частот повинна бути не меншою $1/\tau$, де τ – тривалість імпульсу. Для сучасних систем τ десь $10^{-8} \dots 10^{-10}$ с. Відповідно робоча смуга частот, яку треба забезпечити може сягати декількох ГГц.

З цих загальних міркувань витікає, чому сучасна радіоелектроніка рухається у бік все більших робочих частот, де можна створювати такі широкосмугові канали.

Якщо розглядати спрощену схему системи передачі інформації, то можна уявити, що вона складається з трьох частин: передавач, лінія передачі та приймач. Лінію передачі можна реалізувати на основі радіоканалу (й тут, відповідно, будуть свої особливості) але передавач та приймач неможливо створити без застосування провідникових (кабельних або планарних) ліній передачі.

У цьому випадку виникає питання як й які параметри існуючих провідникових ліній передачі будуть впливати на умови поширення широкосмугових сигналів в діапазонах можливих робочих частот.

Тут треба урахувати, по-перше, особливості функціонування таких ліній на дуже високих частотах (десь $10 \dots 100$ ГГц), а, по-друге, зміну параметрів ліній передачі у робочій смузі частот.

На сьогодні широкосмуговими провідниковими лініями вважаються коаксіальні (кабельні) та стрічкові (планарні) структури (див. рис. 1, 2).

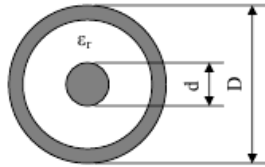


Рис. 1 Коаксіальна лінія

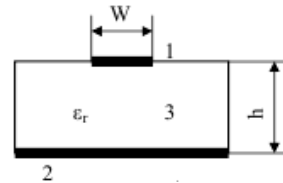


Рис. 2 Стрічкова лінія

Урахування впливу зростання значення центральної робочої частоти зазвичай проводиться зменшенням розмірів до значень співрозмірних довжині робочої хвилі щоб уникнути викривлень розподілу електромагнітних складових хвиль, які поширюються вздовж ліній передачі.

Головний фактор, який оцінюється при аналізі впливу лінії передачі на корисний сигнал, це рівень втрат або ступень згасання при проходженні сигналу вздовж лінії. Для коаксіальних ліній це втрати в діелектрику заповнення та провідниках, для стрічкових ліній – втрати у діелектрику підкладки (3) та оточуючого середовища, втрати у провідниках (1, 2), втрати на випромінювання.

Для ширококутних сигналів треба додатково враховувати різні рівні втрат для різних складових частотного спектра сигналу. Зазвичай, головний внесок до втрат вносять втрати у провідниках, які залежать від величини поверхневого опору R_s [1]:

$$R_s = \sqrt{\pi \cdot \rho \cdot \mu_m \cdot \mu_0 \cdot f}, \text{ [Ом/}\square\text{]},$$

де ρ – питомий опір металу, Ом/м; μ_m – магнітна проникність металу (зазвичай дорівнює 1); $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнітна проникність вакууму; f – частота, Гц.

Величина R_s буде змінюватись пропорційно \sqrt{f} , тобто різні складові спектра сигналу будуть мати різні ступені згасання. Це буде приводити до викривлень форми імпульсного сигналу. Загальні викривлення імпульсного сигналу можна оцінити за допомогою зворотного перетворення Фур'є, якщо визначені функціональні залежності можливих втрат.

Деякі результати експериментальних досліджень, що підтверджують необхідність ретельного вивчення згаданих питань наведено у роботі [2].

Список використаних джерел:

1. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч. 1. Елементи та пристрої НВЧ-тракту: навч. посіб. Харків, 2017. 152 с.
2. Горбенко Е. А., Бондаренко І.Н. Искажения импульсных сигналов малой длительности в измерительных цепях // Радиоелектроніка та молодь у ХХІІ столітті : зб. тез. доп. ХХІ Харків. конф. молодих науковців, 17–19 квіт. 2018 р. Харків, 2018. С. 41–42.

**МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ В СИСТЕМАХ
РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ**

Столяров А.О., Пятайкина М.І.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрілкова Т.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

E-mail: andrii.stoliarov@nure.ua, mariia.piataikina@nure.ua

This research work analyses how face-recognition systems work. It investigates the statistical characteristics of parameters that affect the quality and accuracy of recognition and also presents the results of experiments that influence the accuracy and quality of facial recognition.

Широке застосування статистичних методів аналізу та статистичних моделей даних обумовлено динамічним розвитком наукових та технічних напрямів. До важливих напрямів, що ґрунтуються на статистичному аналізі, можна віднести: обробку інформаційних сигналів, завдання ідентифікації, методи перевірки якості і надійності виробів електронної техніки, методи встановлення закономірностей та технології виготовлення напівпровідникових приладів, керування технологічними процесами для пошуку оптимальних режимів, прогнозування, моделювання випадкових явищ та процесів, що виникають в роботі електронних пристроїв та систем.

Метою роботи є дослідження можливості застосування статистичних методів в системах розпізнавання обличчя, які застосовується для ідентифікації злочинців, автоматичного відеоспостереження, безпечного доступу, телекомунікації тощо. Обличчя є одним з найважливіших біометричних ідентифікаторів для встановлення особи людини. Задача – розпізнавання обличчя – дуже складна. Це пов'язано з різницею в куті нахилу обличчя, зачіскою, оклюзією, різними умовами освітлення, різною відстанню від камери і т.п. В основному існує два підходи – геометричний та статистичний. Геометричний підхід полягає у визначенні ключових точок (кути губ, очі, підборіддя тощо) і подальшому формуванню рис обличчя, заснованому на геометричних відстанях між ключовими точками. Основна складність у розпізнаванні обличчя полягає в тому, щоб знайти надійний набір ознак для опису обличчя людини. Тому цю проблему вирішують за допомогою статичних методів. Статистичні підходи використовують піксельні значення інтенсивності зображення для створення дискримінаційних ознак [1-3]. Самі системи дослідження обличчя не потребують дорогого обладнання, достатньо лише відеокамери та програми, яка буде на основі певного алгоритму та методу обробляти зображення.

В докладі представлено статистичне дослідження однієї з ознак людського обличчя, а саме відстані між очима. У процесі експериментальних досліджень оцінюються статистичні значення, які

описують вибірку спостережень, і є мірою, як середнього значення розподілу спостережень, так і дисперсії спостережень навколо даного середнього значення. В роботі було проведено розрахунок середнього значення, дисперсії та середньоквадратичного відхилення відстані між очима при різних кутах нахилу обличчя та на різних відстанях від камери від об'єкту за формулами відповідно:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n};$$

$$D(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2;$$

$$\sigma = \sqrt{D(x)}.$$

Статистичні методи контролю та обробки результатів вимірювань мають достатні можливості та високий рівень достовірності [4, 5]. Результати розрахунків одного з параметрів рис обличчя – відстані між очима – експериментально підтверджують, що методика контролю якості забезпечує отримання необхідної та достатньої інформації про досліджуваний об'єкт і придатна при вирішенні конкретних завдань. Застосування статистичних методів в процесі розпізнавання обличчя дозволить виявити та суттєво знизити систематичні помилки, встановити межу виявлення та кількісного визначення аналізованого параметру.

Список використаних джерел

1. Стрількова Т.О., Калмиков О.С., Бендеберя Г.М., Пятайкіна М.І., Поліщук О.В. Стохастичні моделі вихідних сигналів в оптико-електронних системах // Колективна монографія «Сучасні технології в науці та освіті». 2021. Сєверодонецьк. С. 256-259.
2. Пятайкіна М.І., Стрількова Т.О. Дослідження дефектів дислокації в напівпровідникових матеріалах оптичними методами // ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи : матеріали 22-ої Міжнар. наук.-техн. конференції, 16-17 травня 2023 р. Київ, 2023. С.45-47.
3. Т.О. Strelkova, А.І. Strelkov, V.M. Kartashov, А. Р. Lytyuga, А.S. Kalmykov. «Methods of Reception and Signal Processing in Machine Vision Systems», Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0., 2021, PP. 71-102.
4. Payal P. Parekh, Goyani M. Mahesh A comprehensive study on face recognition: methods and challenges // The Imaging Science Journal. 2020. Vol. 68, No 2. P. 114-127.
5. Голуб'як І.В., Косаревич Р.Я. Методи розпізнавання обличчя // Проблеми інформаційних технологій. 2017. №22. С. 158-164.

СТВОРЕННЯ 3D-РОЗМІРНИХ СТРУКТУР З ФОТОПОЛІМЕРНОЇ СМОЛИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Костін Д.О.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: denys.kostin@nure.ua.

A new method based on the photo polymerization of photosensitive epoxy resin under the influence of laser radiation is considered. The possibility of using a laser beam to create three-dimensional objects from photopolymer resin is shown. The printing process should be based on precise control of laser radiation in this case, to strengthen the resin layer by layer, which allows creating complex three-dimensional structures. The process requires high precision and control, but allows for the creation of objects with high resolution and complex geometric shapes, which finds application in various industries such as microelectronics, medicine and prototyping.

Сучасні технології 3D друку стрімко розвиваються. Вони дозволяють створювати об'єкти з високою роздільною здатністю та складними геометричними формами, що знаходить застосування в мікроелектроніці, медицині тощо. Але, попри всі досягнення, фотополімерні 3D-принтери мають ряд недоліків, які звужують їх виробничі можливості.

Метою запропонованого принципу друку за допомогою швидкісного відхилення лазерного випромінювання є не тільки усунення недоліків сучасних фотополімерних 3D-принтерів, працюючих за класичною кінематикою, але й суттєве розширення виробничих можливостей самого друку, наприклад додавання можливості вдруковувати структури у вже існуючі тверді об'єкти із достатньою для цього адгезією поверхонь.

Класичний принцип дії фотополімерного 3D-принтера ґрунтується на використанні ультрафіолетового (УФ) світла для полімеризації рідинних смол, що утворюють матеріал для друкування за допомогою LCD матриці. Процес друку складається з кількох етапів. Спочатку користувач створює або завантажує 3D-модель об'єкта, який потрібно відтворити. Потім ця модель конвертується у формат, сумісний з технологією фотополімерного друку, наприклад, формат SLA [1]. Фотополімерна смола, яка є основним матеріалом для друку, наливається у спеціальний бак або резервуар принтера. Принтер наносить цю смолу шар за шаром на робочу платформу або ванну, де вона полімеризується під впливом УФ-світла або іншого джерела світла. Після закінчення полімеризації кожного шару платформа опускається на невелику відстань, і процес друку повторюється для наступного шару. Після завершення друку об'єкт виймається з принтера і

піддається обробці, яка може включати промивання в розчині для видалення залишкової смоли та закріплення деталей.

Цей процес дозволяє створювати деталі з високою точністю та деталізацією, що дуже корисно для прототипування, виготовлення дрібних деталей або виробництва складних геометричних форм. Але такий процес має ряд суттєвих недоліків [1].

Однак, існує напрям, відомий як швидкісне візування на площинах за допомогою відхилення лазерного променя за принципом лазерного проектора (рис. 1).

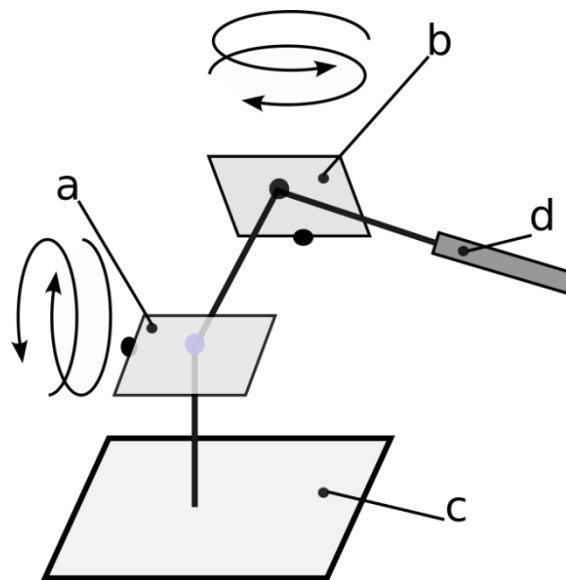


Рис. 1. Принцип дії лазерного проектора: а) дзеркало, закріплене на магнітний сканатор для вертикального відхилення; б) дзеркало, закріплене на магнітний сканатор для горизонтального відхилення; с) площина, на яку наноситься візерунок; д) джерело лазерного випромінювання

У запропонованому методі замість використання УФ матриць для 3D принтерів для полімеризації фотополімерів застосовується лазерна відхиляюча система. Друк відбувається за принципом поступового (пошарового) проектування зображення 3D моделі шляхом відхилення лазерного променя з урахуванням властивостей розповсюдження світла в анізотропних середовищах [2].

Метод засновано на аналогічному 3D-друку формуванні 2D-шарів (слайсів) зображення з пошаровим їх проектуванням за допомогою LCD матриці, але вже за допомогою швидкісного відхилення лазерного променя (рис. 2) замість занурення платформи у розчин та проектування зображень.

Такий принцип фотополімерного друку усуває ряд недоліків існуючих конструкцій фотополімерних 3D-принтерів, зокрема, суттєво прискорює процес друку, вирішує проблему пошкодження підйомної платформи кристалами, що утворюються у самій фотополімерній смоли тощо.

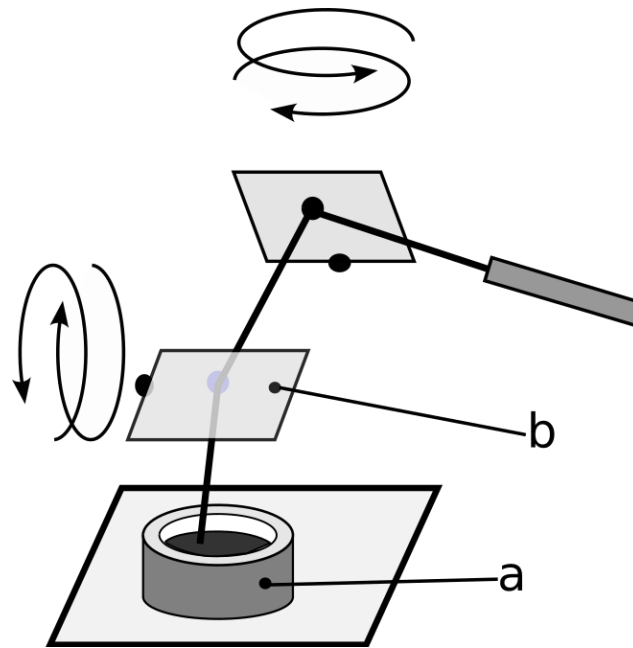


Рис. 2. Принцип 3D друку за допомогою швидкісного лазерного пошарового проектування слайсів зображення: а) ємність з фотополімерною смолою; б) система швидкісного проектування топології слайсів

Розробляється також система поступової пропорційної подачі смоли у ємність для економнішого витрачання фотополімерної смоли. Ще однією з переваг запропонованого принципу друку є перспективність розробки мікропроцесорної функції [3] автоматичного контролю та керування фокусуванням променя, що дає можливість підвищити міцність зразка отриманої 3D-моделі. Також, новий метод може значно зменшити витрати на обслуговування та ремонт обладнання. Тому подальші наукові пошуки в даній області є досить актуальними та перспективними.

Список використаних джерел:

1. Smyth, C. Functional Design for 3D Printing: Designing 3d printed things for everyday use / Clifford Smyth. – USA, 2017. – 236 с.
2. Калмиков, О. С. Моделювання процесу поширення оптичного випромінювання в анізотропному середовищі [Електронний ресурс] / О. С. Калмиков, Т. О. Стрілкова // XXII Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи». – 2023. – URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/781b99a3-0627-4814-92ef-cb4e7f718cb3/content>. (дата звернення: 13.03.2024).
3. Карнаушенко В. П. Мікропроцесорні системи контролю та керування: Навч. посібник / В. П. Карнаушенко, І. М. Бондаренко, О. В. Бородін. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 244 с.

**НЕРУЙНІВНЕ ВИЯВЛЕННЯ РЕАЛЬНИХ ДЕФЕКТІВ У
ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТАХ ЗА ДОПОМОГОЮ
УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ**

Левченко Є. В.

Науковий керівник – д.ф-м.н., проф. Бондаренко І. М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПШ,
м. Харків, Україна
e-mail: yevhenii.levchenko@nure.ua

In this study, the results of modeling ultrasonic non-destructive testing of carbon fiber-reinforced plastics (CFRPs) and glass-fiber reinforced plastics (GFRPs) are presented. Initially, ultrasonic C-scan simulation analysis was applied to detect internal defects in composite materials. Subsequently, composite materials were subjected to simulated processing in the area of defect formation, and the obtained results were used to analyze the process using recurrence methods. The results confirmed that recurrence methods can be successfully used to detect defects formed inside the composite material during processing, based on simulated data.

Мета роботи – проведення симуляційного аналізу методики ультразвукового контролю.

Надруковані за допомогою 3D друку об'єкти, такі як структури зі сталі, алюмінієві елементи, титанові складові та полімерні композити, часто мають внутрішні дефекти. Для виявлення цих дефектів проводиться аналіз структури матеріалу та проводяться неруйнівні тести, такі як ультразвукове тестування, що надає можливість оцінити стан об'єктів без завдання шкоди [1]. Використання неруйнівних методів тестування є важливим для забезпечення надійності та безпеки конструкцій, виготовлених з надрукованих за допомогою 3D друку об'єктів.

Нелінійний аналіз даних відіграє ключову роль у виявленні дефектів у складних системах, де традиційні лінійні функції недостатні. Один із прикладів нелінійного аналізу даних - метод повторень, що використовує повторні графіки та математичні описи. Повторні кількісні оцінки, доповнюючи повторні графіки, надають додаткову інформацію про зміни в тестованих елементах або явищах, застосовуються у різних галузях, від виробництва до медицини.

Метод рекурентності використовує графіки рекурентності, які математично описуються як (1):

$$R_{i,j} = H(\varepsilon - ||x_i - x_j||) \quad (1)$$

де i та j представляють числа станів, x_i та x_j є векторами у фазовому просторі, а ε є пороговим параметром визначення характеристик сюжету [2].

У цьому дослідженні було протестовано два типи полімерних композитів, насичених епоксидною смолою, зразки розмірами $150 \times 30 \times 10$ мм, що склалися з 40 шарів препрегів, розташованих у системі $0-90^\circ$ (чергування волокон). Один тип композитного матеріалу був з вуглецевим волокном, інший - з скловолоконном. Усього смола складала 60% об'єму всього матеріалу. Зразки були підготовлені в контрольованих умовах, і після цього піддавалися неруйнівному ультразвуковому тестуванню методом пропускання хвиль з частотою 5 МГц. Інформація про зменшення демпфінгу системи була використана для генерації зображення С-скану, яке показує внутрішню структуру тестованого елемента та дефекти в матеріалі[3].

Схема методології дослідження, використаної в роботі з застосуванням методу наскрізної передачі та визначення внутрішнього дефекту, зображена на рисунку 1.

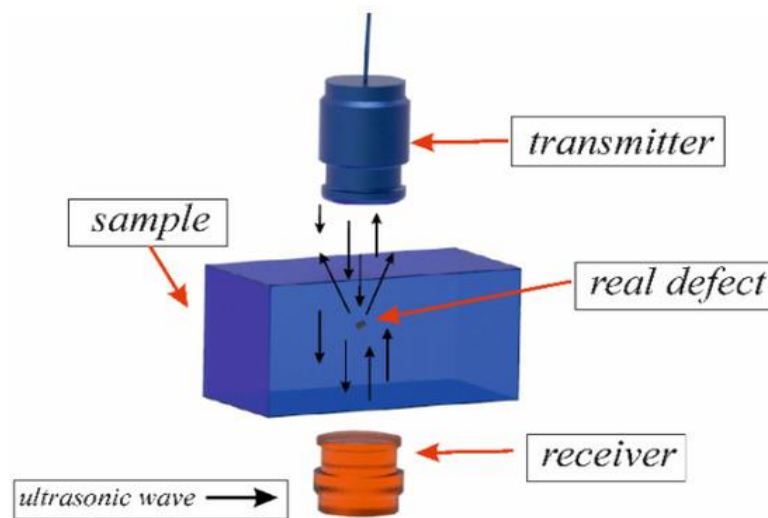


Рисунок 1 - Схематичне зображення методу наскрізного контролю.

Для симуляції виявлення дефектів у зразках CFRP було використано комп'ютерну програму, яка моделює взаємодію ультразвукових хвиль з матеріалом. Спочатку було створено віртуальну модель зразка CFRP з урахуванням його геометрії та властивостей матеріалу. Далі, вручну було додано дефекти в областях, що відповідають виявленим дефектам, та в областях без дефектів.

Після цього було налаштовано параметри симуляції, такі як параметри ультразвукового зонду та характеристики областей дефектів. Симуляція була запущена для кожного зразка з CFRP, як з дефектами, так і без них.

Під час симуляції програма відслідковувала взаємодію ультразвукових хвиль з матеріалом і візуалізувала результати на екрані, що дозволило оцінити ефективність виявлення дефектів у зразках CFRP.

Результати отриманого сигналу після проходження через зразок зображені на рисунку 2.

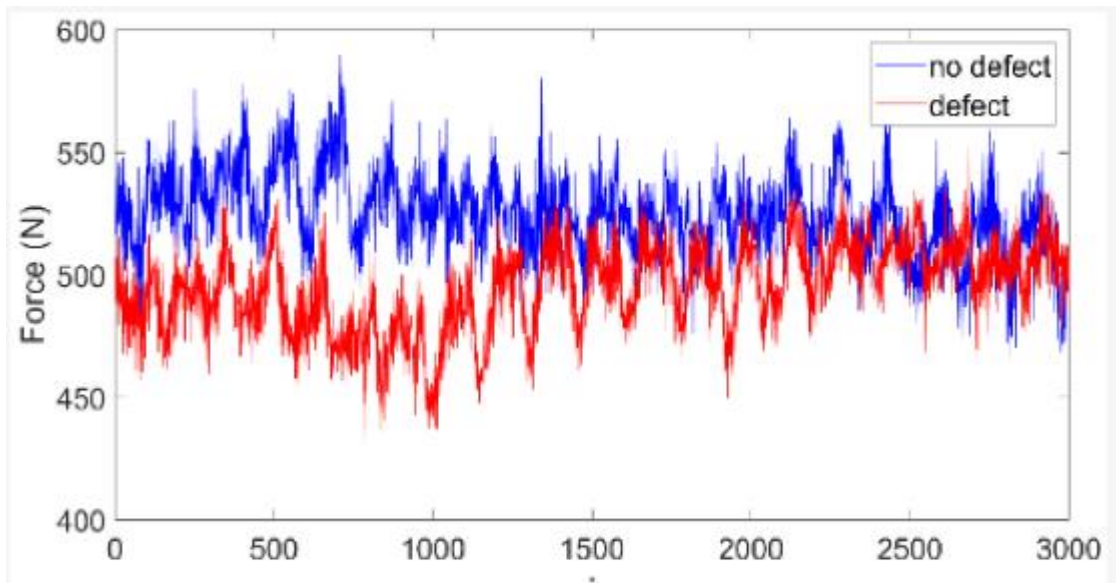


Рисунок 2 - Сила прикладеного тиску, виміряна без дефекту (синя лінія) і з дефектом (червона лінія).

Результати зображені на графіку демонструють можливість виявлення дефекту завдяки проходженню ультразвукових хвиль через об'єкт. Представлені результати тотожні для обох досліджуваних матеріалів.

У цьому дослідженні представлені результати симуляції для виявлення дефектів у композитних матеріалах. Проведено симулювання використання ультразвукового аналізу для виявлення наявності дефектів у двох типів полімерних композитів з вуглецевими і скляними волокнами. Завдяки використанню методу пропускання хвиль у симуляції, можливо точно визначити розташування і розмір реального дефекту в композитних матеріалах.

Список використаних джерел:

1. Левченко Є. В. Програмний метод для модифікації 3d-моделей без зміни фізичних характеристик / Левченко Є. В., Кравчук О. О. // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 27-го Міжнар. молодіж. форуму, 10–12 травня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Т. 1. – С. 23–24.
2. Zhang, Z. Relation of Damping and Fatigue Damage of Unidirectional Fibre Composites. *Int. J. Fatigue* 2002, 24, 713–718.
3. Wang, B.; Zhong, S.; Lee, T.L.; Fancey, K.S.; Mi, J. Non-Destructive Testing and Evaluation of Composite Materials/Structures: A State-of-the-Art Review. *Adv. Mech. Eng.* 2020, 12.

ВИМІРЮВАЛЬНІ КОМІРКИ ТА СТРУКТУРИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛОГОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Глухі М.А.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: mykyta.hlukhi@nure.ua

The main requirements for measuring cells and structures intended for microwave research of moisture-containing materials are considered. Examples of possible experimental measuring structures and stages of their practical implementation are given.

Мета роботи – визначення загальних умов та вимог щодо конструкційної реалізації вимірювальних комірок та структур.

Методи НВЧ діелектрометрії мають переваги порівняно з іншими методами, тому що, по-перше, дозволяють здійснювати безконтактне вимірювання характеристик об'єктів, а, по-друге, можуть бути використані для досліджень об'єктів при одночасному впливі на них випромінювання, що може бути корисним для отримання додаткової інформації.

Взагалі всі методи НВЧ вимірювань локалізованих об'єктів можна поділити на дві групи: хвилеводні та резонаторні.

Хвилеводні методи базуються на вивченні змін характеристик електромагнітних хвиль, які пройшли крізь об'єкт або відбилися від нього.

Резонаторні методи базуються на вимірюванні змін (зсувів) резонансної частоти та добротності, які відбуваються при взаємодії резонансного вимірювального перетворювача (РВП) з відповідним об'єктом внаслідок його внесення в резонатор, або збурень за рахунок зовнішнього зв'язку.

Однак, обидві групи, по-перше, потребують розробки методів розрахунку зв'язків характеристик хвиль, що пройшли крізь об'єкт або відбилися від нього у випадку хвилеводної групи методів або змін резонансної частоти і добротності в випадку резонаторної групи, з параметрами об'єкта, який вивчається. По-друге – створення відповідних конструкцій для розміщення під час дуже складних за формою і змістом об'єктів в зоні вимірювання. В третє – створення відповідних систем отримання інформаційних сигналів та їх обробки.

При виборі метода дослідження слід мати на увазі, що хвилеводні методи конструктивно більш прості і забезпечують вимірювання в досить широкій смузі частот, однак резонаторні методи, незважаючи на їх вузькосмуговість незрівняні за чутливістю, яка визначається величиною добротності, що може сягати декількох тисяч у випадку використання об'ємних резонаторів в якості РВП.

В роботі [1] проведений аналіз стану справ у напрямку мікрохвильових досліджень вологовмісних матеріалів, наведено методики досліджень, приклади реалізації чутливих елементів и вимірювальних систем. В той же час при дослідженні рідких зразків біоречовин (кров, плазма, розчини) виникає багато питань щодо конструкційного забезпечення ефективної взаємодії випромінювання, яке формується чутливим елементом, та зразка речовини, що досліджується, при збереженні високої чутливості вимірювань.

Першим і головним питанням при цьому є визначення вимог до вимірювальної комірки, у якій буде розміщуватися зразок для дослідження [2]. Треба забезпечити збереження стану і властивостей зразка, як мінімум, на час проведення досліджень. Не повинно бути випаровування, впливу різного роду зовнішніх факторів, а також процесів взаємодії зразка з матеріалом комірки. Також треба визначитись з оптимальним об'ємом рідкого зразка та його формою, яка буде задаватися її формою. Матеріал і конструкція вимірювальної структури не повинні критично впливати на характер взаємодії мікрохвильового випромінювання і зразка. Виходячи з загальних міркувань можна якось визначитись з матеріалом та загальною конструкцією, але врахувати всі потенційні фактори неможливо.

Спрощенні конструкції вимірювальних комірок на основі використання коаксіальних структур наведено на рисунку.



Конструкції вимірювальних комірок

Для урахування можливих небажаних факторів обов'язково треба проводити попереднє комп'ютерне моделювання обраних конструкцій вимірювальних комірок і структур з метою їх оптимізації.

Список використаних джерел:

1. Бондаренко, І.М., Гордієнко, Ю.О., & Панченко, О.Ю. (2019). Напрями та проблеми мікрохвильових досліджень вологовмісних матеріалів та структур. Харків: ФОП Панов А.М. 2019. 320 с.
2. Глухі М. А. Обґрунтування технічних вимог до системи вимірювання вмісту та розподілу вільної і зв'язаної води в біологічних тканинах / М. А. Глухі // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті : матеріали 27-го Міжнар. молодіж. форуму, 10–12 травня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Т. 1. – С. 17–18.

РОЗРОБКА ПІДСИЛЮВАЧА АНАЛОГОВОГО ВІДЕОСИГНАЛУ ДЛЯ FPV СИСТЕМ

Андрущенко Н. М.

Науковий керівник – доц., к. ф.-м. н., доц. Глухов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: nina.andrushchenko@nure.ua

The paper considers the relevance of developing a video signal amplifier for FPGA systems and sets requirements for it.

The relevance of developing such an amplifier lies in the possibility of modifying systems and filling the shortage of components on the market.

Мета роботи – обґрунтування актуальності розробки модуля підсилення аналогового відеосигналу для FPV систем та визначення вимог до нього.

БПЛА мають широке цивільне та військове застосування [1] за рахунок зручності використання, дешевизни, різноманіття форм та функціоналу. Високий попит на дрони привів до їх масового виготовлення на волонтерських засадах. Плюсами такого виготовлення є стійкість до нестабільного постачання компонентів та низька потреба в комплексній автоматизації процесів [2].

Для корегування роботи БПЛА використовуються різні системи, одна з них – FPV (First Person View). FPV системи забезпечують оператору дрона вид від першої особи. Це дозволяє координувати роботу дрона з високою точністю. Для передачі зображення оператору використовується система, що складається з камери, передавача відео та окулярів із вбудованим приймачем. Такі системи бувають аналоговими та цифровими.



Рисунок 1 – Будова системи передачі відео від камери до оператора FPV дрона

Аналогові системи відеозв'язку для FPV мають надзвичайно широке застосування. Їх перевагами є нижча ціна, більша дальність застосування, менша затримка та габарити, краще співвідношення сигнал/шум.

Але масове використання дронів привело до дефіциту модулів необхідної потужності та зростання їх вартості.

Типові частоти для передачі відеосигналу в FPV це 2.4 та 5.8 ГГц [3]. Інші частоти (0.9, 1.2, 1.3 ГГц) не мають широкого застосування через меншу полосу пропускання та більші габарити антен. Домінуючою є частота 5.8 ГГц, особливо для аналогових сигналів через меншу завантаженість діапазону та більшу кількість каналів. Завантаженість діапазону є важливим параметром для аналогових сигналів, адже вони більш чутливі до шумів та перешкод.

Окрім цього важлива потужність передавача. Надто низький показник зменшує робочу відстань дрона. Надто високий – вимагає додаткового охолодження, коштує дорожче та має більші габарити і вагу.

Хоча стандартизація має свої мінуси, такі як вища вразливість до РЕБ [4] та завантаження обраного діапазону, вона дозволяє уніфікувати процеси виготовлення, експлуатації та обслуговування.

Отже типовий FPV дрон має в собі аналоговий відеопередавач на частоті 5.8 ГГц потужністю 2.5 Вт. Ціна подібних модулів від перевірених великих виробників неупинно зростає, як і потреба в них. Окрім цього модулі іноді є доволі габаритними та мають слабку систему охолодження

Одним з рішенням проблеми є розробка підсилювача, який можливо використовувати разом із відеопередавачами нижчої потужності. Підсилювач має вписуватись в ряд вимог:

- вага – до 50 г;
- габарити – до 40 * 30 * 15 мм;
- напруга живлення в діапазоні – 5-22 В;
- частота – 5.8 ГГц;
- підсилення – до 3 Вт;
- вхідний та вихідний роз'єми – sma або tmcx;
- ціна до 40 євро.

Названі вище параметри можуть варіюватися за рахунок використання різних компонентів дрона таких, як рама, батарея, антена та відеопередавач.

Варто відмітити, що обрана потужність підсилення скоріше стандарт індустрії, адже вихідна потужність всієї системи залежить від втрат у провідниках, параметрів антени, узгодженості елементів та нагріву обладнання в ході експлуатації.

Типове застосування дрона полягає у ручній зміні потужності під час польоту за для забезпечення безпеки оператора. Зазвичай оператор має три запрограмовані рівні потужності, між якими він може переключатися з пульта. Орієнтовні значення потужності – 25, 800 мВт та максимум (2.5 Вт).

Вихідна потужність більша за 3 Вт не є доречною, адже такі модулі важкі, габаритні, дорогі та дають приріст відстані лише 30%.

Стандартна максимальна потужність дешевших передавачів – 350, 500, 800, 1000, 1200 мВт. Мінімальне значення потужності всіх модулів однакове

і дорівнює 25 мВт. Це створює необхідність проектування підсилювача із опцією пропускання сигналу напряму без підсилення до порогового значення вхідної потужності.

Для забезпечення робочої напруги частина модуля має бути відведена під DC-DC перетворювач з 22.2 В до необхідної напруги. У FPV системах використовуються батареї з елементів напругою 3.7 В. Стандартом для 7” дронів є батареї на 22.2 В (6 елементів).

Окремим пунктом є розробка охолодження. Воно може бути пасивним або активним. Перша опція простіша і дешевша, але може компрометувати роботу всієї системи за високої температури, наприклад, влітку.

Оцінюючи економічну доцільність, варто зазначити, що ціна потужних підсилювачів наразі коливається в діапазоні 60-120 євро, коли менші передавачі стартують від 25 євро.

З проведеного аналізу можна зробити висновок про необхідність розробки компактного підсилювача відеосигналу для FPV систем. Подібна розробка є економічно доцільною і може як вирішити ряд проблем так і демонструвати кращу роботу відносно систем із потужним відеопередавачем.

Список використаних джерел

1. Цимбалістова О. А. Розвиток ринку послуг безпілотних літальних апаратів як основний напрямок інноваційного прогресу сучасної авіації. Економічний аналіз : зб. наук. пр. 2015. Т. 19, № 1. С. 116-122.

2. Головні тенденції у виробництві електроніки / Васильєв Ю.С., Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П., Пятайкина М.І. // Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2022. – Харків, ХНУРЕ, 2022. – С. 75-78.

3. Review of antennas used in fpv/wlan applications / J. Sarath et al. ACTA TECHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering. 2021. Vol. 14, no. 1. P. 29–40.

4. Муравйов І. П. Детектор радіочастотного випромінювання БПЛА: Магістерська дисертація. Київ, 2022. 122 с.

ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ АВТОНОМНИХ БЕЗПЕРЕБІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ПО ТИПУ ЕСOFLOW

Гарькавенко П. О.

Науковий керівник - асистент Горбенко Є. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

E-mail: pavlo.harkavenko@nure.ua

This paper describes the construction of an autonomous uninterrupted power supply with pulse voltage conversion to improve efficiency. A fundamental block diagram for constructing the autonomous uninterrupted power supply is obtained through the utilization of modern component base. It is demonstrated that employing a few voltage converters at the input and output expands the ways of interaction with the uninterrupted power supply source.

У сучасному світі, де мобільні телефони, планшети, ноутбуки та інші гаджети стали невід'ємною частиною життя, питання безперебійного живлення стає все більш актуальним. Особливо під час блекаутів котрі не є плановими і таке джерело може забезпечити роботу важливих приладів упродовж деякого часу. Перебої в електропостачанні, подорожі, відпочинок на природі – все це може призвести до розрядки акумуляторів наших пристроїв, роблячи нас відірваними від зв'язку, інформації та розваг [1].

Метою роботи є розробка пристрою котрий дає можливість певний час бути автономним та не залежати від мережі, або використовувати сонячні панелі для заряду. Для цього була розроблена принципова блок схема такого пристрою, її наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Принципова блок схема автономного безперебійного джерела живлення

Опис блоків схеми:

Блок 1: Акумуляторна батарея – є серцем пристрою оскільки вона накопичує енергію коли є така можливість та слугує джерелом живлення для всієї системи. Було використано збірку з трьох акумуляторів LG Chem EB3V, це літій-іонний акумулятор котрий має високу щільності енергії

254Вт*год/кг. Збірка з даних елементів має напругу в межах від 9 до 12,6В, та ємність 60 А*год.

Блок 2: Контролер заряду. Цей блок контролює процес заряду та розряду акумуляторної батареї, щоб запобігти її пошкодження. Він має захист від перезаряду та перерозряду. Для цього була використана плата Battery Management System (BMS), вона може пропускати струм до 100А. Цей блок має індикацію котра показує рівень заряду акумуляторної батареї, потужність заряджання та розряджання. Також в цьому блоці міститься перемикач між живленням від мережі та від акумулятора [2,3].

Блок 3: DC/DC Перетворювач. Цей блок перетворює постійну напругу з акумулятора в постійну напругу іншого значення, необхідну для живлення інших блоків. Перетворювачі в цьому блоці є імпульсними для збільшення ККД. Завдяки цьому блоку є можливість одночасно заряджати невеликі гаджети потужністю до 18Вт (для цього використовуються модуль на базі TPS61088A), також є можливість заряду ноутбуків потужність до 100Вт (для цього встановлений DC/DC перетворювач на TL494).

Блок 4: Інвертор. Цей блок перетворює постійну напругу в змінну напругу 220В, що використовується для живлення побутових приладів.

Блок 5: Схема заряджання від мережі. Цей блок використовується для заряду акумуляторної батареї від мережі 220В.

Блок 6: Схема заряджання від сонячної панелі. Цей блок використовується для заряду акумуляторної батареї від сонячної панелі. Та інших джерел живлення котрі можуть генерувати постійну напругу в межах від 12 до 60В. Для роботи в таких межах використовується модуль DC/DC step-down побудований на ШІМ TL494 та мікросхемі драйвері IR2104 [4].

Таким чином представлена блок-схема розробленого автономного джерела безперебійного живлення являє собою комплексний підхід до вирішення проблеми забезпечення електропостачання в умовах блекауту, коли традиційні джерела енергії більше не доступні.

Список використаних джерел:

1. Overview of Uninterruptive Power Systems (UPS). URL: <https://www.pdhonline.com/courses/e193/e193content.pdf> (дата звернення: 10.03.2024).
2. Васильєв, Ю. С., Горбенко, Є. О., Карнаушенко, В. П., та Пятайкіна, М. І. 2022 р. Головні тенденції у виробництві електроніки.
3. Карнаушенко, В., Васильєв, Ю., Горбенко, Є., та Пятайкіна, М. (2022). Перехід до промисловості 4.0 з прогнозованими рішеннями для обслуговування. *grail of science*, (20), 97-101.
4. Галат О. Б., Бойко Б. Ю., Слюсаренко О. А., “Поглиняльна здатність та ефективність тонкопліткових сонячних елементів”, XXI міжнародна науково-технічна конференція «приладобудування: стан і перспективи», 2022 р. С.29.

УДК 621.38:004.93

ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ЕКВІВАЛЕНТНИХ МЕРЕЖ

Грабіщенко Я.О.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. каф. МЕЕПП Бабиченко О.Ю.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна

e-mail: yaroslav.hrabishchenko@nure.ua

The paper considers the importance of early testing for electromagnetic interference in the development of electronic products with an emphasis on EU standards. It is proposed to use a flexible system of devices for testing conductive interferences in the early stages of development, reducing the risk of further partial modernization of the product. The work considers the use of a digital oscilloscope with the function of fast Fourier transformation for detecting obstacles. This method is presented as an efficient and standards-compliant solution for early electromagnetic interference analysis in product development.

Метою роботи є розгляд систем вимірювання кондуктивних завад за стандартами ЄС. Ці вимірювання виконуються на пізніх етапах розробки, зазвичай результатом стає часткова модернізація продукту. Подібний ризик можна значно знизити за рахунок проведення випробувань на кондуктивне генерування джерелом завади електромагнітної енергії (завадоємисії) на ранніх стадіях циклу розробки. Для виявлення кондуктивних завад потрібен дуже чутливий прилад, котрий здатен вимірювати спектр із досить високим рівнем чутливості.

Для створення еквіваленту мережі використовуються різні методи: метод заміщення опору, індуктивності або ємності, метод суперпозиції та метод Нортон та Тевеніна. Цей спрощений підхід дозволяє здійснювати аналіз складних систем з меншою обчислювальною складністю та об'ємом даних. Еквівалент мережі знаходить широке застосування в електротехніці та електроніці для аналізу та моделювання електричних систем. Його використання дозволяє інженерам та дослідникам швидше та ефективніше розробляти та оптимізувати електричні мережі. Обчислення параметрів еквіваленту мережі може бути проведено як аналітично, так і чисельно, використовуючи спеціалізовані програмні засоби. У результаті, застосування еквіваленту мережі спрощується аналіз та розрахунки складних електричних систем, що забезпечує ефективніше вирішення інженерних завдань [1].

Для відокремлення досліджуваного пристрою від зовнішнього джерела живлення та визначення повного вхідного опору використовують мережевий еквівалент. Разом вони забезпечують отримання відтворюваних результатів вимірювань. Спеціалізовані еквівалентні мережі для проведення попередніх випробувань на відповідність стандартам ЄС є в асортименті

багатьох виробників. Однак для проведення налагодження за стандартами ЄС не потрібні мережі з високими робочими характеристиками. Для виявлення кондуктивних завад можна використовувати саморобні аналоги еквіваленту мережі.

Для вимірювання кондуктивних завад можна використати цифровий осцилограф з функцією швидкого перетворення Фур'є для визначення амплітуди частотної складової. У той же час є можливість визначати сигнали в часовій області, спостерігаючи кореляцію небажаних спектральних випромінювань в цій області. В поєднанні з окремою еквівалентною мережею осцилограф утворює високоефективну вимірювальну установку для проведення випробувань на кондуктивну завадоємісію пристроїв електроніки [2].

На рисунку 1 наведено схему еквівалента та блок схему його підключення. Схема складається з джерела живлення для тестованого пристрою, сам еквівалент мережі, осцилограф, тестований пристрій та навантаження для нього. Осцилограф в цьому випадку служить інструментом для попереднього вимірювання на відповідність нормам. Окремий еквівалент мережі разом з осцилографом забезпечує низьку вартість витрат на вимірювання та досить високі робочі показники для аналізу проблем з електромагнітними завадами. Для забезпечення відповідного узгодження між приладами коаксіальний вихід еквівалентної мережі повинен бути підключений до осцилографа кабелем з входним опором 50 Ом. Навантаження повинно бути правильно підібране до кожного тестованого пристрою.

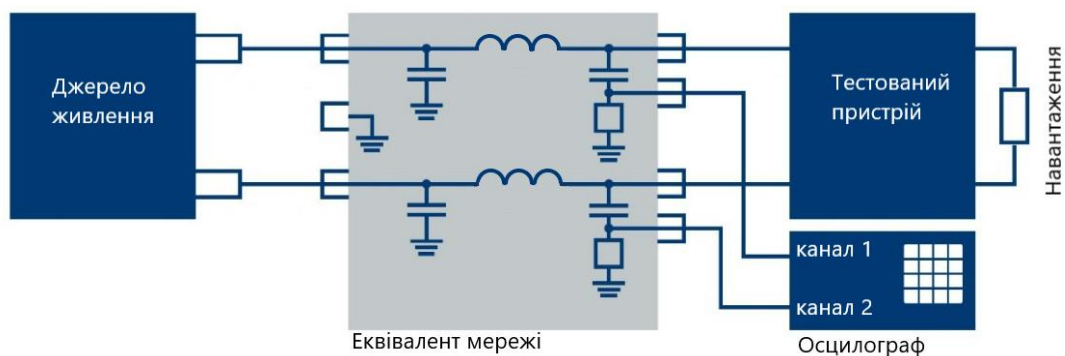


Рисунок 1 – Схема еквіваленту мережі та його підключення.

Список використаних джерел:

1. Бондаренко І.М., Бородін О.В., Карнаушенко В.П. Сучасна компонентна база електронних систем: Навч. посібник. Харків: ХНУРЕ. 2020. 268 с.

2. Бондаренко І.М., Бородін О.В., Карнаушенко В.П., Васильєв Ю.С. Прилади та пристрої інтегральної електроніки. Частина 1: Навч. посібник. Харків: ХНУРЕ. 2020. 228 с.

АЛГОРИТМ ГОЛОСОВОГО КЕРУВАННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ

Скиданенко Я. С.

Науковий керівник – доцент каф. МЕЕПП Бабиченко О. Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

(61166, м. Харків, пр. Науки, 14, каф. МЕЕПП)

e-mail: yaroslav.skydanenko@nure.ua

This research investigates the development of voice control algorithms specifically designed for smart homes. The primary goal is to significantly improve both the user experience and security of these systems. By prioritizing local data processing, the research addresses the well-known drawbacks associated with relying on cloud-based solutions. This shift towards local processing not only enhances user privacy but also offers a customizable and transparent solution that can be tailored to the specific needs and preferences of each user.

Система “розумного будинку” відіграє важливу роль у сучасному світі, де постійний стрес і висока завантаженість стають частиною повсякденного життя. Особливо це актуально в контексті зростання популярності віддаленої роботи, коли домашній простір перетворюється на робоче місце. Автоматизація побутових процесів має на меті значно поліпшити якість життя, звільняючи від рутинних процесів час і енергію для особистісного розвитку та відпочинку. А голосове керування системами “розумного будинку” збільшує зручність до нового рівня.

Головною метою роботи є розробка автономного алгоритму розпізнавання голосових команд та впровадження її в комп'ютеризовану систему розумного будинку. Особливу увагу приділено локальній обробці даних за рахунок використання нейронних мереж для моделювання акустичних ознак та Hidden Markov Models (НММ) для декодування послідовності. Локальна обробка потрібна для забезпечення високого рівня безпеки та надійності. Відкритий код проекту сприяє його доступності, прозорості та дозволяє користувачам адаптувати систему під індивідуальні потреби, забезпечуючи широкі можливості для модифікації та удосконалення. Крім того, велику увагу приділено локалізації інтерфейсу, зокрема українською мовою, що робить проект особливо цінним для вітчизняних користувачів.

Система керування - це комплексна інфраструктура, яка об'єднує апаратні та програмні рішення для ефективного керування “розумними системами” за допомогою голосового інтерфейсу. Її основні компоненти включають клієнтський інтерфейс, веб-сервіс та мікроконтролери [1].

Клієнтський інтерфейс відповідає за розпізнавання голосових команд користувача та забезпечення взаємодії з веб-сервісом. Для ручного або віддаленого контролювання доречно впровадження мобільного застосунок.

Цей компонент грає ключову роль у взаємодії з користувачем, забезпечуючи зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

Веб-сервіс є проміжною ланкою між клієнтським інтерфейсом та мікроконтролерами. Апаратно об'єднаний з розпізнавачем голосових команд, вони можуть працювати на одній одноплатній операційній платформі, наприклад, Raspberry Pi [2]. Основні розробки ведуться на основі мови програмування Python 3. Алгоритм роботи можна надати наступними етапами. Після захоплення мікрофоном голосового сигналу використовуються алгоритми для підсилення голосу та шумозаглушення, що сприяє підвищенню точності обробки голосових команд (наприклад, використання бібліотеки librosa для обробки аудіо). Наступний етап це екстракція ознак для перетворення голосових сигналів в ознаки, котрі будуть вхідними даними для моделі. Де буде використана комбінація Convolutional Neural Networks (CNN) для моделювання акустичних ознак та НММ для декодування послідовностей. Бібліотеки TensorFlow або PyTorch можуть бути використані для реалізації нейронних мереж. Бібліотека Pomegranate може бути використана для реалізації НММ. Розпізнаний текст аналізується за допомогою «скриптів» для асоціювання з доступним функціоналом команд. Для комунікації між веб-сервісом та пристроями “розумного будинку” використовується протокол Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), котрий ідеально підходить для IoT пристроїв через низьке споживання енергії та високу надійність у комунікації. Мікроконтролер відповідає за виконання команд, отриманих від веб-сервісу та апаратно контролює роботу усіх приладів “розумного будинку”. Крім того, він відправляє дані про поточний стан системи на веб-сервіс, якщо отримано відповідний запит [3].

Таким чином, розглянуто алгоритм реалізації функції голосового управління системою розумного будинку за допомогою засобів програмування Python 3 на одноплатній операційній платформі Raspberry Pi.

Список використаних джерел:

1. Gosztolya G., Kocsor A. A hierarchical evaluation methodology in speech recognition. Acta Cybernetica, 2005. Vol.17(2), p.213–224.
2. Бондаренко І.М., Бородін О.В., Карнаушенко В.П., Васильєв Ю.С. Прилади та пристрої інтегральної електроніки. Частина 1: Навч. посібник. Харків: ХНУРЕ. 2020. 228 с.
3. Бондаренко І.М., Бородін О.В., Карнаушенко В.П. Мікропроцесорні системи контролю та керування: Навч. посібник. Харків: ХНУРЕ. 2020. 244

**ВИЗНАЧЕННЯ РЕКОМБІНАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ
НАПІВПРОВІДНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ**

Бабиченко С.В.

Науковий керівник – к.ф-м.н., доцент Галат О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: serhii.babychenko@nure.ua

There are a large number of different methods aimed at ensuring control of various parameters of semiconductor structures. All of them are not universal and each has its limitations. At the same time, semiconductor materials and structures can be quite completely and qualitatively studied using non-destructive contactless resonator and waveguide microwave methods. Universal methods and equipment for microwave monitoring have been developed, which allow multi-parameter monitoring. The creation of universal methods and tools for microwave diagnostics of semiconductor structures is an important area of research. These methods enhance the understanding of material properties, optimize manufacturing processes and improve the efficiency of semiconductor applications in various fields such as electronics, photonics and sensors.

Система показників якості напівпровідникових матеріалів, включаючи елементарні напівпровідники (кремній, германій) та їх сполуки (наприклад, типу A^IVB^V), що виготовляються як гомогенними (злитки, пластини), так і комплексно-неоднорідними (епітаксійні та дифузійні структури) матеріалами, описується наступними параметрами та характеристиками:

- питомим електричним опором;
- рухливістю вільних носіїв заряду;
- концентрацією вільних носіїв заряду;
- часом життя та швидкістю поверхневої рекомбінації нерівноважних носіїв заряду;
- товщиною підкладок та епітаксійних шарів.

У процесі проектування напівпровідникових приладів і мікросхем на основі теоретичних розрахунків і експериментальних даних підбираються відповідні параметри напівпровідникових матеріалів. При випробуванні приладу в дослідному виробництві уточнюються вимоги до матеріалів, так як для будь-якого типу приладу і ІС існують оптимальні значення параметрів напівпровідника (Si, Ge, GaAs і ін.), що відповідають оптимальним параметрам приладу. Відтворюваність та відсоток виходу придатних виробів безпосередньо пов'язані з якістю та розкидом параметрів використовуваних матеріалів.

Таким чином, напівпровідникові матеріали, що використовуються при виготовленні приладів і мікросхем, повинні відповідати наступним загальним вимогам [1]:

- матеріали не повинні містити значної кількості сторонніх домішок в порівнянні з концентрацією зазначеної однієї або декількох домішок, так як при наявності таких домішок можуть спостерігатися неконтрольовані і невідтворювані зміни електрофізичних властивостей при термічній обробці в процесі виготовлення приладів і ІС;

- матеріали повинні мати цілком відтворюване, задане і однорідно розподілене число структурних дефектів (дислокацій, вакансій);

- кристали повинні бути без дефектів, таких як включення і мікротріщини;

- у зливках повинні бути відсутні значні механічні напруги.

Порушення цих вимог може призвести до збільшення браку в операціях різання злитків та пластин, шліфування та травлення, а також на операціях вплавлення р-п-переходів, фотолітографії та ін.

Найбільш широке застосування знайшли традиційні контактнo-зондові методи для контролю якості матеріалів при їх прийманні та постачанні, а також при вхідному контролі. Неруйнівні методи застосовуються, перш за все, при дослідженні властивостей матеріалів, розробці технології їх виробництва та обробки, при технологічному контролі [2].

Одним з важливих напрямків неруйнівного та безконтактного дослідження характеристик матеріалів та структур є використання НВЧ методів та засобів. Ці методи дозволяють проводити дослідження властивостей матеріалів без необхідності прямого контакту з ними, що є важливим аспектом в багатьох відносинах, включаючи збереження цілісності та уникнення будь-якого впливу на досліджуваний матеріал.

НВЧ методи діагностики параметрів та характеристик матеріалів можна розділити на дві групи: нерезонансні та резонансні. Нерезонансні методи зазвичай застосовуються для отримання залежності властивостей матеріалів у діапазоні частот, а резонансні методи – щоб отримати точне значення параметра матеріалу (наприклад, діелектричної проникності та тангенсу кута діелектричних втрат) за певної частоти або кількох дискретних значень частот [3, 4].

В нерезонансних методах властивості матеріалів визначаються переважно з імпедансу та швидкостей хвилі у матеріалі. Їх можна розділити на два методи: відбиття та проходження/відбиття. У першому випадку властивості матеріалів визначаються на основі відбиття від зразка, а другому – на основі відбиття від зразка та проходження через зразок. Для цих методів придатні всі типи ліній передач, наприклад, коаксіальна лінія, порожнистий металевий або діелектричний хвилевод або смужкова лінія.

В резонансних методах параметри та характеристики матеріалів визначаються з їхнього впливу на резонансну частоту та добротність вимірювального перетворювача. Для реалізації цих методів застосовуються прямокутні, циліндричні, коаксіальні та інші види НВЧ резонаторів, а також смужкові резонатори.

Таким чином, отримання високоякісних матеріалів в сучасних умовах високих стандартів вимагає використання ефективніших методів контролю. Забезпечення високої якості матеріалів може бути оптимально вирішено за допомогою безконтактних, неруйнівних методів, які забезпечують точний контроль параметрів без пошкодження самого матеріалу. Це особливо важливо в контексті сучасних вимог до надійності та функціональності матеріалів, які використовуються в різних галузях, включаючи промисловість, електроніку та медицину. Такі неруйнівні методи дозволяють вчасно виявляти та усувати можливі дефекти чи невідповідності, сприяючи тим самим підвищенню якості та довговічності матеріалів.

Одними з основних параметрів напівпровідникових матеріалів, які необхідно враховувати під час розробки та експлуатації електронних пристроїв, є рекомбінаційні параметри. У пристроях, таких як транзистори, діоди та сонячні батареї, ці параметри можуть суттєво впливати на ефективність їхньої роботи. Наприклад, у сонячних батареях безпосередньо впливають на кількість генерованих фотоелектронів, що зрештою позначається на ефективності перетворення [5].

У роботі пропонується неруйнівний безконтактний метод визначення рекомбінаційних параметрів напівпровідникових матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Product Reliability & Accelerated Life Testing Services Since 1982. IEC 60068-2. Electronic Equipment & Product Standards. URL: <https://www.desolutions.com/testing-services/test-standards/> (дата звернення: 12.02.2024).
2. Baker John D. Reliability of Semiconductor Devices. John Wiley & Sons, 2003. 640 p.
3. Li E., Gao Y., Zhang Y., Gao C., Zheng H., Zeng Z. Nonlinear behavior of microwave semiconductor materials measured under a strong electromagnetic environment using a compressed rectangular resonant cavity // Applied Physics A: Materials Science & Processing is a copyright of Springe. 2017. P. 414–420.
4. Bondarenko I. N., Bliznyuk I. Yu., Gorbenko E. A. Microwave irregular resonant structures // Telecommunications and Radio Engineering. 2019. Vol.78(№5), P. 385–392.
5. Babychenko O. Y., Pashchenko A. G. Kinetics of photoconductivity of c-Si with amorphous inhomogeneities. // Telecommunications and Radio Engineering. 2018. Vol 77(№ 2). P. 161–171.

КОНТРОЛЕРИ ЗАРЯДУ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Олексієнко К. Р.

Науковий керівник – к.ф.м.н., доц. каф. МЕЕПШ Бабиченко О. Ю.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПШ,
м. Харків, Україна

e-mail: kyrylo.oleksiienko@nure.ua

Solar charge controllers can be of various types, including PWM and MPPT (Maximum Power Point). PWM controllers are used for simple systems and provide charge regulation by minimizing the voltage on the panel. MPPT controllers, on the other hand, make more efficient use of solar energy by finding the optimal point on the panel's power-voltage curve, which allows more energy to be obtained under variable lighting conditions.

Метою роботи є дослідження різних типів контролерів заряду сонячних батарей. Ці дослідження охоплюють кілька аспектів, спрямованих на вдосконалення ефективності та надійності сонячних систем. По-перше, основне завдання полягає в оптимізації процесу заряджання сонячних батарей для максимального використання енергії, що отримується із сонячного випромінювання. Це включає розробку алгоритмів управління для максимізації виходу електроенергії, котрі враховують різні фактори, такі як інтенсивність світла, температура та стан батарей. Крім того, дослідження спрямовані на підвищення стабільності та надійності контролерів заряду, щоб забезпечити безперервне функціонування сонячних систем у різних кліматичних умовах та під різними навантаженнями. Важливим аспектом є впровадження нових матеріалів та компонентів, здатних поліпшити ефективність і довговічність контролерів заряду [1]. Крім того, зниження вартості виробництва та збільшення їх доступності також стають метою досліджень, оскільки це сприяє ширшому впровадженню сонячних систем у різних галузях. Загалом роботи в цій галузі спрямовані на створення більш ефективних, надійних і доступних контролерів заряду сонячних батарей для просування використання сонячної енергії як екологічно чистого джерела енергії.

В даний час найбільш поширеними контролерами заряду сонячних батарей є PWM (Pulse Width Modulation - ШІМ) та MPPT (Maximum Power Point Tracking - Відстеження точки максимальної потужності). Обидва типи контролерів є ключовими компонентами сонячних електростанцій, відповідаючи за керування потоком енергії від сонячної панелі до акумулятора. Проте, вони працюють за різними принципами та мають свої переваги та недоліки [2].

В роботі проводиться порівняння PWM та MPPT контролерів для сонячних батарей щодо відмінностей у їхній функціональності, ефективності та вартості. Почнемо з PWM контролерів: вони є більш простими та дешевими у виробництві порівняно з MPPT. PWM контролери регулюють вихідну

напругу сонячних панелей шляхом періодичної зміни ширини імпульсів, що забезпечує зарядку батарей на певній напрузі. Однак, PWM контролери мають обмеження в ефективності, особливо при низьких температурах та в умовах низької інтенсивності світла. На відміну від цього, MPPT контролери використовують складніші алгоритми, які безперервно відстежують точку максимальної потужності сонячної панелі та регулюють робочу точку для максимізації вихідної потужності. Завдяки цьому, MPPT контролери дозволяють отримати більше енергії з сонячних панелей, особливо в змінних умовах освітленості. Однак, MPPT контролери дорожчі, ніж PWM, через більш складну конструкцію та використовуваних алгоритмів роботи. MPPT контролери вимагають більш акуратного налаштування та підбору для оптимальної роботи, що може вимагати додаткових витрат на проектування та встановлення. Однак завдяки своїй вищій ефективності MPPT контролери зазвичай окупають свої додаткові витрати за рахунок підвищеної продуктивності в умовах змінного освітлення. Таким чином, вибір між PWM та MPPT контролерами залежить від конкретних вимог проєкту, бюджету та бажаної ефективності системи заряджання сонячних батарей. Окрім перерахованих характеристик, до ефективності контролерів також важливо враховувати їхню сумісність з сонячними панелями та типом батареї, їхню вологозахисність для захисту від погодних умов, можливість регулювання параметрів заряду для оптимізації продуктивності системи [3].

Ринок контролерів заряду сонячних батарей є досить різноманітним, що відображається у широкому діапазоні цін. На сьогоднішній день вартість MPPT контролерів може починатися від \$50 і досягати понад \$500 або більше за моделі з розширеними функціями та високою потужністю. У той час, PWM контролери, які є менш ефективними, можуть бути доступні від \$20 до \$200. Ціни можуть коливатися залежно від бренду, якості матеріалів, додаткових функцій, таких як захист від перенапруги або можливість моніторингу, а також від потужності та специфікацій конкретної моделі.

Таким чином вибір між PWM і MPPT контролерами залежить від конкретних потреб користувача, його бюджету та умов експлуатації сонячної системи. В той час як PWM контролери можуть бути прийнятним варіантом для менших систем або умов зі сталою освітленістю, MPPT контролери найбільш відповідають вимогам в умовах змінного освітлення та для максимізації ефективності сонячної системи.

Список використаних джерел:

1. Babychenko, O. Yu. Multicomponent semiconductor structures in the design of solar cells // *Telecommunications and Radio Engineering*. Volume 77, Issue 5, 2018, pp. 425-433.
2. Babychenko O. Yu., Pashchenko A.G. Kinetics of photoconductivity of c-Si with amorphous inhomogeneities // *Telecommunications and Radio Engineering*. Volume 77, Issue 2, 2018, pp. 161-171.
3. Galat, A. B. Simulation of an optimal design for (p)-a-si:h/(n)-c-si photovoltaic converters using the analytical model // *Telecommunications and Radio Engineering*. Volume 74, Issue 13, 2015, pp. 1215-1223.

ВИКОРИСТАННЯ ГРАФЕНУ У ФОТОДЕТЕКТОРАХ

Кондрат В.В.

Науковий керівник – ас. Пятайкина М.І., проф. Стрількова Т.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

e-mail: valeriia.kondrat@nure.ua

This report discusses the prospects of using graphene, a two-dimensional material with a hexagonal structure, in photodetectors. The main optical properties of graphene, types of photodetectors based on it, their operating principle and results of their experimental tests are described. The areas of practical application of graphene photodetectors and the prospects for the development of this technology are outlined.

Елементи оптоелектроніки є основними в системах реєстрації і обробки оптичних індикаторів, за допомогою яких вивчаються різноманітні явища природознавства. Робота будь-яких систем зору залежить від якості фотоприймача [1, 2]. Перетворення світла в електричні сигнали використовується в багатьох технологіях, таких як оптичний зв'язок, генерація відео- та біомедичних зображень, безпека, нічне бачення, зондування газів і виявлення руху. Розробка наступного покоління надшвидких, високочутливих і широкодіапазонних фотодетекторів є актуальною. *Метою даної роботи є проведення порівняльного аналізу технічних характеристик різних типів фотодетекторів на основі графену, а також оцінка перспективності використання графену у фотодетекторах.*

Графен – двовимірний матеріал, моноатомний шар атомів вуглецю із гексагональною структурою. Основною особливістю чистого графена є відсутність у ньому забороненої зони, ширина якої дорівнює нулю. В графені виробництво носіїв заряду внаслідок поглинання світла відбувається, на відміну від багатьох речовин, в дуже широкому спектральному діапазоні, включаючи УФ, видиме, інфрачервоне і терагерцове випромінювання, причому коефіцієнт поглинання не залежить від частоти. Коефіцієнт поглинання графену, який становить 2,3%, відносно невеликий за абсолютною величиною, але значно вищий, ніж у традиційних напівпровідників, таких як InGaAs, GaAs або Ge, особливо в розрахунку на один моношар. Висока рухливість графену призводить до швидкої динаміки носіїв заряду, що у свою чергу, забезпечує надзвичайно ефективну конверсію фотонів або плазмонів в електричний струм або напругу. Оптичні властивості графену можна легко налаштувати за допомогою електронного легування [3]. Існує декілька типів фотодетекторів на основі графену. Метал-графен-металеві фотодетектори – перший клас фотодетекторів на основі графену, який досліджувався. Фотодатчик цього типу був випробуваний у оптичному зв'язку, і в ході експерименту було досягнуто безпомилкове відновлення потоку даних зі швидкістю 10 Гбіт/с. У одиночних метал-графенових з'єднаннях не

спостерігалось деградації фотореакції при частоті модуляції до 40 ГГц, і за допомогою всього оптичного вимірювання була виявлена внутрішня пропускна здатність 262 ГГц. Найбільша чутливість фотодатчиків такого типу складає 6.1×10^{-3} А/Вт. Другий тип – графен-напівпровідникові гетероперехідні фотоприймачі. Планарні переходи графену та елементів IV групи, а також комбінованих напівпровідників можуть діяти як діоди Шотткі. Електричні характеристики цих приладів демонструють випрямляючу поведінку з енергією бар'єру, що залежить від напівпровідникового матеріалу. Для малих темнових струмів напівпровідниково-графенові фотоприймачі працюють при зворотному зміщенні. Оптичне поглинання відбувається в напівпровіднику, тоді як шар графену діє як оптично прозорий колектор носіїв заряду. У даному типі фотодетекторів було отримано чутливість, що регулюється напругою (до 435 мА/Вт) для керування яскравістю, і виявлено можливість роботи в широкому динамічному діапазоні. Пізніше був представлений фотодетектор з оксиду графену-Si з максимальною чутливістю 63 мА/Вт [4, 5]. Третій вид фотодетекторів – гібридні. Вони реалізуються шляхом використання додаткових світлочутливих матеріалів або структур, які можуть ефективно поглинати світло та передавати енергію або електрони до основного провідного матеріалу – графену. Цим досягається покращення чутливості фотодетектора до світла [4]. Гібридні фотодетектори на основі сенсibilізованого графену були реалізовані за допомогою колоїдних квантових точок (КТ) як світлопоглинаючих середовищ. Найбільшої чутливості було досягнуто з використанням КТ кремнію Si ($0.1 - 2 \times 10^9$ А/Вт) та дисульфиду молібдена MoS₂ (1×10^9 А/Вт) [5].

Таким чином, використання графену у фотодатчиках значно покращують їх характеристики, зокрема при суміщенні його з іншими матеріалами. Фотодіоди на основі графену є багатообіцяючою альтернативою для дистанційного зондування, біомедичної візуалізації та оптичного зв'язку [4].

Список використаних джерел:

1. Стрілкова Т.О., Калмиков О.С., Бендеберя Г.М., Пятайкина М.І., Поліщук О.В. Стохастичні моделі вихідних сигналів в оптико-електронних системах // Колективна монографія «Сучасні технології в науці та освіті». 2021. Сєверодонецьк. С. 256-259.
2. Пятайкина М.І., Стрілкова Т.О. Дослідження дефектів дислокації в напівпровідникових матеріалах оптичними методами // ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи : матеріали 22-ої Міжнар. наук.-техн. конференції, 16-17 травня 2023 р. Київ, 2023. С.45-47.
3. F.H.L. Koppens and al. Photodetectors based on graphene, other two-dimensional materials and hybrid systems // Nature Nanotechnology. 2014. Vol. 9. PP. 780-793.
4. P.V. Ratnikov and A.P. Silin Two-dimensional graphene electronics: current status and prospects // Physics-Uspek. 2018. Vol. 61. PP. 1139-1174.
5. Adolfo De Sanctis and al. Graphene-Based Light Sensing: Fabrication, Characterisation, Physical Properties and Performance // Materials (Basel). 2018. Vol. 11.

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ КОЛЬОРУ СВІТЛОДІОДІВ
ПРОТЯГОМ ТЕРМІНУ ВИКОРИСТАННЯ**

Лашко Е. І.

Науковий керівник – к.ф.м.н., доц. Галат О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Українаe-mail: eduard.lashko@nure.ua.

Analyzing the methods of ensuring the color stability of LEDs during their service life is an important topic, since LEDs are used in most indicators, such as displays, various indicating devices and LED lamps, replacing outdated incandescent lamps and other analogues. With time their color changes, resulting in incorrect color rendering. A change in the color of the light can also lead to a decrease in energy efficiency due to defects in the structure of the diode or its degradation. The work aims to identify the main factors leading to changes in the emission spectrum of modern light-emitting diodes, to study ways to solve the problem of LED degradation, to analyze existing methods for increasing the service life of such devices and to select the most optimal ones.

Аналіз методів забезпечення стабільності кольору світлодіодів протягом їх терміну служби є важливою темою, оскільки світлодіоди використовуються у більшості індикаторів, таких як дисплеї, різноманітні засоби індикації, а також у засобах освітлення. З часом їх колір змінюється, що призводить до неправильної передачі кольору, особливо важливо в контексті LED дисплеїв і різноманітних індикаторів. Зміна кольору світла також може призвести до зменшення енергоефективності через дефекти в структурі діоду або його деградацію.

Основними причинами зміни кольору діодів, є деградація люмінофорів і кристалічної структури діоду. Більшість білих світлодіодних освітлювачів, або LED дисплеїв виготовляються із застосуванням люмінофорів для отримання білого світла різних відтінків, або потрібного кольорового спектру. Через деградацію люмінофорів, спостерігаються здвиги відтінків білого та кольорового спектру. Основними проблемами стабільності люмінофорних діодів є їх хімічна та термічна стабільність. Дуже важливо для люмінофорів в діодах, щоб вони були хімічно стабільними у вологих умовах. Для підвищення хімічної стійкості при синтезі люмінофору було запропоновано ідею про використання флюсових матеріалів поряд з прекурсорами, оскільки флюсові матеріали часто використовуються в синтетичних методах, пов'язаних з високими температурами [1].

В останні роки суттєвою проблемою у сфері технології LED дисплеїв є термін стабільної служби синіх світлодіодів. На стабільність світлодіодів синього випромінювання з InGaN/GaN негативно впливають Оже-

рекомбінація, ефекти зменшення активного обсягу, делокалізація та витік носіїв заряду. Переглянуті засоби збільшення ефективності включають збільшення товщини або кількості квантових ям, покращення однорідності бічного струму, інженерію квантових бар'єрів (включаючи багаторівневі та ступеневі квантові бар'єри), використання вкладених або впорскувальних шарів, інженерію електронного блокуючого шару (ЕБШ) (зокрема InAlN, ступеневий, поляризаційно-легований та надрешітковий ЕБШ), використання оберненої поляризації (шляхом оберненої епітаксії або росту за допомогою N-полярного напрямку), а також росту вздовж напівполярних або неполярних орієнтацій [2].

Щодо світлодіодних ламп, особливо потужних, важливо враховувати такий аспект як нагрів. Термічний вплив на світлодіодні лампи може приводити до деградації фосфорного покриття. Фосфори, які конвертують світло у потрібний діапазон під впливом високої температури руйнуються що призводить до зміни колірної температури світла. Також у наслідок нагріву можливі зміни електричних характеристик. Зміна електричного струму на діоді, впливає на зміну інтенсивності світіння та колірного спектрального розподілу [3]. Для вирішення даних проблем окрім підбору стійких матеріалів для виготовлення самого діоду та люмінофорів, пропонується звернути увагу на площу самого діоду, що сприяє розсіюванню тепла за рахунок більшої площі, та інших методів охолодження.

У роботі поставлено завдання виділити основні фактори, що призводять до зміни спектру випромінювання сучасних світловипромінювальних діодів, з'ясувати шляхи вирішення проблеми деградації світлодіодів, проаналізувати існуючі методи збільшення терміну служби таких пристроїв та вибрати найоптимальніші. Комп'ютерні симуляції пристроїв на основі деяких механізмів та засобів використовуються в роботі для підтвердження вибраних методів.

Список використаних джерел:

1. Anseth K.S., E. ARZT, Salieb-Beugeaar G., B Cantor, T Nohri, Wei Y. Progress in Materials Science, 2020. Vol.109. P. 123–128.
2. Guorui L., Xujia L, Heng T., Kaiqiang Y., Feiyun N., Long J., Jilnlei G., Jian R., Zhiqiang F. // Journal of Applied Physics, 2013. Vol.114. Issue 7. P. 304–310.
3. Галат О. Б., Романенко О. О. Дослідження світлодіодної системи освітлення // IV International Scientific and Practical Conference “Priority directions of science and technology development” Kyiv, 20-22 December 2020. P. 347-349.

НОВА ВЕРСІЯ АНАЛОГОВОГО СИМУЛЯТОРА SPICE

Ришко С.А.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна
e-mail: serhii.ryshko@nure.ua

SPICE (Simulation Program with an Emphasis on Integrated Circuits) has long been the primary tool for engineers used to simulate analog circuits. However, with the increasing availability of simulation tools, many of which are open source or free to use, questions have arisen such as their ability to support the latest broadband devices. One notable limitation is that existing SPICE programs may not have the device equations required to correctly model SiC and GaN devices.

Із зростаючою доступністю інструментів моделювання, багато з яких є відкритими або безкоштовними для використання, виникли питання, такі як їх здатність підтримувати новітні широкозонні пристрої. Пристрої з широкою забороненою зоною мають унікальні характеристики, але вони також створюють проблеми з точки зору моделювання схеми. Одним із помітних обмежень є те, що існуючі програми SPICE можуть не мати рівнянь пристроїв, необхідних для правильного моделювання пристроїв на основі SiC та GaN.

Невдовзі, з'явився новий і, що дуже важливо для навчальних закладів, безкоштовно доступний інструмент QSPICE, що надає можливість моделювання схем інженерам, які розробляють проекти на основі SiC.

Пристрої з карбиду кремнію набувають популярності в енергетичних додатках, особливо в зв'язку з розвитком «зелених технологій» на транспорті завдяки своїм характеристикам. SiC відрізняється від кремнію більш широкою забороненою зоною та високими енергетичними характеристиками. Таким чином, SiC має більш високу робочу напругу, низький опір і менші розміри топологічної комірки, що покращує провідність і опір перемикачів в порівнянні зі стандартними кремнієвими пристроями. Навпаки, кремній стикається з проблемами при роботі за напруги, що перевищує пару сотень вольт, вимагаючи складних технологій, таких як суперпереходи або впровадження біполярних транзисторів з ізольованим затвором (IGBT) в силових додатках.

Типова ситуація минулого, коли розробники силової електроніки використовували доступні аналогові схеми та кремнієві елементи комутації змінилась у зв'язку з розробкою нових систем управління, в основі яких базовим компонентом стали цифрові технології. Застосування мікроконтролерів і мікропроцесорів в блоках керування силовими компонентами, що базуються на передових напівпровідникових технологіях є звичайними елементами передових енергетичних систем.

Отже, наявність симуляторів, які вирішують проблему моделювання пристроїв для силової електроніки є нагальною як з точки зору розробників електроніки так і виробників компонентів.

QSPICE має зручний інтерфейс і численні вдосконалення порівняно зі старими інструментами аналогового моделювання (рис):

- оновлена підтримка розширеного моделювання аналогових і цифрових систем, наприклад тих, що використовуються в програмах штучного інтелекту та машинного навчання;

- механізм моделювання, який використовує вдосконалені чисельні методи та оптимізовані для сучасного обчислювального обладнання, включаючи інтерфейс користувача, що відтворюється графічним процесором і керування пам'яттю з підтримкою SSD, щоб забезпечити значно вищу швидкість і точність;

- скорочений загальний час роботи на основі порівняльних тестів Qorvo із набором тестових схем.

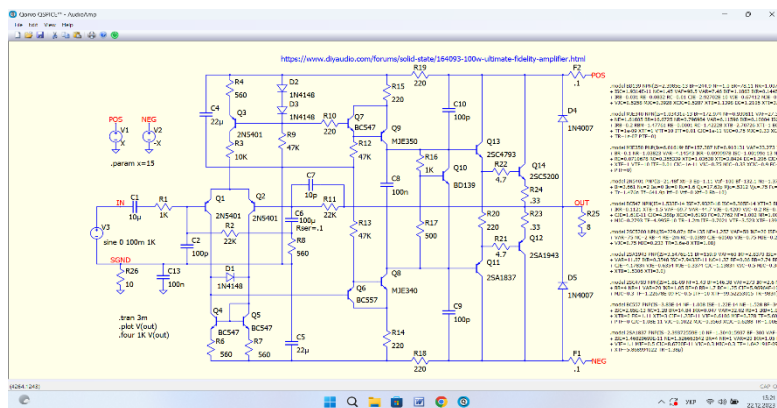


Рисунок – Вікно QSPICE з тестовим прикладом схеми підсилювача потужності звукової частоти

Наявність регулярно оновлюваної бібліотеки моделей QSPICE, що містить карбід кремнію Qorvo та розширені рішення керування живленням, значно полегшує розробникам оцінку та проектування силових пристроїв і систем.

Список використаних джерел:

1. QSPICE – поповнення в ряду симуляторів / Пятайкина М.І., Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П. // Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2023. – Харків, ХНУРЕ, 2023.

2. «Системи автоматизованого проектування мікросистем»: Навчальний посібник для студентів ЗВО. / Упоряд.: Бондаренко І.М., Бородін О.В., Грицунов О.В., Карнаушенко В.П. – Харків: ХНУРЕ. – 2021. – 144 с.

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ МЕРЕЖІ ІОТ

Пермякова Д. О.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна
e-mail: daria.permiakova@nure.ua

The IoT network is a network of interconnected physical objects, embedded sensors, smart devices that connect and exchange data with other devices and systems. Deploying a network, you should pay attention to the main factors related to the choice of the type of wireless network and IoT protocol technology based on the main criteria without human intervention.

Вибір мережі з взаємопов'язаними фізичними об'єктами, вбудованими датчиками, розумними пристроями, які з'єднуються та обмінюються даними з іншими пристроями та системами без втручання людини є складною, багатоваріантною задачею.

Розгортаючи мережу слід звернути увагу на головні фактори, пов'язані з вибором типу бездротової мережі та технології протоколів IoT на основі наступних критеріїв: зона покриття, споживання енергії, щільність об'єктів, обсяг і характер даних, витрати, безпека, середовище тощо.

По суті, мережа IoT функціонує, встановлюючи зв'язки між пристроями, датчиками та системами для полегшення обміну даними, виконання аналізу та генерування корисної інформації.

Сенсори є основою будь-якої системи IoT. Вони використовуються в мережах IoT для збору даних з певних об'єктів. Сучасні сенсори мають невеликі розміри, економічно ефективні, легко вбудовуються та здатні контролювати широкий діапазон змінних. Дані, зібрані датчиками, передаються в хмару або базовий обчислювальний пристрій для обробки. Вибір підключення залежить від конкретних цілей системи. Коли низька затримка та швидкий час відгуку є вирішальними, можна віддати перевагу периферійним обчисленням, оскільки вони зменшують відстань між датчиком і сервером. Коли дані потрапляють у хмару або периферійний сервер, вони аналізуються за допомогою спеціального програмного забезпечення та зберігаються. Аналіз даних зазвичай виконується за допомогою алгоритмів штучного інтелекту (AI) і машинного навчання (ML). Ці алгоритми допомагають визначити аномалії та відхилення від нормальних моделей, запускаючи дії або сповіщення.

Деякі типи бездротових мереж IoT. Локальні мережі та персональні мережі (LAN/PAN) є економічно ефективними, однак передача даних обмежена через місцеве середовище. Пристрої з підтримкою Bluetooth у поєднанні з іншими електронними пристроями передають дані в хмару завдяки низькому споживанню електроенергії. Варіанти використання

Bluetooth: відстеження фізичної активності, засоби сигналізації, пристрої домашньої автоматизації. Через обмеження в охопленні, масштабованості та високе енергоспоживання варіанти використання Wi-Fi – розумний дім, відстеження стану здоров'я, мітки в магазинах. Глобальні мережі з низьким енергоспоживанням (LPWAN) – це новий набір бездротових протоколів, які можуть буквально з'єднувати всі типи датчиків IoT і сприяти створенню численних програм, спеціально створених для підтримки широкомасштабних проектів IoT. У порівнянні зі стільниковими мережами LPWAN є економічно ефективним і довгостроковим рішенням з обмеженою пропускною здатністю. Основною проблемою для ліцензованої LPWAN є енергоспоживання. З точки зору діапазону, можливості Sigfox порівняні з Wi-Fi і стільниковим зв'язком. Sigfox не потребує отримання ліцензій через діапазони частот ISM, які вони використовують (промислові, наукові та медичні). Варіанти використання Sigfox: розумні будівлі та міста: моніторинг водопостачання, моніторинг використання ресурсів, моніторинг віддалених активів. Розроблений для великих мереж, LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) має покриття до 15 км. Завдяки функції розширеного діапазону LoRaWAN є чудовим рішенням для промислових установок, що підтримує мільйони пристроїв. Низьке енергоспоживання LoRaWAN добре підходить для пристроїв IoT з батарейним живленням, підтримуючи їх протягом 10 років. Меш-протоколи є надійними та популярними рішеннями для використання в будівлях і на вулицях, як-от інтелектуальна автоматизація будівель (розумне освітлення, HVAC – *Heating, Ventilation, & Air Conditioning* операції, безпека та керування енергією тощо), вуличне освітлення.

Однак не існує універсального рішення, яке б залишалося економічно життєздатним для всіх розумних підприємств; кожен варіант використання визначає критерії для вибору мережі IoT: пропускна здатність, діапазон, енергоспоживання. Таким чином, розуміння особливостей варіанту використання та визначення вимог до проекту IoT на кожному етапі розробки допоможе прийняти рішення щодо вибору мережевого протоколу IoT, який найкраще підходить для конкретного проекту.

Список використаних джерел:

1. Improvement in Wireless Sensor Networks: From Technology Integration to Network Management / Volodimir Karnaushenko, Evhen Horbenko, Maria Piataikina// Information Systems and Technology (IST-2023), November 28-December 01, 2023, Kharkiv, Ukraine.2023.

2. «Прилади та пристрої інтегральної електроніки». Частина 2 Навчальний посібник для студентів ЗВО. / Упоряд.: Бондаренко І.М., Бородін О.В., Васильєв Ю.С., Карнаушенко В.П. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 223 с

ПРОГРЕС МІНІАТЮРИЗАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ HDI ТЕСН

Головко В.Д.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна

e-mail: vasilios.holovko@nure.ua

High Density Interconnection (HDI) PCB technology has been a major driver of progress in the electronics industry, providing the dense interconnections and complex circuitry required to push the limits of miniaturization and functionality. From consumer wearables to industrial, military, and aerospace systems, HDI PCB technology has enabled advanced heterogeneous 2.5D and 3D component packages that drive many of the smaller, faster, and more functional devices we use today.

Технологія друкованих плат високої щільності з'єднання (HDI PCB) стала головним чинником прогресу в електронній промисловості, забезпечуючи щільні взаємозв'язки та складні схеми, необхідні для розширення меж мініатюризації та функціональності. Від споживчих пристроїв, що носяться, до промислових, військових і аерокосмічних систем, технологія HDI PCB дозволила використовувати просунуті гетерогенні 2,5D і 3D корпуси компонентів, які керують багатьма меншими, швидшими та більш функціональними пристроями, якими ми користуємося сьогодні.

Однак виробництво та монтаж друкованих плат HDI пов'язані з унікальними проблемами. Досягнення складних високоточних провідних структур і трас, які функціонують надійно та ефективно, потребує спеціалізованих виробничих можливостей, особливо коли кількість шарів друкованої плати більше 10 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Приклад технології HDI в сучасному смартфоні

Для виготовлення таких плат використовується модифікований напівадитивний процес (mSAP) як альтернатив субтрактивному травленню для формування структури з'єднань. Цей підхід надає кращу геометрію візерунка, що дозволяє створити більш тонкі шари міді та менші відстані між провідниками до 0,075 мм.

Рекомендації та стандарти HDI. Існують чотири стандарти IPC, що стосуються друкованих плат, які спільно містять вказівки щодо проектування та виробництва друкованих плат HDI. Дотримання цих вказівок і стандартів дає багато переваг, від покращення ефективності та контролю процесів до підвищення якості продукції та задоволеності клієнтів:

- IPC-2315, який називається HDI Design Guideline, містить рекомендації щодо проектування друкованих плат HDI;
- IPC-2226 служить розширенням загальних вказівок щодо проектування друкованих плат (IPC-2221) і надає поглиблені стандарти та вказівки щодо проектування друкованих плат HDI;
- IPC-4104 визначає набори матеріалів, які підходять для друкованих плат HDI, охоплюючи різні провідні та діелектричні матеріали, які можна використовувати;
- IPC-6016 є ще одним стандартом кваліфікації дизайну для друкованих плат HDI.

Розробка друкованих плат HDI вимагає ретельного розгляду кількох факторів для забезпечення оптимальної продуктивності, функціональності та надійності:

- Ретельне планування компоновки та розміщення компонентів. Таким чином максимально використовується обмежена площа плати, одночасно запобігаючи перешкодам сигналу. Це включає вибір правильних типів пакетів і стратегічне розташування критичних компонентів;
- Мінімальна ширина доріжки та зазор. Плати HDI зазвичай мають ширину доріжок і простору в діапазоні 0,05мм або менше;
- Контроль імпедансу, оскільки схеми HDI часто обробляють високошвидкісні сигнали. Належне узгодження імпедансу та контрольована геометрія траси мають вирішальне значення для мінімізації завад і втрат сигналу;
- Аналіз температурного режиму через вищу щільність компонентів, потужність та швидкодію. Ефективні заходи для розсіювання тепла, включаючи використання теплових отворів і мідних полігонів, необхідні для запобігання перегріву та забезпечення довгострокової надійності;
- Характеристики матеріалу такі, як діелектрична проникність, теплові властивості та механічна міцність. Усі матеріали, які використовуються для виготовлення та складання друкованої плати HDI, можуть значно вплинути на продуктивність та надійність плати, особливо вибір матеріалу основи;

– Оптимізація кількості шарів. Плати з більшою кількістю шарів вимагають більше етапів складання та збільшують витрати на виробництво.

Плати HDI використовують декілька типів переходів для вертикальних електричних з'єднань. Вибирайте типи та розташування з розумом. Кожен служить унікальній меті та впливає на щільність маршрутизації та цілісність сигналу:

– Наскрізні отвори (THV) проходять по всій товщині плати, забезпечуючи електричне з'єднання між верхнім і нижнім шарами. THV добре підходять для більшості застосувань, включаючи конструкції високої потужності. Їм також краще використовувати великі компоненти з контактними висновками, наприклад з'єднувачі, де механічна міцність і надійність мають першорядне значення;

– Сліпі отвори з'єднують зовнішній шар з одним або декількома внутрішніми шарами, не перетинаючи всю друковану плату. Вони виготовляються за допомогою механічного або лазерного свердління в залежності від діаметра отвору;

– Поховані отвори з'єднують внутрішні шари, не виходячи на поверхню дошки. Вони також виготовляються за допомогою механічного або лазерного свердління в залежності від діаметра отвору;

– Мікро отвори використовуються в дуже щільних платах з високим шаром. Вони мають діаметр менше 0,1мм і повинні бути створені лазером;

– Перехідний отвір розміщується безпосередньо під контактними площадками компонентів для поверхневого монтажу, замість прокладання траси навколо контакту. Перехідний отвір потребує заповнення та закриття, щоб запобігти просочуванню припою до іншого шару друкованої плати.

Якщо зменшити кількість шарів шляхом заміни наскрізних отворів на глухі та мікро отвори, можна досягти меншого розміру друкованої плати та уникнути будь-яких проблем через використання сліпих отворів.

Це лише три сценарії, коли передова технологія друкованої плати може бути економічно ефективною для дизайну друкованих плат.

Список використаних джерел:

1. Головні тенденції у виробництві електроніки. Васильєв Ю.С., Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П., Пятайкина М.І. Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2022. – Харків, ХНУРЕ, 2022. – 178.

2. Перехід до промисловості 4.0 з прогнозованими рішеннями для обслуговування Карнаушенко В., Васильєв Ю., Горбенко Є., Пятайкина М. IV CISP Conference “Scientific researches and methods of their carrying out: World experience and domestic realities”. – №20 – pp.97-101

СТАНДАРТИЗАЦІЯ РОЗ'ЄМІВ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Борозняк Д.С.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна
e-mail: denys.borozniak@nure.ua

Electric vehicle (EV) charging connectors are standardized and continue to change. On the one hand, connectors for charging electric vehicles are standardized based on the limitations of modern technologies, there are standards in the main regional markets. But current charging technologies have limited capacity, prompting a request to change the status of connector standardization for electric vehicle chargers, and liquid-cooled connectors are being considered for higher-capacity, faster-charging technologies.

Поточні технології зарядки електромобілів (EV) мають обмежену потужність, що визначає запит на зміну статусу стандартизації роз'ємів для зарядних пристроїв електромобілів, а також розглядаються роз'єми з рідинним охолодженням для технологій більшої потужності та швидшої зарядки. Роз'єми для зарядки стандартизовані і також продовжують змінюються.

З одного боку, роз'єми для зарядки електромобілів стандартизовані на основі обмежень сучасних технологій. Існують стандарти на основних регіональних ринках, включаючи Північну Америку, Японію, Європейський Союз і Китай. Стандарти роз'ємів для зарядки електромобілів наразі дещо звужуються. Але, станом на зараз досі існують багато різновидів роз'ємів не враховуючі особливих типів Tesla. Сучасні швидкісні зарядні пристрої постійного струму використовують живлення від мережі 480 В для швидкої зарядки. Очікується, що рівень вхідної напруги зросте в майбутньому, коли з'являться технології і компоненти силової електроніки більшої потужності. У Північній Америці роз'єм типу 1 поєднує типовий вид і додає два контакти для високошвидкісної зарядки. У Європі теж є деякі варіації для швидкої зарядки. Асоціація CharIN (Charging Interface Initiative) почала свою діяльність з метою створення глобального стандарту для швидкої зарядки електромобілів від постійного струму.

З'єднувачі та роз'єми рідинного охолодження. Надзвичайно швидка зарядка постійним струмом (XFC) – це нова технологія для швидкої зарядки електромобілів потужністю 350 кВт або більше. Швидкі зарядні пристрої постійного струму потребують більших провідників, щоб мінімізувати втрати на виділення тепла. Рідинне охолодження все частіше пропонується як рішення для досягнення вищої продуктивності та скорочення часу заряджання, обіцяного технологією XFC. Кабелі з рідинним охолодженням дозволяють меншим провідникам витримувати струм 500 А та зменшують

вагу кабелю приблизно на 40%. Кабелі меншого діаметру можна використовувати в існуючих системах роз'ємів CCS, рис 1. Крім того, з легшими кабелями легше поводитися, що сприяє безпечній і надійній роботі під час використання електромобілів і легких вантажівок.

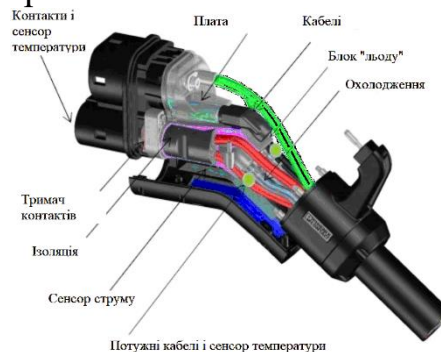


Рисунок 1 – Приклад роз'єму з рідинним охолодженням

Технологія заряджання високої потужності в поєднанні з рідинним охолодженням підтримує час заряджання, який можна порівняти з часом заправки бензобака звичайного автомобіля або вантажівки. Запропоновані конструкції можуть забезпечити потужність до 500 кВт. Потужні зарядні станції XFC, що використовують роз'єми з рідинним охолодженням, які відповідають стандарту CCS, також будуть зворотно сумісні з електромобілями, які не підтримують технологію XFC.

Системи зарядки транспортних засобів середньої та великої вантажопідйомності (MHDV) все частіше зосереджено на зарядних шинах постійного струму і містить загальні фізичні, електричні, функціональні вимоги, вимоги до тестування та продуктивності для підключення до транспортних засобів за допомогою провідних автоматичних зарядних пристроїв. Стандарт визначає провідний метод передачі енергії, включаючи інтерфейс електричного контакту на борту, інтерфейс підключення транспортного засобу, електричні характеристики джерела постійного струму та систему зв'язку. Сучасні конструкції часто засновані на мережі 480 В. Зарядні пристрої наступного покоління розробляються для роботи від мережі 1200 В і забезпечують понад 1 МВт потужності.

Короткочасне заряджання для MHDV дозволяє транспортним засобам мати менший і дешевший акумулятор для підтримки заданого діапазону руху, а також може підтримувати більший термін служби батареї за рахунок меншої глибини розряду, що подовжує термін служби акумуляторів.

Список використаних джерел:

1. FPGA Nano Structures for Vehicle Electronics. Volodimir Karnaushenko. XII International Scientific Conference "Functional Basis of Nanoelectronics". September 9 - 13, 2021, Odesa, Ukraine
2. Інформаційні технології в транспортних додатках. Горбенко Є.О., Васильєв Ю.С., Карнаушенко В.П., Пятайкіна М.І. Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2022. – Харків, ХНУРЕ, 2022. – 178 с.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ЛАНЦЮГА ПОСТАВОК КОМПОНЕНТІВ

Даценко І.Р.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна
e-mail: ihor.datsenko1@nure.ua

For end manufacturers of electronic systems, the ability to control supply chains is very sensitive. With this in mind, many are considering the use of ASICs (special integrated circuits). One of the obvious advantages of ASICs is that they allow combining several existing blocks into one crystal and, taking into account the system architecture, reduce the number of passive components needed to complete the system.

Для кінцевих виробників електронних систем дуже чутлива можливість контролю за ланцюгами поставок. З цієї точки зору багато з них розглядає можливість використання ASIC (спеціальних інтегральних схем).

Одна з очевидних переваг ASIC полягає в тому, що вони дають змогу об'єднати кілька існуючих блоків в один кристал і, зважаючи на архітектуру системи, зменшити кількість пасивних компонентів, необхідних для завершення системи. Окрім зменшення номенклатури матеріалів, впровадження ASIC також може призвести до зниження вартості та спрощення монтажу друкованої плати. Наприклад, інтеграція може зменшити потребу у використанні з'єднань високої щільності на друкованій платі.

Існують інші, довгострокові переваги прийняття ASIC для основних частин кінцевого продукту. З головних – більш ширша палітра компонентів, що можна використати для зміни дизайну продукції.

Будь-яка ASIC, створена для захисту від проблем економічного ланцюга поставок, має скорочений цикл розробки. Підтримка енергонезалежної пам'яті, кількість логічних вентилів, вимоги до пам'яті, рівні напруги, доступність IP-ядер та вартість – усе це впливає на вибір процесу та функції, що інтегровані в ASIC.

Інколи функціональність вимагає більш складного процесу, наприклад, спеціальна ASIC для автомобільної системи, яка потребує багатоядерного процесорного комплекту, який є в високоякісних програмованих SoC, таких як AMD Versal. Ці SoC виготовлені за сучасним 7-нм технологічним процесом і поєднують у собі кілька високопродуктивних ядер Arm разом із програмованою вентилятною матрицею (FPGA) і високошвидкісними послідовними інтерфейсами. Такі ВІС ідеально підходять для створення прототипів і мало серійного виробництва на базі FPGA.

Після перетворення на ASIC схеми FPGA зазвичай можуть бути ефективно реалізовані на процесах за значно нижчої вартості. Рішення

полягає в тому, щоб вибрати стандартний продукт, який включає процесорні ядра та високошвидкісні послідовні інтерфейси, а потім використовувати PCIe для підключення до супутнього ASIC, який інтегрує захищену логічну схему FPGA та будь-які функції, яких немає в стандартному процесорному продукті.

Такий підхід дійсно зменшує потужність і витрати. Але це також повертає систему до потенційної залежності від однієї компанії/продукту і, отже, вразливої до тих самих проблем із доступністю продукції.

Щоб відокремити ASIC (і систему) від цього єдиного продукту, важливо мати декілька варіантів і, якщо необхідно, дублювати будь-які функції в ASIC. У наведеному вище прикладі автомобільної ASIC були додані додаткові інтерфейси I2C і CAN, щоб імітувати ті, які керували початковим вибором стандартного процесора.

Розмірковуючи про довгострокові можливості для інших компонентів системи під час розробки ASIC, можна також пом'якшити проблеми з їх постачанням. Інші компоненти з необхідною специфікацією мають кількох постачальників чи лише одного? Як можна інтегрувати альтернативи цим, не впливаючи на систему чи ASIC, як вони розроблені?

Сучасне середовище постачання часто означає, що єдине джерело використовується для всіх, крім найпростіших компонентів, необхідних у системі. ASIC забезпечують певну гнучкість, яка була б неможливою зі стандартними деталями. Але є проблеми глобального характеру, такі, як COVID, або глобальні конфлікти. У цьому випадку можна зберігати ASIC, як пластини або матриці, що значно дешевше, ніж зберігання упакованих та повністю протестованих мікросхем на складі.

Така пластина або матриця може забезпечити достатню кількість пристроїв на один або два роки. Це забезпечує стійкість виробництва у разі тимчасових збоїв. Запас доступний, коли це необхідно, і збережено час для перенесення дизайну на альтернативну фабрику.

Кінцевим елементом виробництва ASIC є OSAT (складання та тестування на сторонніх підприємствах). Більші постачальники OSAT мають кілька місць розташування, що дає змогу мати виграш у пакуванні та тестових операціях (ці кроки зазвичай виконуються ближче до остаточної доставки ASIC).

Список використаних джерел:

1. «Сучасна компонентна база електронних систем»: Навчальний посібник для студентів ЗВО. Бондаренко І.М., Бородін О.В, Карнаушенко В.П. – Харків: ХНУРЕ. – 2020. – 241с.

Виклики п'ятої індустріальної революції / Пятайкина М.І., Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П., Васильєв Ю.С. // Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2023. – Харків, ХНУРЕ, 2023.

ТРАНСФОРМАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Семенченко Г. Е.

Науковий керівник – ст. викл. каф МЕЕПП Карнаушенко В.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,

м. Харків, Україна

e-mail: heorhii.semenchenko@nure.ua

Electric vehicle (EV) charging connectors are standardized and continue to change. On the one hand, connectors for charging electric vehicles are standardized based on the limitations of modern technologies, there are standards in the main regional markets. But current charging technologies have limited capacity, prompting a request to change the status of connector standardization for electric vehicle chargers, and liquid-cooled connectors are being considered for higher-capacity, faster-charging technologies.

У сфері традиційних методів віртуалізації, таких як мережеві адаптери, віртуальні машини зазвичай розроблені для імітації присутності фізичних карт мережевого інтерфейсу. Однак ці віртуальні мережеві карти насправді є продуктами програмного забезпечення віртуалізації та не мають справжнього апаратного представлення. Ця модель призводить до споживання значних ресурсів процесора на хост-машині для обробки трафіку на віртуальних мережевих інтерфейсах, що зрештою призводить до збільшення навантаження на хост-сервер і, як наслідок, до збільшення затримки зв'язку між віртуальними машинами.

Однокоренева віртуалізація вводу-виводу (SR-IOV) — це стандартна архітектура експрес-з'єднання периферійних компонентів (PCIe), яка визначає розширення специфікацій PCIe, щоб дозволити кільком логічним розділам, що працюють одночасно в системі, спільно використовувати пристрої PCIe. Архітектура визначає віртуальні копії функцій PCI, відомих як віртуальні функції (VF). Логічний розділ може підключатися безпосередньо до адаптера без використання віртуального посередника, такого як гіпервізор або сервер віртуального вводу/виводу. Ця здатність забезпечує низьку затримку та низьку альтернативу використання ЦП.

Оскільки сучасні транспортні засоби все більше покладаються на функції електронного керування та програмно-визначених функцій, типова доменна електрична архітектура, яка виділяє блок керування для кожного, поступається місцем зональному підходу. Доменний підхід, який групує функції за доменами, як-от трансмісія, шасі та інформаційно-розважальна система, сприяв швидкому збільшенню кількості ECU на борту автомобіля, а також підвищенню складності проводки. Зональний підхід, коли ECU класифікується відповідно до їх розташування в транспортному засобі, містить централізований комунікаційний шлюз і обчислювальний модуль, розмір якого відповідає робочим навантаженням від кількох ECU в

автомобілі. Це дає можливість зменшити кількість ECU та спростити електропроводку, дозволяючи заощадити місце та зменшити вагу автомобіля (Рисунок).

Крім того, у міру того, як транспортні засоби стають складнішими з появою розширених функцій і зв'язків, архітектури на основі зон можна легше масштабувати, додаючи або змінюючи зони. Додаткові переваги включають потенціал для полегшення системної інтеграції шляхом групування пов'язаних функцій і компонентів разом, що зменшує складність під час розробки, а також можливість покращити ізоляцію несправностей і підвищити безпеку та безпеку шляхом розділення функцій на зони.

Під час переходу до зонної архітектури, щоб отримати економію та покращення, важливо зберегти деякі атрибути, які були присутні в попередніх підходах, наприклад доменну архітектуру. Деякі критичні функції, як-от критичні для безпеки системи (наприклад, ABS, подушки безпеки), мають переваги в межах своїх доменів і можуть дозволити покращити безпеку за рахунок зменшення ризику перешкод від інших некритичних функцій.

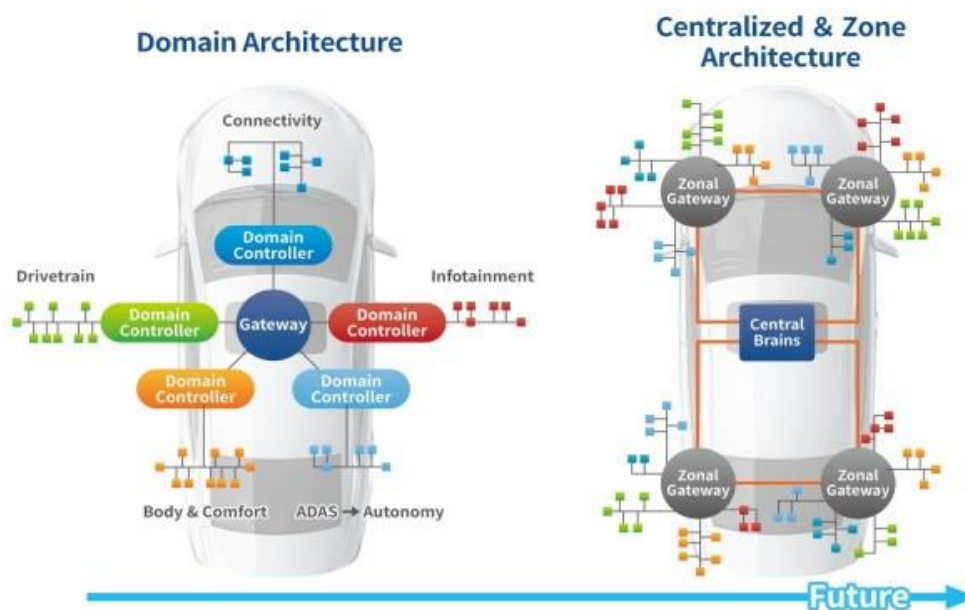


Рисунок – Приклад зонної та централізованої архітектури ТЗ

Варто також зазначити, що доменні архітектури дозволяють створювати спеціалізовані групи розробників для кожного домену (наприклад, трансмісія, інформаційно-розважальна система). Ці команди можуть зосередитися на оптимізації своїх конкретних функцій, що призведе до потенційно вищої продуктивності та ефективності у відповідних областях.

Очікується, що впровадження зональної архітектури прискорить

тенденцію до програмно-визначених транспортних засобів, оскільки зональні шлюзи та центральний обчислювальний кластер можна легко оновити за допомогою програмного забезпечення для покращення функціональності або додавання нових функцій. Крім того, зональний шлюз полегшує інтеграцію потужних периферійних обчислень, щоб гарантувати, що транспортний засіб справлятиметься з критичними подіями, які потребують швидкої реакції.

У зонній архітектурі віртуальні машини можуть відігравати вирішальну роль, пропонуючи ізоляцію, контроль ресурсів, гнучкість і безпеку. Вони є цінним інструментом для проектування та керування складними системами з кількома функціональними зонами.

Ізоляція досягається шляхом запуску кожної функціональної зони на окремій віртуальній машині. Таким чином, будь-яка зона, яка зазнає збою або порушення безпеки, з меншою ймовірністю вплине на інші зони, що підвищує загальну надійність і безпеку системи. Крім того, віртуальні машини дозволяють точно розподіляти обчислювальні ресурси, такі як цикли процесора, оперативна пам'ять і пам'ять, для кожної зони. Це дозволяє критичним зонам отримувати необхідні ресурси, у той час як колізії, які можуть призвести до проблем з продуктивністю, нівелюються.

Крім того, використання віртуальних машин дозволяє розділити програмні стеки для різних зон, дозволяючи кожній віртуальній машині мати власну операційну систему та програмні залежності. Проблеми сумісності та конфлікти між зонами можна зменшити.

Також, можна налаштувати політики безпеки та засоби контролю доступу, щоб дозволити детальне керування безпекою в кожній зоні та, таким чином, посилити захист конфіденційних даних і функцій.

Під час розробки інженери можуть працювати над окремими зонами в окремих віртуальних машинах, дозволяючи ізольоване тестування та налаштування. Це мінімізує ризик того, що зміни в одній зоні вплинуть на інші. з іншого боку, віртуальні машини можна легко скопіювати або масштабувати відповідно до мінливих вимог у певній зоні.

В автомобільній електричній інфраструктурі різні функції та компоненти працюють на різних віртуальних машинах, щоб ізолювати їхні стеки програмного забезпечення. Ці віртуальні машини використовуються для виконання певних завдань, таких як керування силовим агрегатом, інформаційно-розважальні системи або вдосконалені системи допомоги водієві. У цьому випадку віртуалізація вводу-виводу є ефективною технікою, яка дозволяє віртуальним машинам ефективно та безпечно взаємодіяти з фізичними пристроями вводу-виводу, такими як датчики, виконавчі механізми та накопичувачі.

Технологія віртуалізації надає кілька переваг, що включає підвищену надійність і безпеку системи, забезпечуючи міцну ізоляцію між віртуальними функціями та фізичним пристроєм для запобігання

конфліктам, гарантуючи, що кожна віртуальна машина може отримати доступ до необхідного обладнання без спотворень. Крім того, надаючи стандартизовану структуру для конфігурації та моніторингу віртуалізованих пристроїв вводу-виводу, та може спростити керування ресурсами вводу-виводу. Отже, кілька віртуальних машин або контролерів можуть спільно використовувати один фізичний пристрій введення-виведення, забезпечуючи таким чином ефективне використання ресурсів, що зменшує кількість необхідних виділених апаратних компонентів. Це може бути особливо цінним в автомобільних середовищах з обмеженим простором. У додатках, де потрібна обробка даних від датчиків і виконавчих механізмів у режимі реального часу, віртуальні машини за допомогою віртуалізації вводу/виводу можуть отримувати прямий і ефективний доступ до апаратних інтерфейсів, зменшуючи затримку та накладні витрати. Оскільки все більше і більше транспортних засобів покладаються на передові системи допомоги водієві і автономне водіння, для підвищення безпеки віртуалізація ефективна для забезпечення своєчасного реагування на критичні події.

У міру того, як галузь рухається до зональних автомобільних архітектур, шукаючи підвищення ефективності та економію опису матеріалів, поєднання віртуальних машин із віртуалізацією вводу-виводу забезпечує ефективні, масштабовані та надійні системи. Віртуальні машини допомагають розділити функції, тоді як віртуалізація вводу-виводу дозволяє віртуальним машинам взаємодіяти з фізичними пристроями вводу-виводу, забезпечуючи ізоляцію, продуктивність у реальному часі та безпеку.

Зростання потреб у передачі даних і обчисленнях в автомобільних системах сприяє трансформаційним змінам в архітектурі автомобіля. Оскільки транспортні засоби стають все більш залежними від електронного керування та програмного забезпечення, спостерігається різке зростання попиту на контролери та проблема керування складністю та об'ємом електропроводки.

Список використаних джерел:

1. Інформаційні технології в транспортних додатках. *Горбенко Є.О., Васильєв Ю.С., Карнаушенко В.П., Пятайкіна М.І.* Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2022. – Харків, ХНУРЕ, 2022. – 178 с..
2. FPGA Nano Structures for Vehicle Electronics. Volodimir Karnaushenko. XII International Scientific Conference “Functional Basis of Nanoelectronics”. September 9 - 13, 2021, Odesa, Ukraine
3. Головні тенденції у виробництві електроніки. *Васильєв Ю.С., Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П., Пятайкіна М.І.* Збірник матеріалів IV форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2022. – Харків, ХНУРЕ, 2022. – 178.

МУЛЬТИМЕДІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Щербина О. А.

Науковий керівник – к.ф.-м.н, доц. каф. МЕЕПП Свідерська Л. І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна
e-mail: oleh.shcherbyna@nure.ua

The work is devoted to study software tools that allow create multimedia educational systems, the most attractive of which is Camtasia Recorder and Sony Vegas Pro. The paper is concerned with functionality and capabilities of them. In detail describes the methodology example for creating multimedia educational systems and analyzes problems associated with this.

З розвитком технологій в області програмування, досліджень і штучного інтелекту, комп'ютер стає не тільки помічником у людській праці, але й починає виконувати певні функції викладача. Це стало можливо завдяки автоматизованим навчальним системам, здатним викладати навчальний матеріал, розробляти тестування і надавати рекомендації щодо вибору навчально-методичної літератури. Комп'ютерні засоби навчання значно збільшують ефективність учбово-дослідницької діяльності за рахунок використання можливостей комп'ютерного викладання інформації. Особливу роль відіграють мультимедійні навчальні системи.

Основна мета мультимедійних навчальних систем – це донести інформацію, та навчити здобувача освіти користуватися програмами, які полегшують роботу зі складними мікроелектронними компонентами.

Про мультимедійні навчальні системи можна впевнено сказати наступне: вони дозволяють гармонічно поєднати лекції, демонстрації навчального матеріалу, розробити практикум. Проте мультимедійні навчальні системи вимагають певної апаратної підтримки й обсягу пам'яті, що обмежує область їх застосування.

Метою цієї роботи є пошук та подальше використання таких мультимедійних систем, які б мінімізували обмеження. На підставі цих систем був створений мультимедійний ролик для вивчення програми Mathcad. Актуальність обраної теми полягає в тому, що розробка мультимедійних систем дозволяє зробити значно доступнішим вивчення дисциплін пов'язаних з пакетами прикладних програм як у дистанційному форматі, так і в аудиторному режимі або в індивідуальній формі.

Дослідивши певні програми для запису відео з екрану і програми для розробки анімаційних роликів за обраним напрямом, були обрані програми Camtasia Recorder та SonyVegasPro. Їх функціонал може надати всі необхідні засоби для розробки навчальних систем.

Camtasia Recorder – програма використовується для запису відеодемонстрацій, дозволяє захоплювати зображення з екрану з паралельним накладанням звуку. Далі програма переводить отриману інформацію в зручний цифровий формат, який стискається й проходить підготовку для використання та перегляду. Отриманий запис є найбільш оптимальним, у зв'язку з тим, що формат (*.AVI) ролик достатньо розповсюджений і його використання є безпроблемним на будь яких операційних системах. Отриманий запис може бути стиснутий до оптимального розміру без втрати якості зображення та звуку.

Sony Vegas Pro – відеоредактор професійного рівня. Він дозволяє обробляти контент в мультитрековому режимі, створювати кліпи і повнометражні фільми в реальному часі, накладати інтегровані спецефекти і додавати унікальний музичний супровід.

Ця програма пропонує необмежену кількість відео- та аудіо-доріжок, розвинені інструменти для обробки звуку, підтримку багатоканального введення-виведення в режимі повного дуплексу (для виведення сигналу можна задіяти 26 фізичних виходів з незалежною шиною мікшування на кожному). Усі відеоуроки, які створюються у програмі Sony Vegas Pro, проходять з записуванням звуку у Audacity, тому файли скомпресовані та займають мало місця у Мб. Запис навчальних роликів здійснюється за допомогою програми для захоплення зображень з області екрану монітора – Bandicam.

Для демонстрації розробки відеоуроку в програмі Sony Vegas Pro в доповіді буде наведений навчальний відеоролик для вивчення пакету Mathcad, який створювався за таким принципом: після запису відеопроцесу роботи у програмі, файли будуть імпортовані у Sony Vegas, після цього буде запис звуку та стиснення файлу звуку та його налаштування у програмі Audacity. Після запису аудіофайлів вони також будуть імпортовані у Sony Vegas, після цього усі аудіофайли потрібно розставити за лінією часу щоб кожен звук відповідав моменту який він описує. Коли матеріал записано – експортуємо відео у форматі *.AVI та налаштуємо стискання та формат звуку.

В результаті проведеного дослідження різноманітного програмного забезпечення були обрані Camtasia Recorder та Sony Vegas Pro. Ці програми дозволяють в оптимальних умовах створювати навчальні мультимедійні системи. У якості прикладу їх застосування був розроблений мультимедійний відеоролик дозволяючий ознайомитися з функціоналом програми Mathcad.

Список використаних джерел:

1. VEGAS Pro 21 : вебсайт. URL: <https://www.vegascreativesoftware.com/> (дата звернення: 04.03.2024).
2. Camtasia : вебсайт. URL: <https://www.techsmith.com/video-editor.html> (дата звернення: 04.03.2024).

НАНОТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА ІДЕЙ В STEM-ОСВІТІ

Пятайкіна М.І.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Стрілкова Т.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП,
м. Харків, Україна

E-mail: mariia.piataikina@nure.ua

The theses show the positive influx of the use of nanotechnology within the framework of STEM education into the formation of highly qualified and competitive faculties.

Безперервна модернізація змісту освіти ґрунтується на наукових досягненнях в галузях, які створюють підґрунтя STEM-освіти. Оновлення змісту освіти лежить в основі утворення ключових навичок та вмінь при підготовці висококваліфікованих та конкурентоспроможних фахівців.

Система STEM-освіти була започаткована в США ще в 90-х роках ХХ століття, в Україні ж реалізація концепції такої освіти почалася лише в 2015 році. STEM-освіта – низка чи послідовність курсів або програм навчання, яка готує учнів до подальшого навчання або працевлаштування, яке потребує більш складних навичок. Вона поєднує в собі природничі науки (S – science), технології (T – technology), інженерію (E – engineering) та математику (M – mathematics). STEM -освіта створена на основі особисто-орієнтованого навчання, що базується на практичному застосуванні знань і вмінь, реалізація якого можлива через усі форми освіти (формальна, неформальна, інформальна) [1]. Вкрай важливо почати формувати аналітичне та критичне мислення, творчий підхід до вирішення задач, інформаційну грамотність, навички ефективного використання інформаційних технологій, вміння працювати в команді та інноваційне мислення ще на етапі навчання в закладах середньої освіти.

Чотири революційні науково-технологічні напрямки – нанотехнології, біотехнології, інформаційно-комунікаційні технології та когнітивні науки - утворюють так звану NBIC-конвергенцію. Завдяки конвергенції границі між технологіями практично стираються. Нанотехнологій, які присутні практично в усіх галузях життя (медицина, національної безпека, побут, виробництво тощо) стають практично з'єднуючою ланкою між іншими революційними технологічними напрямками, які виникли за останні 30-40 років [2]. Тому конвергенція нанотехнологій в такі навчальні предмети, як фізика, хімія, біологія, інформатика є доцільною. Метою роботи є розвиток пізнавальної діяльності та мотивація навчання здобувачів середньої освіти до STEM-дисциплін, підвищення інформаційної компетентності, поглиблення знань про фізичні та хімічні явища і процеси.

Останні декілька років спостерігається зниження мотивацій до вивчення STEM-предметів та у виборі професій, суміжних з ними. Це

призвело до скорочення кількості кваліфікованих фахівців. База наукових досягнень в області нанотехнологій може бути підґрунтям для створення занять орієнтованих не тільки на теоретичні, але й на практичні знання. В ході навчання учні знайомляться з нанооб'єктами, їх властивостями, знайомляться з фізичними приладами і вимірювальними інструментами, які застосовуються в науково-дослідних нанолабораторіях [3].

В доповіді представлені змістовні заняття, які присвячені сучасним досягненням в галузі нано- та інформаційних технологій. Заняття побудовані в різних форматах – ділова гра, круглий стіл, віртуальні екскурсії, метод веб-квест технологій, заняття-диспут [1, 4]. Для збільшення зацікавленості заняття поєднують зустрічі з науковцями, відвідання наукових лабораторій, участі в наукових заходах. Обговорюються результати проведеної в лютому 2020 року Другої університетсько-шкільної науково-практичної конференції «Перші кроки в науці – від теорії до практики 2020» на базі факультету Електронної та біомедичної інженерії ХНУРЕ, які показали інтерес учнів до науково-дослідної роботи та створення інноваційних проектів [1]. Залучення школярів до участі в науково-практичних конференціях в рамках STEM-освіти збільшує мотивацію здобувачів до розширення та поглиблення знань, створює середовище для самореалізації та самовираженні [5].

Використання нанотехнологій у STEM-освіті дозволить здобувачам розв'язувати задачі з використанням наукових підходів та сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, розвиває критичне мислення, креативність, впроваджувати інноваційні підходи та технології до вирішення поставлених задач.

Список використаних джерел:

1. Стрілкова Т. Технічна та фізико-математична освіта України на шляху євроінтеграції // Науковий інформаційний журнал «Новий колегіум». 2023. №1(110). С. 24-37.
2. Matyushenko I.Yu. Prospects of development of convergencies in countries of the world and Ukraine for solving global problems: monograph. Kharkiv : Sole Proprietor L.M. Liburkina, 2017. 448 p.
3. Іваній В.С., Мороз І.О., Ткаченко Ю.А. Методичні особливості вивчення нанотехнологій у шкільній фізичній освіті // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технічної освіти. 2016. Вип. 1, Ч.1. – С.62-70.
4. Пятайкіна М.І. Методи навчання студентів спеціальності мікро- та наносистемна техніка // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 27-го Міжнар. молодіж. форуму, 10-12 травня 2023 р. Харків, Т. 1. С. 61-62.
5. Т. О. Стрілкова, «Мотивація студентів до здобуття технічної та фізико-математичної освіти», *Новий колегіум*. 2020. – № 3. – С. 7 – 11.

СЕКЦІЯ 2

Біомедична інженерія

Керівник секції:

Доктор технічних наук,
Завідуючий кафедри Біомедичної інженерії, професор,
Лауреат Державної премії України в галузі освіти
Аврунін Олег Григорович

Координатор секції:

Кандидат технічних наук,
Доцент кафедри Біомедичної інженерії,
Селіванова Каріна Григорівна

Тематичні напрямки:

Біомедичні електронні пристрої, прилади та системи	Biomedical electronic tools, devices and systems
Моделювання, обробка і аналіз медико-біологічної інформації	Modeling, processing and analysis of medical and biological information
Біонанотехнології, біосенсори та міждисциплінарні дослідження у медицині та екології	Bionanotechnologies, biosensors and interdisciplinary research in medicine and ecology
Спортивно-реабілітаційна інженерія та біометрія	Sports rehabilitation engineering and biometrics

УДК 004.04:[57+613.2]

ВИКОРИСТАННЯ ЧАТ БОТІВ ПРИ ПЛАНУВАННІ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

Перун П. М.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Носова Я.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ,
м. Харків, Україна

e-mail: prokhor.perun@nure.ua

In today's fast-paced world, maintaining a healthy diet can often feel like a daunting task. With busy schedules and an abundance of conflicting information about nutrition, many individuals struggle to make informed choices about their food intake. However, with the advancement of technology, new tools are emerging to simplify the process of planning and maintaining a nutritious diet. One such tool is the use of chatbots in the realm of healthy eating. Chatbots, powered by artificial intelligence, offer a convenient and accessible way to access personalized guidance, recipes, and nutritional information. By leveraging the capabilities of chatbots, individuals can overcome barriers to healthy eating and embark on a journey towards improved well-being.

Чат-боти відіграють ключову роль у спрощенні процесу планування здорового харчування та підтримки користувачів у цьому нелегкому завданні. Вони надають доступ до корисних порад, рецептів, інструкцій щодо здорового харчування та можуть служити особистими помічниками в цьому процесі. Однією з ключових переваг використання чат-ботів є їхня здатність надавати індивідуалізовані поради, враховуючи потреби, обмеження та цілі кожного конкретного користувача. Завдяки аналізу даних про харчування, побажань та фізичних характеристик, чат-боти можуть створювати персоналізовані харчові плани, які максимально відповідають потребам кожного користувача.

Використання чат-ботів при плануванні здорового харчування має низку переваг:

- доступність у будь-який час та з будь-якого пристрою з Інтернетом;
- індивідуалізовані поради та рекомендації, які враховують потреби та цілі кожного користувача;
- зручність у веденні журналу харчування та відстеженні прогресу;
- мотиваційний ефект у вигляді регулярних нагадувань та підтримки.

Незважаючи на численні переваги, використання чат-ботів у плануванні здорового харчування також виявляється зустрічається з певними викликами та перешкодами. Один з основних викликів полягає у тому, щоб забезпечити чат-ботам можливість обробки великої кількості інформації і надання користувачам точних та релевантних порад.

Потреба у постійному оновленні: Сфера харчування постійно змінюється, з'являються нові дієти, тренди та наукові відкриття. Чат-боти

повинні постійно оновлюватися та адаптуватися до цих змін, щоб надавати актуальну інформацію.

Проблеми з точністю: На деякі продукти або страви може бути складно надати точні рекомендації через їхню складність або різні способи приготування. Чат-боти повинні вирішувати ці проблеми, щоб забезпечити користувачам якісну підтримку.

Безпека та конфіденційність: Оскільки харчування є особистою та конфіденційною інформацією, важливо забезпечити, щоб дані користувачів були захищені від несанкціонованого доступу.

Отже, чат-боти відіграють важливу роль у плануванні здорового харчування, надаючи користувачам доступ до персоналізованих порад та рецептів, ведення журналу харчування та мотиваційну підтримку. Їхня роль у спрощенні процесу планування та контролю за харчуванням важлива для здорового способу життя та попередження різних захворювань. Однак для досягнення максимальної ефективності та якості обслуговування необхідно продовжувати вдосконалювати технології та алгоритми, а також співпрацювати з фахівцями з харчування.

Отже, було обґрунтовано необхідність створення нових медичних чат-ботів, проаналізовано існуючі платформи, розроблена схема програми чат-боту «Здорове харчування», виконано підбір рецептів здорової їжі та складено декілька варіантів меню в залежності від індексу маси тіла людини. Перспективою роботи є вирішення питання розміщення боту на хостингу та додавання параметрів вікової групи та коефіцієнту активності при розрахунку індексу маси тіла людини.

Список використаних джерел:

1. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики : моногр. / О. Г. Аврунін та ін. Харків, 2018. 236 с.
2. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації : моногр. / за ред. С. Павлова, О. Авруніна. Вінниця, 2019. 260 с.
3. Носова Я. В., Аврунін О. Г., Носова Т. В. Особенности контента при формировании ситуационных задач // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XX Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 21–22 квіт. 2020 р. Одеса, 2020. Ч. 1. С. 147–149.
4. Перепелиця О. М., Носова Т. В. Сегментація кореневого каналу із пломбуєчим матеріалом // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXX Міжнар. наук.-практ. конф, MicroCAD-2022, 19–21 жовт. 2022 р. Харків, 2022. С. 906.

УДК 615.841

**ПРОВЕДЕННЯ ТЕРМОЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО АУДИТУ
СТРУМЕНІВ ДИСТАЦІЙНИХ ГАММА-ТЕРАПЕВТИЧНИХ
АПАРАТІВ У МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДАХ**

Озерський К.Л., Пустовий А.С.,

Науковий керівник – д.т.н., Склярів В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ,
м. Харків, Україна

e-mail: kostiantyn.ozerskyi@nure.ua

The quality assurance of gamma therapy is underpinned by metrological support, which includes organizational and technical measures aimed at achieving the accuracy and uniformity of dosimetric measurements. The calibration check of beams from remote gamma therapy devices is carried out using TLD (Thermoluminescent Dosimeter) detectors - plastic capsules filled with TLD powder, which are mailed to radiological centers for irradiation with a certain dose in a water phantom. Based on the measurements of TLD detector signals, conclusions can be made regarding the accuracy of dose delivery on a specific remote gamma therapy device.

Одним із головних факторів гарантії якості гамма-терапії є метрологічне забезпечення, що охоплює організаційні та технічні заходи, спрямовані на досягнення точності й єдності дозиметричних вимірювань. Для підвищення ефективності променевого лікування та зниження кількості ускладнень необхідно опромінювати мішень у тілі пацієнта з похибкою дози $\pm 5\%$ [1, 2].

Контроль радіаційного виходу терапевтичного апарату, тобто калібрування терапевтичного струменя, що використовується в лікувальному процесі, забезпечується внутрішніми перевірками в самому радіологічному відділенні, а також зовнішніми незалежними перевірками, або аудитами, що проводять національні та міжнародні організації.

Перевірку калібрування струменів апаратів дистанційної гамма-терапії проводять за допомогою ТЛ-детекторів – пластикових капсул, наповнених ТЛ-порошком, які надсилають поштою до радіологічних центрів для опромінення певною дозою у водному фантомі. За результатами вимірювань сигналів ТЛ-детекторів, що були повернені, може дати висновок про забезпечення точності відпускання доз на певному апараті гамма-дистанційної терапії [3].

Учасникам ТЛ-аудиту пропонували опромінити термолюмінесцентні детектори поглинутою дозою 2 Гр у стандартних умовах на терапевтичному апараті із джерелом ^{60}Co за звичайною процедурою у клінічній практиці контрольованого радіологічного відділення [2, 4].

Апробацію етапу ТЛ-аудиту проводили на трьох дистанційних гамма-апаратах у радіологічних відділеннях променевої терапії медичних

закладів України за допомогою термолюмінесцентного порошку (Rexon 100). Для проведення апробації ТЛ-аудиту для радіологічних відділень був сформований комплект ТЛ-детекторів, який складається з трьох пластикових капсул, наповнених порошком LiF:Mg,Ti тип TLD-100. Одна капсула ТЛ-детекторів, що була промаркована білим кольором, не опромінювалась – вона необхідна для урахування радіаційного впливу навколишнього середовища при транспортуванні та зберіганні. Дві капсули ТЛ-детекторів були опромінені у радіологічних відділеннях на контрольованому дистанційному гамма-терапевтичному апараті за стандартними умовами поглинутою дозою у воді 2 Гр

Результати розрахунку відпущеної поглинутої дози та похибки її відпускання при проведенні наведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Результати вимірювання поглинутої дози

Тип апарату	Значення, імпульс		Проміжне значення дози, Гр		Поглинута доза, Гр
	середнього сигналу	середнього сигналу з урахуванням фону (M_i)	$M_i \times N$	$M_i \times N \times f_{ad}$	$M_i \times N \times f_{ad} \times f_{lin}$
Рокус-М	55037,50	54990,50	2,03	2,02	2,03
	53241,25	53194,25	1,96	1,96	1,97
Агат-Р	52085,00	52034,50	1,89	1,89	1,90
	55763,00	55712,50	2,02	2,02	2,03
Рокус-АМ	55468,00	55414,50	1,94	1,94	1,95
	56629,75	56576,25	1,98	1,98	1,99

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку похибки відпускання поглинутої дози

Тип апарату	D_i^* , Гр	D^{**} , Гр	Похибка, %	
			опромінення ТЛ-детектора	точності відпускання дози
Рокус-М	2,03	2,00	-1,445	-0,112
	1,97	2,00	1,669	
Агат-Р	1,90	2,00	5,258	1,992
	2,03	2,00	-1,273	
Рокус-АМ	1,95	1,99	2,425	1,438
	1,99	1,99	0,451	

Примітка: D_i^* - доза, розрахована ініціатором аудиту, Гр;

D^{**} - доза, розрахована в контрольованому медичному закладі, Гр.

Результати вимірювань (див. табл. 1 та 2) свідчать про те, що відхилення вимірної дози від відпущеної на дистанційних гамма-

терапевтичних апаратах в контрольованих медичних закладах перебуває в межах 5 %, що є головною вимогою Міжнародної комісії з радіаційних одиниць та вимірювань при проведенні променевої терапії [1].

При проведенні ТЛ-аудиту було опрацьовано алгоритм розрахунку поглинутої дози у воді, виміряної за допомогою ТЛ-детекторів, опромінених на гамма-терапевтичних апаратах дистанційної променевої терапії. Цей алгоритм планується використовувати при створенні центру ТЛ-аудиту [5].

Аналіз отриманих результатів вимірювань опромінених детекторів:

- центр ТЛ-аудиту повинен проводити висвічування комплекту ТЛ-детекторів не пізніше 3 тижнів з часу їх отримання;

- у центрі ТЛ-аудиту вимірювання ТЛ-сигналу кожного опроміненого детектора проводять на термолюмінесцентній дозиметричній установці PCL-3, після чого розраховують поглинуту дозу і фіксують її у протоколі вимірювань;

- медичні заклади отримують протокол, в якому наведена похибка точності відпущення дози та лист з рекомендаціями про необхідність повторного опромінення, якщо похибка відпущення дози перевищує допустиме значення – 5 %;

- центр ТЛ-аудиту направляє фахівця у медичний заклад для проведення ревізії процедур опромінення детекторів, якщо при повторному опроміненні похибка перевищує 5 %.

- для лабораторії первинного стандарту та Центрів ТЛ-аудиту похибка вимірювання дози не повинна перевищувати 3,5 %.

Список використаних джерел:

1. Kirby T. H., Hanson W. F., Johnston T. Uncertainty analysis of absorbed dose calculations from thermoluminescence dosimeters // Am. Assoc. Med. Phys. Dos. 1992. Vol. 19, № 6. P. 1427–1433.
2. The influence of the IAEA standard holder on dose evaluated from TLD samples / J. Izewska et al. // Phys. Med. Biol. 1996. Vol. 41. P. 465–473.
3. Munis J. L., Delgado A., Gomez Ros J. M., Brosed A. Application of glow curve analysis methods to radiotherapy mailed dosimetry with LiF TLD-100 // Phys. Med. Biol. 1995. Vol. 40. P. 253–268.
4. Nystrom H., Bera P., Nette P. Beams quality dependence of IAEA TLDs irradiated in a standardized geometry Measurement assurance in dosimetry. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1994.
5. Izewska J., Bera P., Vatnitsky S. IAEA/WHO TLD postal dose audit service and high precision measurements for radiotherapy level dosimetry. International Atomic Energy Agency World Health Organization // Radiat. Prot. Dosimetry. 2002. Vol. 101, № 1–4. P. 387–392.

УДК 614.876:551.508.957

**ОЦІНЮВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ EU-152, CS-137 І TH-232 ЗМЕТОЮ
ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД ОПРОМІНЕННЯ**

Пустовий А.С., Озерський К.Л.,

Науковий керівник – д.т.н., Скляр В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ,
м. Харків, Україна

e-mail: andrii.pustovyi@nure.ua

The aim of this paper is to substantiate the approach to the assessment and evaluation of the uncertainty of the reference materials of europium-152 (Eu-152), cesium-137 (Cs-137) and thorium-232 (Th-232) during its production and calibration in accordance with the requirements of international regulatory documents. The uncertainty evaluation of the measurement result of a radioactive reference material with a natural half-life period is correct and reliable, taking into account its homogeneity and stability. Univariate analysis of variance is used as a tool for assessment stability, homogeneity and evaluating uncertainty.

Обґрунтування підходу до оцінки та визначення невизначеності довідкових матеріалів європію-152 (Eu-152), цезію-137 (Cs-137) і торію-232 (Th-232) під час їх виробництва та калібрування відповідно до вимог міжнародних регулюючих документів. Оцінка невизначеності результату вимірювання радіоактивного довідкового матеріалу з природним періодом напіврозпаду є коректною та надійною, враховуючи його однорідність та стабільність. Як інструмент оцінки стабільності, однорідності та визначення невизначеності використовується однофакторний аналіз дисперсії.

Створення довідкових стандартів Eu-152, Cs-137 та Th-232 зумовлене потребою їх застосування під час верифікації законодавчо регульованих вимірювальних приладів, що використовуються для оцінки доз опромінення населення та безперервного контролю параметрів радіаційної безпеки.

Eu-152 використовується для калібрування гама-спектроскопічних установок, які застосовуються для дистанційних вимірювань будівельних матеріалів і продуктів харчування. Державні санітарні норми встановлюють допустимі рівні вмісту радіонуклідів, включаючи Cs-137 (разом зі стронцієм-90), у продуктах харчування та питній воді. Основними джерелами надходження радіонуклідів Cs-137 в навколишнє середовище є підприємства ядерного паливного циклу. Th-232 є найбільш поширеним радіонуклідом, який знаходять у будівельних матеріалах. Th-232 моніторять під час будівництва житлових та промислових конструкцій.

Оцінка однорідності необхідна при калібруванні партії для демонстрації достатньої однорідності між пакунками (зразками) партії [1,2].

Оцінки стабільності виконуються для визначення ступеня нестабільності первинних довідкових матеріалів (ДМ) після їх підготовки

або для підтвердження довгострокової стабільності матеріалу, враховуючи природний період напіврозпаду. Навіть "стабільні" матеріали можуть демонструвати нестабільність одного або декількох значень параметрів [3].

Однорідність між зразками є важливою для забезпечення того, щоб кожен зразок ДМ мав однакові значення для кожної властивості; внутрішня однорідність є важливою, коли матеріал зразка може бути вибраним частинами користувачами матеріалу. Матеріал вважається повністю однорідним за специфічною активністю, якщо немає розбіжностей між значеннями цієї характеристики від однієї частини матеріалу (одного зразка) до іншої. На практиці, матеріал вважається однорідним щодо даної характеристики, якщо розбіжність між значеннями цієї характеристики від однієї частини матеріалу (одного зразка) до іншої є меншою за компонент невизначеності, отриманий, наприклад, в результаті вимірювань.

Оцінки однорідності та стабільності специфічної активності джерел радіонуклідів для спеціальних цілей на частини, з урахуванням вимог DSTU ISO 17034:2020. Загальна кількість досліджуваного матеріалу, гранули, що містять Eu-152, Cs-137 та Th-232, ділиться на 20 окремих порцій, вагою по 50 грамів кожна (75 грамів для Th-232). Для подальших розрахунків ми визначаємо середнє значення кожної з 20 порцій матеріалів.

Дослідження однорідності та стабільності проводилося для активностей, найбільш поширених під час верифікації законодавчо регульованих вимірювальних приладів. Використовувані зразки, що містять Eu-152, Cs-137 та Th-232 мають активність, що не несе загрозу для персоналу при дослідженні зразків, та є безпечною з точки зору навантаження на детектор гамма [4].

Вимірювання активності як загальної кількості матеріалу, так і матеріалу в окремих порціях виконується за допомогою гамма-спектрометричного методу для визначення нуклідного складу та банок Марінеллі відповідної місткості.

Під час подальших розрахунків буде застосовуватися дисперсійний аналіз (ANOVA - Analysis of Variation). Цей аналіз зручний для обробки даних та оцінки компонентів невизначеності, що характеризують однорідність між зразками або міжлабораторне стандартне відхилення. У дисперсійному аналізі ANOVA значущість різниці між середніми активностями в різних групах перевіряється шляхом порівняння дисперсій цих груп.

В результаті поділу загальної дисперсії на кілька джерел можливо порівняти дисперсію, спричинену різницею між групами, з дисперсією, спричиненою варіабельністю в межах груп. При перевірці гіпотези встановлюється факт відсутності різниці між групами. Якщо нульова гіпотеза є правдивою, оцінка дисперсії, пов'язаної з варіабельністю в межах груп, має бути близькою до оцінки дисперсії групи. Якщо вона є хибною, значення значно відрізняються на широкий розрив. [5].

Важливою умовою призначеного використання довідкового стандарту є достатня стабільність його характеристик, щоб кінцевий користувач міг покладатися на призначене значення в будь-який час протягом терміну дії сертифіката довідкового стандарту. Зазвичай важливо враховувати стабільність при умовах тривалого зберігання, під час транспортування та, за можливості, за умов зберігання в лабораторії користувача.

У рамках проведеної роботи матеріал (джерело радіонуклідів спеціального призначення) пройшов дослідження стабільності щодо відтворення вмісту Eu-152. Експериментальні дані, отримані протягом початкового періоду, 30, 60, 90, 120, 150, 330 та 360.

Відповідно до існуючих міжнародних регуляторних документів, буде визначено та проаналізовано однорідність та стабільність джерел ОИСН-1 та КОИСН, вироблено у вигляді гранул, що містять Eu-152, Cs-137 та Th-232. Буде створено основу для подальших досліджень метрологічних характеристик довідкових матеріалів, що використовуються у законодавчо регульованій сфері.

Отримані значення однорідності та стабільності матеріалів довідкового стандарту (Eu-152, Cs-137, Th-232), з яких створюється довідковий матеріал Eu-152, Cs-137 та Th-232, підходять для досліджень з визначення значень активності створеного стандартного зразка як кількість елементарних радіоактивних розпадів в одному грамі Eu-152, Cs-137 та Th-232 з оціненими невизначеностями вимірювань, з урахуванням вимог DSTU-N ISO Guide 35:2018.

Список використаних джерел:

1. ISO GUIDE 35:2017 Reference materials – Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability.
2. International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC G12 Guidelines for the Requirements for the Competence of Reference Materials Producers, ILAC, 2000.
3. Lamberty A., Schimmel H., Pauwels J. The study of the stability of reference materials by isochronous measurements, Fresenius // J. Anal. Chemistry. 1997. 360. P. 359–361.
4. DSP 6.177-2005-09-02. Basic sanitary rules for ensuring radiation safety of Ukraine (In Ukrainian).
5. Sheffe G. Dispersionnyy analiz [Analysis of variance], transl. from Eng. M., 1963. 626 p.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДЕРМАТОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ЗАХВОРЮВАНЬ ШКІРИ

Малихін О.С.

Науковий керівник – к.т.н. доц. Селіванова К.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра
штучного інтелекту, кафедра біомедичної інженерії
м. Харків, Україна

e-mail: oleksandr.malykhin@nure.ua

Nowadays, medicine and related industries are developing at a rapid pace. Medicine is on the threshold of a new era where artificial intelligence (AI) technologies play a key role in diagnosing diseases. Thanks to its ability to quickly analyze big data and identify complex patterns, AI opens up new opportunities for doctors and patients.

У сучасному світі досить швидкими темпами розвивається медицина й суміжні з нею галузі. Медицина стоїть на порозі нової ери, де технології штучного інтелекту (ШІ) відіграють ключову роль в діагностиці захворювань. Завдяки своїй здатності швидко аналізувати великі обсяги даних та виявляти складні закономірності, ШІ відкриває нові можливості для лікарів та пацієнтів. Дерматологія – це галузь медицини, яка займається дослідженням стану шкіри, етіологією та патогенезом захворювань, та ефективними методами лікування. ШІ має потенціал революціонізувати дерматологію, надаючи лікарям нові інструменти для діагностики, лікування та профілактики захворювань шкіри.

Проаналізувавши статистику захворювань у світі за даними ВООЗ, то можна буде побачити, що захворювання шкіри є однією з найпоширеніших проблем зі здоров'ям у світі [1]. У більшості випадків, рання діагностика може запобігти погіршенню стани шкіри та отримання суміжних захворювань шкіри й ускладнень. Традиційні методи діагностики, такі як візуальний огляд, інструментальна діагностика дерматоскопами і аналізаторами шкіри, біопсія хоча і є стандартними, але мають свої обмеження. Візуальний огляд може бути суб'єктивним, особливо при визначенні малих змін або непомітних ознак захворювань. Біопсія, яка вимагає взяття тканини для подальшого аналізу, може бути трудомісткою та інвазійною процедурою.

Впровадження методів ШІ в дерматологію, надає можливість оптимізувати процеси встановлення діагнозу та лікування [2]. Однією з ключових переваг є можливість прискорення процесу діагностики, що спростить роботу медичних спеціалістів та зменшить їхнє навантаження. Алгоритми машинного навчання виявляють паттерни та аномалії на дерматоскопічних зображеннях, що дозволяє отримувати більш точні та

об'єктивні висновки. Важливою складовою застосування ШІ є його здатність аналізувати великі обсяги медичних даних, враховуючи різноманіття захворювань та їхні варіації. Це дозволяє алгоритмам не лише навчатися на різноманітних клінічних випадках, але й виявляти нові патології або рідкісні стани, що може значно покращити спроможність системи виявляти найновіші відомості та тренди. Приклад класифікації зображень захворювань шкіри зображено на рис. 1.

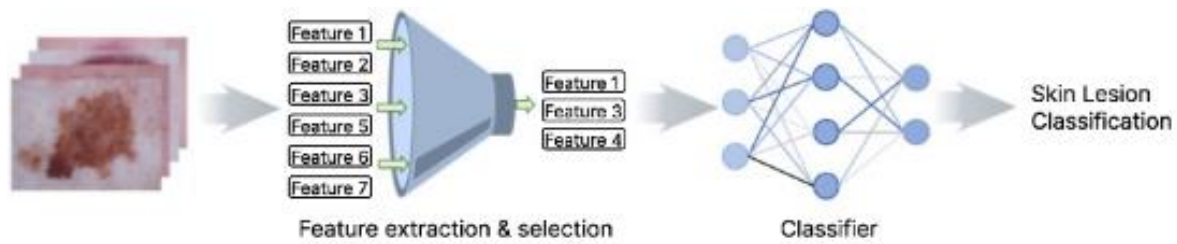


Рисунок 1 – Класифікація зображень захворювань шкіри

Наступним кроком інтеграції ШІ у медицину, можна вважати застосування технології переносу навчання (transfer learning). Вона дозволяє підганяти готові моделі до конкретної задачі. Для цього необхідно видалити декілька останніх шарів, які відповідають за ознаки високого рівня, та які можливо сприймати як класифікатори об'єктів і повністю або частково «заморозити» всі інші шари, які відповідають за ознаки низького рівня та які можливо вважати екстракторами ознак, рис 2.

Таким чином можна отримати адаптовану до задачі модель з невеликими витратами часу та коштів за умови, що попередньо навчена модель виконувала схожу задачу. Це дуже зручно, за умови, якщо обчислювальної потужності не вистачає або в наявності є невеликий датасет. У цьому випадку передбачена модель відіграє роль фіксованого механізму отримання ознак.

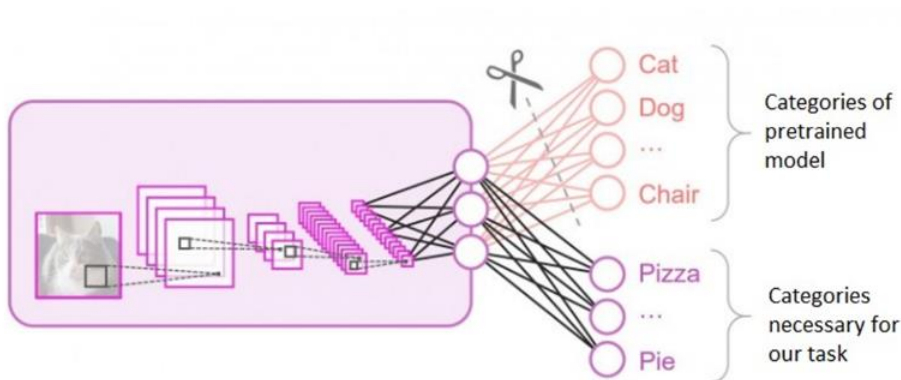


Рисунок 2 – Перенос навчання

Слід зазначити, що ШІ може бути ефективним інструментом для створення телемедичних систем. Це розвиває можливості дистанційних консультацій та діагностики, що особливо корисно у віддалених або важкодоступних регіонах, де доступ до медичних послуг може бути обмеженим [3].

У підсумку, інтеграція ШІ в діагностику захворювань шкіри обіцяє покращення якості медичної допомоги, підвищення точності діагностики, зниження трудового навантаження на медичних фахівців та підвищення доступності медичних послуг для різних категорій пацієнтів [4-5].

Список використаних джерел:

1. Kavita A., Thakur J. S., Narang Tarun. The burden of skin diseases in India: Global Burden of Disease Study 2017. URL: <https://ijdvl.com/the-burden-of-skin-diseases-in-india-global-burden-of-disease-study-2017/> (дата звернення: 23.02.2024).

2. Du-Harpur X., Watt F. M., Luscombe N. M., Lynch. M. D. What is AI? // Applications of artificial intelligence to dermatology URL: <https://academic.oup.com/bjd/article/183/3/423/6748151?login=false> (дата звернення: 23.02.2024).

3. Місоченко С. Ю. Дослідження використання вірогіднісних методів у сфері обробки біомедичних зображень / С. Ю. Місоченко, К. Г. Селіванова, О. Г. Аврунін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. XXX Міжнар. наук.-практ. конф. (MicroCAD-2022), 19-21 жовтня 2022 р. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – С. 902.

4. Selivanova K. G., Trubitsin A. A., Avrunin O. G. Development of a comprehensive method for the dermatoscopic images analysis of the facial skin with acne // *Biophysical Bulletin*. 2022. No (46). P. 34-45. <https://doi.org/10.26565/2075-3810-2021-46-03>.

5. Черкасова Є. О. Програмний модуль аналізу дерматоскопічних зображень шкіри обличчя людини з акне / Є. О. Черкасова, К. Г. Селіванова // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : зб. матеріалів XXIV Міжнар. молодіжного форуму*. – Харків : ХНУРЕ, 2020. Т. 1. С. 137-138.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ СТРЕСОВОГО СТАНУ ЛЮДИНИ У ВОЄННИЙ ЧАС

Коноваленко Д.О.¹

Науковий керівник – к.т.н. доцент Селіванова К.Г.²

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра штучного інтелекту¹, кафедра біомедичної інженерії² м. Харків, Україна
e-mail: dmytro.konovalenko@nure.ua

During military conflicts, computer games can play an important role in alleviating stress among civilians. Civilians experiencing military conflict can use computer games to distract themselves from stressful situations and find moments of relaxation.

Під час довготривалих воєнних конфліктів комп'ютерні ігри можуть відігравати важливу роль у полегшенні стресового стану не тільки серед цивільного населення, але й у військових. Використання комп'ютерних ігор допомагає відволіктися від стресових ситуацій і знайти час для заспокоєння. «Геймінг» може бути засобом розваги та релаксації у важкий період часу. Ігри можуть слугувати психологічною втіхою та механізмом зняття стресу, оскільки створюють віртуальний простір, де люди можуть відчувати контроль та безпеку, що може допомогти зняти напругу. Онлайн-ігри дозволяють спілкуватися та взаємодіяти віртуально. Це може бути важливою підтримкою, допомагаючи створити спільноту, де люди можуть обговорювати свої думки, ділитися досвідом та взаємно підтримувати один одного. Деякі віртуальні ігри створені як інтерактивні терапевтичні інструменти, що допомагають у знятті стресу та поліпшенні психоемоційного стану. Вони можуть використовувати елементи релаксації та психологічного розвантаження. Проте важливо враховувати, що це лише один з аспектів психосоціальної підтримки й не заміщує необхідності реальної гуманітарної допомоги та психологічної підтримки [1].

Ігровий штучний інтелект (ШІ) моделює поведінку людей, при цьому він може виступати як людина або бути простими ботами. Проте обмеження ШІ в іграх полягає в обчислювальних ресурсах та швидкості роботи комп'ютера. Тому в ігровому ШІ важливий принцип – емуляція поведінки. ШІ в іграх використовується для імітації, аніж для відтворення реального інтелекту. Система ШІ може бути простим набором правил або складною системою, що відтворює командування армією противника, наприклад. Традиційні дослідження в галузі ШІ спрямовані на створення справжнього інтелекту, навчання та взаємодію в суспільстві, а також виявлення емоцій. Однак для ігор важливий не справжній інтелект, а його імітація, щоб надати гравцеві реальний виклик [2].

Ігровий ШІ відповідає вимогам розважального програмного забезпечення і не повинен бути розумінням або самосвідомістю. Його мета – імітувати розумну поведінку та створювати виклики для гравця. Створення машини з інтелектом на рівні людини, яку можна застосувати до будь-якого завдання, є актуальним напрямом для багатьох дослідників

штучного інтелекту (ШІ). Відеоігри, грають ключову роль у сучасному інформаційно-технологічному просторі та використовують апаратні ресурси, технології розробки і маркетингу, а також – моделювання та симуляції фізичних середовищ. На рис. 1 представлений інтерфейс власне розробленої гри [2].



Рисунок 1 – Інтерфейс власної гри “Gutasaga”

Дослідження ШІ для розробки комп'ютерних ігор має ключове значення, оскільки це відкриває нові перспективи для еволюції ігрової індустрії. По-перше, ШІ дозволяє створювати ігри зі значною кількістю навколишніх факторів, що робить геймплей більш цікавим та підвищує рівень реалізму. По-друге, дослідження ШІ дозволяє розробникам створювати персонажів та віртуальні світи, які реагують на дії гравця більш інтелектуально та творчо. Глибоке навчання та алгоритми, що розвиваються, можуть допомогти створити ігри, де взаємодія з персонажами стає більш значущою та захоплюючою.

Таким чином, дослідження ШІ в ігровій індустрії не тільки вдосконалює технічні аспекти гри, але й збагачує її психологічним та інтелектуальним виміром, створюючи нові можливості для індивідуального взаємодії з віртуальним світом.

Список використаних джерел:

1. Кабанцева А. В. Методологічні підходи до сучасних інформаційних технологій оцінки психічного здоров'я / А. В. Кабанцева, К. Г. Селіванова // III Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ICM–2020): зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. 228 с. С. 72–73.

2. Семеренко Ю. О. Можливості використання сучасних графічних бібліотек у спеціалізованих онлайн-віртуальних імітаційних тренажерах / Ю. О. Семеренко, К. Г. Селіванова // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. Харків: ХНУРЕ, 2020. 216 с. С. 179–180.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ
АНАЛІЗУ МРТ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ
НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ГОЛОВНОГО
МОЗКУ**

Любацький А.В.¹

Науковий керівник – к.т.н. доцент Селіванова К. Г.²
Харківський національний університет радіоелектроніки,
каф.ШІ¹, каф. БМІ²
м. Харків, Україна

email: artem.liubatskyi@nure.ua

Neurodegenerative diseases pose significant challenges to both patients and healthcare providers due to their complex nature and often-subtle manifestations. Magnetic Resonance Imaging (MRI) has emerged as a vital tool for diagnosing and monitoring neurodegenerative diseases of the brain. However, the interpretation of MRI scans can be intricate and time-consuming for human experts, leading to the exploration of artificial intelligence (AI) methods to assist in the analysis and diagnosis process. These technologies can detect minute changes in the brain that may be overlooked by the human eye, facilitating earlier and more accurate diagnoses, and potentially allowing for treatment that is more effective planning.

Нейродегенеративні захворювання головного мозку охоплюють широкий спектр станів, що характеризуються поступовою прогресуючою руйнацією нейронів у мозку. Ці захворювання часто проявляються зниженням когнітивних функцій, порушеннями опорно-рухового апарату та іншими симптомами порушень нервової системи, що робить точний діагноз вирішальним для призначення відповідного лікування. При цьому сам процес діагностування викликає низку труднощів, оскільки захворювання цієї групи мають складну природу походження, різноманітні клінічні прояви, а також прогресуючий характер [1].

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) – це неінвазійний метод медичної візуалізації та дослідження, який надає детальну структурну та функціональну інформацію про тканини й внутрішні органи. МРТ головного мозку дозволяє візуалізувати аномалії, такі як атрофія, ураження та зміни в зв'язках мозку, пов'язані з нейродегенеративними захворюваннями тощо [2].

Уникнути таких неоднозначностей можливо за допомогою автоматизації процесу аналізу зображень МРТ. У результаті досліджень було виявлено, що для такої автоматизації ефективно використовувати штучний інтелект (ШІ), який здатен покращити діагностику, планування та сам процес лікування пацієнтів.

У контексті медичної візуалізації та діагностики алгоритми ШІ обробляють величезні обсяги даних для виявлення закономірностей та

отримання інформації, важливої для прийняття більш точних та своєчасних рішень у галузі медицини. Зокрема, ефективно використовуються машинне навчання та алгоритми глибокого навчання. Ці методи ШІ мають потенціал для підвищення діагностичної точності й ефективності, одночасно зменшуючи навантаження на медичних працівників [3].

У процесі аналізу великого обсягу даних, отриманих з МРТ зображень пацієнтів із нейродегенеративними захворюваннями, моделі ШІ можуть ідентифікувати певні візуальні маркери, які притаманні конкретним підтипам захворювання, прогнозувати подальший можливий перебіг хвороби та виокремити певні класи пацієнтів відповідно до ймовірності розвитку в них симптомів, пов'язаних з опорно-руховою або когнітивною системою. Алгоритм роботи програми включає декілька кроків (рис.1) [4]:



Рисунок 1 – Блок-схема програми

Підготовка та стандартизація зображень МРТ для подальшого аналізу для забезпечення якості даних використовуються такі методи, як зменшення шуму, нормалізація та вирівнювання. Цей етап має вирішальне значення для підвищення точності аналізу ШІ шляхом надання високоякісних даних для всіх сканувань.

Сегментація – крок на якому за допомогою штучного інтелекту з використанням згорткових нейронних мереж, окреслюються різні структури мозку та визначаються області, уражені патологією.

Класифікації захворювань методами опорних векторів та методом «випадковий ліс» (Random Forest), класифікують МРТ-сканування за різними категоріями захворювань на основі виділених ознак, що ефективно може використовуватися для уточнення діагнозу.

Лонгітюдний (або поздовжній) аналіз – мережі довгої короткочасної пам'яті протягом певного часу відстежують зміни в параметрах, отриманих за допомогою МРТ, надаючи дані щодо прогресування захворювання та реакції пацієнта на призначене лікування.

Отримання діагностичного результату – завершальний крок коли результати аналізу збираються, щоб запропонувати детальний діагноз, потенційно включаючи тип нейродегенеративного захворювання, його стадію та прогнозоване прогресування.

Методи ШІ можуть бути революцією в аналізі зображень МРТ для діагностики нейродегенеративних захворювань мозку. Використовуючи потужність машинного навчання та алгоритмів глибокого навчання можуть використовувати дані МРТ для більш точної та своєчасної діагностики, при цьому покращуючи результати лікування пацієнтів та якість надання медичної допомоги в галузі неврології.

Список використаних джерел:

1. Esteva A., Robicquet A., Ramsundar B., Kuleshov V., DePristo M., Chou K., Dean J. A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*. № 25 (1). 2017. P. 24-29.

2. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B. E., Setio A. A. A., Ciompi F., Ghafoorian M., & Sánchez C. I. A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, № 42. 2017. P. 60-88.

3. Місоченко С. Ю. Дослідження використання вірогіднісних методів у сфері обробки біомедичних зображень / С. Ю. Місоченко, К. Г. Селіванова, О. Г. Аврунін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей XXX міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2022, 19-21 жовтня 2022 р. Харків, 2022. С. 902.

4. Tymkovych, M. *et al.* Application of SOFA Framework for Physics-Based Simulation of Deformable Human Anatomy of Nasal Cavity. In: Jarm, T., Svetkoska, A., Mahnič-Kalamiza, S., Miklavcic, D. (eds) 8th European Medical and Biological Engineering Conference. EMBEC 2020. IFMBE Proceedings, vol 80. 2021. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64610-3_14

ПРОЕКТУВАННЯ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ СИСТЕМ

Кальмов І.В.

Науковий керівник – д.т.н., доц. Носова Я.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ

м. Харків, Україна

e-mail: ihor.kalmov@nure.ua

This work focuses on the critical aspect of designing databases tailored for high-performance networks in the future. The exploration encompasses considerations for data storage, retrieval speed, and scalability to ensure optimal performance in dynamic network environments. Additionally, the project investigates emerging technologies and methodologies in database design that can enhance the efficiency and responsiveness of databases within the context of high-performance networks. The findings aim to contribute valuable insights for database architects and developers working on the forefront of designing robust systems for the rapidly evolving landscape of high-productivity networks.

Дослідження розподіленої обробки запитів виникає з необхідності оптимізації обробки даних, яка вийшла за рамки можливостей одного комп'ютера. Основні платформи для цього – це бази даних, розташовані на кластерах з декількох машин та платформи, такі як Map-Reduce.

Традиційно вважалося, що час виконання запитів визначається передачею даних по мережі та витратами на їх синхронізацію, а не локальною обробкою. Проте сучасні системи отримали високопропускні та низькозатримкові мережеві з'єднання, що перевіряє традиційні принципи проектування. Це призвело до розробки нових алгоритмів баз даних та змін у системному дизайні.

Вибір правильної бази даних є важливим з кількох причин:

1. Продуктивність. Бази даних мають різний рівень продуктивності, і невірний вибір може призвести до повільної роботи та затримок у відповідях.

2. Масштабованість. При розширенні системи і збільшенні обсягу даних важливо, щоб база даних масштабувалася безперебійно. Деякі добре справляються з великими обсягами даних, інші можуть потребувати підтримки для адаптації.

3. Моделювання даних. Бази даних відрізняються за ефективністю моделювання даних, і правильний вибір важливий для утримання узгоджених та організованих структур даних.

4. Цілісність даних. Бази даних пропонують різні засоби для забезпечення цілісності даних через обмеження та різні рівні безпеки. Правильний вибір забезпечує надійність даних.

5. Підтримка та технічне обслуговування. Бази даних мають різний рівень підтримки спільноти та документації. Вибір бази даних з активною

спільнотою та повною документацією спрощує пошук допомоги та ресурсів для підтримки та обслуговування.

Є два основні типи баз даних: SQL і NoSQL. SQL добре підходить для організованих, структурованих даних, тоді як NoSQL чудово підходить для обробки великої кількості неорганізованих даних, які потребують збільшення.

Можна виділити три способи використання: розподілені алгоритми об'єднання, реплікацію даних та розподілену координацію. З аналізу випливає, що останні досягнення в мережевих технологіях стимулюють переосмислення та перепроектування кількох концепцій системного дизайну та алгоритмів баз даних.

Сучасна медицина неможлива без використання баз даних, що представляють собою новітню форму зберігання, обробки та доступу до інформації. Електронний реєстр пацієнтів включає всі їхні історії хвороб, результати аналізів, ЕКГ та інші дані, які можуть бути легко відстежені як лікарем, так і самим пацієнтом. Перехід до електронного обліку дозволяє уникнути використання паперової документації та захищає від втрати медичної інформації, оскільки вона зберігається у вигляді баз даних.

Незважаючи на поточний потенціал, майбутні мережі повинні включати нові функціональні можливості, спрямовані на вдосконалення роботи даних-інтенсивних застосунків. Серед цих можливостей – здатність передавати знання про застосунок у мережу для реалізації інтелектуального планування та вдосконалення односторонніх операцій, які доповнюють існуючі операції читання та запису. Для систем з складними обчислювальними потоками, де розміри проміжних результатів невідомі наперед, корисні будуть механізми динамічного управління пам'яттю, такі як віддалена операція виділення.

Список використаних джерел:

1. Claude Barthels, Gustavo Alonso, Torsten Hoefler. Designing Databases for Future High-Performance Networks. Systems Group, Department of Computer Science, ETH Zurich
2. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / [С.В. Павлов, О.Г. Аврунін, С.М. Злепко, Є.В. Бодянський та ін.]; за редакцією С. Павлова, О. Авруніна. – Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2019. – 260 с.
3. Розвиток міжнародного медичного дослідницького центру оцінки стану здоров'я та розвитку людини / С. В. Павлов, С. М. Злепко, В. Вуйцик, А. М. Коробов, О. Г. Аврунін, О. В. Власенко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Матеріали XVIII міжнар. наук.-техн. конференції (8-13 червня 2018 р., м. Одеса); Одес. нац. акад. зв'язку ім. О.С. Попова. – Одеса, 2018. - С. 116-119.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАЧІ НАВЧАННЯ MEDIAPİPE ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ РОЗЛАДІВ РУХІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК ЗА ДОПОМОГОЮ МОБІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Андрущенко М.А

Науковий керівник – к.т.н., доцент Селіванова К.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ
м. Харків, Україна

e-mail: marko.andrushchenko@nure.ua

Capturing hand movements is often a diagnostically important task, as it allows you to record characteristic abnormalities in motor activity, which is a relevant topic in biomedical engineering. A separate field of research is the construction of the following systems based on mobile devices.

Сучасні системи для захоплення рухів поділяються на дві категорії: маркерні та безмаркерні [1]. В свою чергу захоплення рухів часто використовується в діагностичних цілях, оскільки дозволяє фіксувати характерні аномалії у моторній активності, що є актуальною темою біомедичної інженерії [2]. На відміну від маркерних, безмаркерні – базуються на використанні штучного інтелекту та комп'ютерного зору для детектування уявних ключових точок на тілі, без закріплення їх фізичних аналогів на ньому.

Окремим полем для наукових досліджень є побудова таких систем на базі мобільних пристроїв. Попри всі їх переваги, сучасні мобільні пристрої мають значно нижчі обчислювальні спроможності у порівнянні з комп'ютерами, тому при розробці системи для захоплення рухів, в першу чергу, постає питання точності при мінімумі обчислень [3].

Одним з лідерів у цьому напрямку є технологія MediaPipe, яка спрямована на впровадження машинного навчання на мобільних пристроях. Серед основних моделей цього проєкту, що дозволяють реалізувати захоплення рухів на мобільному пристрої є BlazeFace, BlazePose та BlazeHand.

Перевага MediaPipe полягає не лише в його адаптації до мобільних пристроїв, але й у можливості розширення сфер застосування моделей через використання механізму transfer learning.

Процедура передавання навчання в MediaPipe здійснюється шляхом модифікації класифікаційних шарів уже навченої моделі на нові, що відповідають конкретному завданню (рис. 1).

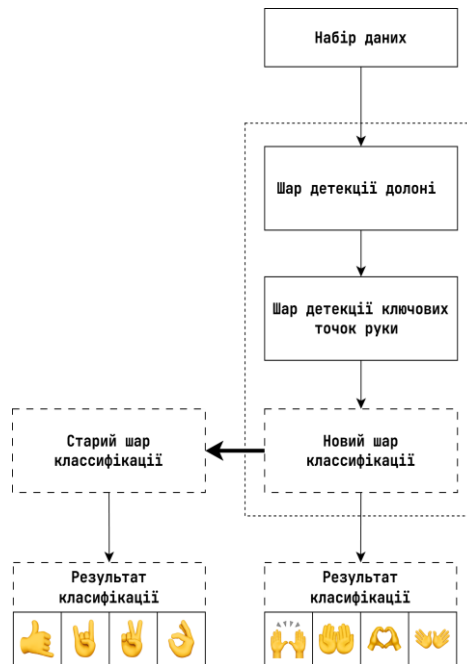


Рисунок 1 – Технологія передачі навчання MediaPipe Hands

Застосування технології MediaPipe разом із механізмом передачі навчання дозволяє досягти високої стабільності роботи на мобільних пристроях, адже ця технологія штучного інтелекту спеціально адаптована для їх використання, швидкого та гнучкого процесу розробки методів діагностики рухових розладів верхніх кінцівок, нівелюючи потребу в повторному навчанні штучного інтелекту для кожного конкретного завдання.

Список використаних джерел:

1. Селіванова К. Г. Застосування методів комп'ютерного зору для детектування динамічних характеристик рухів людини / К. Г. Селіванова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології : тези доповідей VII Міжнар. наук.-техн. конф., 17-21 травня 2022 р. Харків : ХНУРЕ, 2022. Т. 1. С. 66-67.
2. Селіванова К. Г. Використання методів комп'ютерного зору для детектування рухів рук людини під час тестування у неврології / К. Г. Селіванова // Медико-психологічні аспекти реабілітації й абілітації в епоху турбулентності. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О.А. Панченка. Київ.,2021. С. 277-279.
3. Селіванова К. Г. Оцінка ступеню рухових порушень кистей рук під час проведення заходів фізичної реабілітації / К. Г. Селіванова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф. (16-20 травня 2023, м. Харків) / редкол.: І. Б. Чеботарьова, О. В. Вовк, Ж. В. Дейнеко. Харків, 2023. Т. 1. С. 114-115.

МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ВЕСТИБУЛЯРНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Крамчанинов М.О.

Науковий керівник – к.т.н. доцент Селіванова К.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ

м. Харків, Україна

e-mail: zonozozono3@gmail.com

Vestibular rehabilitation is an effective method of treating diseases of the central and peripheral parts of the vestibular system. The use of VR methods allows patients to adapt to the conditions of everyday life as much as possible and return sufficient daily activity.

Вестибулярна реабілітація (ВР) є ефективним методом лікування захворювань центрального та периферичного відділів вестибулярної системи. Застосування методів ВР дозволяє максимально адаптувати пацієнтів до умов повсякденного середовища та повернути достатню щоденну активність [1]. Перш ніж проводити реабілітаційний комплекс вправ, потрібно ретельно обстежити пацієнта і визначити вестибулярні порушення, а також провести комплексну оцінку функцій вестибулярного аналізатора та системи рівноваги.

Розроблений програмно-апаратний комплекс для діагностики вестибулярних порушень та контролю виконання вправ вестибулярної реабілітації являє собою мобільний застосунок, який на основі даних гіроскопічного датчика телефону дозволяє оцінити орієнтацію пацієнта у просторі. При виконанні просторових тестів або вправ, людина розташовує телефон на рівні грудної клітини. Застосунок на основі координат гіроскопа будує криву переміщень пацієнта поверх полярної координатної осі [2].

Під час виконання комплексу для підвищення стійкості виконують різні вправи, що дозволяють повніше використовувати зорову та соматосенсорну складові інтегральної функції рівноваги [3].

Однією з найвідоміших і найефективніших вважається вправа Брандта-Дароффа (рис. 1). Вправи Брандта-Дароффа — це набір рухів, призначених для полегшення симптомів доброякісного пароксизмального позиційного запаморочення (BPPV), поширеного захворювання внутрішнього вуха. BPPV виникає, коли маленькі кристали карбонату кальцію (отоконії) зміщуються зі свого звичайного положення у внутрішньому вусі та мігрують в один із напівкруглих каналів. Це зміщення може призвести до коротких епізодів запаморочення, викликаних зміною положення голови.

Розроблено Drs. Джон Еплі та Майкл Шукнехт у 1980-х роках, вправа Брандта-Дароффа пізніше була популяризована доктором. Чарльз Брандт і

Річард Дарофф. Він має на меті змінити положення цих зміщених кристалів у внутрішньому вусі, тим самим зменшуючи симптоми запаморочення.

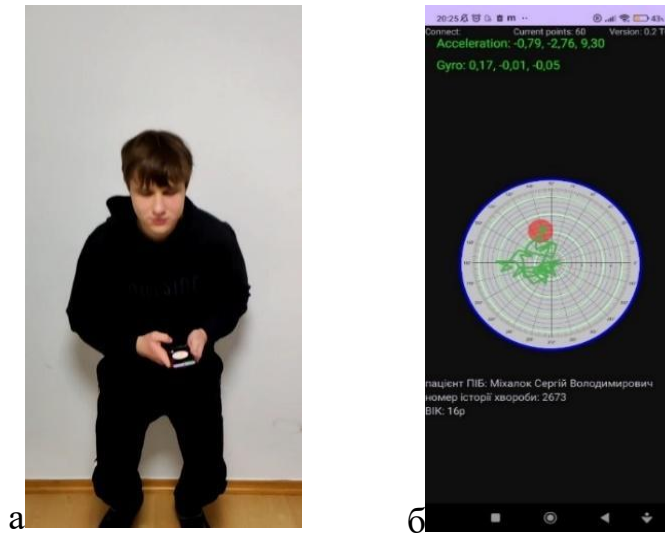


Рисунок 1 – Виконання вправи Брандта-Дароффа: а) процес виконання вправи; б) показники мобільного застосунку під час виконання вправи

При односторонньому ушкодженні периферичної вестибулярної системи у межах реабілітації використовується вправа Которна та Куксея (рис. 2).

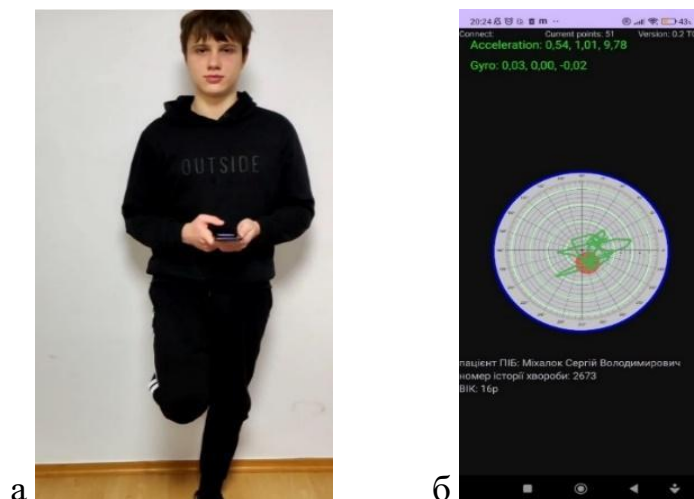


Рисунок 2 – Виконання вправи Которна та Куксея: а) процес виконання вправи; б) дані додатку під час виконання вправи

Розроблений мобільний застосунок може використовуватися для задач діагностики вестибулярних порушень та контролю за виконанням комплексу вправ вестибулярної реабілітації, як в умовах лікувальних установ, так і в домашніх умовах при самостійному виконанні вправ

лікувального комплексу. Перспективою подальшої розробки програми є створення модуля аналізу траєкторії інформаційної системи ведення пацієнта з вестибулярними порушеннями; побудова телемедичної системи вестибулярної реабілітації [4,5].

Список використаних джерел:

1. Кабанцева А. В., Селіванова К. Г. Інтерактивні методи медико-психологічної реабілітації дітей, які зазнали впливу воєнних дій // Радіоелектроніка та молодь в XXI столітті : матеріали 26-го Міжнар. молодіжного форуму, 19-21 квітня 2022 р. Харків : ХНУРЕ, 2022. Т. 1. С. 71-73.
2. Селіванова К. Г., Тимкович М. Ю. Особливості розробки графічних інтерфейсів користувача та організації інтерактивної взаємодії з користувачем в 3D-біомедичних застосунках // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф., 16-20 травня 2023. Харків, 2023. Т. 1. С. 171-172.
3. Селіванова К. Г. Застосування методів комп'ютерного зору для детектування динамічних характеристик рухів людини // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології : тези доп. VII Міжнар. наук.-техн. конф., 17-21 травня 2022 р. Харків, 2022. Т. 1. С. 66-67.
4. Сучасні підходи до створення 3d-відеоконтенту при проведенні фізичної реабілітації / К. Г.Селіванова та ін. // Тематична конференція «Актуальні питання біомедичної інженерії» в рамках 26-го Міжнар. молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь в XXI столітті». Зб. матеріалів конференції. Т. 1. Харків, 2022. С. 88-89.
5. Overview Of Modern Augmented Reality Capabilities For Creating A Navigation Aid For The Blind / A. Sokolov et al. 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2–6 October 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/khpiweek61412.2023.10311579> (date of access: 08.04.2024).

**ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ
ДЛЯ НАВІГАЦІЇ НЕЗРЯЧИХ**

Соколов А.А.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Аврунін О. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ
м. Харків, Україна

e-mail: andrii.sokolov@nure.ua

This article discusses the possibilities of using augmented reality technologies and the ARCore framework to develop navigation assistants for the blind. The paper also describes an experiment to determine the maximum depth in the frame for different types of obstacles, the factors that affect the accuracy and maximum distance. The current version of the software is used in the experiment.

Технології розширеної реальності (eXtended Reality, XR) – це загальний термін для технологій, що так чи інакше задіяють нові реальності - virtual reality (VR), augmented reality (AR, доповнена реальність) та mixed reality (MR, змішана реальність). Зараз XR все частіше зустрічається у повсякденності, знаходячи нові різноманітні застосування. Вони відрізняються за ступенем насиченості інформації яку створює комп'ютер. Цей момент ілюструється у роботі Пола Мілгрема [1], та дозволяє більш наглядно це оцінити, рис 1.



Рисунок 1 – Континуум реальності-віртуальності

Найбільш цікава технологія із точки зору створення навігаційного помічника для незрячих – це доповнена реальність. Вона дозволяє поєднувати інформацію з реального світу та оброблену комп'ютером [2]. При розробці навігаційної системи-помічника, дуже перспективною виглядає можливість отримувати мапу глибини зображення зі смартфона. В подальшому, визначивши відстань з мапи глибини та поєднавши з можливостями штучного інтелекту для детектування об'єктів, можливо створити портативну систему помічника.

Взаємодію користувача та системи доцільно засновувати на основі тактильного зворотного зв'язку, адже втрачаючи зір, людина починає більше орієнтуватися на слух, і інформування у аудіо форматі може викликати недовіру користувачів.

На сьогодні, існує декілька основних фреймворків, які дозволяють інтегрувати можливості AR в додаток. Це ARCore від Google і ARKit від Apple.

Найцікавішими особливостями ARCore в контексті розробки портативних засобів навігації для незрячих є внутрішня реалізація алгоритмів SLAM, що дозволяє отримати карту глибини та геопросторової навігації, що дозволяє використовувати прив'язки з Google Map.

У версії 1.31+ (травень 2022 р.) була змінена API, яка тепер використовує 16 біт на піксель для представлення глибини, що збільшило максимальну глибину з 8 метрів до 65 метрів (з використанням Geospatial Depth, в інакше максимальна глибина до 20-30 метрів). Значення глибини вимірюється у міліметрах [3].

Ми провели декілька експериментів із використанням застосунка з ARCore SDK 1.41, в яких ми вимірювали відстань до різних перешкод на вулиці. Ми визначали максимальну відстань на якій об'єкт потрапляє у кадр з визначеною глибиною. Експеримент проводився при денному освітленні у погоду з хмарністю в 4-5 бали за десяти бальною шкалою. Приклад отриманих кадрів, рис. 2.

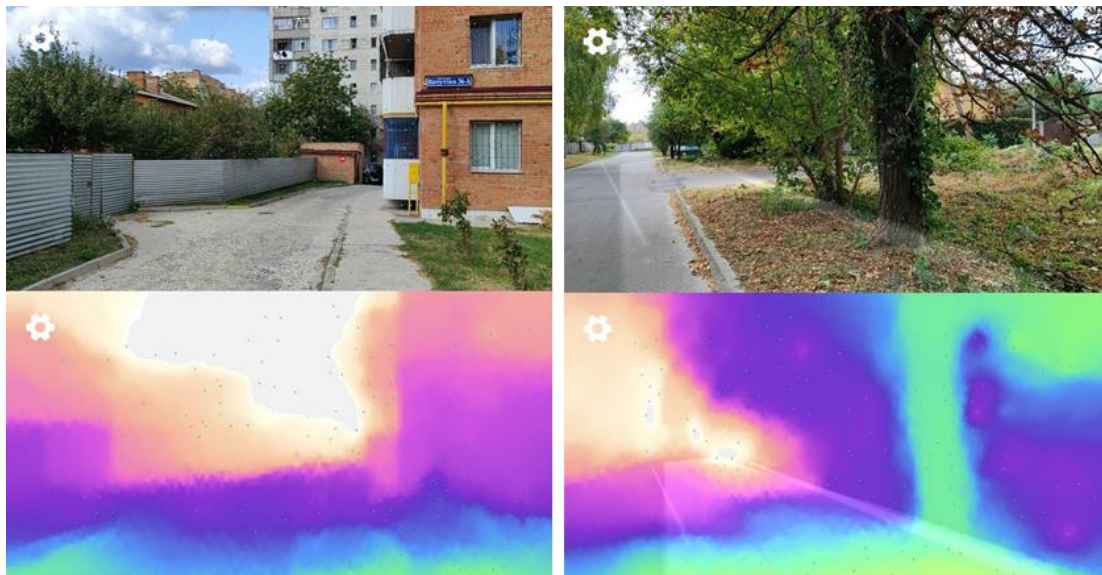


Рисунок 2 – Приклад отриманих мап глибини з 16-бітною глибиною

Нам не вдалося на практиці отримати глибину 20-30 метрів, а ефективність визначення глибини залежить від швидкості руху об'єктів та їх фізичних розмірів. Отримані результати, хоча і потребують уточнення представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Оцінка ефективності визначення глибини кадру.

Вид об'єктів	Відстань, м
Великі статичні об'єкти (стіни, високі паркани, припарковані машини)	12-15
Об'єкти, що рухаються з рівномірною швидкістю (пішоходи)	8-9
Об'єкти що рухаються з нерівномірною швидкістю (пішоходи в натовпі)	5-6

Експерименти підтверджують можливість використання технологій доповненої реальності для створення навігаційних систем-помічників з ефективним радіусом не менше шести метрів[4, 5]. В комбінації з використанням тростини, цього достатньо для повсякденної навігації та підвищення мобільності незрячих людей.

Виходячи з особистого досвіду спілкування з незрячими людьми, такого радіусу достатньо для того щоб система мала практичне значення. Але при розробці системи слід приділити увагу детектуванню ям на дорогах та бордюрів, що є одними з найскладніших перешкод для незрячих людей.

Список використаних джерел:

1. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies / P. Milgram et al. SPIE. 1994. P. 282–292.
2. Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd ed. Richard Szeliski. URL: <https://szeliski.org/Book/> (date of access: 05.03.2024).
3. May 2022 (ARCore SDK version 1.31) changes to Depth | Google for Developers. Google for Developers. URL: <https://developers.google.com/ar/develop/depth/changes> (date of access: 05.03.2024).
4. DISTANCE TRAINING OF HIGHER EDUCATION SPECIALISTS USING VIRTUAL PRESENCE TECHNOLOGIES / V. Semenets et al. MC&FPGA-2020. 2020. URL: <https://doi.org/10.35598/mcfpga.2020.015> (date of access: 06.03.2024).
5. Sokolov A. A., Avrunin O. G. Prospects of using augmented reality technologies in the development of navigation tools for the blind. Optoelectronic Information-Power Technologies. 2023. Vol. 46, no. 2. P. 55–63. URL: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2023-46-2-55-63> (date of access: 06.03.2024).

РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКУ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАФЕДРИ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Гоцуляк Є. С.

Науковий керівник – к.т.н. доцент Селіванова К. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра БМІ

м. Харків, Україна

e-mail: yehor.hotsuliak@nure.ua

Web development is an important field in today's world as an ever-increasing number of people use the internet in their daily lives. Websites are an integral part and continue to be relevant and useful tools for people and businesses for many reasons. Various websites are created daily and used by billions of people.

Створення електронного веб-додатку «Каталог обладнання ВМЕ», надає змогу отримати детальний опис, функції, застосування, практичне використання медичного та спеціалізованого обладнання кафедри біомедичної інженерії зі зручним доступом [1].

Одним з головних переваг веб-додатку «Каталог обладнання ВМЕ» є зручний доступ та пошук інформації про обладнання. Користувачі, які працюють у університетах, лабораторіях, лікарнях, різних медичних установах, спеціалізованих закладах тощо, матимуть змогу отримувати детальну інформацію про обладнання [2].

Іншою важливою функцією веб-додатку є зручна навігація для користувачів. В електронному каталозі є купа фільтрів завдяки яким користувач може знайти потрібне йому обладнання (рис. 1).



Рисунок 1 – Система фільтрів, що використовуються у розробленому веб-додатку «Каталог обладнання ВМЕ»

З метою реалізації веб-додатку «Каталог обладнання ВМЕ» використовуються наступні допоміжні технології (рис. 2):

- Angular (TypeScript, HTML, SCSS, Angular Material) – для розробки фронтенду веб-додатку «Каталог обладнання ВМЕ».

- Angular – для створення зручного та ефективного інтерфейсу, що дозволяє користувачам додавати, редагувати та видаляти свої паролі.

- TypeScript – для підвищення продуктивності розробки та полегшення підтримки коду.

- HTML використовується для створення розмітки веб-сторінки «Каталог обладнання ВМЕ», тоді як SCSS – для оформлення цієї розмітки та надання вигляду інтерфейсу користувача [3].

№	Тип обладнання	Модель	Зовнішній вид
1	Цифровий мікроскоп	Bresser DM	
2	Мікроскоп оптичний	МБР - 1	

Рисунок 2 – Схема взаємодії технологій, що використовуються у веб-додатку «Каталог обладнання ВМЕ»

Таким чином, веб-додаток «Каталог обладнання ВМЕ» є важливим та актуальним інструментом для збереження і керування інформацією про спеціалізоване обладнання в безпечному та доступному місці. Це допоможе розробити зручний інтерфейс веб-додатку, та доступ до них з будь-якого місця з доступом до Інтернету. Надалі веб-додаток «Каталог обладнання ВМЕ» можна модернізувати чи вносити нові функціональні можливості [4].

Список використаних джерел:

1. Duckett, D. (2011). HTML and CSS: Design and Build Websites. Wiley.
2. Haverbeke, M. (2018). Eloquent JavaScript: A Modern Introduction to Programming. No Starch Press.
3. Селіванова К. Г. Особливості розробки графічних інтерфейсів користувача та організації інтерактивної взаємодії з користувачем в 3D-біомедичних застосунках / К. Г. Селіванова, М. Ю. Тимкович // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. VIII Міжнарод. наук.-техн. конф. (16-20 травня 2023, м. Харків) / редкол.: І. Б. Чеботарьова, О. В. Вовк, Ж. В. Дейнеко. Харків : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2023. Т1. 270 с. – С. 171-172.
4. Особливості формування навчального 3d-контенту / О. Г. Аврунін, Я. В. Носова, К. Г. Селіванова, Г. П. Грохова, О. Ю. Прісич / Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика: матеріали IV Міжнарод. наук.-техн. конфер., 01- 02 грудня 2022 р. / Г.В. Лісачук (голова оргком.) X. 2022 - С. 3-4

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ РУХОВИХ РОЗЛАДІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

Андрущенко М.А.

Науковий керівник - доц. каф. БМІ Селіванова К. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ
м. Харків, Україна

email: marko.andrushchenko@nure.ua

This article covers the development and application of markerless limb key point detection systems based on artificial intelligence technologies, with a special focus on biomedical engineering for detecting upper limb movement disorders. The main attention is focused on the problems of speed and efficiency of real-time detection systems when using on-device models on a mobile device. As an alternative, MediaPipe Hands, developed by Google, is proposed, which demonstrates the ability to identify key points of the hand in real time, indicating the wide potential of MediaPipe for integrating various artificial intelligence algorithms in mobile applications for diagnosing and analyzing motor skills.

Сучасні безмаркерні системи детекції ключових точок кінцівок, що базуються на технологіях штучного інтелекту, відзначаються широким застосуванням у науковій спільноті [1]. Прогрес у сфері штучного інтелекту та збільшення обчислювальної потужності обладнання на сучасному етапі дозволяє не тільки виконувати комплексні завдання, які включають детекцію об'єктів спеціального інтересу, ідентифікацію ключових точок цих об'єктів та аналіз отриманих даних, але й здійснювати ці процеси в реальному часі. Така можливість сприяє реалізації неінвазивного виявлення порушень рухової активності в верхніх кінцівках шляхом фіксації аномалій у моториці, що представляє значний інтерес для області біомедичної інженерії [2].

На сьогоднішній день, асортимент обладнання, здатного виконувати зазначені завдання, є вкрай різноманітним, причому графічні процесори (GPU), які використовуються для обчислень у цих задачах, продемонстрували значне зростання продуктивності в порівнянні з їхніми аналогами 2010 року. Застосування комп'ютерів як основного обчислювального ресурсу надає дві ключові переваги, які і визначають їх застосування для цих цілей:

1. Ефективність електроспоживання дозволяє забезпечити роботу на максимальній потужності на необхідний період часу.
2. Активна система охолодження мінімізує негативний вплив від перегріву компонентів комп'ютера.

3. Великий об'єм оперативної пам'яті є критично важливим для зберігання проміжних результатів обчислень, що виконуються алгоритмами штучного інтелекту.

Паралельно з цим, більшість мобільних пристроїв не володіють вказаними перевагами, що ставить перед розробниками безмаркерних систем на основі штучного інтелекту для мобільних платформ ряд фундаментальних викликів, зумовлених обмеженнями такого роду:

1. Обмежені можливості щодо споживання електроенергії, що ускладнює виконання обчислювально вимогливих операцій на тривалій час.
2. Пасивна система охолодження, яка визначає максимально можливий час ефективної роботи компонентів при високій продуктивності.
3. Обмежений обсяг оперативної пам'яті, що вимагає особливої уваги до ефективності використання ресурсів мобільного пристрою.

Ці обмеження спонукали до розробки рішень, оптимізованих для ефективної роботи на мобільних пристроях. Прикладом такого рішення є MediaPipe Hands [3], модель, яка може ідентифікувати 21 ключову точку на людській руці в режимі реального часу. Приклади тестування її роботи наведені на рис. 1.



Рис 1. Приклади роботи MediaPipe Hands на IOS

MediaPipe Hands представляє собою компонент в рамках комплексного проекту MediaPipe, розробленого та підтримуваного корпорацією Google, що спрямований на реалізацію алгоритмів штучного інтелекту на мобільних пристроях [4]. Проект охоплює широкий спектр моделей глибокого навчання, які включають, але не обмежуються, класифікацією об'єктів, сегментацією об'єктів, детекцією ключових точок обличчя та тіла, розпізнаванням мови та класифікацією звуків. Однією з унікальних

характеристик проекту є здатність інтегрувати ці моделі у єдиний потік обробки даних, формуючи таким чином гнучкий пайплайн обробки даних. Додатково, існує можливість адаптації та модифікації цих моделей для вирішення специфічних задач з використанням спеціалізованого редактора моделей.

Таким чином, застосування технології MediaPipe дозволяє досягти високої стабільності роботи на мобільних пристроях. Дана технологія дозволяє модифікувати поведінку ШІ у рамках його можливостей для швидкого та гнучкого процесу розробки методів діагностики моторики верхніх кінцівок [5], елімінуючи потребу в повторному навчанні штучного інтелекту для кожного конкретного завдання.

Список використаних джерел:

1. Селіванова К. Г. Застосування методів комп'ютерного зору для детектування динамічних характеристик рухів людини К. Г. Селіванова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології : тези доповідей VII Міжнар. наук.-техн. конф., 17-21 травня 2022 р. – Харків : ХНУРЕ, 2022. – Т. 1. – С. 66- 67

2. Селіванова К. Г. Використання методів комп'ютерного зору для детектування рухів рук людини під час тестування у неврології / К. Г. Селіванова // Медико-психологічні аспекти реабілітації й абілітації в епоху турбулентності. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О.А. Панченка. 2021. Київ. КВІЦ. 420 с.– С. 277-279.

3. Research.google. (2019). On-Device, Real-Time Hand Tracking with MediaPipe. [online] Available at: <https://blog.research.google/2019/08/on-device-real-time-hand-tracking-with.html> [Accessed 4 Mar. 2024].

GitHub. (2024). *mediapipe/docs/solutions/holistic.md at master · google/mediapipe*. [online] Available at: <https://github.com/google/mediapipe/blob/master/docs/solutions/holistic.md> [Accessed 2 Mar. 2024].

4. Селіванова К. Г. Динамічне тестування рівня розвитку дрібної моторики рук у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку / К. Г. Селіванова, Д. О. Костін // Актуальні проблеми клінічної та технологічної медицини. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О.А. Панченка. 2023. Київ. – С. 182-184

ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ КЛАСТЕРІВ ПРИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ МРТ-ЗНІМКІВ РАКОВИХ ПУХЛИН МОЗКУ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ K-MEANS

Місоченко С.Ю.

Науковий керівник – к.т.н. доцент Селіванова К.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ
м. Харків, Україна

e-mail: serhii.misochenko@nure.ua

In this paper, the working principle of the medical image-clustering algorithm for image medical images has been reviewed, and ways to overcome its shortcomings have been proposed. As these ways we analyzed the application of elbow method and silhouette method to find the optimal number of clusters. The accuracy of these methods has been evaluated, and the peculiarities of their application to improve the quality of image segmentation by k-means method have been assessed.

Методи кластеризації використовують необроблені дані для формування кластерів на основі спільних факторів між різними точками даних. Оскільки цифрове зображення представляє собою масив однорідних числових даних, кластеризація представляє собою один з доволі популярних методів сегментації зображення [1]. Найбільш популярним методом кластеризації зображення є метод К-середніх (k-means). Основним недоліком кластеризації є те, що оптимальна кількість кластерів для найбільш якісної сегментації зображення невідома на початку. Для визначення оптимальної кількості кластерів будуть використовуватися метод ліктьової кривої і метод силуету [2].

Кількість кластерів методом k-середніх найчастіше оцінюється за допомогою «методу ліктя». Він передбачає багаторазове циклічне виконання алгоритму зі збільшенням кількості кластерів, що обираються, а також подальшим відкладанням на графіку балів кластеризації, обчисленого як функція від кількості кластерів. Основним показником «методу ліктя» є SSE (сума квадратів помилок).

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} |p - m_i|^2, \quad (1.1)$$

де C_i – i -й кластер;

p_i – точка вибірки у C_i ;

m_i – центр тяжкості C_i (середнє значення для всіх вибірок у C_i);

SSE – помилка кластеризації всіх вибірок.

Саме SSE відображає якість кластеризації. Основна ідея «методу ліктя» полягає в тому, що в міру збільшення числа кластерів k , розподіл вибірок

буде більш точним, а ступінь агрегації кожного кластера поступово збільшуватиметься, тому квадрат помилок і SSE стануть меншими.

Метод силуету – це також метод пошуку оптимальної кількості кластерів, інтерпретації та перевірки узгодженості усередині кластерів даних. Обчислюються коефіцієнти силуету кожної точки, які вимірюють, наскільки точка схожа одного кластеру проти іншими кластерами. Шляхом надання короткого графічного уявлення у тому, наскільки добре кожен об'єкт було класифіковано. Було проведено почерговий пошук оптимальної кількості кластерів двома методами для декількох зразків (рис. 1):

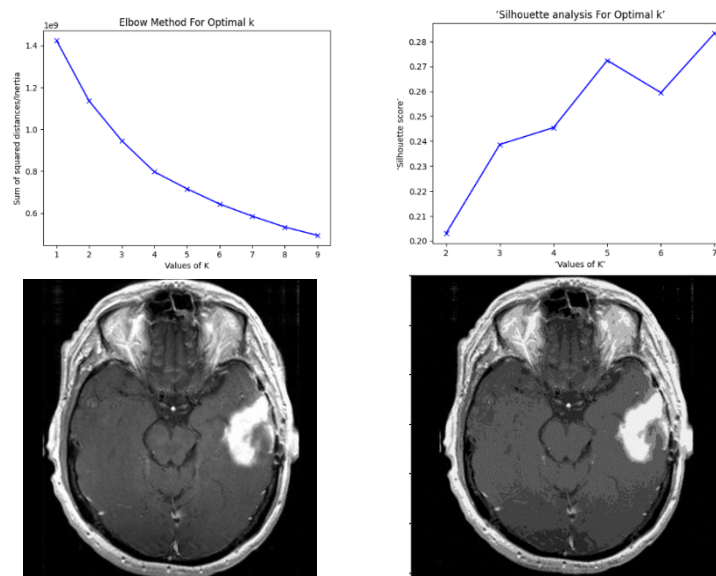


Рисунок 1 – Результати роботи алгоритмів методу ліктя та методу силуету, початкове та кластеризоване зображення (при $K = 7$)

Виходячи з отриманих результатів, «метод ліктя» підходить для більш контрастних зображень, метод силуету доповнює метод ліктя у випадку, якщо через «пологість спуску» графіка «лікоть» важко визначити.

Список використаних джерел:

1. Місоченко С. Ю. Дослідження використання вірогіднісних методів у сфері обробки біомедичних зображень / С. Ю. Місоченко, К. Г. Селіванова, О. Г. Аврунін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19-21 жовтня 2022 р. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – С. 902.

2. Tymkovych, M. *et al.* (2021). Application of SOFA Framework for Physics-Based Simulation of Deformable Human Anatomy of Nasal Cavity. In: Jarm, T., Cvetkoska, A., Mahnič-Kalamiza, S., Miklavcic, D. (eds) 8th European Medical and Biological Engineering Conference. EMBEC 2020. IFMBE Proceedings, vol 80. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64610-3_14

УДК 004.93:616-072.1

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГНУЧКОЇ ЕНДОСКОПІЇ З МОЖЛИВІСТЮ КЕРУВАННЯ У ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ ЕНДОСКОПІЧНІЙ РИНОХІРУРГІЇ

Сокольцов А.О.

Науковий керівник – д.т.н., професор Аврунін О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.БМІ
м. Харків, Україна

e-mail: andrii.sokoltsov@nure.ua

This work is devoted to examines the impact of chronic rhinosinusitis on social functioning and healthcare costs, emphasizing the importance of endoscopic technologies in surgical treatment. The study compares the effectiveness of new devices such as the Peregrine Drivable ENT Scope and EndoCAMeleon with traditional endoscopes. The advantages and disadvantages of each device are noted, as well as the prospects for their application in clinical practice to improve treatment outcomes for patients with chronic rhinosinusitis.

Хронічний риносинусит (ХРС) має значний вплив на соціальне функціонування, перевершуючи навіть такі хронічні захворювання, як стенокардія чи хронічна серцева недостатність. Витрати на охорону здоров'я при ХРС є високими, перевищуючи витрати на інші захворювання, такі як бронхіальна астма чи пептична виразкова хвороба. За даними американських експертів, ХРС є одним із 10 найдорожчих захворювань: прямі й опосередковані витрати, пов'язані з ГРС і ХРС, складають 30 млрд дол. на рік. Ревізійні операції виконуються майже 20% пацієнтів, ведучою причиною розглядається неповний об'єм оперативного втручання в першій операції [1].

Серед причин, що призводять до необхідності проведення ревізійних втручань, ведучою є неспроможність повноцінно оглянути зону ураження, в першу чергу інтраопераційно, незважаючи на широке використання ендоскопів зі зміненим кутом огляду. Приклад куту огляду наведено на рис. 1. Наразі подібні умови широкого огляду операційного поля досягаються шляхом додаткової резекції здорових тканин та функціональних структур, таких як: носослізна протока або нижня носова раковина. Подібний підхід йде всупереч із принципами функціональної ендоскопічної синусохірургії та підвищує ризики виникнення ускладнень. З метою мінімізації цих явищ сучасна біомедична інженерія виявила вирішення в застосуванні ендоскопів з можливістю зміни кута огляду та/або гнучких ендоскопів.

Peregrine Drivable ENT Scope спочатку отримала схвалення Управлінням з продовольства і медикаментів США (FDA) у 2017 році, та отримала перспективи для подальшого вивчення і тестування методики «керованої ендоскопії». Перспективне багатоцентрове техніко-економічне обґрунтування було проведено на сімнадцяти пацієнтах, які перенесли

первинну функціональну ендоскопічну операцію на пазухах, і оцінювалися за допомогою керованого ендоскопа та стандартних жорстких ендоскопів (0° , 30° та 70° , залежно від обставин). Показник успішності візуалізації всіх анатомічних орієнтирів приносних пазух за допомогою приводного ендоскопа був на 55,6% вище, ніж у стандартних жорстких ендоскопів: 98,3% (178/181) проти 42,7% (76/178); $p < 0,001$. Хірурги оцінили можливість використання приводного ендоскопа для входу у верхньощелепну, лобову та клиноподібну пазухи на більш ніж 4 бали (за шкалою від 1 до 5). Здатність промивати пазухи за допомогою рухомого ендоскопа отримала середній бал 4,3 а якість зображення - середній бал 3,4 [2, 3].

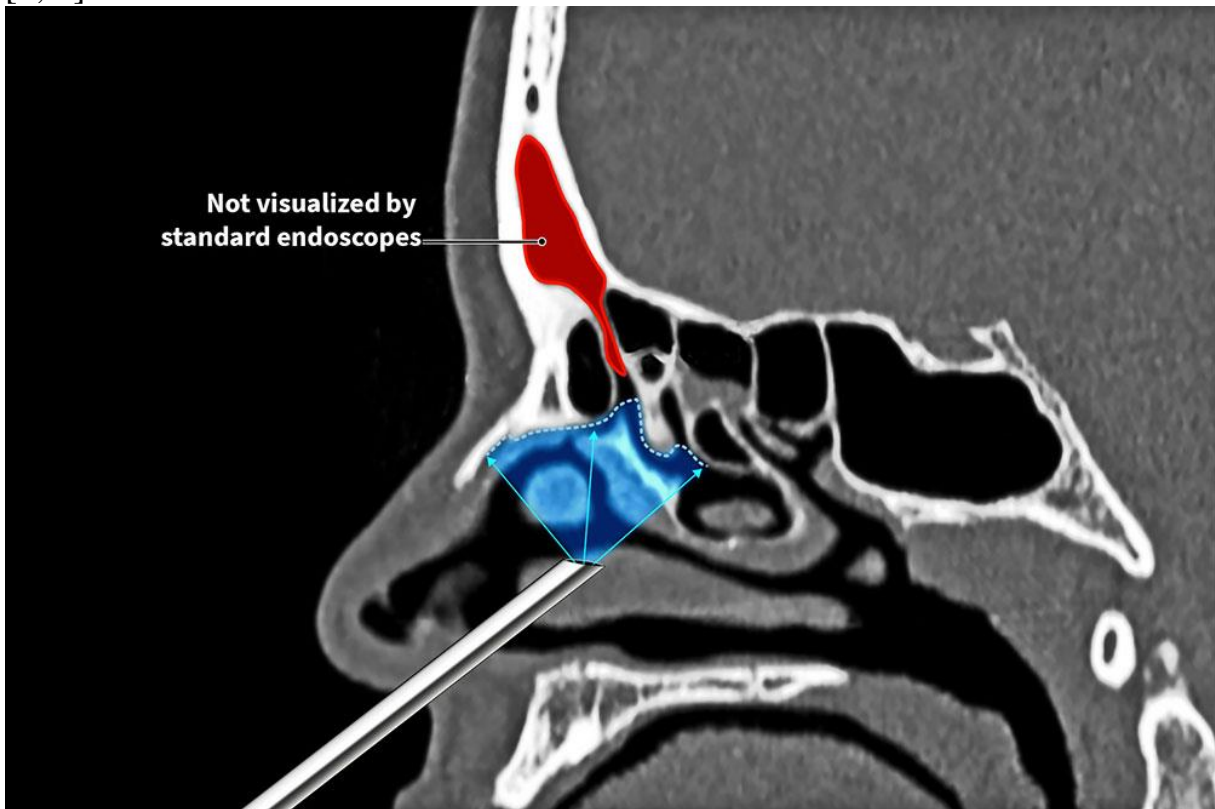


Рисунок 1 – Кут огляду ендоскопу.

Подальші вдосконалення системи дозволили представити у 2021 році Peregrine Drivable ENT Scope 3NT Medical Ltd з кутом огляду від 0° до 125° з подальшим просуванням робочої поверхні в порожнині синуса [2]. Компанія KARL STORZ випустила EndoCAMeleon (KARL STORZ, Тутлінген, Німеччина). EndoCAMeleon - це жорсткий ендоскоп з регульованим кутом огляду лінзи, який забезпечує регульоване поле зору від 0 до 120° шляхом обертання коліщатка управління, розташованого на ручці інструменту. Недоліком цього пристрою є те, що хірург доведеться використовувати обидві руки, щоб змінити поле зору ендоскопа. Це означає, що потрібний другий хірург, якщо потрібно використовувати додаткові інструменти. Більше того, було виявлено, що зображення EndoCAMeleon демонструє певне спотворення через нахил лінзи. Для запобігання цих

технічних складностей було запропоновано інший концепт ендоскопу - ендоскоп PliENT, довжина якого складає 370 мм, діаметр 2,3 мм, а ручка - 22 мм. Він дозволяє в повнішій мірі оглянути порожнину носа та верхньощелепних пазух без додаткових резекцій її стінок, в порівнянні з жорсткими ендоскопами. Серед недоліків даного виду ендоскопів є більше розумових, фізичних та часових ресурсів через відсутність достатнього досвіду роботи з принципово новим технічним обладнанням [4].

Тем не менш, ендоскопічні технології в цілому суттєво сприяють розвитку концепції Image-Guided Surgery [5]. Розвиток нових технологій ендоскопії може сприяти поліпшенню лікування та результатів для пацієнтів з ХРС, але потребує подальшої оцінки та вдосконалення в практичному застосуванні.

Список використаних джерел:

1. Fokkens WJ , et al. European Position Paper on Rhinosinusitis and Nasal Polyps 2020. *Rhinology*. 2020 Feb 20;58(Suppl S29):1-464. doi: 10.4193/Rhin20.600. PMID: 32077450.
2. Choi AM , et al. New Medical Device and Therapeutic Approvals in Otolaryngology: State of the Art Review of 2021. *OTO Open*. 2022 Sep 23;6(3):2473974X221126495. doi: 10.1177/2473974X221126495. PMID: 36171808; PMCID: PMC9511340.
3. Van Zele T , et al. Prospective, feasibility study to evaluate the efficacy and usability of a novel drivable endoscope in patients with chronic rhinosinusitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2019 Sep;276(9):2499-2505. doi: 10.1007/s00405-019-05535-0. Epub 2019 Jul 5. PMID: 31278497.
4. Legrand , et al. A miniature robotic steerable endoscope for maxillary sinus surgery called PliENT. *Sci Rep*. 2022 Feb 10;12(1):2299. doi: 10.1038/s41598-022-05969-3. PMID: 35145155; PMCID: PMC8831515.
5. Тымкович М. Ю. Использование DICOM изображений в медицинских системах / М. Ю. Тымкович, О. Г. Аврунин, В.В. Семенец // НТУУ «КПІ» Техн. електродинаміка : Темат. вип. : Силова електроніка та енергоефективність, (СЕЕ'2012)». – Київ : НТУ "ХПИ". – 2012. – С. 178-183. ISSN 1607-7970.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ VR ТА AR НАВЧАННЯ У ПІДГОТОВЦІ БІОМЕДИЧНИХ ІНЖЕНЕРІВ

Посохова К.А.

Науковий керівник – доц.Тимкович М.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ
м. Харків, Україна

e-mail: kateryna.posokhova@nure.ua

Education of students of various professions mostly depends on distance learning, which can affect the quality of knowledge of future specialists. Practice is especially necessary for students whose work involves risk and the possibility of harming themselves or other people. These technologies are also important for familiarizing personnel and workers with the use of equipment and systems that require special accuracy and knowledge of the operation of devices. Simulating real scenarios, VR technology provides a safe space for future specialists to practice, learn and improve their skills without the risk of potential danger.

На даний момент навчання студентів різних професій у більшості залежить від дистанційного навчання, що може вплинути на якість знань майбутніх фахівців. Особливо необхідною є практика для студентів, робота яких пов'язана з ризиком та можливістю нанесення собі чи іншим людям шкоди. Саме цього можна уникнути, використовуючи технології віртуальної та аугментованої реальності під час навчання з будь якої точки світу.

Для виправлення цієї ситуації і поліпшення знань та навичок студентів є можливим імплементування VR та AR технологій у практику під час дистанційного навчання. Також дані технології важливі і для ознайомлення персоналу і працівників з використанням обладнання та систем, які вимагають особливої точності та знань роботи приладів.

Наприклад, однією зі сфер, які потребують практичних навичок є відділення променевої терапії – місце, яке має справу з радіаційним опроміненням. Майбутній фахівець має враховувати кожен деталь, при роботі з системою, дотримуватись протоколу щодо організації своєї праці і роботи з пацієнтами.

Планування та проведення променевої терапії є складним процесом, що базується на високотехнологічному програмному та апаратному забезпеченні та залучає широкий спектр персоналу. Як для планування, так і для проведення сеансу, спеціалісти повинні мати можливість зрозуміти просторові співвідношення в анатомії пацієнта. Через високі ризики, пов'язані з променевою терапією, навчання має вирішальне значення.

Навчання у віртуальній реальності (VR) у спеціальному навчальному центрі може забезпечити як фізичний простір, так і захищене середовище,

де студенти можуть симулювати та тренувати клінічні ситуації, не втручаючись у клінічний робочий процес, і найголовніше, без ризику та помилок.

Тому розглянемо метод навчання за допомогою відео-уроків, які будуть транслюватися у шоломі віртуальної реальності. Для цього необхідно відзняти відео обладнання у форматі 360° та провести розбиття панорами на кубемап за допомогою ru360convert (рис. 1.1). Зображення будуть розділені відповідно до сторін у просторі для простішої роботи над ними.

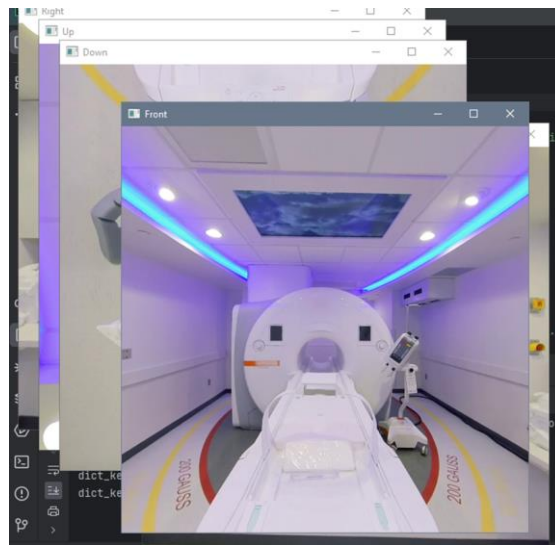


Рисунок 1.1 – Розбиття панорамного зображення у проекції

Певна кількість збережених зображень вручну анотуються у labelme для подальшого навчання нейронної мережі на цих даних, а саме – виділяються прилади, їх елементи, оточення (наприклад, вікно оператора), тощо (рис. 1.2). Кожна анотація до зображення зберігається у форматі json, які потім за допомогою labelme2soco об'єднуються в один файл даних для навчання.



Рисунок 1.2 – Анотація зображень в labelme

Отримавши необхідні зображення, дані для тренувань, застосовується Detectron2 – платформа для виявлення об'єктів та сегментації, яка реалізована в PyTorch. Detectron2 використовує CUDA (Compute Unified Device Architecture) для обчислень, таких як виявлення обмежувальної рамки, сегментація екземплярів, виявлення ключових точок, виявлення щільного розташування тощо.

У роботі він використовується наступним чином – до середовища завантажуються тестові та треновані зображення разом з даними, створеними за допомогою labelme. Кожне з зображень проходить обробку, до якої входять аналіз зображення нейронною мережею, використовуються власні дані. Спочатку створюється тренована модель, а після неї тестова. Коли усі зображення будуть завершені, тобто будуть мати необхідні дані, модель використовується за обробки відео, які мають такі ж самі елементи.

У роботі ми конвертували панорамне відео в кубемап, заанотували на отриманих зображеннях об'єкти для тренування нейронної моделі, використали detectron2 для тренування власної моделі, яку потім використали для аналізу відео. Результат – маємо анотоване відео з виділеними об'єктами, які студент зможе побачити та запам'ятати, а у подальшому – використати ці знання у майбутньому.

Таким чином розглянуто використання VR та AR технологій для засвоєння практичних навичок студентами спеціальності біомедична інженерія. Перспективою роботи є удосконалення методів дистанційного навчання, набуття студентами досвіду та навичок у роботі з медичним обладнанням у безпечному середовищі.

Список використаних джерел:

1. Marvaso, G.; Pepa, M.; Volpe S.; Mastroleo, F.; Zaffaroni, M.; Vincini, M.G.; Corrao, G.; Bergamaschi, L.; Mazzocco, K.; Pravettoni, G.; Orecchia, R.; Jereczek-Fossa, V.A. Virtual and Augmented Reality as a Novel Opportunity to Unleash the Power of Radiotherapy in the Digital Era: A Scoping Review. *Appl. Sci.* 2022, 12, 11308. <https://doi.org/10.3390/app122211308>

2. Бажан О. В. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії / О. В. Бажан, О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович // *Авіація, промисловість, суспільство*: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів . Кременчук, 2018. С. 184.

3. Трубочанінов Р. М. Сучасний стан розробки віртуальних лабораторій для дистанційної освіти / Р. М. Трубочанінов, М. Ю. Тимкович // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: зб. матеріалів 25-го Міжнар. молодіжного форуму. Харків, 2021. Т. 1. С. 171-172.*

СЕКЦІЯ 3

Фотоніка. Лазерна та оптоелектронна техніка

Керівник секції:

Доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри Фізичних основ електронної техніки
Курський Юрій Сергійович

Координатор секції:

Кандидат фізико-математичних наук,
Старший викладач кафедри Фізичних основ електронної техніки
Кухтін Сергій Михайлович

Тематичні напрямки:

Фізичні принципи фотоніки	Physical principles of photonics
Лазери та лазерні системи, оптоелектронні пристрої, у тому числі на базі фотонних кристалів	Lasers and laser systems, optoelectronic devices, including those based on photonic crystals
Елементна база оптичних комп'ютерів	Element base of optical computers
Розвиток принципів побудови тривимірних динамічних голограм	Development of the principles of construction of three-dimensional dynamic holograms
Розвиток оптичних систем з використанням НВЧ пристроїв	Development of optical systems using microwave devices
Квантова інформатика	Quantum informatics
Квантові принципи і прилади інформаційно-вимірювальних систем	Quantum principles and devices of information and measurement systems

УДК 621.373.826:539.122

МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОСТРУКТУРОВАНОГО ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА

Саєнко Є.О.

Науковий керівник – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки каф. ФОЕТ,
м. Харків, Україна

тел. +38 (063) 118-65-25, e-mail: yehor.saienko@nure.ua

Two-dimensional model of the microstructured optical waveguide has been developed in this work. Circular microstructured holes arranged in a circularly oriented setting around the core in this model. Perfectly matched layer is used as boundary condition on the outer part of the optical fiber. Spatial distributions of the electromagnetic field components have been obtained using numerical method of finite elements. Simulations results allow investigate the electromagnetic energy localisation efficiency within the microstructured optical fiber core.

Оптичні волокна відіграють ключову роль в сучасному світі, оскільки вони складають основу глобальних телекомунікаційних мереж, забезпечуючи швидкісну та надійну передачу даних на великі відстані з мінімальними втратами. Ця технологія використовує принцип повного внутрішнього відбиття для передачі світлових сигналів вздовж оптичних волоконних хвилеводів, дозволяючи передавати величезні обсяги інформації з високою швидкістю [1-2].

Крім телекомунікацій, оптичні волокна використовуються в медицині, зокрема в ендоскопії, де дозволяють висвітлювати внутрішні органи та передавати зображення назовні з високою роздільною здатністю, що сприяє точній діагностиці та виконанню мінімально інвазивних хірургічних втручань [3]. У промисловості оптичні волокна використовують для точного вимірювання температури, тиску, а також у виготовленні датчиків, які дозволяють контролювати структурну цілісність конструкцій. Оптичні волокна також знаходять застосування в різноманітних лазерних технологіях, хімічній та біологічній сенсориці тощо.

На цей час досліджуються різноманітні модифікації таких ліній передачі для покращення їх експлуатаційних характеристик. Наприклад, якщо створити правильну решітку повітряних отворів у оптичному волокні, то на додачу до повного внутрішнього відбиття реалізується додатковий механізм локалізації електромагнітної енергії через наявність фотонної забороненої зони для періодичної оболонки волоконного хвилеводу [4]. Такі оптичні волокна називаються мікроструктурованими волокнами або фотонно-кристалічними волокнами [5].

В роботі створено двовимірну модель мікроструктурованого оптичного волокна, що дозволяє аналізувати просторовий розподіл поля в перерізі такого хвилеводу. Розглянуто найпростіший варіант з одним кільцем

повітряних отворів (рис. 1).

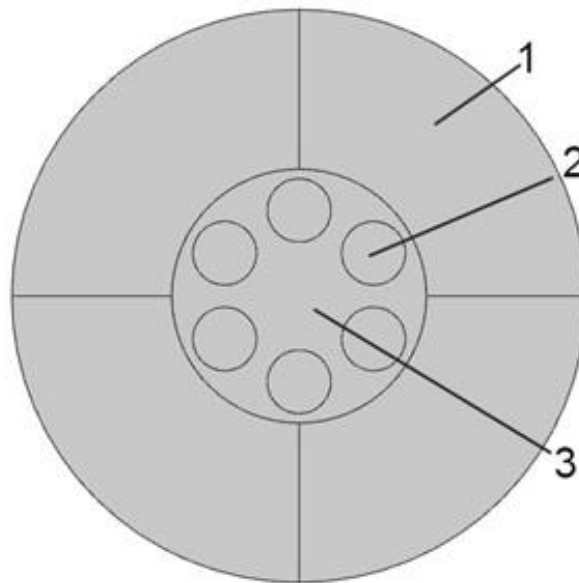


Рисунок 1. – Модель мікроструктурованого оптичного волокна:
1– поглинаючий шар, 2 – повітря, 3 – діелектрик

Проведені чисельні розрахунки просторового розподілу різних компонентів електромагнітного поля у поперечному перерізі мікроструктурованого оптичного волокна. Побудована модель дозволяє дослідити модовий склад такої лінії передачі (а також її модифікованих конфігурацій) та оцінити ефективність локалізації електромагнітної енергії у центральній частині хвилеводу.

Список використаних джерел:

1. Optical Fiber Technology and Applications / editors: Ferreira M. F. S., Paul M. S. 2021. 255 p.
2. Senior J. M. Optical Fiber Communications: Principles and Practice. 3rd edition. Pearson, 2008. 1128 p.
3. Froch J. E., Huang L., Tanguy Q. A .A. et al. Real time full-color imaging in a Meta-optical fiber endoscope. Official Journal of CIOMP, eLight. 2023. Vol. 3. P. 13.
4. Odarenko E. N., Sashkova Y. V., Shmat'ko A. A. Surface and Bulk Wave Modes of Two Dimensional Photonic Crystal Waveguide. Proc. of UkrCon'2019, July 2-6, 2019. Lviv, Ukraine, 2019. pp. 700–703.
5. Saitoh K., Koshiba. M. Numerical modeling of photonic crystal fibers. Journal of Lightwave Technology. 2005. Vol. 23, No. 11. P. 3588–3598.

УДК 621.373.826:539.122

МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОННО-КРИСТАЛІЧНОГО ХВИЛЕВОДУ

Кульбашник М.О.

Науковий керівник – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки каф. ФОЕТ,
м. Харків, Україна

e-mail: mykyta.kulbashnyk@nure.ua

The purpose of this work is to explain the principles and methodologies for numerical modeling of photonic crystal waveguides. It explores the fundamental properties, design considerations, and modeling techniques needed to understand and optimize the behavior of light in these nanostructured waveguides and different waveguide bends. Operation characteristics of the photonic crystal waveguide bend have been numerically calculated within the framework of two-dimensional model.

Фотонні кристали та структури на їхній основі є важливим об'єктом досліджень у сучасній оптиці та фотоніці. Вони відкривають нові можливості для створення різноманітних функціональних пристроїв завдяки унікальним фізичним властивостям [1-2].

Одним з базових пристроїв, що будуються на основі фотонних кристалів, є фотонно-кристалічні хвилеводи [3-5]. Вони мають численні переваги порівняно зі звичайними оптичними хвилеводами, такими, як діелектричні хвилеводи та різноманітні оптичні волокна. Зокрема, фотонно-кристалічні хвилеводи дозволяють реалізувати різкі вигини без значних втрат потужності сигналів. Це відкриває шлях до розробки компактних інтегрованих оптичних пристроїв.

Однак дослідження фотонно-кристалічних хвилеводів переважно проводиться чисельними методами через їхню доволі складну структуру та певні фізичні властивості. Тому важливою задачею є розробка достовірних моделей, які дозволять визначати експлуатаційні характеристики цих пристроїв. Розвиток таких моделей є ключовим для розуміння та оптимізації властивостей фотонно-кристалічних хвилеводів та для їхнього успішного впровадження в різноманітні застосування в області оптики та фотоніки.

У даній роботі розроблена двовимірною комп'ютерна модель фотонно-кристалічного хвилеводу з вигином. Структура оболонки хвилеводу складається з фотонного кристалу з квадратною коміркою періодичності. На рис. 1 представлена конфігурація структури, де показано напрямок подачі сигналу. Фотонний кристал складається з діелектричних циліндрів, розташованих у вакуумі.

Використовуваний пакет дозволяє створювати фотонні кристали з різноманітною конфігурацією, що дає можливість моделювати волноводні структури та визначати їхні властивості з урахуванням вигинів та неоднорідностей. Розроблена модель дозволяє отримувати основні

експлуатаційні характеристики різноманітних конфігурацій фотонно-кристалічних хвилеводів.

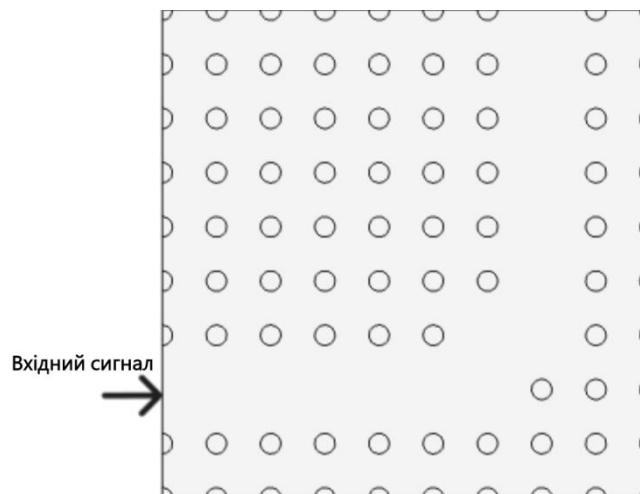


Рисунок 1. – Модель фотонно-кристалічного волноводу з вигином

Проведено чисельне моделювання проходження електромагнітної хвилі через вигин фотонно-кристалічного хвилеводу. Отримано просторовий розподіл поля та частотну залежність коефіцієнту проходження хвилі через вигин хвилеводу. Отримані результати демонструють можливість застосування таких конфігурацій для формування довільних вигинів каналів оптичних хвилеводів.

Чисельні розрахунки підтверджують можливість успішного використання різноманітних фотонно-кристалічних хвилеводних структур для створення різноманітних вигинів каналів без значних втрат енергії сигналу.

Список використаних джерел:

1. Johnson S. G., Joannopoulos J. D. Photonic crystals: The road from theory to practice. Springer Science & Business Media, 2002. 288 p.
2. Yablonovitch E. Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics. Physical Review Letters. 1987. Vol. 58, No 20. P. 2059–2062.
3. Notomi M. Manipulating light with strongly modulated photonic crystals. Reports on Progress in Physics. 2010. Vol. 73, No 9. P. 096501.
4. Odarenko E. N., Sashkova Y. V., Shmat'ko A. A. Surface and Bulk Wave Modes of Two Dimensional Photonic Crystal Waveguide. Proc. of UkrCon'2019, July 2-6, 2019. Lviv, Ukraine, 2019. pp. 700–703.
5. Joannopoulos J. D., Johnson S. G., Winn J. N., Meade R. D. Photonic crystals: Molding the flow of light. 2nd edition. Princeton University Press, 2008. 286 p.

ФОТОННО КРИСТАЛІЧНИЙ ХВИЛЕВІД З ГІРОТРОПНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Новицький В.В., Демиденко Є.Є.

Науковий керівник – д. ф.-м. н., проф. Одаренко Є.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки каф. ФОЕТ,
м. Харків, Україна

тел. +38 (093) 765-70-15, +38 (063) 763-26-82, e-mail:

vladyslav.novytskyi@nure.ua; yevhen.demydenko@nure.ua

This study investigates the influence of an external magnetic field on the dispersion properties and operational features of photonic-crystal waveguides composed of gyrotropic elements. Numerical simulations using the MEEP package for waveguide characterization and MIT Photonic Bands for analysis of the dispersion characteristics of the infinite photonic crystal reveal insights into the behavior of these structures under magnetic influence, elucidating fundamental principles for potential applications in photonics.

Магнітні фотонні кристали – це композиційні матеріали, які поєднують властивості традиційних фотонних кристалів із чутливими до магнітного поля елементами, що забезпечує унікальні оптичні та магнітооптичні властивості [1]. Ці матеріали демонструють низку явищ, таких як магнітооптичні ефекти Фарадея та Керра, які дозволяють маніпулювати світлом у присутності зовнішнього магнітного поля. Введення магнітних елементів у фотонні кристали також дозволяє контролювати поширення світла за допомогою таких методів, як налаштування забороненої зони або керування станом поляризації світла [2]. Розуміючи принципи, що лежать в основі магнітофотонних кристалів, і їх потенційне використання, дослідники можуть розробляти інноваційні пристрої для широкого спектру практичних застосувань у фотоніці та за її межами.

Фотонно-кристалічні хвилеводи є критично важливим компонентом інтегрованих фотонних схем, що забезпечує точний контроль над поширенням світла на нанорозмірному рівні. Ці хвилеводи обмежують і направляють світло через періодичні структури, які мають фотонні заборонені зони для певних довжин хвиль, забезпечуючи ефективне маніпулювання світлом і його передачу. Завдяки ретельній розробці геометрії та властивостей матеріалів цих структур, можна досягти оптичних властивостей, які можна налаштовувати, наприклад, низьких втрат, високого ступеню локалізації поля та контролю дисперсійних властивостей.

В даній роботі досліджується фотонно-кристалічний хвилевід, який складається з гіротропних елементів. Ці елементи характеризуються

тензорним характером магнітної проникності. Недіагональні елементи цього тензора є функціями зовнішнього магнітного поля.

На рис. 1 представлена схема фотонно кристалічного хвилеводу на основі двовимірної структури, яка складається з циліндрів, розташованих у вузлах решітки з трикутною коміркою. Хвилеводний канал сформовано шляхом видалення одного ряду циліндрів.

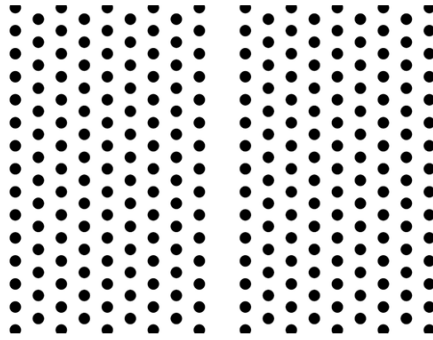


Рисунок 1. Схема двовимірного фотонно-кристалічного хвилеводу.

Для визначення характеристик фотонно-кристалічного хвилеводу використовувався пакет МЕЕР, що вільно розповсюджується [3]. Дисперсійні характеристики нескінченного фотонного кристалу розраховувалися за допомогою пакету MIT Photonic Bands [4].

На основі проведених чисельних розрахунків визначено основні закономірності впливу зовнішнього магнітного поля на дисперсійні властивості магнітофотонного кристалу та на експлуатаційні характеристики фотонно-кристалічного хвилеводу, що складається з гіротропних елементів.

Список використаних джерел:

1. Johnson S. G., Joannopoulos J. D. Photonic crystals: The road from theory to practice. Springer Science & Business Media, 2002. 288 p.
2. Yablonovitch E. Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics. Physical Review Letters. 1987. Vol. 58, No 20. P. 2059–2062.
3. Notomi M. Manipulating light with strongly modulated photonic crystals. Reports on Progress in Physics. 2010. Vol. 73, No 9. P. 096501.
4. Odarenko E. N., Sashkova Y. V., Shmat'ko A. A. Surface and Bulk Wave Modes of Two Dimensional Photonic Crystal Waveguide. Proc. of UkrCon'2019, July 2-6, 2019. Lviv, Ukraine, 2019. pp. 700–703.
5. Joannopoulos J. D., Johnson S. G., Winn J. N., Meade R. D. Photonic crystals: Molding the flow of light. 2nd edition. Princeton University Press, 2008. 286 p.

МОДЕЛЮВАННЯ БРЕГГІВСЬКОГО ХВИЛЕВОДУ З АНІЗОТРОПНИМИ ОБОЛОНКАМИ

Демиденко Є.Є., Новицький В.В.

Науковий керівник – д. ф.-м. н., проф. Одаренко Є.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки каф. ФОЕТ,
м. Харків, Україна

тел. +38 (093) 765-70-15, +38 (063) 763-26-82, e-mail:

yevhen.demydenko@nure.ua; vladyslav.novytskyi@nure.ua

Two-dimensional model of the Bragg reflection waveguide with anisotropic claddings has been considered in this work. Anisotropic media with the tensorial permittivity or permeability are used for layer formation in cladding period. Numerical calculation results show possibilities for the effective control of Bragg reflection waveguide electrodynamic characteristics by means of permittivity/permeability tensor components changing. Spatial distributions of the electromagnetic field components are obtained for different regimes of Bragg reflection waveguide.

Бреггівські відбивні хвилеводи — це тип оптичних хвилеводів, які використовують періодичні зміни показника заломлення в оболонці каналу, щоб обмежувати та направляти світло по певному шляху. Створюючи чергування шарів матеріалів з високим і низьким показником заломлення, ці хвилеводи дозволяють ефективно маніпулювати поширенням світла [1]. Ця технологія зазвичай використовується в інтегрованій оптиці для вбудованих фотонних пристроїв, таких як оптичні фільтри, лазери тощо [2]. Бреггівські відбивні хвилеводи забезпечують високоефективне утримання світла в каналі з мінімальними втратами, що робить їх зручними для застосувань, які вимагають точного контролю над напрямком і маніпулюванням світловими сигналами. Завдяки прогресу в технологіях виготовлення та матеріалах хвилеводи Брегга продовжують залишатися в авангарді технологічних інновацій у галузі фотоніки та телекомунікацій [3, 4].

Керування електродинамічними характеристиками Бреггівських хвилеводів є актуальною задачею сучасної фотоніки у зв'язку із їх широким застосуванням у різноманітних пристроях. Оскільки ці характеристики в основному визначаються властивостями оболонок хвилеводних каналів, то різноманітні модифікації цих багат шарових періодичних структур є об'єктом сучасних експериментальних та теоретичних досліджень.

В даній роботі досліджується один із варіантів такої модифікації, пов'язаний із використанням анізотропних матеріалів для формування одного із шарів оболонки Бреггівського хвилеводу. Слід відзначити, що в загальному випадку ці матеріали можуть бути також гіротропними, що

дозволить забезпечити керування характеристиками хвилеводу через зміну зовнішніх електричних або магнітних полів.

Побудована модель Бреггівського хвилеводу з анізотропними оболонками із застосуванням пакету COMSOL Multiphysics. Використовується модуль хвильової оптики. Для зменшення тривалості чисельних розрахунків використана двовимірна модель, схема якої представлена на рис. 1.

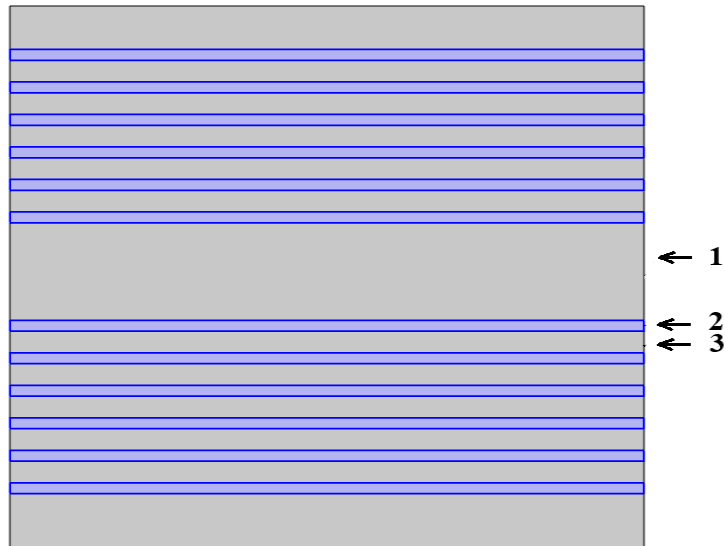


Рисунок 1. Структура Бреггівського хвилеводу: 1) хвилеводний канал, 2) анізотропний шар, 3) діелектричний шар.

Проведено чисельні розрахунки спектральних характеристик Бреггівського хвилеводу та просторового розподілу компонентів електромагнітного поля в структурі. Проаналізовано вплив параметрів періодичної багатошарової структури оболонки хвилеводу на його основні характеристики.

Список використаних джерел:

1. Yeh P., Yariv A. Bragg reflection waveguides. *Optics Communications*, 1976, Vol. 19, Issue 3, 427-430.

2. Bijlani, Bhavin J., and Amr S. Helmy. Bragg reflection waveguide diode lasers. *Optics Letters* 2009 Vol.34, No. 23. P. 3734.

3. Zhukovsky Sergei V., Lukas G. Helt, Payam Abolghasem, Dongpeng Kang, John E. Sipe, and Amr S. Helmy. Bragg reflection waveguides as integrated sources of entangled photon pairs. *Journal of the Optical Society of America*. 2012. Vol. 29, No. 9. P. 2516.

Sashkova Y.V., Odarenko E.M. The modified Bragg waveguide with additional layers. *Telecommunications and Radio Engineering*. 2018. Vol. 77, No. 6. P. 489-500.

ТЕХНОЛОГІЇ МАШИННОГО ЗОРУ НА ОСНОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є

Лук'янов Н.В.

Науковий керівник – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Курський Ю.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки каф. ФОЕТ.
м. Харків, Україна.

e-mail: nikita.lukianov@nure.ua

The key task of machine vision and artificial intelligence is the task of pattern recognition. One of the mathematical devices of machine vision is Fourier analysis. Its application to optical signals is fruitful due to the ability to correctly take into account the phase when describing optical oscillations in experimental setups with coherent light sources. As an example of a pattern recognition scheme based on the Fourier transform, the Van der Lugt filter is considered.

Технології машинного зору – галузь штучного технологій інтелекту, яка спрямована на надання роботозованим та транспортним засобам здатності сприймати, аналізувати та розуміти навколишнє середовище за допомогою камер та сенсорів, які працюють в різних електромагнітних діапазонах - від видимого до терагерцового. Процедура розпізнавання образів та прийняття рішень виконується або людиною, або штучним інтелектом.

Ключовим завданням машинного зору є розпізнавання образів, яке складається із наступних етапів: отримання зображення в режимі онлайн, попередня обробка зображення, виділення характерних ознак, процедура пошуку відповідних патернів [1].

В машинному зорі використовуються такі математичні апарати як: вейвлет-аналіз, фрактальний аналіз, кореляційний аналіз та Фур'є-аналіз. В доповіді розглядається Фур'є-аналіз. Перетворення Фур'є дозволяє здійснити перехід від часової області до частотної (так званий зворотний простір), в якій багато обчислювальних операцій виконуються принципово значно легше, а потім повернутися завдяки формулам звернення. Формула Фур'є- перетворення для аналізу частотних характеристик зображень має вигляд:

$$F(u, v) = \iint F(x, y) \cdot e^{-i 2\pi(ux + vy)} dx dy$$

де $F(u, v)$ – Фур'є-перетворення, $f(x, y)$ – вхідне двовимірне зображення, u та v – просторові частоти.

Застосування перетворень Фур'є для оптичних сигналів виявилось дуже плідним, завдяки можливості коректно враховувати фазу при описі оптичних коливань у експериментальних установках із когерентними джерелами світла. Для реалізації алгоритмів розпізнавання часто застосовують оптичні схеми, такі як фільтр Ван дер Люгта (рис. 1).

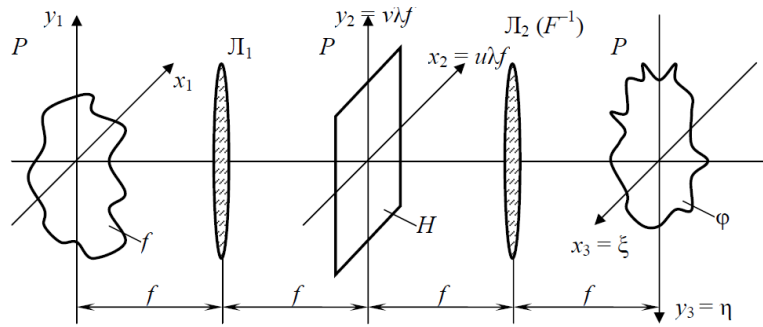


Рис. 1. Просторова фільтрація зображення за допомогою фільтра Ван дер Люгта.

Фільтр Ван дер Люгта ґрунтується на використанні голограм Фур'є для обробки оптичних зображень (рис. 2).

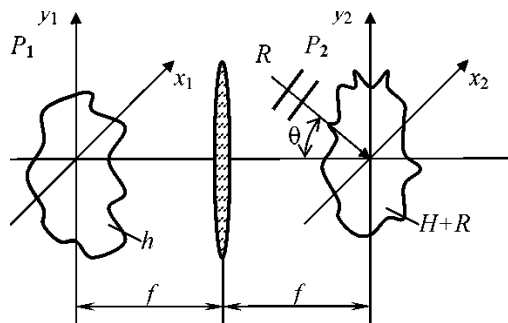


Рис. 2. Голографічний запис фільтра Ван дер Люгта.

Фільтр Ван дер Люгта використовує методику Фур'є-оптики, де застосовуються фільтри, засновані на перетвореннях Фур'є для виділення та аналізу різних просторових частот у зображенні. Цей підхід дозволяє фокусуватись на певних деталях зображення, використовуюючи голографічні принципи для обробки світла та створення кінцевого візуального ефекту [2, 3].

Технології машинного зору на основі перетворення Фур'є довели свою ефективність при розпізнаванні образів різноманітного походження.

Список використаних джерел

1. Liu, H., Evans, G. Real-time Object Detection in UAVs: Applications and Challenges. *Journal of Computer Science*, 2021, 18(2), 112–125.
2. Gonzalez, A., Bryant, M. Survey of Computer Vision Technologies for UAV-based Geospatial Mapping. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2016, 7(4), 78–92.
3. Kurskoy, Y.S., Hnatenko, O.S., Machekhin, Y.P., ...Orazalieva, S., Smailova, S. Optical system recognition via topological methods *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2020, 11581.

АЛФАВІТНИЙ СПИСОК

А		М	
Андрущенко М.А	95,105	Малихін О.С	85
Андрущенко Н. М.	39	Матвієнко Є. П.	25
Ануфрієв В.В	18	Місоченко С.Ю	108
Б		Н	
Бабиченко С.В	48	Новицький В.В.	121
Бойченко С.В	27	О	
Борозняк Д.С.	64	Озерський К.Л	79
Г		Олексієнко К. Р.	51
Гарькавенко П. О.	42	Оніщук Д.А.	12
Глухі М.А	37	П	
Головко В.Д	61	Пермякова Д. О.	59
Гоцуляк Є. С.	103	Перун П. М.	77
Грабіщенко Я.О.	44	Подворний В.Т.	10
Гусейнов А.Д.	8	Посохова К.А	113
Д		Пустовий А.С	82
Даценко І.Р	66	Пятайкіна М.І.	29,74
Демиденко Є.Є	123	Р	
Доценко М.В	15	Ришко С.А	57
Дудник О. В	23	Романчук В.С.	8
К		С	
Кальмов І.В	94	Саєнко Є.О.	118
Кондрат В.В	53	Семенченко Г. Е.	68
Коноваленко Д.О	88	Скиданенко Я. С	46
Костін Д.О	31	Смірнов Д.О.	5
Крамчанінов М.О.	97	Соколов А.А.	100
Кульбашник М.О	119	Сокольников А.О	110
Л		Столяров А.О	29
Лашко Е. І.	55	Т	
Левченко Є. В	34	Тітов К.Г.	8,12
Лук'янов Н.В	125	Ш, Щ	
Любацький А.В.	90	Шевченко М. Д	21
		Щербина О. А	72

ЗМІСТ

Електронні системи та технології, включаючи мікро- та наноелектронні.....	4
Біомедична інженерія.....	76
Фотоніка. Лазерна та оптоелектронна техніка.....	116
Алфавітний список.....	127
Зміст.....	128

«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ В ХХІ СТОЛІТТІ»

Матеріали 28-го Міжнародного молодіжного форуму

Відповідальні за випуск:

А.В. Васянович

Комп'ютерна верстка:

І.С. Бондаренко

Матеріали збірника публікуються в авторському варіанті
без редагування



Матеріали XXVIII Міжнародного
молодіжного форуму

«Радіоелектроніка та
молодь у XXI столітті»

Харківський національний
університет радіоелектроніки