

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з наукової роботи  
Національного університету  
«Львівська політехніка»  
Д.Т.Н. Проф. Іван ДЕМІДОВ



### **Висновок**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 Телекомунікації**

**Василя Мрака**

(Ім'я та прізвище Здобувача)

**міжкафедрального наукового семінару Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки**

#### **1. Актуальність теми дисертації**

Досягнення у сфері комп'ютерного зору не стоять на місці, так само, як і прогрес у цілому. До існуючих проблем додаються нові, які потребують також нових і ефективних рішень. Вони створюються для певної галузі та вирішення певних проблем, наприклад, глибоке навчання прийшло на зміну класичним методам комп'ютерного зору, бо була потреба у збільшенні якості завдання класифікації, на той час класичні методи вирішували її недостатньо якісно. Так само можна сказати і про завдання ідентифікації, а саме про детектування та розпізнавання облич. Проблема захисту майна, об'єкту або іншого ресурсу це нова й досі є актуальною. Для її вирішення застосовують різні комплекси заходів, засобів та систем безпеки. Розвитку останніх як раз сприяв розвиток комп'ютерного зору, бо набагато зручніше встановити відео камери, та у автоматичному режимі аналізувати що відбувається.

#### **2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри**

Тема дисертації відповідає науковим напрямку кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка» «Дослідження і моделювання цифрових та інформаційних технологій для підвищення ефективності каналів зв'язку» та «Розроблення методів стиску даних і передавання їх в телекомунікаційних мережах». Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідницької роботи «Розроблення інноваційних методів та засобів розгортання інтелектуальної інформаційної інфраструктури для подвійного використання в умовах цифрової трансформації України» (№

0123U100232, 2023-2025 pp.).

### **3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів**

Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи та наукових праць, що опубліковані автором, дозволяє стверджувати, що усі наукові та практичні результати отримані ним особисто і повною мірою опубліковані та апробовані. Мрак В. Б. розробив методи розпізнавання обличчя у системах відеоспостереження з використанням машинного навчання на основі алгоритму віднімання фону, показники оцінки ефективності при розробці інтелектуальних систем відеоспостереження, розробив модель системи розпізнавання обличчя для нерухомих систем відеоспостереження та метод оптимізації трафіку на основі алгоритму віднімання фону. Робота містить теоретичні та прикладні положення й висновки, сформульовані дисертантом особисто. Ідеї, положення чи гіпотези інших авторів, які присутні в дисертації, мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей та результатів здобувача.

### **4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій**

Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дозволяє зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повністю обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та інформацією з науково-технічної літератури, підтверджено характеристиками впроваджених систем.

### **5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру**

За результатами виконаних теоретичних та експериментальних досліджень розв'язано актуальне наукове завдання розроблення моделі розпізнавання обличчя, заснована на виявленні руху у системах відеоспостереження. При цьому отримано такі нові результати:

- вперше запропоновано модель розпізнавання обличчя, заснована на виявленні руху у системах відеоспостереження, який зосереджується не лише на етапах виявлення та розпізнавання обличчя, й включає виявлення рухомих об'єктів, що зменшує обсяг даних, які потрібно обробити. Цей підхід має низку переваг, такі як: зменшення обсягу даних, підвищення швидкості, зниження споживання енергії, універсальність, покращення продуктивності. Виявлення рухомих об'єктів дозволяє обробляти лише ті частини зображення, де відбуваються зміни, що значно зменшує обсяг даних, які потребують обробки;

- набув подальшого розвитку метод виявлення динамічних об'єктів на відео послідовностях, оснований на алгоритмі ViVe, який поєднує в собі вдосконалений ViBE, використовує кумулятивне середнє значення та механізм підрахунку пікселів для швидкого усунення привидів, і адаптивний ViBE, який обчислює адаптивний радіус залежно від зміни фону. Це дозволяє підвищити ефективність виявлення на 6,5% в порівнянні з оригінальним алгоритмом;

- запропоновано метод для оптимізації відеопотоків, знятих камерами відеоспостереження з обмеженим ресурсом, який використовує аналіз руху для передачі через телекомунікаційну мережу лише зміни в кадрі і реконструкції повного кадру на приймальній стороні, що дозволяє зменшити навантаження на

мережу до 30% в залежності від кількості рухомих об'єктів у кадрі.

## **6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації**

За результатами виконаних досліджень опубліковано 11 наукових праць, із них: 1– у науковому виданні іншої держави (1 колективна монографія), 8 статей – у наукових фахових виданнях України, 2– матеріали та тези конференції.

*Список опублікованих праць за темою дисертації:*

*Публікації, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Климаш М. М., Гордійчук-бублівська О. В., Мрак В. Б., Браницький А. В. Дослідження ефективності обробки великих даних в системах відеонагляду // Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. 2022. № 1 (01). С. 52–62. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2788-5518)

<https://doi.org/10.36994/2788-5518-2021-01-01-033>

*Особистий внесок здобувача: опрацювання результатів експериментальних досліджень, проведення аналізу даних в системах відеонагляду, обговорення одержаних результатів, підготовка статті до друку.*

2. Климаш М.М., Мрак В.Б., Гордійчук-Бублівська О.В., Дослідження методів виділення динамічних об'єктів у відеопослідовностях // Вісник «Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія», №1, С. 63-75, 2021

<https://doi.org/10.23939/ict2021.01.063>

*Особистий внесок здобувача: опрацювання результатів експериментальних досліджень виділення динамічних об'єктів у відеопослідовностях, обговорення одержаних результатів, підготовка статті до друку.*

3. Юнак О. М., Климаш М. М., Шпур О. М., Мрак В. Б. Математична модель розпізнавання фрактальних структур з використанням технології нейронних мереж // Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. 2023. Vol. 3, № 1. Р. 1–9. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2786-4553)

<https://doi.org/10.23939/ict2023.01.001>

*Особистий внесок здобувача: участь у дослідженнях розпізнавання фрактальних структур з використанням технології нейронних мереж, опрацювання результатів досліджень, обговорення одержаних результатів, підготовка статті до друку.*

4. Мрак В. Б. Методи розпізнавання обличчя у системах відеоспостереження з використанням машинного навчання // Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. 2023. Vol. 3, № 2. Р. 33–42. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2786-4553)

<https://doi.org/10.23939/ict2023.02.033>

*Особистий внесок здобувача: дослідження методів розпізнавання обличчя у системах відеоспостереження, інтерпретація результатів, написання статті.*

5. Мрак В. Б., Климаш М. М., Масюк А. Р., Колодій Т. Б. Методи та показники оцінки ефективності при розробці інтелектуальних систем відеоспостереження // Вчені записки Таврійського національного університету

імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. Т. 35 (74), № 1. С. 252–259. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2663-5941 E-ISSN 2663-595X)

<https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.1/38>

*Особистий внесок здобувача: опрацювання результатів оцінки ефективності при розробці інтелектуальних систем відеоспостереження, участь у інтерпретації результатів, написання статті.*

6. Мрак В. Б., Климаш М. М. Модель системи розпізнавання обличчя для нерухомих систем відеоспостереження // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2024. № 1. С. 68–73. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2219-9365)

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-9>

*Особистий внесок здобувача: системи розпізнавання обличчя для систем відеоспостереження, реалізація моделювання, написання статті.*

7. Мрак В. Б., Климаш М. М., Бабинець В. В. Удосконалення методу виявлення динамічних об'єктів у відео послідовностях // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2024. № 2. С. 195–204. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2219-9365)

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-22>

*Особистий внесок здобувача: дослідження удосконаленого методу виявлення динамічних об'єктів у відео послідовностях, обговорення одержаних результатів, підготовка статті до друку.*

8. Климаш М. М., Пиріг Ю. В., Сенік А. Д., Мрак В. Б. Дослідження контекстно-чутливого алгоритму моніторингу кібербезпеки на основі рекурентних нейронних мереж // Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. 2024. Vol. 4, № 1. Р. 1–9. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2786-4553)

<https://doi.org/10.23939/ict2024.01.001>

*Особистий внесок здобувача: аналіз результатів дослідження моніторингу кібербезпеки, інтерпретація результатів, написання статті.*

9. Zhuravel S., Klymash M., Shpur O., Mrak V. Reducing the impact of unstable connections among nodes of wireless IIoT clusters using machine learning methods // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2024. Vol. 1198 : Digital ecosystems: interconnecting advanced networks with AI applications. P. 144–159. (Наукове серійне видання Netherlands, ISSN: 1876-1100, E-ISSN: 1876-1119)

*Особистий внесок здобувача: дослідження даних в IIoT за допомогою методів машинного навчання, інтерпретація результатів, написання статті.*

*Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

1. “Алгоритми та методи виявлення динамічних об'єктів інтелектуальних систем відеоспостереження”, Мрак В. Б., V Міжнародна науково-практична конференція “Наукоємні технології в інфокомунікаціях” НІСТ'2023 1-3 червня 2023

<http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/18013/1/%D0%9D%D0%86%D0%A1%D0%A2%202023.pdf>

*Особистий внесок здобувача: опрацювання результатів досліджень методів виявлення динамічних об'єктів інтелектуальних систем*

мережу до 30% в залежності від кількості рухомих об'єктів у кадрі.

## **6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації**

За результатами виконаних досліджень опубліковано 11 наукових праць, із них: 1– у науковому виданні іншої держави (1 колективна монографія), 8 статей – у наукових фахових виданнях України, 2– матеріали та тези конференції.

*Список опублікованих праць за темою дисертації:*

*Публікації, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Климаш М. М., Гордійчук-бублівська О. В., Мрак В. Б., Браницький А. В. Дослідження ефективності обробки великих даних в системах відеонагляду // Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. 2022. № 1 (01). С. 52–62. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2788-5518)

<https://doi.org/10.36994/2788-5518-2021-01-01-033>

*Особистий внесок здобувача: опрацювання результатів експериментальних досліджень, проведення аналізу даних в системах відеонагляду, обговорення одержаних результатів, підготовка статті до друку.*

2. Климаш М.М., Мрак В.Б., Гордійчук-Бублівська О.В., Дослідження методів виділення динамічних об'єктів у відеопослідовностях // Вісник «Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія», №1, С. 63-75, 2021

<https://doi.org/10.23939/ictee2021.01.063>

*Особистий внесок здобувача: опрацювання результатів експериментальних досліджень виділення динамічних об'єктів у відеопослідовностях, обговорення одержаних результатів, підготовка статті до друку.*

3. Юнак О. М., Климаш М. М., Шпур О. М., Мрак В. Б. Математична модель розпізнавання фрактальних структур з використанням технології нейронних мереж // Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. 2023. Vol. 3, № 1. Р. 1–9. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2786-4553)

<https://doi.org/10.23939/ictee2023.01.001>

*Особистий внесок здобувача: участь у дослідженнях розпізнавання фрактальних структур з використанням технології нейронних мереж, опрацювання результатів досліджень, обговорення одержаних результатів, підготовка статті до друку.*

4. Мрак В. Б. Методи розпізнавання обличчя у системах відеоспостереження з використанням машинного навчання // Infocommunication Technologies and Electronic Engineering = Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. 2023. Vol. 3, № 2. Р. 33–42. (Належить до фахових видань України. технічні науки ISSN 2786-4553)

<https://doi.org/10.23939/ictee2023.02.033>

*Особистий внесок здобувача: дослідження методів розпізнавання обличчя у системах відеоспостереження, інтерпретація результатів, написання статті.*

5. Мрак В. Б., Климаш М. М., Масюк А. Р., Колодій Т. Б. Методи та показники оцінки ефективності при розробці інтелектуальних систем відеоспостереження // Вчені записки Таврійського національного університету

*відеоспостереження, аналіз та інтерпретація результатів, обговорення одержаних результатів, апробація матеріалів на конференції*

2. Intelligent IoT control system based on hand gesture recognition / D. Balazh, V. Mrak, A. Sydor, V. Andrushchak, B. Rusyn, T. Maksymyuk // Advanced information and communication technologies: proceedings of the 5th IEEE International conference (Lviv, Ukraine, November 21–25, 2023). 2023. P. 102–104.

<https://doi.org/10.1109/AICT61584.2023.10452708>

*Особистий внесок здобувача: опрацювання результатів досліджень аналізу даних в IoT, обговорення одержаних результатів, апробація матеріалів на конференції.*

У кожному розділі дисертації вказуються публікації, у яких відображено результати досліджень цього розділу. Опубліковані роботи відображають основні положення дисертації.

Аналіз їх змісту свідчить, що усі результати є повністю опубліковані та апробовані. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. Особисто здобувачеві належать такі наукові результати: проведено аналіз проблем та технологій впровадження систем відеоспостереження; вдосконалено алгоритм виявлення динамічних об'єктів на відео послідовностях, оснований на алгоритмі ViVe, який поєднує в собі вдосконалений ViVE, використовує кумулятивне середнє значення та механізм підрахунку пікселів; розроблено модель розпізнавання обличчя, заснована на виявленні руху у системах відеоспостереження, який зосереджується не лише на етапах виявлення та розпізнавання облич, й включає виявлення рухомих об'єктів, що зменшує обсяг даних, які потрібно обробити; запропоновано метод для оптимізації відеопотоків, знятих камерами відеоспостереження з обмеженим ресурсом, який використовує аналіз руху для передачі через телекомунікаційну мережу лише зміни в кадрі і реконструкції повного кадру на приймальній стороні; розроблено програмно-алгоритмічне забезпечення для виявлення обличчя в системах відеоспостереження, що засноване на основі запропонованої моделі, яке працює в режимі реального масштабу часу.

#### **7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо**

Результати дисертаційної роботи доповідались на конференціях: Наукоємкі технології в інфокомунікаціях : Міжнародна науково-практична конференція НІСТ (2023, Кам'янець-Подільський, Харків), International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) 2023. Також результати доповідались на семінарах кафедри телекомунікацій «Національного університету «Львівська політехніка». В опублікованих працях достатньо повно розкрито та апробовано основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виконані здобувачем особисто.

#### **8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати**

Впровадження результатів дисертаційної роботи полягає в їхньому використанні при викладанні навчальних дисциплін як окремих розділів лекційних курсів, так і в циклах лабораторних робіт. Зокрема, у навчальному процесі використовуються такі методи, запропоновані Мраком В. Б.:

- Моделі аналізу об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу (дисципліна «Програмні платформи інформаційно-комунікаційних систем» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», що навчаються за спеціальністю 126 *Інформаційні системи та технології*, з галузі знань 12 «Інформаційні технології»);

- Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах (дисципліна «Інтернет речей та повсюдний комп'ютинг» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», що навчаються за спеціальністю 172 *Електронні комунікації та радіотехніка*, з галузі знань 17 *Електроніка та телекомунікації*).

**9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані**

Запропоновані методи та моделі розроблено в межах виконання науково-дослідної роботи «Розроблення інноваційних методів та засобів розгортання інтелектуальної інформаційної інфраструктури для подвійного використання в умовах цифрової трансформації України» (№ 0123U100232), у роботі підприємств ВАТ «УКРТЕЛЕКОМ», ТзОВ «ГІГАЦЕНТР УКРАЇНА», ТзОВ «МАКСІТЕХ».

#### **10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення**

Зміст дисертаційної роботи «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» відповідає обраній темі, забезпечує досягнення поставленої мети та вирішення завдання дослідження, за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення про присудження ступеня доктора філософії»

**У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.**

**11. З урахуванням зазначеного, на міжкафедральному науковому семінарі Інституту телекомунікацій, радіотехніки та електронної техніки ухвалили:**

**11.1.** Дисертація Мрака Василя Богдановича «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання розроблення нових і вдосконалення існуючих методів, моделей та програмних засобів розпізнавання обличчя в системах відеоспостереження, що має важливе значення для галузі знань 17 *Електроніка та телекомунікації*.

**11.2.** Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

**11.3.** У 11 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 8 статей у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави.

**11.4.** Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від

12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

**11.5.** Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

**11.6.** З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Мрака Василя Богдановича дисертація «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

За	-	<u>тридцять чотири</u>
Проти	-	<u>немає</u>
утримались	-	<u>немає</u>

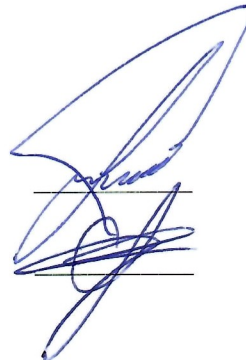
Головуючий на науковому семінарі кафедри телекомунікацій, професор д.т.н.,



Богдан РУСИН

Рецензенти:

д.т.н., доцент



Мар'ян КИРИК

к.т.н., доцент

Сергій  
ФАБІРОВСЬКИЙ

Відповідальний у ННІ за атестацію PhD, д.т.н., доцент



Микола БЕШЛЕЙ

" 22 " квітня 2024р.