

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету «Львівська політехніка»  
д.т.н., професору Теслюку Василю Миколайовичу

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО РЕЦЕНЗЕНТА**

к.т.н, доцента **Фабіровського Сергія Євгеновича** на дисертаційну роботу  
**Мрака Василя Богдановича** «Методи та засоби розпізнавання рухомих  
об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу»  
подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії,  
галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації», спеціальність 172  
«Телекомунікації та радіотехніка»

### **1. Актуальність теми**

Сучасний світ усе більше покладається на автоматизовані системи безпеки, які потребують ефективного та надійного розпізнавання рухомих об'єктів у реальному часі. Застосування відеоспостереження в громадських місцях, таких як аеропорти, вокзали та торгові центри, значно збільшило вимоги до швидкості та точності обробки даних. Класичні методи комп'ютерного зору виявилися недостатніми для ефективного вирішення цих завдань, оскільки вони не можуть забезпечити необхідний рівень точності та оперативності. Зокрема, для розпізнавання облич і аналізу поведінки людини потрібні більш складні алгоритми, здатні працювати в реальному часі без зниження якості аналізу. Інновації в галузі машинного навчання, зокрема глибоке навчання, дозволяють значно підвищити ефективність таких систем. Відтак, розробка нових технологій і методів розпізнавання рухомих об'єктів має ключове значення не лише для наукових досліджень, але й для практичного впровадження в різних сферах, що підтверджує актуальність теми дисертаційної роботи.

### **2. Аналіз змісту дисертації**

Дисертація є завершеною дослідницькою роботою, яка містить анотацію,

вступ, 4 розділи, висновки, список літератури та додатки.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано цілі та завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів, презентовано дані про апробацію та публікацію результатів дисертаційної роботи.

У **першому** розділі описано основні принципи функціонування як традиційних систем відеоспостереження, так і систем з інтегрованою відеоаналітикою. Було показано, що в умовах сучасного рівня розвитку технологій обробки даних, використання відеоспостереження лише для реєстрації подій вже не виправдовує себе.

**Другий** розділ присвячений запропонованому алгоритму віднімання фону для складних умов на основі ViBE. Він комбінує покращений ViBE з кумулятивним середнім значенням і підрахунком пікселів для швидкого видалення артефактів, а також адаптивний ViBE, який динамічно визначає радіус відповідно до зміни фону. Крім того, представлено алгоритм для стискання відео з камер, що мають обмежені ресурси, за допомогою аналізу руху для видалення зайвих пікселів і кадрів.

Було також розроблено метод розпізнавання облич, що ґрунтується на детектуванні рухомих об'єктів, що дозволяє зменшити обсяг оброблюваних даних, одночасно забезпечуючи ефективне виявлення та ідентифікацію облич.

**Третій** розділ описує експериментальне дослідження запропонованого алгоритму ViBE для складного фону, а також тестування моделей на стійкість до різних поворотів обличчя, зміни розміру та витрат часу на обробку. Моделі RetinaFaceResNet125, DSFD і RetinaFaceMobileNet0.25 продемонстрували високу точність ( $\geq 0,9$ ) при визначенні облич у межах поворотів  $[-45; 45]$ , що відповідає вимогам систем безпеки. Також було досліджено метод стискання відео для камер з обмеженими ресурсами та проведено порівняльний аналіз методів розпізнавання облич.

У **четвертому** розділі для створення програми було використано Python з бібліотеками OpenCV, TensorFlow і pickle. Це дозволило створити функціональні частини системи, що знижують навантаження на

телекомунікаційні мережі та підвищують точність розпізнавання й ідентифікації облич.

У **висновку** коротко підсумовано результати проведених досліджень, що розкривають відповіді на усі поставлені у роботі задачі та завдання та відповідають вимогам до наукових результатів дисертаційної роботи.

### **3. Наукова новизна отриманих результатів**

- вперше запропоновано модель розпізнавання обличчя, заснована на виявленні руху у системах відеоспостереження, який зосереджується не лише на етапах виявлення та розпізнавання облич, але включає виявлення рухомих об'єктів, що зменшує обсяг даних, які потрібно обробити. Цей підхід має ряд переваг, таких як: зменшення обсягу даних, підвищення швидкості прийняття рішення, 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 відеопослідовностях, оснований на алгоритмі ViBe, який поєднує в собі вдосконалений ViBE та використовує кумулятивне середнє значення та механізм підрахунку пікселів для швидкого усунення привидів, і адаптивний ViBE, який обчислює відповідний радіус залежно від зміни фону. Це дозволяє підвищити ефективність виявлення на 6,5% в порівнянні з відомим методами;
- 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.

### **4. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових результатів в**

## **опублікованих працях**

Оформлення дисертації відповідає усім вимогам. Зміст, структура та послідовність викладення результатів відповідають як темі роботи, так і – чинним вимогам МОН України. Дисертаційна робота написана державною мовою, матеріал викладено професійно, термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів досліджень, висновків і рекомендацій забезпечує їх нормальне сприйняття і використання. Тема роботи розкрита в 11 наукових працях, з них 8 статей у наукових фахових виданнях України; 1 стаття у наукових періодичних виданнях інших держав, що включені до наукометричних баз даних; 2 тези доповідей конференцій. Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес та при виконанні держбюджетних тем кафедри телекомунікацій Національного університету «Львівська політехніка», а також в роботу регіональних підприємств ВАТ «УКРТЕЛЕКОМ», ТЗОВ «ГІГАЦЕНТР УКРАЇНА», ТЗОВ «МАКСІТЕХ».

## **5. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації**

Зауваження до роботи:

- Результати експериментів щодо точності моделей, часу обробки та ефективності методів представлені загально. Важливо детальніше описати умови тестування, набір даних і методику порівняння.
- Доцільно було б пояснити, чому вибрані саме ці методи машинного навчання для задачі розпізнавання облич і як вони порівнюються з іншими альтернативами.
- Для розробленого власного методу стиснення, бракує порівняння з іншими методами стиснення, що використовуються в аналогічних системах.
- У розділі програмної реалізації не згадано про використання інших популярних бібліотек чи фреймворків для обробки зображень та відео, таких як Keras або PyTorch, які могли б покращити ефективність
- Практичне значення результатів бажано деталізувати, надавши більше інформації про конкретні сфери застосування розроблених методів та приклади їх впровадження.

- Існують проблеми стилістичного характеру та оформлення, наприклад, другий розділ переповнений графічним матеріалом, доцільні було б винести частину рисунків в додатки також в декількох літературних джерел пропущені сторінки або посилання тощо.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

## **6. Висновки**

Дисертаційна робота Мрака Василя Богдановича «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» є самостійним та цілісним науковим дослідженням, що містить достатню наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Зміст дисертаційної роботи «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» відповідає обраній темі та забезпечує досягнення поставленої мети, відповідає вимогам порядку присудження ступеня доктора філософії, тому Мрак Василь Богданович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 «телекомунікації та радіотехніка».

### **Рецензент:**

к.т.н, доцент

кафедри радіоелектронних пристроїв та систем, Національного університету «Львівська політехніка».



Сергій ФАБІРОВСЬКИЙ

### **«Підпис Фабіровського С. Є. засвідчую»:**

Вчений секретар

Національного університету «Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ

“18” 09 2024 р.