

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

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора Політанського Руслана Леонідовича  
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**  
з галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» та спеціальності  
172 «Телекомунікації та радіотехніка»

### **Актуальність теми**

Актуальність теми роботи зумовлена важливою науково-технічною проблемою, а саме - розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу. Досягнення у сфері комп'ютерного зору не стоять на місці, так само, як і прогрес у цілому. До існуючих проблем додаються нові, які, у свою чергу, потребують нових і ефективних рішень. Вони створюються для певної галузі та прикладної проблеми. Так, наприклад, глибоке навчання прийшло на зміну класичним методам комп'ютерного зору, оскільки виникла необхідність збільшити точність класифікації, і на той час класичні методи вирішували її не досить якісно. Так само можна сказати і про задачу ідентифікації, а саме про детектування та розпізнавання облич. Для її вирішення застосовують різні комплекси та системи безпеки. Розвитку останніх сприяло значне вдосконалення систем комп'ютерного зору, оскільки набагато зручніше встановити відеокамери, та у автоматичному режимі аналізувати процеси, що відбувається. Наприклад, схожий сценарій реалізований у аеропортах, для підтримки безпеки. Він аналізує потоки людей та ідентифікує їх за базами даних,

аналізує емоційний стан людини й багато інших характеристик. Тому розробка методів і засобів розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу є актуальною науково-практичною задачею.

### **Аналіз змісту дисертації**

Дисертація є завершеною дослідницькою роботою, яка містить анотацію, вступ, 4 розділи, висновки, список літератури та додатки. Логічна структура роботи визначається її метою та сформульованими науковими і практичними завданнями.

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 особливості побудови та функціонування як звичайних систем відеоспостереження, так і систем із застосуванням функцій відеоаналітики. Показано, що на сучасному етапі розвитку методів обробки інформації застосування систем відеоспостереження як засобу фіксації подій є недоцільним.

У **другому розділі** запропоновано ефективний алгоритм віднімання фону на основі ViBE для складного фону. Він поєднує в собі вдосконалений ViBE, який використовує кумулятивне середнє значення та механізм підрахунку пікселів для швидкого усунення привидів, і адаптивний ViBE, який обчислює відповідний йому радіус залежно від зміни фону.

Запропоновано алгоритм для стиснення відео, знятих камерами з обмеженим ресурсом, який використовує аналіз руху для видалення небажаних пікселів і кадрів зображення.

Запропоновано метод розпізнавання обличчя, що заснований на виявленні руху. Цей метод зосереджується не лише на етапах виявлення та розпізнавання облич, але включає виявлення рухомих об'єктів, що зменшує обсяг даних, які потрібно обробити.

У **третьому розділі** проведені дослідження створеного алгоритму віднімання фону на основі ViBE для складного фону. Здійснено експерименти щодо стійкості

моделей до повороту обличчя у різних площинах, зміни розміру обличчя, а також оцінено витрати часу. Найкращими моделями за параметрами обертання стали RetinaFaceResNet125, DSFD, RetinaFaceMobile Net0.25, які точно (точність  $\geq 0,9$ ) визначають обличчя із поворотами в діапазоні  $[-45; 45]$ , що є достатньою вимогою для використання у системах безпеки. Досліджено створений метод для стиснення відео, знятих камерами з обмеженим ресурсом, який використовує аналіз руху для видалення небажаних пікселів і кадрів зображення.

У четвертому розділі для створення застосунку були використані мови програмування Python разом з бібліотеками OpenCV, TensorFlow, Pickle. За їх допомоги були створені частини системи, які можуть зменшити навантаження на телекомунікаційну мережу та підвищити ефективність розпізнавання та ідентифікації облич.

У висновку описано результати проведених досліджень, які розкривають відповіді на усі поставлені у роботі задачі та завдання, і за своїм рівнем відповідають вимогам до наукових результатів дисертаційної роботи.

### **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 за відеопослідовностями, що оснований на алгоритмі ViVe, який поєднує в собі вдосконалений ViBE, використовує кумулятивне середнє значення, 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 динамічні 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.

### **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 загальноновизнаною, стиль викладення результатів досліджень, висновків і рекомендацій забезпечує їх нормальне сприйняття і використання.

Тема роботи розкрита в опублікованих 11 роботах, з них 8 – у наукових фахових виданнях за визначенням МОН України, 1 - проіндексовані у наукометричній базі Scopus. Здобувач є співавтором 2 доповідей на українських і міжнародних конференціях, у яких знайшли відображення його наукові напрацювання.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес, а також при виконанні науково-дослідної роботи кафедри «Телекомунікації» Національного університету «Львівська політехніка», у ВАТ «УКРТЕЛЕКОМ», ТЗОВ «ГІГАЦЕНТР УКРАЇНА», ТЗОВ „МАКСІТЕХ”.

### **1. Зауваження до дисертації**

- У першому розділі забагато загальновідомого матеріалу. Також було б добре

таблиці винести в додатки.

- У третьому розділі, окрім експертної оцінки для порівняння результатів, варто було б додати більше метрик, згідно яких оцінюється ефективність запропонованих методів.
- На рис.2.1, рис.2.2 є малоінформативними оскільки приведені у бінарному вигляді.
- Для підтверження достовірності результатів необхідно було збільшити кількість вибірки.
- Не проведені дослідження пов'язані з розфокусуванням зображень рухомих об'єктів.
- Для підтверження достовірності результатів необхідно було збільшити кількість вибірки
- Є окремі неточності в оформленні роботи та зустрічаються деякі граматичні помилки.

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

### **Висновки щодо дисертаційної роботи в цілому**

Дисертаційна робота Мрака Василя Богдановича «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» є завершеним та цілісним самостійним науковим дослідженням, містить достатню наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів із побудови математичних методів та програмних засобів розпізнавання та ідентифікації облич в системах відеонагляду, оптимізації відеопотоків. Зміст дисертаційної роботи «Методи та засоби розпізнавання рухомих об'єктів в телекомунікаційних системах в реальному масштабі часу» відповідає обраній темі, забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдань дослідження, відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення про присудження ступеня доктора філософії», а Мрак Василь Богданович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за

спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

**Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, професор,  
професор по кафедрі  
радіотехніки та інформаційної безпеки,  
Чернівецького національного  
університету  
ім. Юрія Федьковича



Руслан ПОЛІТАНСЬКИЙ

“13” вересня 2024 р.

