

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора, професора кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки факультету радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій Національного аерокосмічного університету «ХАІ»

Морозової Ольги Ігорівни

на дисертаційну роботу **Добришева Руслана Євгеновича**

на тему

«МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ВІЗУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ НАТОВПУ В СИСТЕМАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, галузь знань 12 – Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертації

Розвиток систем інтелектуального відеоспостереження є одним із ключових напрямів цифровізації міського середовища, транспорту та об'єктів критичної інфраструктури. Зростання кількості масових заходів, пасажиропотоків, посилення вимог до безпеки громадських просторів зумовлює потребу в автоматизованих інструментах аналізу поведінки натовпу.

Особливу складність становлять сцени з високою щільністю людей, де класичні підходи до виявлення й відстеження окремих осіб працюють ненадійно через зміну масштабу, шум та варіативність умов спостереження. У таких умовах акцент зміщується від аналізу окремих об'єктів до аналізу колективної динаміки й інтегральних характеристик натовпу (щільність, напрямки потоків, аномальна поведінка).

Дисертаційна робота Добришева Р. Є. спрямована на розв'язання актуальної науково-практичної задачі – ефективності аналізу натовпу в інтелектуальних системах відеоспостереження шляхом удосконалення моделей та методів оцінки щільності натовпу, сегментації потоків і виявлення аномалій. Тематика

дисертаційної роботи безпосередньо відповідає актуальним потребам систем громадської безпеки, «розумних» міст та відеоаналітики.

Отже, тема дисертаційної роботи є актуальною, а її вибір – цілком обґрунтованим.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

У роботі послідовно розглянуто низку пов'язаних задач: підвищення точності оцінки щільності натовпу, сегментації потоків у сценах з високою щільністю та виявлення аномальних ситуацій. Для цього здобувач застосовує:

– моделі глибинних згорткових нейронних мереж з урахуванням карти глибини сцени;

– формалізовані моделі траєкторій руху з урахуванням локальної щільності;

– ознаки, побудовані на орієнтованих міні-треках і часовій зайнятості сцени.

Здобувач проводить постановку задач на формальному рівні, вводить необхідні позначення, описує алгоритмічні структури та дає інтерпретацію отриманих характеристик. Висновки підтверджуються результатами експериментів на широковідомих відкритих наборах даних та порівнянням із сучасними методами, що підтверджує належний ступінь обґрунтованості наукових положень і рекомендацій.

3. Достовірність отриманих результатів

Достовірність результатів забезпечується:

– використанням публічних датасетів для підрахунку та аналізу натовпу;

– оцінюванням якості за ustalеними метриками (MAE, міра Жаккара, F-міра, AUC тощо);

– наявністю порівняння із базовими й сучасними моделями;

- узгодженістю результатів на різних наборах даних;
- наявністю впроваджень та актів про використання результатів досліджень у практичній діяльності підприємств та в навчальному процесі.

У сукупності це дозволяє вважати отримані результати достовірними.

4. Наукова новизна

За результатами виконаних досліджень здобувачем сформульовано й реалізовано низку рішень, що містять наукову новизну. До найсуттєвіших результатів, які виносяться на захист, належать такі наукові результати:

- *удосконалено* метод інтеграції інформації про геометричні ознаки сцени у глибокі нейронні мережі, які здійснюють оцінку щільності натовпу. Використання запропонованого методу дозволяє краще відображати реальні розміри об'єктів у просторі та підвищити достовірність оцінки щільності;

- *удосконалено* метод сегментації потоків натовпу з високою щільністю на основі кластеризації траєкторій з використанням методу активних контурів. Використання запропонованого методу дозволяє ефективно виділяти локальні патерни колективного руху та підвищити точність сегментації потоків натовпу у сценах з високою щільністю натовпу;

- *набула подальшого розвитку* модель представлення траєкторії руху в натовпі, що враховує комплексні ознаки руху. Використання даної моделі забезпечує більш точну і стійку сегментацію потоків натовпу;

- *удосконалено* метод виявлення аномальних ситуацій у сценах з натовпом високої щільності, що ґрунтується на аналізі ентропії напрямлених міні-треків, сформованих із просторово-часових точок інтересу та оцінки часового відхилення заповнюваності сцени. Використання запропонованого методу дозволяє збільшити чутливість систем візуального аналізу натовпу до нетипової поведінки людей в складних сценах, що дозволяє підвищити точність розпізнавання аномальних подій в сценах з високою щільністю натовпу.

Зазначені результати мають наукову новизну для спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» і розширюють наявні підходи до візуального аналізу натовпу в інтелектуальних відеосистемах.

5. Практичне значення

Практичне значення роботи полягає в можливості використання розроблених моделей і методів:

- у системах моніторингу та безпеки великих транспортних вузлів, ТРЦ, стадіонів;
- у підсистемах аналітики натовпу в межах комплексних рішень «розумного міста»;
- у програмному забезпеченні для автоматизованого контролю заповненості публічних просторів та попередження перевищення допустимої щільності натовпу;
- у навчальному процесі при підготовці фахівців з комп'ютерних наук та систем штучного інтелекту.

Наявність актів впровадження у діяльність підприємств та використання результатів у науково-освітньому середовищі підтверджує реальну прикладну цінність дисертаційної роботи.

6. Повнота викладу результатів у публікаціях та дотримання академічної доброчесності

Основні результати дисертаційної роботи висвітлені в достатній кількості публікацій, серед яких є статті у фахових виданнях, у тому числі таких, що індексуються міжнародними наукометричними базами, а також доповіді на міжнародних конференціях.

Публікації відображають основні положення дисертаційної роботи; простежується логічний зв'язок між опублікованими результатами та структурою дисертаційної роботи. Ознак порушення академічної доброчесності не виявлено.

7. Характеристика змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Структура роботи є логічною та відповідає заявленій темі.

У *вступі* аргументовано актуальність, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення роботи, наведено відомості про апробацію та публікації.

Перший розділ містить аналітичний огляд сучасних інтелектуальних систем відеоспостереження та підходів до аналізу натовпу. Систематизовано задачі візуального аналізу, окреслено їхні особливості та проблемні аспекти в умовах високої щільності людей, що створює підґрунтя для постановки задач дослідження.

У *другому розділі* розглянуто метод підвищення точності оцінки щільності натовпу, пов'язаний з інтеграцією карти глибини у структуру нейронної мережі. Описано математичний апарат, наведено схеми модулів, подано результати експериментів.

Третій розділ присвячено методам сегментації потоків та виявлення аномалій у натовпі. Запропоновано модель траєкторного представлення, методику формування міні-треків і побудову ознак, а також критерії виявлення аномальних ситуацій.

У *четвертому розділі* подано опис розробленої підсистеми візуального аналізу натовпу в складі системи інтелектуального відеоспостереження: наведено діаграми архітектури, структуру програмних компонентів, принципи взаємодії модулів.

П'ятий розділ містить результати експериментальних досліджень розроблених методів, їх кількісну оцінку та порівняння з відомими підходами. Проаналізовано отримані виграші за точністю та наведено приклади візуалізації результатів.

У *висновках* узагальнено результати роботи, показано досягнення поставленої мети та виконання завдань.

Загалом, зміст дисертаційної роботи є послідовним, логічно побудованим і достатньо повно відображає проведені дослідження.

8. Зауваження та побажання

Наведені нижче зауваження мають характер зауважень і побажань та не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

1. У першому розділі наведено широкий огляд робіт, однак класифікація підходів часом виглядає змішаною: в одному переліку наведено застарілі методи і сучасні глибинні моделі, іноді без чіткої вказівки на їх місце у загальній еволюції підходів. Було б доцільно жорсткіше структурувати огляд, наприклад, за ознаками «траєкторні/піксельні/щільні підходи», «класичні/глибинні моделі», аби легше було побачити позиціонування власних рішень автора.

2. Хоча здобувач використав відомі міжнародні датасети, у тексті лише стисло згадуються їхні особливості (тип сцени, середня щільність, умови зйомки). Для повнішого розуміння умов експериментів доцільно було б подати у вигляді окремої таблиці ключові характеристики датасетів (кількість сцен, діапазон щільності, тип камери, анотації тощо).

3. У роботі показано загальний виграш від використання модуля глибини, однак бракує розгорнутого аналізу, який саме внесок роблять окремі його компоненти (блок корекції, блок уваги тощо). Наявність такого аналізу дозволила б краще продемонструвати, за рахунок яких саме механізмів досягається покращення.

4. При аналізі результатів значно більше уваги приділено випадкам успішної роботи методів. Разом з тим лише частково згадуються ситуації, у яких якість знижується (наприклад, при різкій зміні ракурсу, відблисках, сильних дощових чи туманних умовах). Більш ґрунтовний аналіз типових помилок та причин їх виникнення був би корисним для потенційних користувачів системи.

5. В описі підсистеми переважно розглядається її робота як окремого програмного модуля. У той же час для практичних впроваджень важливо розуміти,

як саме результати аналізу натовпу інтегруються у більші системи – зокрема, чи передбачено механізми взаємодії з іншими підсистемами (керування трафіком, оповіщення, системи безпеки), та які вимоги ставляться до каналів передачі даних.

6. Робота стосується аналізу поведінки людей у публічних просторах, однак питання конфіденційності, обробки персональних даних і етичних аспектів майже не розглядаються (принаймні на рівні окремого підрозділу). Було б доцільно коротко окреслити, як архітектура системи сприяє зменшенню ризиків для приватності (наприклад, використання агрегованих характеристик натовпу замість ідентифікації особи).

7. У тексті зустрічаються поодинокі неточності у нумерації формул та рисунків, не завжди послідовно оформлено посилання на джерела та позначення на рисунках. Враховуючи високий загальний рівень змісту, варто було б ретельніше відредагувати остаточну версію рукопису.

Наведені зауваження не мають принципового характеру й можуть бути враховані автором у подальшій науковій роботі.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Добришева Руслана Євгеновича на тему «Моделі та методи візуального аналізу натовпу в системах інтелектуального відеоспостереження» є завершеною науково-кваліфікаційною працею, в якій вирішено актуальну науково-практичну задачу підвищення ефективності аналізу натовпу в інтелектуальних системах відеоспостереження шляхом удосконалення моделей та методів оцінки щільності натовпу, сегментації потоків і виявлення аномалій.

Зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки», галузі знань 12 – «Інформаційні технології», а сама робота – вимогам чинного Порядку присудження ступеня доктора філософії в Україні.

Враховуючи викладене, вважаю, що дисертаційна робота Добришева Руслана Євгеновича на тему «Моделі та методи візуального аналізу натовпу в системах

інтелектуального відеоспостереження» відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у ЗВО (наукових установах), затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами) та вимогам п.п. 5 – 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 №44 (зі змінами). Автор дисертаційної роботи – Добришев Руслан Євгенович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки, галузь знань 12 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор, професор
кафедри комп’ютерних систем, мереж і
кібербезпеки факультету радіоелектроніки,
комп’ютерних систем та інфокомунікацій
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Ольга МОРОЗОВА

_____ (підпис)

Підпис д.т.н., професора Морозової Ольги Ігорівни засвідчую

Учений секретар

Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Тетяна БОНДАРЄВА

_____ (підпис)

М.П. «____» _____ 20__ року