

Голові разової спеціалізованої вченої ради в
Національному університеті «Одеська Політехніка»,
доктору технічних наук, професору кафедри
комп'ютеризованих систем та програмних
технологій Навчально-наукового інституту
комп'ютерних систем
Олександру ФОМІНУ

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата технічних наук, доцента,
завідувачки кафедри прикладної математики та інформаційних технологій

Національного університету «Одеська політехніка»

Волкової Наталії Павлівни

на дисертаційну роботу здобувача

Добришева Руслана Євгеновича

«Моделі та методи візуального аналізу натовпу в системах інтелектуального
відеоспостереження»,

подану до захисту в разову спеціалізовану вчену раду

Національного університету «Одеська політехніка»

Міністерства освіти і науки України

на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

галузь знань 12 – Інформаційні технології

1. Загальна характеристика та актуальність теми

У рецензованій дисертаційній роботі розглянуто одну з ключових проблем сучасних інтелектуальних систем безпеки – автоматизований аналіз поведінки натовпу за відеоданими. Зростання кількості публічних просторів, транспортних вузлів та місць масового перебування людей вимагає впровадження рішень, які здатні не лише «записувати» відео, а й оперативно аналізувати динаміку натовпу: його щільність, напрямки руху, появу аномальних ситуацій.

Проблематика, зосереджена на сценах з високою щільністю людей, є особливо складною через оклюзії, перспективні спотворення, зміну масштабу та неоднорідність умов зйомки. Пропоноване в дисертації поєднання глибинних нейромережових моделей, карт глибини, траєкторного аналізу та методів виявлення аномалій відповідає сучасним тенденціям розвитку комп'ютерного зору й штучного інтелекту.

Таким чином, тема дисертаційної роботи здобувача є своєчасною, науково й практично актуальною та повністю відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

2. Структура й зміст дисертації

Дисертація має традиційну структуру: вступ, п'ять змістовних розділів, висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення, відомості про апробацію результатів.

Перший розділ містить аналітичний огляд сучасних систем інтелектуального відеоспостереження й підходів до аналізу натовпу. Виокремлено основні підзадачі – оцінка щільності, виявлення та відстеження об'єктів, аналіз потоків, виявлення аномалій, прогнозування. На основі огляду сформульовано постановку задач дослідження.

У другому розділі представлено метод удосконалення оцінки щільності натовпу із використанням карти глибини сцени. Описано структуру нейромережевої моделі, модуль інтеграції глибини, наведено результати експериментів на відомих датасетах.

Третій розділ присвячено сегментації потоків руху та виявленню аномальних ситуацій у натовпі. Запропоновано модель опису траєкторій, методику формування міні-треків, введено дескриптори, що поєднують локальну структуру руху та часову заповнюваність сцени.

У четвертому розділі описано побудовану підсистему візуального аналізу натовпу в складі системи інтелектуального відеоспостереження: наведено архітектурні схеми, моделі даних, принципи функціонування програмних модулів.

П'ятий розділ містить результати експериментальних досліджень: кількісне порівняння запропонованих методів з аналогами, аналіз виграшів у точності та стійкості, приклади візуалізації результатів.

Висновки узагальнюють результати дисертаційної роботи та засвідчують досягнення поставленої мети й виконання завдань.

В цілому, структура роботи є логічною й послідовною, зміст розділів відповідає заявленій темі.

3. Науковий рівень, новизна та теоретичне значення

Здобувач обґрунтовано виділяє низку результатів, які мають наукову новизну. Серед них:

- *удосконалено* метод інтеграції інформації про геометричні ознаки сцени у глибинні 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.

Сукупність цих результатів формує цілісну методологію візуального аналізу натовпу та може розглядатися як внесок у розвиток теорії й практики інтелектуального відеоспостереження.

4. Практичне значення роботи

Практична цінність одержаних результатів проявляється у:

- можливості підвищення точності підрахунку людей та оцінки щільності натовпу в складних міських сценах;
- покращенні сегментації потоків руху, що важливо для аналізу маршруту руху людей, виявлення конфліктних потоків;
- ранньому виявленні аномальних ситуацій, придатному для використання в системах безпеки на транспорті, в публічних просторах, на об'єктах критичної інфраструктури;
- впровадженні розроблених підходів у діяльність ІТ-компаній та використанні їх результатів у навчальному процесі університету.

Окремо слід відзначити реалізацію підсистеми візуального аналізу натовпу у вигляді програмного комплексу, що дозволяє інтегрувати результати роботи в сучасні програмні рішення.

5. Повнота публікацій та апробація результатів

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в достатній кількості наукових праць, включаючи статті у фахових виданнях і матеріали міжнародних конференцій.

За змістом публікацій простежується, що здобувач послідовно розвиває тематику дослідження, а результати, наведені в дисертації, пройшли апробацію в науковій спільноті. Рівень публікацій та їх відповідність темі дисертації можна визнати достатніми для присудження ступеня доктора філософії.

6. Зауваження та побажання

Наведені нижче зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи, мають переважно дискусійний та рекомендаційний характер:

1) співвідношення мети, завдань і назви роботи. Назва дисертації формулюється достатньо широко, тоді як у самій роботі основний акцент зроблено на трьох підзадачах: оцінка щільності, сегментація потоків, виявлення аномалій. Було б доречно у вступі й висновках більш чітко «зв'язати» формулювання мети та завдань з конкретними класами сцен і підзадачами, що реально досліджуються;

2) Систематизація огляду сучасних методів. У першому розділі наведено великий обсяг літератури, однак бракує компактної порівняльної таблиці, де були б систематизовані основні підходи (тип моделі, використані датасети, досягнута точність, обмеження). Така таблиця полегшила б позиціонування запропонованих рішень.

3) Вибір архітектури для задачі підрахунку. При описі методу інтеграції карти глибини в нейромережеву архітектуру акцент зроблено на модулі глибини, але порівняно мало обговорюється, чому обрано саме базову архітектуру типу SAWNet/CSRNet, а не, наприклад, сучасні трансформер-орієнтовані або гібридні моделі. Коротке обґрунтування такого вибору було б корисним.

4) Вплив якості трекінгу на сегментацію потоків. У третьому розділі модель сегментації потоків спирається на траєкторії, сформовані з оптичного потоку та міні-треків. Разом з тим, не до кінця проаналізовано, як помилки трекінгу (розриви, хибні злиття траєкторій) впливають на результат кластеризації та які існують шляхи їх компенсації.

5) Представлення інтерфейсу підсистеми для оператора. Опис підсистеми в четвертому розділі фокусується на архітектурі та внутрішніх модулях. Було б доцільно більше уваги приділити тому, як саме результати аналізу представляються оператору системи (формати попереджень, інтерфейс візуалізації, можливість інтерактивної взаємодії).

6) Узагальнюючі експериментальні результати. Хоча результати по кожній підзадачі наведено детально, бракує одного підпункту, де в компактній формі було б зведено разом основні числа покращення (по всіх датасетах і метриках) та коротко прокоментовано, у яких умовах запропоновані підходи дають найбільший ефект.

7) Редакційні та стилістичні зауваження. У тексті є окремі нерівномірності в оформленні рисунків і таблиць, не завжди послідовно використано англomовні терміни у підписах. Це потребує незначного редакційного доопрацювання.

Зазначені зауваження не впливають на загальний висновок про науковий рівень дисертації й можуть бути враховані автором у подальшій роботі.

7. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Добришева Руслана Євгеновича на тему «Моделі та методи візуального аналізу натовпу в системах інтелектуального відеоспостереження» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальну науково-практичну задачу підвищення ефективності систем аналізу натовпу шляхом удосконалення моделей оцінки щільності, сегментації потоків та виявлення аномальних ситуацій.

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 рецензент,
кандидат технічних наук, доцент,
завідувачка кафедри прикладної
математики та інформаційних технологій
Навчально-наукового інституту
комп’ютерних систем
Національного університету
«Одеська Політехніка»

(підпис)

Наталія ВОЛКОВА