

**Голові разової спеціалізованої вченої ради
в Національному університеті «Одеська політехніка»,
доктору технічних наук, професору
кафедри комп'ютеризованих систем та програмних технологій
Олександру ФОМІНУ**

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора технічних наук, професора,
професора кафедри інформаційних систем
Національного університету «Одеська політехніка»
Щербакової Галини Юріївни
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. Актуальність обраної теми дисертації

Сучасні мегаполіси, критично важливі транспортні вузли, великі торговельно-розважальні центри та інші місця масового скупчення людей вимагають постійного моніторингу стану громадської безпеки. Саме у таких умовах надзвичайно важливим є своєчасне виявлення небезпечної динаміки натовпу, аномальних ситуацій та підозрілої поведінки.

Класичні системи відеоспостереження, що лише фіксують відео, вже не відповідають сучасним вимогам масштабованості та оперативності аналізу; натомість потрібні інтелектуальні системи, здатні автоматично аналізувати відеопотоки та виявляти небезпеки в режимі, наближеному до реального часу.

У дисертації здобувача розглянуто комплексну науково-практичну задачу підвищення ефективності систем візуального аналізу натовпу через удосконалення моделей та методів:

- оцінки щільності натовпу з використанням інформації про глибину сцени;
- сегментації потоків руху в сценах з високою щільністю;
- виявлення аномальних ситуацій у натовпі.

Обрана тематика цілком вписується в пріоритетні напрями розвитку комп'ютерних наук, штучного інтелекту та інтелектуальних систем безпеки й є актуальною як з наукової точки зору (розвиток методів глибинного навчання та аналізу динамічних сцен), так і з прикладної (підвищення ефективності реальних систем відеоспостереження, що використовуються на транспорті, у міських просторах, на інфраструктурних об'єктах).

2. Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

У дисертаційній роботі використано сучасний математичний апарат комп'ютерного зору, глибинного навчання, статистичного аналізу та кластеризації траєкторій. Побудова та дослідження запропонованих моделей супроводжується коректними формальними постановками задач, описом архітектур нейронних мереж, формулюванням використовуваних метрик якості та характеристик алгоритмів.

Експериментальна частина ґрунтується на використанні відомих публічних наборів даних для задач підрахунку, сегментації та виявлення аномалій у натовпі, що забезпечує можливість коректного порівняння з методами-аналогами. Наводяться кількісні результати порівняння з сучасними підходами, зокрема демонструється зменшення середньої абсолютної похибки, підвищення міри

Жаккара, F-міри та площі під ROC-кривою у порівнянні з розглянутими прототипами.

Припущення, покладені в основу моделей, узгоджуються з сучасними поглядами в області комп'ютерного зору та інтелектуального відеоспостереження. Обґрунтованість висновків підсилюється результатами впровадження розроблених методів у промислових компаніях та в навчальному процесі університету. Загалом ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій слід визнати достатнім.

3. Наукова новизна одержаних результатів

У роботі вирішено важливу науково-практичну задачу підвищення ефективності систем візуального аналізу натовпу шляхом розробки та удосконалення моделей і методів оцінки щільності, сегментації руху та виявлення аномальних ситуацій у сценах з значною кількістю осіб. Основні результати, які виносяться на захист, мають ознаки наукової новизни та сформульовані у дисертації належним чином. До найсуттєвіших результатів, які виносяться на захист, належать такі наукові результати:

- *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 шаблони 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.

4. Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи висвітлено в 11 публікаціях здобувача, серед яких:

- 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, у тому числі одна – у фаховому виданні, індексованому в базі Scopus;
- 6 публікацій у працях і матеріалах міжнародних наукових і науково-практичних конференцій.

Публікації відображають усі ключові напрями дослідження:

- аналіз предметної області та задач візуального аналізу натовпу;
- підрахунок людей із урахуванням глибини сцени;
- сегментацію потоків у натовпі високої щільності;
- виявлення аномальних ситуацій у натовпі.

Аналіз складу співавторів і змісту публікацій свідчить про суттєвий особистий внесок здобувача у формулювання наукових ідей, розробку методів, постановку та проведення експериментальних досліджень.

Повнота відображення результатів у публікаціях є достатньою і відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

5. Значення роботи для науки та практики

З наукової точки зору дисертація розвиває сучасні підходи до аналізу динамічних сцен, поєднуючи глибинні моделі підрахунку щільності, траєкторний аналіз та методи виявлення аномалій в єдиний методологічний комплекс для задач візуального аналізу натовпу.

Запропоновані моделі можуть бути використані як основа для подальших досліджень у галузі інтелектуальних систем відеоспостереження, а також при розробці нейронних мереж з новою архітектурою, що враховують геометрію сцени та складну динаміку натовпу.

Практична цінність роботи підтверджується впровадженням результатів у діяльність ТОВ «Провектус ІТ» та ТОВ «СФ ІНВЕСТ», де розроблені методи використано в прототипах підсистем візуальної аналітики; а також застосуванням у навчальному процесі й науково-дослідній діяльності Національного університету «Одеська політехніка».

Розроблена підсистема візуального аналізу натовпу може бути інтегрована до існуючих платформ аналітики відео для підвищення ефективності моніторингу у місцях масового скупчення людей.

6. Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності

У процесі ознайомлення з дисертацією порушень академічної доброчесності не виявлено.

Цитати, запозичені результати та положення супроводжуються посиланнями на відповідні джерела, а викладені в роботі методи та експериментальні результати мають ознаки самостійного дослідження. Наявність публікацій у рецензованих наукових виданнях додатково свідчить про дотримання принципів академічної доброчесності.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Попри загалом високий науковий та методичний рівень роботи, окремі положення дисертації потребують додаткового уточнення або можуть стати підґрунтям для подальших досліджень:

1) у першому розділі, де подано розгорнутий огляд задач візуального аналізу натовпу, частина опису підходів до прогнозування натовпу виглядає дещо менш деталізованою порівняно з підрахунком та виявленням аномалій. Було б доцільно чіткіше відмежувати, які саме аспекти прогнозування залишаються поза межами даної роботи;

2) при описі методу інтеграції інформації про глибину сцени в нейромережеву модель підрахунку щільності натовпу бажано детальніше пояснити вплив похибок оцінки карти глибин на кінцеву точність оцінки щільності;

3) у розділі, присвяченому сегментації потоків натовпу на основі активних контурів і кластеризації траєкторій, корисним було б більш розгорнуто обґрунтувати вибір параметрів моделі активного контуру та чутливість результатів до цих параметрів;

4) при описі моделі представлення траєкторії основну увагу приділено набору ознак, однак питання обчислювальної складності та масштабованості моделі при можливому зростанні кількості траєкторій (наприклад, у сценах з дуже великою щільністю) корисним було б розглянути докладно;

5) у розділі, присвяченому виявленню аномалій, основний акцент зроблено на ентропійному аналізі спрямованих міні-треків та часовій заповнюваності сцени. Разом із тим, практично не розглянуто можливості комбінування цих дескрипторів з іншими видами ознак (семантичними, контекстними) у рамках мультимодального аналізу;

6) опис підсистеми візуального аналізу натовпу у складі системи відеоспостереження містить детальну структурну схему, однак могли б бути більш повно висвітлені вимоги до апаратних ресурсів та часові показники роботи підсистеми при обробці кількох відеопотоків;

7) у тексті дисертації зустрічаються окремі стилістичні та термінологічні неточності (зокрема, варіативність перекладу деяких англомовних термінів), що потребують редакційного доопрацювання.

Зазначені зауваження мають дискусійний характер і не зменшують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи, не впливаючи на її наукову та практичну цінність.

8. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Добришева Руслана Євгеновича «Моделі та методи візуального аналізу натовпу в системах інтелектуального відеоспостереження» є завершеним, цілісним науковим дослідженням, у якому:

- розв’язано важливу науково-практичну задачу підвищення ефективності систем візуального аналізу натовпу;
- отримано нові наукові результати щодо інтеграції геометричних ознак сцени у моделі підрахунку щільності натовпу, сегментації потоків руху та виявлення аномальних ситуацій у сценах з високою щільністю;
- продемонстровано ефективність запропонованих підходів на відомих еталонних наборах даних та підтверджено можливість їх практичного застосування у складі підсистем інтелектуального відеоспостереження;
- результати досліджень апробовано та відображено в опублікованих працях, що відповідає вимогам до здобуття ступеня доктора філософії.

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.

Доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інформаційних систем
Національного університету «Одеська
політехніка»

Галина ЩЕРБАКОВА