

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації Добришева Руслана Євгеновича на тему
«Моделі та методи візуального аналізу натовпу в системах інтелектуального
відеоспостереження»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки,
в галузі знань 12 Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Умови стрімкої урбанізації, зростання інтенсивності транспортних і пішохідних потоків та концентрації людей у публічних просторах (аеропорти, вокзали, стадіони, ТРЦ, площі) висувають підвищені вимоги до систем громадської безпеки.

Ручний моніторинг великої кількості відеокамер є малоефективним, тому актуальним стає створення інтелектуальних систем відеоспостереження, здатних автоматично оцінювати щільність людей, напрямки руху та виявляти небезпечні тенденції у поведінці натовпу в режимі, наближеному до реального часу.

Найскладнішими є сцени з високою щільністю людей, де через сильні оклюзії, перспективні спотворення, зміну масштабу та варіативні умови зйомки класичні методи комп'ютерного зору, орієнтовані на детектування та відстеження окремих об'єктів, не забезпечують необхідної точності й стійкості. Виникає суперечність між потребою практики у надійних засобах автоматизованого аналізу натовпу та обмеженими можливостями існуючих моделей і алгоритмів.

Актуальність дисертації зумовлена необхідністю подолання цієї суперечності шляхом розроблення та дослідження моделей і методів візуального аналізу натовпу, що поєднують глибинні нейромережеві підходи, інформацію про геометрію сцени та траєкторний аналіз руху.

Запропоновані рішення, орієнтовані на оцінювання щільності, сегментацію потоків та виявлення аномальної поведінки, спрямовані на підвищення

ефективності сучасних систем відеоспостереження і відповідають пріоритетним напрямкам розвитку комп'ютерних наук, штучного інтелекту та інтелектуальних систем безпеки.

2. Мета дисертаційного дослідження

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності систем візуального аналізу натовпу шляхом удосконалення моделей та методів оцінки щільності натовпу за рахунок використання інформації про глибину сцени та виявлення аномальних ситуацій у сценах з натовпом високої щільності за рахунок оцінки ентропії напрямлених міні-треків та часового відхилення заповнюваності сцени.

Для досягнення мети дослідження в дисертаційній роботі було поставлено та розв'язано наступні задачі:

- проведений аналіз основних проблем, обмежень та викликів, які виникають в процесі побудови систем візуального аналізу натовпу та намічені шляхи їх вирішення;
- удосконалений метод інтеграції інформації про геометричні ознаки сцени у глибинні нейронні мережі, які здійснюють оцінку щільності натовпу;
- удосконалений метод сегментації потоків натовпу з високою щільністю на основі кластеризації траєкторій з використанням методу активних контурів;
- удосконалена модель представлення траєкторії руху в натовпі, що враховує комплексні ознаки руху;
- удосконалений метод виявлення аномальних ситуацій у сценах з натовпом високої щільності;
- розроблені інструментальні засоби, що реалізують запропоновані рішення;
- проведено експериментальне дослідження отриманих теоретичних результатів.

Об'єкт досліджень – процеси візуального аналізу натовпу в системах інтелектуального відеоспостереження, що здійснюють автоматизовану обробку відеоданих з метою моніторингу поведінки людей у публічних просторах.

Предмет досліджень – моделі та методи візуального аналізу натовпу, зокрема алгоритми виявлення, класифікації та інтерпретації групової поведінки людей в умовах високої щільності, динамічної сцени та обмежених візуальних спостережень.

3. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Дисертаційну роботу виконано згідно тематичних планів НДР Національного університету «Одеська політехніка» за період 2024 – 2025 рр. в рамках держбюджетної теми № 237-177 – «Програмні системи машинного навчання та їх застосування в галузі інтелектуального аналізу даних».

4. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Основні наукові положення, висновки і рекомендації, що містяться в дисертації та виносяться на захист, отримано здобувачем особисто в період з 2024 по 2025 рік. У статті [1] та роботах [8] внесок здобувача полягає в проведенні аналізу предметної області, видів та задач візуального аналізу натовпу, у статтях [2, 5] та роботах [6, 9] – запропоновано метод інтеграції геометричних ознак сцени, зокрема карти глибини, до архітектур глибинних нейронних мереж, у статті [3] – аналіз предметної області, наукових робіт та сучасного стану вирішення задачі виявлення аномалій у сценах з натовпом, у статті [4] та роботах [7, 8, 10, 11] – запропонований метод метод сегментації потоків натовпу, модель представлення траєкторії руху в натовпі та метод виявлення аномальних ситуацій у сценах з натовпом високої щільності

5. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Достовірність результатів дисертаційної роботи Добришева Руслана Євгеновича підтверджується узгодженістю теоретичних положень, математичних моделей і експериментальних даних, отриманих у процесі дослідження. У роботі

застосовано коректний науковий апарат – методи глибинного навчання, статистичного аналізу, обробки відеопотоків і кластеризації траєкторій, що відповідають сучасному рівню розвитку комп'ютерного зору.

Розроблені моделі та методи протестовано на низці відомих відкритих наборів даних, що забезпечує можливість незалежної перевірки результатів і їх зіставлення з сучасними аналогами. Для оцінювання ефективності використано загальноприйняті кількісні метрики, які дозволяють об'єктивно порівнювати продуктивність різних підходів.

Обґрунтованість висновків забезпечена логічною послідовністю дослідження: від аналізу проблемної області – до формалізації задач, побудови математичних моделей, реалізації алгоритмів і підтвердження ефективності експериментами.

Позитивні результати впровадження розроблених методів у промислових компаніях і навчальному процесі університету додатково свідчать про достовірність і практичну придатність запропонованих рішень.

Отже, теоретичні положення, методи, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є науково обґрунтованими, внутрішньо узгодженими та підтвердженими експериментально.

6. Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності

У результаті аналізу змісту дисертаційної роботи порушень академічної доброчесності не встановлено. Текстові запозичення, використані ідеї, результати попередніх досліджень та формалізовані положення коректно оформлені й супроводжуються посиланнями на відповідні джерела. Перевірка не виявила ознак плагіату, неналежного цитування, прихованих або невиправданих запозичень.

Описані в дисертації методи, алгоритми та експериментальні дослідження мають характер самостійно виконаної наукової роботи та не дублюють відомих публікацій авторами інших дослідницьких колективів. Окремі теоретичні і практичні результати підтверджені публікаціями у рецензованих наукових

виданнях, що додатково засвідчує дотримання вимог академічної доброчесності, прозорості та наукової відповідальності.

Таким чином, дисертаційна робота відповідає етичним стандартам академічної спільноти, а її зміст не містить порушень, пов'язаних із плагіатом, фабрикацією чи фальсифікацією даних.

7. Ступінь новизни основних результатів дисертаційної роботи порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

У рамках виконаних досліджень отримано 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 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.

8. Наукове та практичне значення результатів дисертаційного дослідження

Наукове значення отриманих у дисертації результатів полягає у розвитку теоретичних засад візуального аналізу натовпу в умовах високої щільності людей. У роботі сформовано узгоджений підхід, що об'єднує моделі оцінювання щільності натовпу, сегментації потоків руху та виявлення аномальної поведінки, базований на поєднанні глибинних нейромережових архітектур, інформації про геометрію сцени та просторово-часових описів руху.

Запропоновано нові способи інтеграції карти глибини у структуру нейромережі, уточнено модель траєкторного представлення руху з урахуванням багатомасштабних характеристик, а також обґрунтовано використання ентропійних показників та часової заповнюваності як індикаторів дезорганізованої поведінки.

Таке поєднання моделей дозволяє формалізувати низку складних ефектів високощільних сцен (масштабно-перспективні деформації, локальні флуктуації руху) та розширює науковий апарат задач відеоаналітики натовпу.

Практичне значення результатів дослідження визначається можливістю їх безпосереднього застосування в інтелектуальних системах відеоспостереження, орієнтованих на аналіз поведінки людей у публічних просторах. У дисертації створено програмний прототип підсистеми аналізу натовпу, який реалізує запропоновані методи оцінювання щільності, сегментації потоків і виявлення аномальних ситуацій. Це забезпечує автоматизоване виявлення небезпечних змін динаміки натовпу, підвищує інформованість операторів ситуаційних центрів і скорочує час реагування у критичних ситуаціях.

Результати роботи впроваджено в діяльність низки підприємств, де вони використані у складі компонентів систем відеоаналітики, а також застосовано в навчальному процесі та науково-дослідній роботі університету. Розроблені в дисертаційній роботі моделі та методи отримали впровадження у діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «Провектус ІТ» та товариства з обмеженою відповідальністю «СФ ІНВЕСТ», а також знайшли відображення у

навчальному процесі та науково-дослідницькій діяльності Національного університету «Одеська політехніка».

9. Повнота опублікування результатів дисертаційного дослідження та особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих у співавторстві та зарахованих за темою дисертації

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 11 публікаціях з них: 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, з них 1 стаття у фаховому виданні України, яке індексується у наукометричній базі Scopus, 6 публікацій у працях і матеріалах наукових конференцій. 3 статті надруковано без співавторів.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1) Добришев Р. Є. Візуальний аналіз натовпу в сучасних системах інтелектуального відеоспостереження // Наука і техніка сьогодні (Серія «Техніка»), 2024, Vol. 37, № 9. Р. 639 – 651. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».*

<https://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/15110>

2) Dobryshev R. Y. & Maksymov M. V. “Accurate crowd counting for intelligent video surveillance systems”. Herald of Advanced Information Technology. 2024; Vol. 7, No. 3: 253–261. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».*

<https://hait.op.edu.ua/index.php/journal/article/view/20>

3) Dobryshev R. Y. “Anomaly detection in crowded scenes: technologies, challenges and opportunities”. Applied Aspects of Information Technology. 2024; Vol. 7, No. 3: 219–230. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».*

<https://aait.op.edu.ua/index.php/journal/article/view/252>

4) Добришев Р. Є. Виявлення аномалій в багатолюдних сценах // Наука і техніка сьогодні (Серія «Техніка»), 2025, Vol. 46, № 5. Р. 1437 – 1449. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».*

<https://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/24510>

5) Dobryshev R., Purish S., Lobachev M., Hodovychenko M. Crowd counting in intelligent video surveillance systems. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2025, №. 2, P. 132–142. Видання проіндексовано у базі даних Scopus (Q2).

<http://nti.khai.edu/ojs/index.php/reks/article/view/reks.2025.2.08>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

6) Добришев Р.Є., Лобачев М.В. Підрахунок людей у натовпі з урахуванням глибини сцени в задачах оцінки щільності // Proceedings of the 15th International Scientific Conference of students and young researchers «Modern Information Technology», MIT 2025, Odesa, Ukraine. May 15-16, 2025. С. 144–146.

https://drive.google.com/file/d/1zi1TabIH7iso1-SW__9ntZ_LG0glE4Wa/view?usp=drive_link

7) Добришев Р. Є. Інтелектуальне виявлення аномалій у натовпі: методи, проблеми та перспективи // The 7th International scientific and practical conference «Future of science: innovations and perspectives». SSPG Publish, Stockholm, Sweden, May 19 – 21, 2025. Pp. 172-176.

<https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/05/FUTURE-OF-SCIENCE-INNOVATIONS-AND-PERSPECTIVES-19-21.05.25.pdf>

8) Добришев Р. Є. Технології візуального аналізу натовпу в інтелектуальних системах відеоспостереження // Proceedings of The 20th International scientific and practical conference «Innovative scientific research: latest theories, modern methods and practices». International Science Group, Seville, Spain, May 20 – 23, 2025. Pp. 387-389.

<https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2025/05/INNOVATIVE-SCIENTIFIC-RESEARCH-LATEST-THEORIES-MODERN-METHODS-AND-PRACTICES.pdf>

9) Добришев Р. Є. Сучасні методи підрахунку людей у натовпі в системах інтелектуального відеоспостереження // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Science and Information Technologies in the Modern World». International Scientific Unity, Athens, Greece, May 21 – 23, 2025. Pp. 694 –698.

https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2025/05/Athens_Greece_21.05.25.pdf

10) Добришев Р. Є. Автоматизоване виявлення глобальних аномалій у динаміці натовпу // Proceedings of the 11th International scientific and practical conference «Scientific achievements of contemporary society». Cognum Publishing House. London, United Kingdom, May 29 – 31, 2025. Pp. 255–259.

<https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/05/SCIENTIFIC-ACHIEVEMENTS-OF-CONTEMPORARY-SOCIETY-29-31.05.25.pdf>

11) Добришев Р. Є. Сегментація потоків у високощільних натовпах за допомогою активного контуру та кластеризації траєкторій // Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Science and Economic Progress». International Scientific Unity, Vilnius, Lithuania, June 4 – 6, 2025. Pp. 510 – 513.

https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2025/06/Vilnius_Lithuania_4.06.25.pdf

10. Апробація результатів дисертаційної роботи

Апробація результатів дисертаційної роботи була проведена на наступних конференціях:

1) The 15th International Scientific Conference of students and young researchers «Modern Information Technology», MIT 2025, Odesa, Ukraine. May 15-16, 2025;

2) The 7th International scientific and practical conference «Future of science: innovations and perspectives», Stockholm, Sweden, May 19 – 21, 2025;

3) The 20th International scientific and practical conference «Innovative scientific research: latest theories, modern methods and practices», Seville, Spain, May 20 – 23, 2025;

4) The 2nd International Scientific and Practical Conference «Science and Information Technologies in the Modern World», Athens, Greece, May 21 – 23, 2025;

5) The 11th International scientific and practical conference «Scientific achievements of contemporary society», London, United Kingdom, May 29 – 31, 2025;

6) The 1st International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Science and Economic Progress», Vilnius, Lithuania, June 4 – 6 , 2025.

11. Відповідність дисертаційної роботи вимогам, що передбачено пунктами 6 і 7 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії»

В цілому, дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що відповідає вимогам спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

За актуальністю, науковою новизною, теоретичним, методичним та практичним значенням, обґрунтованістю одержаних результатів та оформленням, дисертаційна робота відповідає чинним вимогам Міністерства освіти і науки України, зокрема, п. п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами, а її автор, Добришев Руслан Євгенович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії у галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Головуючий на засіданні:

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри штучного інтелекту та
аналізу даних



Павло ТЕСЛЕНКО