

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення  
результатів дисертації Швандта Максима Альбертовича на тему «Моделі та  
методи детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у  
відеоданих»,  
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки,  
в галузі знань 12 – Інформаційні технології**

**1. Актуальність теми дисертаційної роботи** теми зумовлена тим, що у сучасних умовах зростає потреба в автоматизованих інструментах для точного детектування, трекінгу та аналізу поведінки об'єктів у відеоданих з контрольованих експериментальних середовищ, зокрема в біомедичних дослідженнях. Дослідження поведінки тварин, зокрема худоби, риб, та мишей, є важливим для розуміння їхніх реакцій на зміни у навколишньому середовищі. Зовнішні фактори, такі як температура, солоність, атмосферний тиск, магнітні бурі тощо, істотно впливають на фізіологічний стан і патерни поведінки тварин. Вивчення цих залежностей є актуальним для підвищення ефективності сільського господарства, забезпечення здоров'я тварин, збереження біорізноманіття та покращення систем екологічного моніторингу. Складність таких завдань полягає у наявності динамічного та шумного фону, часткових перекриттів, нестабільного освітлення та візуально подібних об'єктів. Зокрема, в лабораторних експериментах із тваринами, наприклад рибами або гризунами, ручний аналіз поведінки є трудомістким, суб'єктивним та складно масштабованим. Це вимагає створення моделей і методів автоматизації процесу детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих, де існуючі методи є чутливими до шуму і не надають достатньої точності детектування.

У цих умовах виникає потреба у вдосконаленні існуючих і розробці нових моделей, що поєднують переваги глибокого навчання, сегментаційних підходів і механізмів наскрізної ідентифікації без використання ручного маркування.

Тому розробка моделей та методів детектування і трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих є актуальною науково-технічною задачею, якій присвячено дослідження Швандта Максима Альбертовича.

## **2. Мета дисертаційного дослідження**

*Метою є підвищення якості та стійкості детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих за умов нестаціонарного фону, оклюзій, злиття та розділення об'єктів шляхом розробки моделей та методів для конвеєра обробки відеоданих.*

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

- провести аналіз класичних і сучасних нейромережових підходів до детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації для конвеєра обробки відеоданих лабораторних тварин, визначити проблеми і обмеження їх використання та намітити шляхи їх вирішення;
- удосконалити метод детектування лабораторних тварин у відеоданих за рахунок використання процедури сегментації з метою підвищення якості їх детектування за умов нестаціонарного фону;
- удосконалити метод суперпіксельної сегментації SLIC для підвищення якості локалізації лабораторних тварин у відеоданих за умов нестаціонарного фону та наявності артефактів;
- удосконалити нейромережову модель Mask R-CNN шляхом введення подвійної магістралі екстракції ознак із керованим SE-злиттям для підвищення якості детектування та сегментації лабораторних тварин у відеоданих за умов часткового перекриття, злиття та подальшого розділення об'єктів при збереженні прийнятної оперативності;
- розробити концептуальну модель наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих без використання ручного маркування Mask-TAUDL для формування векторів вбудовувань, асоціації треклетів та збереження ідентичності об'єктів протягом відеопослідовності;
- реалізувати інтегрований конвеєр детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих на основі розроблених моделей і методів, провести його експериментальне дослідження та апробацію.

**Об'єктом дослідження** є процеси автоматизованого детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих.

**Предметом дослідження** є моделі та методи детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих за умов нестаціонарного фону, оклюзій, злиття та розділення об'єктів.

### **3. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, науковими напрямками Університету та кафедри**

Дисертаційну роботу виконано у відповідності до пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні (Постанова Кабінету Міністрів України від 30.04.2024 р. № 476), згідно пп. 1.2.1.1, 1.2.1.4, 1.2.4.6 і 1.2.1.7 «Основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019–2023 роки» (постанова Президії НАН України від 30.01.2019 р. № 30) та також у відповідності до планів науково-дослідних робіт Національного університету «Одеська політехніка» при виконанні держбюджетної теми: НДР роботи № 264-73 – «Методи та технології моделювання і забезпечення якості складних програмних систем у динамічних середовищах» (№ держреєстрації 0125U003655). Дисертант приймав участь у виконанні вказаної тем як співвиконавець (довідка про впровадження результатів у НДР від 29.04.2026 р.).

### **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 2019 по 2025 рік. У роботах, виконаних у співавторстві, здобувачу особисто належать постановка та формалізація прикладної задачі відеоспостереження за лабораторними тваринами; обґрунтування вимог до базового детектора з урахуванням локального навчання та обмежень обчислювальної потужності обладнання; розробка методу детектування лабораторних тварин із використанням удосконаленого методу суперпіксельної сегментації SLIC і контекстної фільтрації [1-4, 7-10]; удосконалення нейромережевої моделі Mask R-CNN за рахунок введення подвійної магістралі екстракції ознак із

керованим SE-злиттям ( $B \rightarrow A$ ) [5, 11]; розробка концептуальної моделі наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих без використання ручного маркування Mask-TAUDL [6, 12]; проведення експериментальних досліджень, підбір метрикоцінювання та аналіз отриманих результатів.

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

При вирішенні поставлених у дисертаційній роботі задач обґрунтовано використання інструментарію математичного та імітаційного моделювання. Всі зазначені в роботі припущення при моделюванні є загальноприйнятими та підтверджуються узгодженістю з розробками в сфері комп'ютерних наук.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується даними експериментальних досліджень та практичними результатами.

#### **6. Ступінь новизни основних результатів дисертаційної роботи порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру полягає в наступному:**

- *удосконалено* метод суперпиксельної сегментації SLIC за рахунок використання багатопланового простору ознак, який базується на LAB-моделі зображення, враховує різницеве зображення та результати перевірки однорідності пікселів у локальному оточенні, що дозволило підвищити якість локалізації лабораторних тварин у відеоданих за умов нестаціонарного фону та наявності артефактів;
- *удосконалено* метод детектування лабораторних тварин у відеоданих шляхом використання методу суперпиксельної сегментації SLIC і контекстної фільтрації, що дозволило підвищити якість детектування лабораторних тварин за умов нестаціонарного фону;
- *удосконалено* нейромережеву модель Mask R-CNN за рахунок введення подвійної магістралі екстракції ознак із керованим SE-злиттям ( $B \rightarrow A$ ), що дозволило підвищити якість детектування та сегментації лабораторних тварин у відеоданих за умов часткових перекриттів, злиття та подальшого розділення об'єктів зі збереженням прийнятної оперативності;

- *вперше* запропоновано концептуальну модель наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих без використання ручного маркування Mask-TAUDL, яка інтегрує механізм отримання ознак на основі удосконаленої нейромережевої моделі Mask R-CNN із подвійною магістраллю екстракції ознак, масково-зважені ROI-ознаки та механізми асоціації треклетів без використання ручного маркування TAUDL, що забезпечує формування нормалізованих векторів вбудовувань і стабільне збереження ідентичності лабораторних тварин протягом відеопослідовності.

## **7. Наукове та практичне значення результатів дисертаційного дослідження**

Наведені в дисертації результати досліджень дозволяють зробити висновок про наукову та практичну значимість роботи, що підтверджується створенням прикладних рішень на основі розроблених моделей та методів детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації для конвеєра автоматизованої обробки відеоданих лабораторних тварин, придатного для використання у довготривалих спостереженнях за піддослідними лабораторними тваринами за умов нестаціонарного фону, оклюзій, злиття та розділення об'єктів. Результати наукових досліджень здобувача є практично значимими, а саме:

– удосконалені в роботі методи та моделі, а саме метод детектування лабораторних тварин у відеоданих шляхом використання методу суперпиксельної сегментації SLIC, удосконалений метод суперпиксельної сегментації SLIC, удосконалена нейромережева модель Mask R-CNN та розроблена концептуальна модель наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих без використання ручного маркування Mask-TAUDL дозволили підвищити якість детектування, локалізації та сегментації лабораторних тварин і забезпечити стабільність збереження їх ідентичності. Це напряду впливає на якість відновлення траєкторій рухів лабораторних тварин і подальше обчислення поведінкових метрик;

– на базі запропонованих моделей та методів розроблено спеціалізований застосунок на основі інтегрованого конвеєра детектування, трекінгу та наскрізної ідентифікації лабораторних тварин у відеоданих, який використовується у лабораторних

дослідженнях, що проводяться на базі біологічного факультету Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (акт про впровадження результатів від 01.05.2026 р.).

Дисертацію виконано згідно тематичних планів НДР Національного університету «Одеська політехніка» за період 2024 – 2025 рр. в рамках держбюджетної теми № 264-73 – «Методи та технології моделювання і забезпечення якості складних програмних систем у динамічних середовищах» (№ держреєстрації 0125U003655) (довідка про впровадження результатів у НДР від 29.04.2026 р.). Результати роботи впроваджено у навчальний процес Національного університету «Одеська політехніка» ) (довідка про впровадження результатів від 29.04.2026 р.) та Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (акт про впровадження результатів від 01.05.2026 р.).

#### **8. Повнота опублікування результатів дисертаційного дослідження та особистий внесок здобувачки до всіх наукових публікацій, опублікованих у співавторстві та зарахованих за темою дисертації**

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 13 публікаціях з них: 6 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б», 7 публікацій у працях і матеріалах міжнародних наукових конференцій (матеріали трьох з яких проіндексовано у наукометричній базі Scopus), та монографіях. 1 стаття надрукована без співавторів. Публікації охоплюють всі розділи дисертації та досить повно відображають зміст і результати досліджень, наведених в роботі.

#### **Список публікацій здобувача**

1. Мороз В.В., Швандт М.А. Дослідження руху та поведінки лабораторних тварин методами детектування і трекінгу об'єктів // Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Інформатика та моделювання». 2019. Вип. 13. № 1338. С. 66–76. DOI: 10.20998/2411-0558.2019.13.09. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».*

<https://pim.khpi.edu.ua/article/view/2411-0558.2019.13.09/179328>

2. Shvandt M. A., Moroz V. V. Overview of the detection and tracking methods of the lab animals // System Research & Information Technologies. 2022. No. 1. P. 124–148. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2022.1.10. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «А» (Scopus).*



<https://journal.iasa.kpi.ua/article/view/237497/255908>

3. Shvandt M. A., Moroz V. V. Overview of neural network object detection methods & models on the example of their use for lab animal observation // System Research & Information Technologies. 2025. No. 4. P. 71–103. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2025.4.05. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «А» (Scopus).*

<https://journal.iasa.kpi.ua/article/view/351422/338441>

4. Volkova N., Shvandt M. Segmentation-based approach for object detection // Proceedings of Odessa Polytechnic University. 2025. Issue 1(71). P. 145–156. DOI: 10.15276/opu.1.71.2025.17. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».*

<https://pratsi.op.edu.ua/index.php/pratsi/article/view/516/488>

5. Volkova N., Shvandt M. Modification of the Mask R-CNN architecture for image detection and segmentation // Informatics and Mathematical Methods in Simulation. 2025. Vol. 15, No. 4. P. 496–506. DOI: 10.15276/imms.v15.no4.496. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «Б».*

[https://immm.op.edu.ua/files/archive/n4\\_v15\\_2025/2025\\_4\(4\).pdf](https://immm.op.edu.ua/files/archive/n4_v15_2025/2025_4(4).pdf)

6. Volkova N. P., Shvandt M. A. Unsupervised re-identification architecture based on segmented tracklets for animal behavior analysis // Herald of Advanced Information Technology. 2025. Vol. 8, No. 4. P. 476–487. DOI: 10.15276/hait.08.2025.30. *Видання включено до переліку наукових фахових видань України, категорія «А» (Scopus).*

<https://hait.od.ua/index.php/journal/article/view/230/202>

7. Shvandt M., Moroz V. General approaches to lab animal detection and tracking // Problems of Informatics and Modeling (PIM-2021): Proceedings/Abstracts of the XXI International Scientific and Technical Conference (September 09–14, 2021, Karolino-Buhaz, Ukraine).

<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/c079ac2d-ba5c-467a-b2f3-55d4e921588d/content> (дата звернення: 15.12.2025)

8. Volkova N., Shvandt M. Image preprocessing algorithm for object detection & tracking // Information Control Systems and Technologies (ICST-ODESA 2024): Proceedings of the XII International Scientific-Practical Conference (September 23–25, 2024, Odesa). Odesa, 2024. P. 194–197.

<https://icst-conf.com/2024.pdf> (дата звернення: 15.12.2025)

9. Shvandt M., Volkova N. Extended background subtraction algorithm for object detection & tracking // Project, Program, Portfolio Management (P3M-2024): The Proceedings of the International Research Conference (December 06–07, 2024, Odesa, Ukraine). 2024. P. 73–76. DOI: 10.5281/zenodo.15165174.

*<https://zenodo.org/records/15165174> (дата звернення: 15.02.2026)*

10. Volkova N., Shvandt M. Segmentation-based extension for object detection // Modern Information Technology – 2025: Proceedings of the Fifteenth International Scientific Conference of Students and Young Scientists (May 15–16, 2025, Odesa, Ukraine). Odesa: Nauka i Tekhnika, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.15521809.

*<https://doi.org/10.5281/zenodo.15521809> (дата звернення: 15.02.2026)*

11. Volkova N., Shvandt M. Object detection network architecture for multichannel images // Information Control Systems and Technologies (ICST-ODESA 2025): Proceedings of the XIII International Scientific-Practical Conference. Liha-Pres (Lviv–Torun). 2025. P. 166–169. DOI: 10.36059/978-966-397-531-3.

*<https://icst-conf.com/2025.pdf> (дата звернення: 15.12.2025)*

12. Volkova N., Shvandt M. Improved approach to label-free identification using segmented tracklets for object behavior analysis // Informatics. Culture. Technique. 2025. No. 2. P. 279–282. DOI: 10.15276/ict.02.2025.42.

*<https://ict.od.ua/index.php/journal/en/article/view/53> (дата звернення: 15.12.2025)*

## **9. Апробація результатів дисертаційної роботи**

Основні положення і практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на таких конференціях:

- XXI Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатики і моделювання» (ПІМ-2021) (09-14 вересня 2021 р., Кароліно-Бугаз);
- XII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні управляючі системи і технології» (ІУСТ-Одеса-2024) (23-25 вересня 2024 р., м. Одеса);
- IX Міжнародна науково-практична конференція «Project, Program, Portfolio Management» (P3M-2024) (06-07 грудня 2024 р., м. Одеса);



- XV Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених «Сучасні інформаційні технології – 2025» (Modern Information Technology -2025) (15-16 травня 2025 р., м. Одеса);
- XIII International Scientific-Practical Conference «Information Control Systems and Technologies» (ICST-ODESA 2025) (м. Одеса, 2025 р.);
- XI Міжнародна наукова конференція «Інформатика. Культура. Техніка» (м. Одеса, 16-17 жовтня, 2025 р.).

**10. 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»**

З огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані в дисертації, сформульовану новизну, практичну цінність, повноту викладення в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що відповідає вимогам спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

За актуальністю, науковою новизною, теоретичним, методичним та практичним значення, обґрунтованістю одержаних результатів та оформленням, дисертаційна робота відповідає чинним вимогам Міністерства освіти і науки України, зокрема, п. п. 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», а її автор – Швандт Максим Альбертович – заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії у галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Головуючий на засіданні  
доктор технічних наук, професор,  
директорка інституту комп'ютерних систем  
Національного університету  
«Одеська політехніка»



Світлана АНТОЩУК