

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Лендьела Дмитра Павловича

на тему

«Моделі та методи фрагментного online аналізу відеопослідовності»

на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 Інформаційні технології

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

29 квітня 2026 року

1. Виконання освітньо-наукової програми. Здобувач ступеня доктора філософії, аспірант 4-го року денної форми навчання кафедри інформаційних управляючих систем та технологій ДВНЗ «Ужгородський національний університет» Лендьел Дмитро Павлович (надалі – Аспірант) в повному обсязі виконав індивідуальний навчальний план відповідно до освітньо-наукової програми аспірантури ДВНЗ «Ужгородський національний університет», що повністю відповідає вимогам Національної рамки кваліфікацій та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 № 261 (зі змінами).

За час навчання в аспірантурі Лендьел Д.П. згідно стандарту вищої освіти третього рівня (ступінь доктора філософії) галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, оволодів всіма компетентностями, а саме: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК01), здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК02), здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності (ЗК04); а також здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей (СК01), здатність застосовувати сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності (СК02), здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (СК03), здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти у галузі комп'ютерних наук та дотичні до неї міждисциплінарних проектах, демонструвати лідерство під час їх реалізації (СК04), здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті у сфері комп'ютерних наук (СК05) та здатність аналізувати та оцінювати сучасний стан і тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій (СК06).

2. Виконання індивідуального плану наукової роботи (наукова складова освітньо-наукової програми). Індивідуальний план наукової роботи для отримання ступеня доктора філософії аспіранта Лендьела Дмитра Павловича затверджений рішенням Вченої ради факультету інформаційних технологій ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (протокол № 4 від 28 листопада 2022 року).

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор, Машталір Сергій Володимирович.

Термін виконання роботи: 2022–2026 роки.

Аспірант послідовно виконав всі розділи затвердженого індивідуального плану наукової роботи, що було підтверджено проміжним, піврічним та річним звітуванням на засіданнях кафедри інформаційних управляючих систем та технологій факультету інформаційних ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

3. Актуальність теми дослідження. У сучасному світі, в якому відеодані присутні майже всюди: від соціальних мереж до спеціалізованих інтелектуальних систем відеоспостереження, спостерігається сталий приріст роздільної здатності кадрів і їхньої частоти оновлення. Висока деталізація відеоданих є запорукою ефективного застосування стійких алгоритмів, метою яких є обробка, аналіз, пошук об'єктів і їхня подальша ідентифікація. Сучасні підходи ефективно розв'язують багато задач, в тому числі для роботизованих систем виробництва, керування БПЛА, роботаксі. Ключовим викликом стає швидкість обробки відеоданих.

За таких умов методи онлайн-аналізу мають поєднувати високу інформативність із дотриманням жорстких часових обмежень на обробку кожного кадру (орієнтовно не більше ≈ 33 мс для 30 fps та $\approx 16,7$ мс для 60 fps).

Класичні піксельні та статистичні моделі фону (frame differencing, MOG, ViBe) створювалися в епоху значно менших розмірів кадру. За тих умов покадрове порівняння було прийнятним за продуктивністю. У сучасних відеоданих високої роздільної здатності такі операції стають суттєво ресурсоємними. Лінійне зростання кількості пікселів безпосередньо збільшує обсяг елементарних порівнянь і фільтрацій, а отже, зростає час обробки. Водночас ці моделі, попри конструктивну простоту, залишаються нестійкими до глобальних фотометричних зсувів і шумів.

Субпросторові підходи (eigenbackground, інкрементальний SVD) підвищують стійкість до глобальних варіацій, однак їхнє повнокадрове застосування є обчислювально затратним і практично несумісним із вимогами обробки в реальному часі для відео високої роздільної здатності.

На цьому тлі найбільш перспективними є методи, що ґрунтуються на фрагментації даних та унітарно інваріантних характеристиках локальних матриць. Вони дають змогу зменшувати розмірність без втрати структурної інформації та забезпечувати низьку затримку обробки на сучасних CPU/GPU.

Сучасні підходи, від аналізу в домені стиснення (енергія DCT-резидуалу, вектори руху) до глибинних архітектур (зокрема, Vision Transformer), підтверджують ефективність фрагментації вхідних даних як шляху до кращого співвідношення «інформативність-вартість». Втім, на сьогодні бракує єдиного обчислювально ефективного підходу, який би інтегрував сильні сторони

підпросторового аналізу (SVD) із локальною, фрагментною обробкою для стабільної онлайн-роботи.

Ця методологічна прогалина обґрунтовує необхідність розробки нової концепції, що дозволить ефективно зменшувати розмірність даних без втрати структурної інформації, забезпечуючи при цьому гарантовану швидкість обробки.

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделей і методів для підвищення точності та швидкодії онлайн-аналізу відеопослідовностей високої роздільної здатності шляхом розробки та впровадження фрагментно-матричної концепції, заснованої на використанні сингулярних мір (норми Кі Фана) як локальних дескрипторів.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання:

1. Провести аналіз еволюції методів обробки відеопослідовностей, ідентифікувати методологічну прогалину у використанні субпросторових методів для онлайн-аналізу та обґрунтувати необхідність фрагментно-матричної концепції.
2. Сформулювати фрагментно-матричну концепцію онлайн-аналізу відеоданих, математично обґрунтувати вибір норми Кі Фана як компактного та інформативного локального дескриптора та довести його масштабну стійкість до зміни роздільної здатності кадру.
3. Розробити та дослідити алгоритмічні рішення для застосування фрагментно-матричного аналізу до ключових прикладних задач: детекції руху, побудови траєкторії, виділення контуру рухомого об'єкта та класифікації стану сцени (стабільна/рухома камера, наявність/відсутність об'єкта).
4. Розробити модель і метод розмежування глобальної та локальної динаміки сцени на σ -карті із використанням еволюції найбільшої зв'язної компоненти (LCC) та на цій основі запропонувати підхід до оцінювання синтетичного відео. Визначити інформативні часові ознаки й протоколи валідації (ROC-AUC, F1) у порівнянні з реальними послідовностями.
5. Провести порівняльний аналіз чисельної достовірності та обчислювальної швидкості різних методів розрахунку сингулярного розкладу (повний SVD, ітераційні, рандомізовані методи) для визначення оптимального підходу, здатного забезпечити обмеження реального часу (<33 мс/кадр).

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процеси онлайн-аналізу та обробки відеопослідовностей, які вимагають швидкого вилучення ознак і прийняття рішень за умов суворих часових обмежень.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є моделі, методи та алгоритми фрагментно-матричної концепції, заснованої на сингулярному розкладі локальних матриць інтенсивностей (норми Кі Фана) для підвищення швидкодії онлайн-аналізу відеоданих.

Методи дослідження. Теоретичну та методологічну основу роботи складають:

1. Методи цифрової обробки зображень та комп'ютерного зору: для аналізу часової динаміки, просторової кореляції та сегментації об'єктів у відеопослідовностях.

2. Матричний аналіз та лінійна алгебра: теорія сингулярного розкладу (SVD), норми Кі Фана, Фробеніусової та спектральної норми для формалізації локальних дескрипторів та їхніх властивостей.

3. Теорія ітераційних та чисельних методів: для порівняльного аналізу та оптимізації обчислення часткового SVD (Степенева ітерація, метод Ланцоша, рандомізовані алгоритми) з метою дотримання обмежень онлайн-режиму.

4. Графові методи та аналіз зв'язності: побудова графа суміжності фрагментів (4/8-суміжність), виділення зв'язних компонент і аналіз еволюції найбільшої зв'язної компоненти (LCC) у часі для агрегування активних фрагментів.

5. Математична статистика: для розробки адаптивних критеріїв виявлення змін (наприклад, на основі Z-оцінки) та обробки часових рядів σ -карти.

4. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрямок досліджень пов'язаний із виконанням автором науково-дослідних робіт кафедри інформаційних управляючих систем та технологій ДНВЗ «Ужгородського національного університету» «Динамічні підходи для обробки великих масивів даних» (державний реєстраційний номер 0122U200106).

5. Особистий внесок дисертанта в отриманні наукових результатів та їх новизна. Наукові положення і результати, що представлені в дисертаційній роботі, отримані аспірантом особисто. Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше запропоновано модель фрагментно-матричного подання відеопослідовностей, яка базується на схемі трансформації прямокутного кадру довільного формату у квадратну матрицю фрагментів. Це дозволяє уніфікувати вхідні дані для застосування класичних стандартних алгоритмів матричного аналізу. У межах моделі обґрунтовано використання локальної норми Кі Фана як компактного дескриптора, що поєднує інформативність субпросторових методів (PCA/SVD) з обчислювальною ефективністю. Доведено масштабну стійкість часових профілів норми Кі Фана до зміни роздільної здатності кадру.

2. Вперше запропоновано модель структурної агрегації активних фрагментів та відповідний метод їх об'єднання на основі еволюції найбільшої зв'язної компоненти (LCC) на σ -карті. Така модель LCC-динаміки забезпечує вилучення високорівневих структурних ознак і підтримує методи аналізу траєкторій та класифікації синтетичного відео.

3. Вперше запропоновано та обґрунтовано використання методу степеневої ітерації (Power SVD) як оптимального підходу для онлайн-обробки великих фрагментів (10x10 фрагментів на кадр) у системах детекції руху, оскільки він забезпечує необхідну точність і при цьому його обчислювальна вартість укладається у часові обмеження 30 кадрів/с.

4. Набули подальшого розвитку методи виявлення руху та структурного аналізу об'єктів (контуру) на основі адаптивної Z-оцінки коливань локальних сингулярних мір (σ -карт), що забезпечує стійкість до повільних фотометричних змін та дозволяє інтегровано вирішувати задачі детекції, трекінгу та виділення контуру в єдиному методологічному просторі.

6. Наукове та практичне значення дисертаційної роботи. Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці та обґрунтуванні обчислювально ефективного інструментарію, придатного для впровадження у високошвидкісні системи обробки відеоданих:

1. Розроблені методики онлайн-аналізу можуть бути використані у системах інтелектуального відеоспостереження та роботизованих платформах для швидкого виявлення аномалій та відстеження об'єктів у режимі реального часу.

2. Обґрунтування застосування ступеневої ітерації для грубої сітки (детекція руху) та ідентифікація обмежень CPU для деталізованого контурного аналізу надають чіткі інженерні рекомендації для розробки гібридних систем, що комбінують CPU-обробку (для швидкого фільтра) та GPU-прискорення (для детального аналізу).

3. Результати можуть бути впроваджені як обчислювально ощадливий модуль попереднього аналізу в системах, що використовують глибинне навчання, дозволяючи скоротити кількість кадрів для повного нейромережевого аналізу та підвищити загальну швидкість реакції системи.

Результати дисертаційної роботи були апробовані і впроваджені у ТОВ "КЕНФЛАЙ" (акт впровадження від 10.10.2025); ТОВ "ТМД-ТЕХ" (акт впровадження від 23.09.2025); в освітній процес Ужгородського національного університету (акт впровадження від 03.10.2025).

7. Відповідність змісту дисертації спеціальності, з якої вона подається до захисту. За своїм фаховим спрямуванням, актуальністю, рівнем наукової новизни, обсягом виконаних досліджень, достовірністю одержаних висновків та практичною цінністю дисертаційна робота Лендьела Дмитра Павловича «Моделі та методи фрагментного online аналізу відеопослідовності» повністю відповідає Стандарту вищої освіти третього рівня (ступінь доктора філософії) галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки (Затверджено та введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 28.04.2022 р. № 39).

8. Оцінка структури, мови та стилю дисертації Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Мова і стиль дисертаційної роботи відповідають існуючим вимогам щодо викладення науково-технічного тексту, роботу достатньо проілюстровано. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022р. № 44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

9. Зауваження та рекомендації. В ході написання дисертаційної роботи Аспірантом були враховано абсолютно усі зауваження та рекомендації надані науково-педагогічними працівниками кафедри інформаційних управляючих систем та технологій ДВНЗ «Ужгородський національний університет» в процесі попередніх обговорень роботи під час проміжних, піврічних та річних звітів Аспіранта на засіданнях кафедри. Відмічені зауваження та побажання носять суто рекомендаційно-консультативний характер і в жодній мірі не впливають на

загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, а також не зменшують рівнів її наукової новизни та практичної значимості, і відтак не є перешкодою для її подання в разову спеціалізовану вчену раду для офіційного захисту.

10. Відповідність дисертації вимогам, передбаченим Наказом Міністерства освіти і Науки України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» № 40 від 12.01.2017р. (зі змінами та доповненнями)
Дисертаційна робота Лендьела Дмитра Павловича на тему «Моделі та методи фрагментного online аналізу відеопослідовності» повністю відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і Науки України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» № 40 від 12.01.2017 р. (зі змінами та доповненнями).

11. Повнота викладання матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором..

Наукові положення і результати, що представлені в дисертаційній роботі, отримані аспірантом особисто.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Mashtalir S.V., Lendel D.P. Video fragment processing by Ky Fan norm. Applied Aspects of Information Technology. 2024; 7(1): 59–68.
DOI: 10.15276/aait.07.2024.5
URL: <https://aait.od.ua/index.php/journal/article/view/143/143>
ISSN: 2663-7723

(Наукове фахове видання України категорія Б)

(Здобувачу належить провідна роль на всіх етапах дослідження: опрацювання, систематизація, інтерпретація результатів та підготовка публікації. Вклад здобувача складає 75%)

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Video stream fragmentation; Ky Fan norm; Singular value decomposition

2. Mashtalir S.V., Lendel D.P. Moving object shape detection by fragment processing. Herald of Advanced Information Technology. 2024; 7(4): 414–423.
DOI: 10.15276/hait.07.2024.30
URL: <https://hait.od.ua/index.php/journal/article/view/15/15>
ISSN: 2663-7731

(Наукове фахове видання України категорія А, Scopus)

(Здобувачу належить провідна роль на всіх етапах дослідження: опрацювання, систематизація, інтерпретація результатів та підготовка публікації. Вклад здобувача складає 75%)

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Video stream fragmentation; Ky Fan norm; singular value decomposition; object detection; object shapes; data analysis, video processing

3. Mashtalir S.V., Lendel D.P. Drone Video Processing by Fragment Analysis. Системні технології. 2025; 2 (157): 3-11
DOI: 10.34185/1562-9945-2-157-2025-01
URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/1960>
ISSN: 2707-7977

(Наукове фахове видання України категорія Б)

(Здобувачу належить провідна роль на всіх етапах дослідження: опрацювання, систематизація, інтерпретація результатів та підготовка публікації. Вклад здобувача складає 75%)

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Video stream fragmentation; Ky Fan norm; Singular value decomposition; Drones, Object detection; Moving camera; Data Analysis, Video processing

4. Mashtalir S.V., Lendel D.P. AI-Generated video evaluation by fragment processing. Herald of Advanced Information Technology. 2025; 8(3): 316–325. DOI: 10.15276/hait.08.2025.20

URL: <https://hait.od.ua/index.php/journal/article/view/210/190>

ISSN: 2663-7731

(Наукове фахове видання України категорія А, Scopus)

(Здобувач самостійно провів всі етапи дослідження та підготував публікацію до друку. Вклад здобувача складає 75%)

КЛЮЧОВІ СЛОВА: AI-generated video evaluation; largest connected component; video processing; computer vision; machine learning; combined models; intelligent analysis system; time series analysis

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Mashtalir S.V., Lendel D.P. Video pre-motion detection by fragment processing. ICST-2024: Information Control Systems & Technologies, September 23-25, 2023, Odesa, Ukraine <https://ceur-ws.org/Vol-3790/paper30.pdf>

(Scopus, іноземне видання)

(Здобувачу належить провідна роль в опрацюванні результатів дослідження, їх систематизації, інтерпретації та підготовці публікації)

6. Mashtalir S.V., Lendel D.P. Singular value decomposition calculation comparison in video fragment processing. International Workshop on Computational Intelligence, co-located with the IV International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2025), May 01-05, 2025, Kyiv-Uzhhorod, Ukraine <https://ceur-ws.org/Vol-4035/Paper1.pdf>

(Scopus, іноземне видання)

(Здобувачу належить провідна роль в опрацюванні результатів дослідження, їх систематизації, інтерпретації та підготовці публікації)

7. Машталір С.В., Лендель Д.П.. Детектор руху на базі фрагментного аналізу. Інформаційні управляючі системи і технології: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (23-25 вересня 2024 р. Одеса) /вип. ред. В.В. Вичужанін. - Одеса : Видавничий дім "Гельветика", 2024. – 334 с.

(Здобувачу належить провідна роль в опрацюванні результатів дослідження, їх систематизації, інтерпретації та підготовці публікації)

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

8. Lendel D.P. Artificial intelligence in computer vision student learning. Chatbot, Gaming & AI Techniques Applied in Student Digital Education. PROCEEDINGS of the International Workshop. Uzhhorod, Ukraine May 12-13, 2025

(Здобувач самостійно провів всі етапи дослідження та підготував публікацію до друку)

9. Лендьел Д. П., Машталір С.В. Моделі та методи фрагментного online аналізу відеопослідовності. 79-а підсумкова наукова конференція професорсько-викладацького складу. ДВНЗ «Ужгородський національний університет». Ужгород 2025

(Здобувачу належить провідна роль в опрацюванні результатів дослідження, їх систематизації, інтерпретація та підготовці публікації)

12. Результати перевірки роботи на академічний плагіат. Перевірка дисертаційної роботи проводилася сертифікованою програмою StrikePlagiarism. У ході перевірки дисертації запозичень матеріалу без посилання на відповідне джерело не виявлено. Виявлені за допомогою програми StrikePlagiarism.com текстові співпадіння (цитування) мають посилання на відповідні першоджерела, внесені до списку використаної літератури. Запозичення (співпадіння) в тексті не мають ознак плагіату. Подані до захисту наукові матеріали є власним напрацюванням Аспіранта, текст дисертації є оригінальним. Робота визнається самостійною та рекомендується бути допущеною до захисту.

13. Результати обговорення та проведення презентації. Рекомендація дисертації до захисту.

Положення дисертації апробовано на засіданні кафедри інформаційних управляючих систем та технологій (протокол № 9 від 29.04.2026 р.). За результатами засідання ухвалено затвердити позитивний висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів та рекомендувати до захисту в спеціалізованій вченій раді дисертаційну роботу Лендьела Дмитра Павловича на тему «Моделі та методи фрагментного online аналізу відеопослідовності» на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології спеціальність 122 Комп'ютерні науки.

Головуючий на засіданні –

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри інформаційних
управляючих систем та технологій

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Олександр ЛЕВЧУК

Підпис к.т.н., доц. Левчук О.М.
засвідчую

Вчений секретар ДВНЗ «УжНУ»



Олена МЕЛЬНИК