

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту енергетичних машин і систем
ім. А.М. Підгорного НАН України
академік НАН України

Андрій РУСАНОВ

« 3 » березня 2025 р.



Витяг з протоколу № 3

засідання науково-технічної проблемної ради «Математичне моделювання.
Механіка деформівного твердого тіла. Динаміка та міцність машин.

Магнетизм технічних об'єктів»

Інституту енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України

від 26 лютого 2025 року

ПРИСУТНІ:

Члени НТПР:

1. Стоян Юрій Григорович, гол. н. с., чл.-кор. НАН України, д. т. н. (01.05.02), проф. – голова;
2. Максименко-Шейко Кирило Володимирович, заст. директора, д. т. н. (01.05.02), проф. – заст. голови – головуєчий на засіданні;
3. Мележик Ірина Іванівна, с. н. с., к. т. н. (05.02.09) – учений секретар;
4. Костіков Андрій Олегович, заст. директора, чл.-кор. НАН України, д. т. н. (05.14.06), проф.;
5. Угрімов Сергій Вікторович, учений секретар, д. т. н. (01.02.04), с. н. с.;
6. Розов Володимир Юрійович, гол. н. с., чл.-кор. НАН України, д. т. н. (05.09.03), проф.;
7. Кузнецов Борис Іванович, зав. відділу, д. т. н. (05.13.07), проф.;
8. Романова Тетяна Євгеніївна, пров. н. с., д. т. н. (01.05.02), проф.;
9. Сметанкіна Наталя Володимирівна, зав. відділу, д. т. н. (01.02.04), проф.;
10. Стрельнікова Олена Олександрівна, пров. н. с., д. т. н. (01.02.04), проф.;
11. Чернобривко Марина Вікторівна, пров. н. с., д. т. н. (01.02.04), с. н. с.;
12. Чугай Андрій Михайлович, пров. н. с., д. т. н. (01.05.02), с. н. с.;
13. Яськов Георгій Миколайович, с. н. с., д. т. н. (01.05.02), доц.;
14. Бовдуй Ігор Валентинович, с. н. с., к. т. н. (05.09.03), ст. досл.;
15. Гармаш Наталія Григорівна, с. н. с., к. т. н. (01.02.04), с. н. с.;
16. Гнітько Василь Іванович, с. н. с., к. т. н. (01.02.04), ст. досл.;
17. Гонтаровський Павло Петрович, с. н. с., к. т. н. (05.02.09), с. н. с.;

- 18.Пелєвін Дмитро Євгенович, зав. лаб., к. т. н. (05.09.03), ст. досл.;
- 19.Протасова Тетяна Володимирівна, с. н. с., к. т. н. (05.02.09);
- 20.Сафонов Микола Олександрович, с. н. с., к. ф.-м. н. (01.01.07);
- 21.Успенський Борис Валерійович, с. н. с., к. т. н. (05.02.09), ст. досл.;
- 22.Дегтярьов Кирило Георгійович, в. о. с. н. с., к. т. н. (05.02.09);
- 23.Уваров Роман Олександрович, н. с., к. ф.-м. н. (01.05.02).

Запрошені:

1. Немченко Костянтин Едуардович, завідувач кафедри комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, д. ф.-м. н. (01.04.02), проф.;
2. Конюхов Владислав Дмитрович, аспірант четвертого року навчання Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

Обговорення дисертаційного дослідження здобувача Конюхова Владислава Дмитровича за темою «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості», що подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – Математика і статистика за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Тему дисертаційної роботи «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості» затверджено на засіданні вченої ради ІПМаш НАН України, протокол № 7 від 18.07.2024 р., наукових керівників – ученого секретаря Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Угрімова С. В. і доктора фізико-математичних наук, професора, завідувача кафедри комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Немченка К. Е. призначено наказом директора ІЕМС НАН України № 37-осн. від 29.07.2024 р.

СЛУХАЛИ: доповідь здобувача Конюхова Владислава Дмитровича за темою дисертаційної роботи «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика. У доповіді Конюхов В. Д. обґрунтував актуальність теми, виклав основні положення дисертаційної роботи, отримані результати та пояснив їхнє практичне застосування.

За доповіддю запитання поставили чл.-кор. НАН України Костіков А. О.,

д. т. н. Сметанкіна Н. В., д. т. н. Стрельнікова О. О., д. т. н. Чугай А. М.

Конюхов В. Д. на усі питання дав вичерпні відповіді.

В обговоренні взяли участь д. т. н. Угрімов С. В., чл.-кор. НАН України Костіков А. О., д. т. н. Сметанкіна Н. В., д. т. н. Стрельнікова О. О., д. т. н. Максименко-Шейко К. В., д. т. н. Чугай А. М., д. ф.-м. н. Нємченко К. Е.

УХВАЛИЛИ: на підставі експертизи дисертаційної роботи, доповіді здобувача, запитань присутніх та відповідей здобувача, обговорення учасниками засідання основних положень дисертації та виступів наукових керівників прийняти такий висновок щодо дисертаційної роботи на здобуття ступеня доктора філософії Конюхова Владислава Дмитровича на тему «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості».

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Конюхова Владислава Дмитровича на тему «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості» поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика, галузь знань 11 – Математика та статистика

Дисертаційна робота на здобуття ступеня доктора філософії Конюхова Владислава Дмитровича на тему «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості» відповідає вимогам «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 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).

Дисертаційну роботу виконано у відділі нелінійної механіки та математичного моделювання Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України відповідно до планів наукових робіт із держбюджетної теми КПКВК 6541030, керівник – чл.-кор. НАН України Стоян Ю. Г., «Розробка математичних моделей та методів розв’язання задач геометричного проектування з урахуванням механічних та технологічних чинників» (2022–2026 рр., ДР № 0122U000434) і у відділі вібраційних і термоміцнісних досліджень Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України відповідно до планів наукових робіт із

держбюджетної теми КПКВК 6541030, керівник – д-р техн. наук, проф. Сметанкіна Н. В., «Розвиток методології розрахунку міцності і довговічності сучасних енергетичних установок та авіаційно-ракетної техніки при посиленнях (2020–2024 рр., ДР № 0120U101346).

Актуальність теми. Сегментація зображень низької якості є вкрай актуальним питанням у наш час. Використання ансамблів нейронних мереж у задачах сегментації є важливим компонентом розвитку сучасних методів комп'ютерного зору. Такі найпопулярніші сфери використання методів сегментації, як медична та промислова, мають значну кількість зображень низької якості через технічні проблеми, пов'язані з апаратурою, яка використовується, або з недостатнім досвідом спеціалістів, які цю апаратуру застосовують. Саме через це й виникає необхідність у вдосконаленні вже існуючих та розробці нових алгоритмів, за допомогою яких завдання будуть виконуватися більш ефективно, і при цьому покращиться точність сегментації.

Використання ансамблевого підходу в задачах сегментації зображень дало змогу продемонструвати покращення точності сегментації завдяки комбінуванню передбачень декількох моделей. Проведені донедавна дослідження довели, що методи, які використовують ансамблевий підхід, мають змогу зменшити похибки окремих моделей і отримати більш надійні результати сегментації. Застосування ансамблевих методів є необхідною частиною процесу сегментації зображень низької якості, оскільки ці методи здатні нівелювати втрату важливої інформації при використанні окремих моделей. У дослідженнях, які проводились для вивчення використання ансамблю нейронних мереж, було доведено, що застосування таких методів покращує точність сегментації зображень при використанні різних наборів даних. Отримання таких результатів стало можливим завдяки комбінуванню переваг різних моделей.

Використання методів глибокого навчання в медичній візуалізації сприяє розробці більш точних методів обробки зображень. Але, в свою чергу, для досягнення найкращих результатів необхідно враховувати якість наборів даних, які використовуються. У таких сферах, як медична, де насамперед точність відіграє ключову роль і якою не можна знехтувати, саме використання ансамблевих методів при їх сумісному застосуванні до зображень низької якості дозволить забезпечити більш стабільні результати. Також використання ансамблевих методів дає змогу мінімізувати вплив шумів та дефектів на вхідних зображеннях.

Наукова новизна дослідження.

До нових наукових результатів, отриманих у роботі, можна віднести таке:

- вперше запропоновано алгоритм адаптивного уточнення контуру на основі яскравості сусідніх пікселів з використанням ансамблевих методів;
- вперше запропоновано ансамблеві алгоритми на основі центрування;
- вперше запропоновано ансамблевий алгоритм усереднення форм об'єктів;
- вперше запропоновано комбінації ансамблевих алгоритмів із використанням алгоритму усереднення форм об'єктів, а саме — комбінування алгоритму усереднення форм об'єктів та ансамблевого алгоритму об'єднання;
- вперше запропоновано використовувати різні ансамблеві алгоритми у двохетапному та багатоетапному алгоритмах;
- вперше створено додаток на мові Python для визначення діагностичних параметрів хребців грудної клітини, а саме наступних хребців: Th8, Th9, Th10, Th11. Сегментацію зображень було виконано за допомогою запропонованих ансамблевих алгоритмів.

Оцінка достовірності. Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджується аргументованим викладенням матеріалу, застосуванням надійних методів обробки зображень, теоретичним обґрунтуванням розроблених ансамблевих алгоритмів, використанням сучасних методів глибокого навчання, математичного моделювання та оцінки якості сегментації, проведенням обчислювальних експериментів і порівнянням отриманих результатів з іншими ансамблевими алгоритмами. Достовірність також підтверджується публікаціями результатів досліджень у спеціалізованих журналах, присвячених методам комп'ютерного зору, глибокого навчання, математичного моделювання, оптимізації та аналізу зображень.

Практичне значення. Можливі сфери практичного застосування ансамблевих алгоритмів: розроблені ансамблеві алгоритми для сегментації зображень низької якості можуть бути застосовані у медичній сфері або в будь-якій іншій сфері, яка потребує покращення якості сегментації. Ансамблеві алгоритми можуть бути використані в якості частини автоматизації процесів діагностики. Використання запропонованих алгоритмів для сегментації рентгенівських зображень дає змогу підвищити точність сегментації, особливо в тих випадках, коли зображення мають явні недоліки, такі, як шуми та артефакти. Таким чином, це дозволить покращити якість існуючих автоматизованих рішень.

Практична реалізація одержаних результатів полягає у передачі результатів досліджень ТОВ «РАДІОПРОМ» (м. Харків) для впровадження

запропонованих методик, алгоритмів та бібліотек зі втіленими авторськими алгоритмами, що підтверджено відповідним актом. Результати роботи були впроваджені у навчальний процес кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна при проведенні лекційних, лабораторних та практичних занять з курсів «Вступ до обробки даних» і «Обробка зображень та сигналів» для студентів 3 курсу бакалаврату та «Наближені методи розв'язання задач математичної фізики» і «Обробка даних фізичних експериментів» для студентів 1 курсу магістратури спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», що підтверджено відповідним актом.

Опублікування результатів дисертації. За темою дисертації Конюхов В. Д. опубліковано 9 наукових праць, у тому числі: 7 статей у наукових фахових виданнях, що входять до переліку наукових спеціалізованих видань, серед яких 3 статті в журналах, що індексуються наукометричними базами Scopus або Web of Science, та 2 тез доповідей на наукових конференціях.

1. Koniukhov, V. D., Morgun, O. M., & Nemchenko, K. E. (2024). Impact of preprocessing and comparison of neural network ensemble methods for segmentation of the thoracic spine in X-ray images. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (4), 102–112. URL: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-4-10>. ISSN 1607-3274 (друкований), ISSN 2313-688X (електронний). (Web of Science)
2. Koniukhov, V. D. (2024). Ensemble method based on averaging shapes of objects using the pyramid method. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (4), 113–120. URL: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-4-11>. ISSN 1607-3274 (друкований), ISSN 2313-688X (електронний). (Web of Science)
3. Koniukhov, V. (2024). Improving the segmentation of the vertebrae using a multi-stage machine learning algorithm. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2024(4), 83-90. URL: <https://doi.org/10.32620/reks.2024.4.07>. ISSN 1814-4225 (друкований), ISSN 2663-2012 (електронний). (Scopus)
4. Koniukhov, V. D. (2024). Using an ensemble of neural networks for determining the diagnostic parameters of the vertebrae. *Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia*, 27(1), 56–61. URL: <https://doi.org/10.15407/pmach2024.01.056>. ISSN 2709-2984 (друкований), ISSN 2709-2992 (електронний).
5. Koniukhov, V. D., & Ugrimov, S. V. (2024). Increasing the accuracy of

- determining the cardiothoracic ratio with the help of an ensemble of neural networks. *Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia*, 27(2), 54–60. URL: <https://doi.org/10.15407/pmach2024.02.054>. ISSN 2709-2984 (друкований), ISSN 2709-2992 (електронний).
6. Koniukhov, V. D. (2024). Adaptive refinement of segmented object contour based on the brightness of neighboring pixels using the ensemble method. *Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia*, 27(4), 73–78. URL: <https://doi.org/10.15407/pmach2024.04.073>. ISSN 2709-2984 (друкований), ISSN 2709-2992 (електронний).
 7. Конюхов, В. Д. (2024). Ансамблеві методи на основі центрування для сегментації зображення. *Комп'ютерні системи та мережі*, 6(2), 122-130. URL: <https://doi.org/10.23939/csn2024.02.122>. ISSN 2707-2371 (друкований), ISSN 2707-2371 (електронний).
 8. Конюхов, В. Д. (2024). Використання методів штучного інтелекту для діагностування серцево-судинних захворювань за допомогою кардіоторакального індексу. *Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, 9-10 липня 2024 р., Тернопіль*. Тернопіль, Випуск 90, 21-23. ISSN 2522-932X (друкований).
 9. Конюхов, В. Д. (2024). Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості. *Сучасні проблеми машинобудування – 2024: тези доповідей конференції молодих вчених і спеціалістів, 25-26 червня 2024 р., Харків*, 6-7. URL: https://ipmach.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/03/Tez_24.pdf (електронний).

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертаційної роботи.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на

- Дев'ятій науково-технічній міжнародній конференції «Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях (КМНТ-2023)», м. Харків, 2023;
- Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти ставлення», м. Тернопіль-Ополе, 2024;
- Конференції молодих вчених та спеціалістів «Сучасні проблеми машинобудування – 2024», м. Харків, 2024;
- Десятій науково-технічній міжнародній конференції «Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях (КМНТ-2024)», м. Харків, 2024;

Особистий внесок здобувача. Конюхов В.Д. особисто отримав усі результати дисертаційного дослідження, що виносяться на захист. Розроблено ансамблевий алгоритм усереднення форм об'єктів. Розроблено алгоритм адаптивного уточнення контуру на основі яскравості сусідніх пікселів з використанням ансамблевих методів. Розроблено ансамблеві алгоритми на основі центрування. Застосовано ансамблеві алгоритми як у двоетапному, так і в багатоетапному підходах.

Розроблено програмне забезпечення для визначення діагностичних параметрів хребців грудної клітини.

У співавторстві опубліковано праці: [1], у якій дисертантові належить ідея комбінування та використання прогнозів ансамблів нейронних мереж для сегментації грудного відділу хребта, а також детальне вивчення застосування попередньої обробки рентгенівських зображень; [5], у якій дисертантові належить ідея застосування методів ансамблювання нейронних мереж для покращення визначення кардіоторакального індексу.

Підсумок. Дисертаційна робота Конюхова В.Д. «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості» є завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові теоретично обґрунтовані результати, що стосуються розв'язання актуальних наукових і практичних проблем розробки ефективних методів сегментації зображень із низькою якістю. Отримані результати є суттєвим внеском у розвиток сучасних методів комп'ютерного зору, глибокого навчання та математичного моделювання, орієнтованих на підвищення точності обробки зображень.

У процесі виконання дисертаційної роботи здобувач продемонстрував високу наукову кваліфікацію, здатність формулювати та розв'язувати нові теоретичні й практичні задачі у сфері прикладної математики, зокрема в області ансамблевих алгоритмів для сегментації зображень.

За своїми особистими якостями Конюхов В. Д. відповідає вимогам, що ставляться до доктора філософії.

На підставі доповіді здобувача та результатів обговорення, науково-технічна проблемна рада вважає, що дисертаційна робота Конюхова В. Д. «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості» відповідає вимогам, що ставляться до таких робіт, та може бути рекомендована до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості» подану Конюховим В. Д. на здобуття наукового ступеня доктора філософії до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді ІЕМС НАН України утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова ради:

Стрельнікова Олена Олександрівна, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу термогазодинаміки енергетичних машин Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України.

Рецензент:

Чугай Андрій Михайлович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу нелінійної механіки та математичного моделювання Інституту енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України.

Опоненти:

Аврунін Олег Григорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки – фахівець у галузі методів обробки біомедичної інформації, методів та засобів аналізу зображень, а також розробки медичного приладобудування та мікропроцесорних систем.

Коваленко Світлана Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – фахівець у галузях інформаційних технологій, економіко-математичного моделювання, розробки програмного забезпечення для моделювання та оптимізації, аналізу даних та обробки зображень, із застосуванням ансамблевих моделей та методів машинного навчання.

Толстолюзка Олена Геннадіївна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри комп'ютерних систем та робототехніки Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна – фахівець у галузі автоматизації розробки багатопотокових програм та

формального синтезу мультипаралельних моделей задач, із залученням ансамблевих методів для оптимізації процесів моделювання та прийняття рішень у складних обчислювальних системах.

Результати голосування: за рекомендацію подання дисертації на розгляд у разовій спеціалізованій вченій раді – 23 голосів, проти – 0, утрималися – 0.

Заст. голови НТПР

«Математичне моделювання.

Механіка деформівного твердого тіла.

Динаміка та міцність машин.

Магнетизм технічних об'єктів»

д-р техн. наук, проф.

Кирило МАКСИМЕНКО-ШЕЙКО

Учений секретар НТПР

канд. техн. наук

Ірина МЕЛЕЖИК