

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України



Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
д.т.н., доц.
Тетяна ЖЕЛЯСКОВА

” *Тетяна Желяскова* 2024 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 6 від 27 листопада 2024 р. розширеного засідання
кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю
приладобудівного факультету
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю: завідувач кафедри д.т.н., доц. Киричук Ю.В.; професор кафедри д.т.н., проф. Куц Ю.В.; професор кафедри д.пед.н., проф. Протасов А.Г.; доцент кафедри к.т.н. доц. Богдан Г.А.; доцент кафедри к.т.н. доц. Петрик В.Ф.; старший викладач к.т.н., Момот А.С.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Писарець А.В.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Галаган Р.М.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Лисенко Ю.Ю.; доцент кафедри, к.т.н., доц. Нечай С.О.; асистент Повшенко О.А.;
- з кафедри технічних та програмних засобів автоматизації НТУУ: професор кафедри д.т.н., проф. Жученко А.І.; доцент кафедри, к.т.н., доцент Сазонов А.Ю.;
- з кафедри комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем: завідувач кафедри д.т.н., проф. Бурау Н.І.;
- з Національного університету харчових технологій, кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка: зав. каф. доцент, к.т.н. Смітюх Я.В.; проф. кафедри, доцент, д.т.н. Луцька Н. М.; доцент кафедри, доцент, к.т.н. Пупена О.М.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри Автоматизації та систем неруйнівного контролю Сторижика Дениса Володимировича за матеріалами дисертаційної роботи “Удосконалення автоматизованої системи

діагностування дорожнього покриття з використанням штучного інтелекту”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології.

Освітньо-наукова програма Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології.

Тему дисертаційної роботи «Система автоматизації опрацювання зображень в процесі діагностики матеріалів з використанням елементів штучного інтелекту» затверджено на засіданні Вченої ради приладобудівного факультету (протокол № 10/21 від «22» листопада 2021 року) та перезатверджено тему “Удосконалення автоматизованої системи діагностування дорожнього покриття з використанням штучного інтелекту” на засіданні Вченої ради приладобудівного факультету (протокол № 1/24 від «29» січня 2024 року).

Науковим керівником затверджений д.пед.н., проф. Протасов А. Г.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: д.т.н., проф. Черепанська І.Ю., д.т.н., проф. Куц Ю.В.; д.т.н., проф. Бурау Н.І.; доцент, к.т.н. Смітюх Я.В.; доцент, к.т.н. Пупена О.М.; доцент, д.т.н. Луцька Н. М.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: проф., д.т.н. Жученко А.І; проф., д.т.н. Черепанська І.Ю.; доцент, к.т.н. Смітюх Я.В.; доцент, д.т.н. Луцька Н. М.; проф. д.т.н., Бурау Н.І.; проф., д.т.н. Куц Ю.В.; д.т.н., доц. Киричук Ю.В.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Дорожньо-транспортна система є одним з основних об’єктів критичної інфраструктури будь-якої країни, а в Україні цей об’єкт має протяжність біля 169,5 тис. кілометрів. Під впливом великого навантаження дорожнє покриття схильне до зносу та руйнування, що часто стає об’єктивною причиною виникнення дорожньо-транспортних пригод. Задля забезпечення безаварійного руху по дорозі потрібне своєчасне діагностування стану дорожнього покриття і його ремонт.

Діагностування та ремонт такого великого об’єкта як дорожнє покриття є надзвичайно затратним. Людино ресурси та час необхідний на збір та обробку даних про стан та ремонт дорожнього покриття набуває величезних показників. Одним зі способів зменшення витрат на діагностику та ремонт є автоматизація процесів аналізу даних та прийняття своєчасного рішення щодо необхідності втручання.

Більшість дослідників сходяться в думці, що головною завадою впровадження таких автоматизованих систем діагностування є велика вартість обладнання, що може реалізувати процес діагностування з певною точністю та низька точність визначення дефектності при використанні менш затратних камер інфрачервоного та видимого спектра.

Головними причинами поганих результатів в точності виявлення дефектів при використанні камер інфрачервоного та видимого спектра дослідники вважають наявність інформативних завод типу оптичних ілюзій, засміченості дорожнього покриття, наявності тіней, впливу поганих погодних умов тощо.

Однак, хоча дані дослідження наблизили розв'язання цієї задачі, наявні автоматизовані системи діагностики та ремонту не досягли необхідної ефективності, а значить, потребують або їх удосконалення або розроблення нових.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота відповідає основним напрямкам діяльності Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» і мала безпосередній зв'язок з проектами, що виконувались на кафедрі автоматизації та систем неруйнівного контролю. Автор був співвиконавцем ініціативного проекту «Автоматизація процедур теплового неруйнівного контролю з використанням технологій штучного інтелекту. Державний реєстраційний номер: 0123U103688, 2023 р.

Результати дисертаційної роботи автора були впроваджені у виробничий процес науково виробничої фірми «Діагностичні прилади» та навчальний процес кафедри «Автоматизації та систем неруйнівного контролю» Приладобудівного факультету.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Удосконалено систему автоматизованого діагностування стану дорожнього покриття на основі мультимодального підходу із комплексуванням зображень шляхом впровадження підсистеми опрацювання (обробки) зображень, застосування методу аугментації теплових зображень та розробленої підсистеми класифікації дефектів дорожнього покриття.

2. Вперше запропоновано та розроблено метод мультиспектрального злиття зображень з адаптивним визначенням вагових коефіцієнтів на основі вейвлет перетворення, який полягає в розкладанні початкових зображень на вейвлет коефіцієнти та визначені згортковою нейронною мережею вагових коефіцієнтів, що визначають частку початкового зображення в результуючому, і дозволяє збільшити інформативність результуючого зображення при проведенні діагностування дорожнього покриття.

3. Вперше розроблено метод аугментації теплових зображень на базі злиття зображень для задач класифікації, який полягає в поєднанні вейвлет коефіцієнтів отриманих з початкових зображень одного об'єкту та

зворотному перетворенню для отримання аугментованого зображення, і дозволяє підвищити ймовірність правильної класифікації дефектів при проведенні діагностування дорожнього покриття.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

1. Розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення реалізації підсистеми опрацювання зображень при автоматизованому діагностуванні дефектів дорожнього покриття.

2. Розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення реалізації методу аугментації що базується на комплексуванні теплових зображень.

3. Розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення реалізації підсистеми класифікації дефектів дорожнього покриття.

4. Сформовано навчальну вибірку розмічених для задач класифікації пар знімків у видимому та інфрачервоних спектрах дефектів дорожнього покриття.

5. Розроблено структурну схему автоматизованої системи діагностування дорожнього покриття зі злиттям зображень.

5. Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати були представлені на таких всеукраїнських і міжнародних конференціях та семінарах: XV Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», м. Київ, Україна, 2019р; XIII Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», м. Київ, Україна, 2020р.; XV Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», Київ, Україна, 2022р.; XXII Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан і перспективи», м. Київ, Україна, 2023р.; 42th International Conference on Electronics and Nanotechnology IEEE ELNANO – Kyiv, Ukraine, 2024.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Сторожика Д.В. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових публікацій, у тому числі:

- 5 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю:

151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології,

в т.ч. 2 статті у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

- 1 стаття у періодичному науковому виданні проіндексованому у базі Scopus;

- 6 тез виступів на наукових конференціях.

1. Сторожик Д.В., Муравйов О.В., Протасов А.Г., Баженов В.Г., Богдан Г.А. (2020). Комплексування мультиспектральних зображень як метод підвищення їх інформативності при бінарній сегментації // KPI Science News, - № 2, 2020, 82-87. (Фахове наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151). Здобувачем проведено дослідження точності сегментації при використанні методів комплексування зображень. DOI: <https://doi.org/10.20535/kpi-sn.2020.2.197955>
2. Сторожик Д.В., Протасов А.Г., Муравйов О.В., Петрик В.Ф., Петренко Д.В. (2022). Автоматизація процесу теплового неруйнівного контролю шляхом застосування методу комплексування термограм / Технічна діагностика і неруйнівний контроль, - №2, 2022, 20-23. (Фахове наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151). Здобувачем проведено дослідження впливу використання комплексування зображень при класифікації дефектів. DOI: <https://doi.org/10.37434/tdnk2022.02.03>
3. Сторожик Д.В., Протасов А.Г. (2022). Технології опрацювання зображень на основі комплексування даних (Огляд) //Технічна діагностика та неруйнівний контроль. - № 4. 2022, 17- 26. (Фахове наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151). Здобувачем проаналізовано сучасний стан технологій опрацювання зображень на основі комплексування даних. DOI: <https://doi.org/10.37434/tdnk2022.04.03>
4. Протасов А.Г., Сторожик Д.В. (2023). Технології автоматизації діагностики дорожнього покриття //Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 34 (73), № 2, 2023, Ч. 1., 219-227. (Фахове наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151). Здобувачем проаналізовано сучасний стан технологій автоматизації діагностики дорожнього покриття. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.1/35>
5. Сторожик Д.В., Протасов А.Г. (2024). Автоматизована система діагностики дорожнього покриття з комплексуванням зображень //Технічна діагностика і неруйнівний контроль, №3, 2024, 39-44. (Фахове наукове видання України, категорія Б, спеціальність 151). Здобувачем розроблено структурну схему автоматизована система діагностики дорожнього покриття з комплексуванням зображень. DOI: <https://doi.org/10.37434/tdnk2024.03.06>
6. Storozhyk D., Protasov A., Kuts Y., Muraviov O., Lysenko I., Mirchev Y. (2024). Enhancing neural network efficiency in automated image analysis for

thermal nondestructive testing // Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia., - Vol. 54, 2024, 242-252. (Закордонне наукове видання Болгарії, індексується в Scopus, Q1/Q4). Здобувачем проведено дослідження і проаналізовано результати класифікації дефектів при використанні методу аугментації на базі комплексування зображень. DOI: <https://doi.org/10.55787/jtams.24.54.2.242>

7. Сторожик Д., Муравйов О. Комплексування зображень, як спосіб покращення якості бінарної сегментації // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» : зб. пр. конф., м. Київ, Україна, **10–11 грудня 2019**. С 290–293. Здобувачем проаналізовано результати бінарної сегментації при використанні методів комплексування зображень.

8. Сторожик Д., Муравйов О. Застосування мультиспектрального комплексування зображень у неруйнівному контролі //XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», м. Київ, Україна, **13–14 травня 2020** - С. 323–326. Здобувачем проаналізовано сучасний стан використання методів комплексування зображень при діагностиці.

9. Сторожик Д. Комплексування зображень ультразвукової та комп'ютерної томографії // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», м. Київ, Україна, **13–14 трав. 2020** - С. 327–329.

10. Storozhyk D. An overview of solutions for the use of image fusion in nondestructive testing // Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Погляд у майбутнє приладобудування”, Київ, Україна, **4-15 червня 2022**. – С. 184–187.

11. Сторожик, Д. В. Комплексування зображень, як спосіб покращення точності класифікації при тепловому неруйнівному контролі // XXII Міжнародна науково-технічна конференція "Приладобудування: стан і перспективи", Київ, Україна, **16–17 травня 2023**. - С. 258.

12. Storozhyk D., Protasov A., Lysenko I. Image fusion as an augmentation method to improve the classification efficiency of thermal image //2024 IEEE 42th International Conference on Electronics and Nanotechnology IEEE ELNANO – 2024. Kyiv, Ukraine, **May 13-15, 2024**. Здобувачем проаналізовано результати ефективності використання методу аугментації на основі комплексування

зображень при діагностиці з використанням тепловізорів

Якість та кількість публікацій відповідають “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”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Сторожика Д.В. «Удосконалення автоматизованої системи діагностування дорожнього покриття з використанням штучного інтелекту», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу "«Удосконалення автоматизованої системи діагностування дорожнього покриття з використанням штучного інтелекту», подану Сторожиком Денисом Володимировичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп’ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського

Бурау Надія Іванівна

Члени:

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю КПІ ім. Ігоря Сікорського

Черепанська Ірина Юріївна;

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації енергетичних процесів КПІ ім. Ігоря Сікорського

Голінко Ігор Михайлович;

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка Національного університету харчових технологій

Луцька Наталія Миколаївна;

доктор технічних наук, професор, професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

Гальченко Володимир Якович

Головуючий на засіданні
завідувач кафедри автоматизації та
систем неруйнівного контролю
д. т. н., доцент



Юрій КИРИЧУК

Вчений секретар
кафедри автоматизації та
систем неруйнівного контролю
к.т.н., доцент



Наталія НАЗАРЕНКО