

До разової спеціалізованої ради ДФ 35.051.173
Львівського національного університету
імені Івана Франка
79000, м. Львів, вул. Університетська, 1

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Мисюка Романа Володимировича

*«Методи інтелектуального аналізу зміни станів дефектів на поверхні елементів
інженерних конструкцій»*

яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертації пов'язана з розробкою методів і програмно-апаратних засобів для виявлення дефектів у елементах інженерних конструкцій та оцінювання зміни їх станів. Враховуючи останні тенденції розвитку інформаційних технологій варто звернути увагу на використання технології штучного інтелекту, оскільки такий підхід дасть змогу автоматизувати процес роботи з даними та покращити існуючі реалізації для конкретних інженерних задач.

Технічні реалізації алгоритмів та методів аналізу даних часто ґрунтуються на методиках діагностування станів інженерних об'єктів і спрямовані на інтелектуалізацію рішень, що є особливо перспективно для досліджуваних об'єктів з локалізованими дефектами. Однак у літературі не достатньо повно представлено проблему використання кількох способів аналізу та інтеграції інформації стосовно зображень елементів конструкцій з метою синхронізації перехідних процесів під час обміну даних.

Реалізовані у роботі ідеї мають важливе значення для розробки інформаційно-аналітичних систем і діагностики елементів конструкцій у сфері дефектоскопії. Врахування фізико-математичних моделей, пов'язаних з особливостями поверхонь інженерних об'єктів, у поєднанні із застосуванням регресійних методів та ідентифікації дефектів дають змогу комплексно розв'язати проблему оцінювання ресурсу досліджуваних об'єктів з дефектами та доповнити відповідні результати аналізу даних. Треба відзначити важливість використання в дисертаційній роботі засобів, які базуються на основі мікрокомп'ютерів, що забезпечують автономність систем та дають змогу оцінювання зміни станів поверхневих дефектів у важкодоступних місцях елементів конструкцій.

Ознайомлення з матеріалами дисертаційної роботи та публікаціями дисертанта Мисюка Романа Володимировича, присвяченими розв'язанню науково-прикладної задачі дослідження методів та засобів інтелектуального

аналізу даних для діагностування елементів конструкцій з дефектами дає підстави стверджувати, що дисертантом було проведено дослідження, яке є актуальним як з погляду теоретичного, так і практичного підходів.

Практична цінність одержаних результатів полягає у тому, що:

- Комплексне використання регресійного підходу, фізико-математичної моделі та методів опрацювання даних для оцінювання стану досліджуваних елементів конструкцій, що перебувають у агресивному середовищі, дає змогу безпосередньо визначати характеристики станів локалізованих дефектів об'єктів. Такий підхід забезпечує більш гнучке налаштування діагностичних автоматизованих систем і підтримку методик прийняття рішень для розпізнавання та позиціонування об'єктів.
- Запропоновано новий метод оцінки варіантів реалізацій архітектури нейронних мереж у процесі інтеграції комп'ютерного зору на малопотужних обчислювальних пристроях.
- Запропонований апаратно-програмний підхід в межах інформаційних потоків з урахуванням методів передачі даних і технології Інтернету речей щодо обробленого зображення під час передачі інформації до сховища даних дає змогу вдосконалити процес аналізу елементів конструкцій з дефектами інформаційними системами.
- Розроблена методика опрацювання даних про дефекти інженерних конструкцій за допомогою відеозображень, яка ґрунтується на сегментації зображення та обчисленні кількості виділених пікселів, дає змогу оцінювати критичний стан досліджуваного об'єкту.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів забезпечено валідаційними методиками, а саме, тестовими наборами даних у регресійних моделях розпізнавання дефектів на зображеннях. Отримані здобувачем результати дозволили розв'язати актуальну наукову задачу синтезу методик для оцінювання стану досліджуваних інженерних об'єктів, забезпечивши при цьому достатній рівень точності прогнозування зміни станів дефектів з урахуванням обмеженості ресурсів системи розпізнавання.

Достовірність наукових результатів та обґрунтованість висновків базується на комплексному використанні відомих теоретичних підходів і сучасних взаємодоповнюваних методів дослідження та всебічному аналізі результатів.

Результати дисертаційної роботи достатньою мірою апробовані на наукових конференціях і відображені у провідних фахових виданнях, серед яких 6 праць у періодичних виданнях, які індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus, що також підтверджує достовірність результатів.

Наукова новизна положень, результатів і висновків дисертації.

У дисертаційній роботі вперше:

На основі регресійних моделей і низки критеріїв розроблено метод для перевірки якості прогнозу та оцінювання ресурсу елементів інженерних конструкцій за умови врахування зовнішніх впливів та інтенсивності інформаційних потоків в контексті інтелектуального аналізу даних про поверхневі дефекти.

Розроблено і доведено до результативного варіанту модель відбору, опрацювання й аналізу даних про фактори впливу та параметри контактуючих середовищ.

Розв'язано оптимізаційні задачі передачі даних у сфері дефектоскопії, які підвищують ефективність обміну інформаційними потоками між компонентами системи.

Запропоновано гібридну модель діагностичної системи для аналізу зміни стану тріщин та корозійних дефектів у різних елементах конструкцій за допомогою процедури ідентифікації зображень поверхневих пошкоджень елементів інженерних конструкцій на основі аналізу потоку інформації про характеристики зображень.

Удосконалено комплексний метод оцінювання ресурсу інженерних конструкцій на прикладі кіберфізичної системи “металевий підземний трубопровід – система катодного захисту” на основі виявлення критичного стану дефектів засобами комп’ютерного зору.

Отримав подальший розвиток спосіб представлення даних щодо ідентифікації поверхневих дефектів елементів інженерних конструкцій на зображеннях на основі обчисленої кількості виділених пікселів на зображенні, що дозволяє оптимізувати кількість переданої інформації для подальшого аналізу станів дефектів порівняно з надсиланням кожного пікселя зображення.

Отримав подальший розвиток комплексний метод уточнення параметрів діагностики для ідентифікації критичних характеристик дефектів під час проведення аналізу поточного стану елементів інженерних конструкцій.

Зв’язок роботи з державними програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота Мисюка Р.В. пов’язана з науковими дослідженнями на кафедрі системного проектування Львівського національного університету імені Івана Франка і виконана у рамках науково-дослідних робіт «Аналіз даних засобами машинного навчання» (0119U002409) та «Системний аналіз даних засобами штучного інтелекту та машинного навчання» (0122U200688).

Структура, зміст дисертації.

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел та додатку. У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні завдання роботи, визначено об’єкт і предмет дослідження, зазначено використані методи досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, зазначено особистий внесок

здобувача у проведені досліджень, відзначено кількість публікацій за матеріалами дисертації, наведені апробація результатів, структура та обсяг роботи.

У першому розділі дисертації розглянуто особливості застосування методів комп'ютерного зору і машинного навчання для аналізу зображень поверхневих дефектів елементів інженерних конструкцій. Проаналізовано актуальні проблеми, пов'язані з недосконалістю існуючих наборів даних. Розглянуто особливості використання методів і засобів машинного та глибокого навчання для діагностики стану досліджуваних інженерних об'єктів. У цьому розділі описано структуру процесу підготовки даних для подальшої обробки з використанням YOLO та загорткових нейронних мереж, а також процедуру навчання з урахуванням результатів їх порівняння та оцінювання на основі розгляду низки зображень пошкоджень інженерних об'єктів. Проаналізовано особливості ідентифікації дефектів з врахуванням можливих неточностей і варіанти їх усунення. Продемонстровано результати оцінювання ефективності реалізації вищезгаданих алгоритмів на мікрокомп'ютерах Raspberry PI та Nvidia Jetson Nano.

У другому розділі ретельно проаналізовано фактори впливу на зміну станів дефектів елементів інженерних конструкцій та детально описано використані регресійні моделі у проведених дослідженнях. Дисертант виділив кліматичні показники та значення ресурсних ознак, а також провів опрацювання та аналіз даних, які допомогли встановити певні закономірності для формування моделі на основі відкритих даних про причини аварій. Обчислено похибки та метрики діагностування зміни стану інженерних конструкцій засобами лінійної регресії, дерева рішень і випадкового лісу з врахуванням параметрів зовнішнього впливу та методу градієнтного підсилення для використання найефективнішого варіанту у REST API.

У третьому розділі представлено результати застосування апаратних та програмних засобів для перевірки прогнозу про зміни стану дефектів на основі інформації про ідентифіковані та локалізовані зображення дефектів на поверхнях елементів інженерних конструкцій. Описано програмну архітектуру та відзначено особливості використання апаратних засобів. При цьому автор обґрунтував використання кількості пікселів для перевірки прогнозованих станів дефектів (з конкретизацією: критичний чи не критичний). Описано сучасні підходи до побудови апаратно-програмного комплексу та реалізації конкретного варіанту технології машинного навчання, оскільки вони є важливими для інтеграції декількох підходів та допомагають розв'язати низку актуальних задач опрацювання даних.

Четвертий розділ дисертації присвячений опису математичної та функціональної моделі, а також статистичній обробці даних. Також наведено приклад практичного використання інженерії якості для оцінювання змін станів дефектів на поверхнях елементів конструкцій. Автор розглядає варіант доповнення розробленої ним методики комп'ютерного моделювання фізико-

математичної моделі поверхневих явищ для комплексного аналізу дефектів у системі «металевий підземний трубопровід – система катодного захисту» в реальних умовах експлуатації.

Повнота викладу матеріалів у роботах, які опубліковані автором. Основні результати дослідження опубліковано у 5 статтях в наукових фахових виданнях України, 6 публікаціях включених до наукометричної бази даних Scopus та у 14 працях апробаційного характеру – у матеріалах і тезах всеукраїнських та міжнародних конференцій. Тому вважаю, що Мисюк Р. В у дисертаційній роботі виконав вимоги щодо кількості та якості публікацій.

Основні положення та результати дисертації повністю висвітлено в опублікованих працях. Повний обсяг роботи становить 177 сторінок друкованого тексту, з них основний текст – на 154 сторінках. Список використаних джерел містить 149 найменувань.

Відомості про дотримання академічної доброчесності. Підстав для сумнівів у науковій доброчесності здобувача під час детального ознайомлення з дисертаційною роботою не виявлено. Узгодженість тексту дисертації з науковими працями дисертанта свідчить про відсутність ознак академічного плагіату, фабрикації та фасильфікацій. Усі результати робіт інших авторів, які згадані у дисертації, містять відповідні посилання.

Зауваження до дисертації. Одразу ж слід зазначити, що наведені нижче побажання і зауваження носять рекомендаційний характер і ні в якому разі не впливають на основні положення та висновки цього глибокого та важливого дисертаційного дослідження.

1. Варто було би розширити модель щодо оцінювання зміни стану дефектів у елементах конструкцій з урахуванням кількості пікселів ідентифікованої області дефекту на отриманих зображеннях для відображення зв'язності двох реалізованих в роботі методик моделювання. Це дало б змогу точніше визначити поточний стан дефектів.
2. Для статистичного аналізу використано історичні дані щодо розподілу кількості аварій на трубопроводах за роками виробництва трубопроводу (рис. 2.5). Однак, у роботі не зазначено чи для трубопроводів різних років виробництва був однаковим період, за який були зібрані ці дані. Крім того, варто було б пронормувати отримані дані (наприклад, кількість аварій на загальну довжину мережі трубопроводів у відповідних роках). Адже із збільшенням мережі трубопроводів можна очікувати більшу кількість аварій.
3. Автором запропоновано 5-бальну шкалу для оцінки ризику виникнення аварії (табл. 2.4). Проте у роботі зазначено тільки якісні критерії оцінки: великі або невеликі розміри дефектів, низька чи висока ймовірність їх розширення. Варто було б дати кількісні критерії такої оцінки, наприклад,

використовуючи підходи нечіткого моделювання, а також деталізувати як запропонована класифікація ризиків була використана у розроблених моделях.

4. В роботі здійснено розгортання алгоритмів ідентифікації дефектів на поверхнях безпосередньо на пристрої, проте варто було би більш детально описати автоматизацію цього процесу для забезпечення відтворення результатів.
5. Фізико-математична модель ефективності захисту поверхонь інженерних конструкцій базується на розгляді дефектів, які відповідають корозійним процесам, проте варто було би врахувати розширення моделі на інші типи дефектів.
6. Дисертація є добре написана і оформлена, проте у тексті присутні деякі неточності та невдалі формулювання. Зокрема, на мою думку, у контексті дисертаційної роботи не зовсім коректним є формулювання кіберфізичної системи «металевий підземний трубопровід – система катодного захисту».

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам.

Дисертаційна робота Мисюка Романа Володимировича «Методи інтелектуального аналізу зміни станів дефектів на поверхні елементів інженерних конструкцій» є завершеним, цілісним та самостійним дослідженням. Вважаю, що дисертація за змістом, рівнем наукової новизни, практичним значенням та характером висновків відповідає галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», і затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами від 21 березня 2022 р. № 341 та від 19 травня 2023 р. № 502), а її автор – Мисюк Роман Володимирович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри радіоелектронних
і комп'ютерних систем
Львівського національного університету
імені Івана Франка МОН України

Ігор ОЛЕНИЧ