

**РЕЦЕНЗІЯ**  
**на дисертаційну роботу**  
**Зарецького Миколи Олександровича**  
**«Моделі та методи інтелектуальної інформаційної технології**  
**оцінювання функціонального стану труб водовідведення»,**  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю  
122 «Комп'ютерні науки»

**Актуальність теми дисертаційної роботи.**

Застосування інформаційних технологій відеоінспекції забезпечує оптимальне співвідношення ціни та інформативності щодо оцінювання функціонального стану інфраструктури водопостачання і водовідведення. Під час інспекції, процес аналізу відеоданих є трудомістким. Він вимагає чіткого дотримання стандартів щодо кодування. Проте результат не захищений від суб'єктивних факторів оператора. Тому проблема аналізу даних відеоінспекції трубопроводу водовідведення для виявлення дефектів і їх кодування згідно існуючих стандартів потребує підвищення рівня автоматизації та зниження когнітивного навантаження на оператора. Традиційним підходом до автоматизації аналізу даних є застосування інтелектуальних інформаційних технологій, що моделюють когнітивні процеси, притаманні людині під час прийняття рішень. При цьому наукова проблема підвищення функціональної ефективності за умов ресурсних та інформаційних обмежень залишається недостатньо дослідженою з огляду неповноту визначення даних.

Оскільки візуальні спостереження в інспекції труб водовідведення суттєво відрізняються від зображень відкритих наборів даних, використання підходу «transfer learning» для початкової ініціалізації моделі аналізу даних є недостатньо ефективним. При цьому неоднозначність кодування дефектів складної конфігурації, висока варіативність візуальних спостережень, рутинність і дороговартісність розмітки даних, обумовлюють обмеженість обсягу і високу незбалансованість розмічених навчальних даних. Це, в свою чергу, обмежує ефективність традиційних методів навчання. Більше того, залежність кодування функціонального стану труби від зміни рівня води, орієнтації камери і дефектів під час відеоінспекції, наявність значної кількості артефактів та шумів обумовлюють необхідність урахування просторово-часової контекстної інформації.

Таким чином, однією з актуальних наукових проблем, на вирішення якої спрямована дисертаційна праця, є розроблення інтелектуальної інформаційної технології машинного навчання для автоматизованого аналізу даних відеоінспекції труб водовідведення за умов обмеженого обсягу навчальних даних і ресурсів, доступних для навчання та обслуговування системи. Вирішення цієї складної проблеми пов'язане з необхідністю аналізу просторово-часової контекстної інформації.

Ураховуючи вищезазначене, дисертаційна робота Зарецького Миколи Олександровича є актуальною і такою, що має важливе теоретичне та практичне значення.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота Зарецького М. О. на тему «Моделі та методи інтелектуальної інформаційної технології оцінювання функціонального стану труб водовідведення» виконана в межах науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету, за тематиками «Інтелектуальна автономна бортова система безпілотного літального апарату для ідентифікації об'єктів на місцевості» (ДР № 0117U003934), «Методи та математичні моделі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій» (ДР № 0112U006083), «Інформаційна технологія забезпечення резильєнтності систем штучного інтелекту для захисту кібер-фізичних систем» (ДР № 0122U000782), що відповідають науково-технічній програмі Міністерства освіти і науки України, в яких здобувач брав участь як виконавець.

Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки в Україні на період до 2022 року з розділу «Інформаційні та комунікаційні технології» і стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності в Україні на 2011–2022 рр. «Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки».

### **Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій сформульованих у дисертації.**

Дисертаційне дослідження Зарецького Миколи Олександровича виконано на високому науково-методологічному рівні з використанням сучасних методів наукових досліджень.

Наукові положення, висновки, рекомендації, сформульовані здобувачем, є достатньо обґрунтованими і логічно викладеними. Положення і висновки роботи є логічно обґрунтованими і підтверджуються результатами проведених експериментальних досліджень.

Основні напрями дослідження чітко структуровані, зокрема, щодо висвітлення наукової проблеми синтезу ознакового опису зображень відеоінспекції і класифікаційних вирішувальних правил.

Результати експериментальних і теоретичних досліджень доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях, а також опубліковані в наукових фахових виданнях. Достовірність одержаних результатів підтверджується їх взаємоузгодженістю і відповідністю наявним науковим джерелам та успішним впровадженням в практичну діяльність підприємств.

### **Наукова та практична цінність дисертації та наукова новизна.**

Наукова новизна роботи полягає у розв'язанні актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності оцінювання функціонального стану труб водовідведення за умов неповної визначеності даних шляхом створення інформаційної технології машинного навчання.

Із метою підвищення ефективності оцінювання функціонального стану труб водовідведення здобувачем були одержані такі нові наукові результати:

1. Уперше розроблено метод реалізації навчання ієрархічного екстрактора ознак, що на відміну від традиційних підходів забезпечує підвищення функціональної ефективності вирішувальних правил за умов зашумленості та незбалансованості навчальних даних шляхом поєднання принципів переносу знань, сіамських мереж, контрастного самонавчання та самокоректуючих двійкових кодів.

2. Удосконалено моделі екстракції ознакового опису спостережень шляхом поєднання локальної і просторово-часової візуальної контекстної інформації, що дозволяє підвищити інформативність ознакового опису відеоспостережень інспекції трубопроводу водовідведення за умов неповної визначеності даних.

3. Набули подальшого розвитку моделі і алгоритми синтезу вирішувальних правил для класифікаційного аналізу спостережень, засновані на композиції моделей та оптимізації параметрів класифікаційних вирішувальних правил і гіперпараметрів екстрактора ознак за інформаційним критерієм.

Практична цінність одержаних здобувачем результатів підтверджується актами впровадження результатів досліджень в Україні й за короном, зокрема, під час практичної діяльності КП «Міськводоканал» Сумської міської ради (м. Суми) у вигляді інформаційного і програмного забезпечення для підготовки персоналу та проведення інспекції каналізаційної мережі (довідка про впровадження від 26.11.2021), ТОВ «Розумні технології «ТИТУТУЛ» (м. Суми) у вигляді програмного забезпечення із запропонованим методом навчання ієрархічного екстрактора ознак кадрів відеомоніторингу (акт впровадження від 21.09.2021), ТОВ «Норд Трек» (м. Шостка, Сумська область) у вигляді моделі екстракції ознакового опису даних відеоінспекції інфраструктури водовідведення (акт впровадження від 05.05.2023), а також ПАТ «Molfar.AI sp. z o.o.», (м. Гданськ, Польща) у вигляді алгоритму синтезу вирішувальних правил для класифікаційного аналізу дефектів труб водовідведення (акт впровадження від 21.09.2021).

Одержані результати дослідження також упроваджено в навчальний процес кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету під час викладання дисципліни «Introduction to Data Science» (акт впровадження від 21.09.2021).

**Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях, персональний внесок здобувача.**

Основні результати дослідження Зарецького М. О. було опубліковано у **17** працях, з яких **4** статті у періодичних фахових виданнях ВАК України, **8** статей у періодичних виданнях, що індексуються наукометричною базою даних **Scopus** та **Web of Science** (зокрема 1 – у виданні на території країни члена **ОЕСР**), 5 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних конференцій (зокрема, 3 у виданнях, що індексуються міжнародною наукометричною

базою **Scopus**). Крім того, одержано 4 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

В опублікованих працях здобувачем у повному обсязі висвітлені основні наукові положення, результати та висновки дисертації. Наукові положення і результати досліджень, одержані здобувачем, проходили апробацію та доповідалися на наукових конференціях України та за її межами.

**Академічна доброчесність.** За результатами перевірки дисертаційної роботи Зарецького М. О. на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань та першоджерела для текстових та ілюстративних зазначень; навмисних спотворень не виявлено. Як результат, можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

**Оформлення дисертації** за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим МОН України, наказ № 40 від 12.11.2017. Мова і стиль викладання дисертації в повній мірі висвітлюють одержані науково-практичні результати.

#### **Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації.**

1. З аналізу проблеми і постановки задачі не до кінця зрозуміло, для яких випадків переважно використовується розроблена інформаційна технологія (планових чи аварійних). Також здобувач не пояснює, як відеозображення потрапляє на створену хмарну платформу.

2. Попри існування більш просунутих архітектур (наприклад, візуального трансформера), застосування «MobileNet» потребує більш детального обґрунтування. Також відсутнє порівняння ефективності різних архітектур екстрактора ознак.

3. У формалізованій постановці проблеми опису даних не зазначено, що вони є кадрами, змінними в часі. Проте, здобувач застосовує поняття спостереження/відеоспостереження, що дещо ускладнює розуміння термінології.

4. Потребує більш чіткого пояснення зазначеного у роботі формулювання, що система функціонує за умов ресурсних та інформаційних обмежень. Детальний опис цих обмежень не наведено.

5. Для оцінювання ефективності моделі класифікаційного аналізу даних запропоновано використання ентропійного критерію ефективності за Шенноном. Водночас, відсутнє порівняння його розбіжності порівняно з іншими критеріями, наприклад, з відносною ентропією Кульбака–Лейблера.

6. У роботі також не знайшло свого відображення порівняння економічної ефективності людини-оператора і автоматичної системи формування звітів на основі розробленої інтелектуальної інформаційної технології.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру і не знижують наявну наукову цінність та практичну значущість одержаних здобувачем результатів дисертаційної праці.

Дисертація є одноособово створеною кваліфікаційною науковою працею, що містить сукупність результатів і наукових положень, поданих здобувачем для публічного захисту; має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок здобувача у галузь знань 12 «Інформаційні технології».

Тематика досліджень повністю відповідає вимогам спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

### **Загальний висновок**

У цілому дисертаційна робота Зарецького Миколи Олександровича «Моделі та методи інтелектуальної інформаційної технології оцінювання функціонального стану труб водовідведення» є завершеною науковою працею, що спрямована на одержання нових науково обґрунтованих теоретичних і експериментальних результатів, що в сукупності є науково і практично значущими для підвищення ефективності ідентифікації функціонального стану труб водовідведення.

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п.6 «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, а дисертант Зарецький Микола Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

### **РЕЦЕНЗЕНТ**

**професор кафедри комп'ютерної механіки  
імені Володимира Марцинковського  
Сумського держаного університету  
доктор технічних наук, професор**



**Іван ПАВЛЕНКО**

**12 серпня 2023 р.**

