

підсистемам, показники і критерії їхнього виконання, самі підсистеми і засоби зв'язку між ними.

Детальні дослідження – останній рівень декомпозиції загальної задачі дослідження ефективності – забезпечують рішення всіх питань, що стосуються вигляду конкретних засобів.

Наприкінці доповіді було зроблено висновки: Дослідженням ефективності застосування технічних систем військових об'єктів повинні передувати системні дослідження з залученням методів експертних оцінок і прогнозування. Різні напрямки системних досліджень мають визначений взаємозв'язок і можуть перетинатися як у частині розв'язуваних задач і об'єктів дослідження, так і в охопленні аспектів, що враховуються.

Список використаної літератури:

1. Ковтун А. В. Ефективність і живучість систем озброєння та військової техніки / А. В. Ковтун // Навчальний посібник - Х.: АВВ. - 2010. – 110 с.
2. Харченко В. С. Теорія надійності та живучості елементів і систем літальних комплексів / В. С. Харченко. - Х.: ХВУ. – 1997.- 403 с.

Хорін В. В., студент 4-го курсу ХНАДУ

Науковий керівник: к.т.н., доцент Крайнюк О. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ ДАТЧИКІВ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОРІГ

Дорожня інфраструктура чутлива до структурної деградації через старіння матеріалів, спричинене головним чином інтенсивним рухом, погодними умовами, низькою якістю будівництва та відсутністю належного обслуговування. Для забезпечення безпеки перевезення своєчасне виявлення несправностей і подальше технічне обслуговування є надзвичайно

важливими. Відсутність швидких і автоматизованих методів моніторингу доріг є основним фактором є проблемою в багатьох країнах. Ручні методи спостереження та виявлення є громіздкими та трудомісткими, пов'язаними з високими витратами. Протягом останніх десятиліть дослідники та інженери приділяли пріоритет безпеці та зниженню витрат на перевірку в рамках розробки розумної системи дорожньої інфраструктури. Таким чином, у всьому світі підкреслюється важливість економічно ефективних систем моніторингу стану доріг для гарантування тривалої структурної цілісності та рівня безпеки.

Пошкодження дорожнього покриття можна пояснити різними факторами, такими як завантаження транспортними засобами, вага транспортних засобів, умови навколишнього середовища, якість будівництва та обслуговування. Використання датчиків нового покоління [1] і технологій, керованих даними [2, 3, 4] збирається інформація щодо пошкодження автомобільної дороги. Останніми роками широко використовуються підходи на основі машинного бачення для забезпечення економічно ефективних рішень у виявленні та локалізації аномалій дорожнього полотна. Аналіз стану доріг виконується або за допомогою методів обробки зображень, таких як порогове значення, або за допомогою алгоритмів машинного навчання для виділення локальних ознак. У процесі впровадження машинного зору автори [5] виконали виявлення вибоїн на асфальтовому покритті із загальною точністю майже 87 %, і успішно відрізняли вибоїни від тріщин, плям, жирного бруду, тіней і кришок отворів для обслуговування, а також точно сегментували вибоїни. Однак загальна методологія займала багато часу.

Автори [6] запропонували неконтрольоване та автоматизоване виявлення тріщин на асфальтовому покритті на основі аналізу фотометричної інформації з двошарових (інтенсивність, глибина) зображень. Результати показали, що запропонований метод може бути використаний для швидкої та

наближеної оцінки тріщин, особливо у випадках низького відношення сигнал/шум.

У роботі [7] використовували методи розпізнавання образів на основі машинного навчання з методами комп'ютерного зору на зображеннях вулиць для оцінки тротуарів. Запропонована модель ефективна для сегментації вибоїн з високою вірогідністю 98,7 %.

Тобто аналіз безпеки дорожнього покриття можна якісно виконувати із застосуванням датчиків нового покоління та методологію ШІ. Існуючі підходи оцінюються на основі платформ збору даних за різними підходами ШІ, особливо для класифікації, сегментації та виявлення об'єктів. Розробка моделей, які точно визначають і характеризують пошкодження тротуарів, є складним завданням.

У дослідженнях використовується різне обладнання, таке як камера, лазер, акселерометр, акустика, датчик тиску, радар, ультразвук, дефлектометр, тестер тертя для виявлення пошкоджень та збору даних. Але всі нові методи пов'язані із обробкою даних штучним інтелектом та машинним навчанням. Основними факторами у визначенні обладнання для виявлення пошкодження повинні бути вартість, ефективність, чіткість деталей зображення та тип дорожнього покриття, враховуючі, що методи машинного навчання перевершують традиційні способи.

Виявлення нещасних випадків, яке передбачає класифікацію та локалізацію, показує добрі результати з 2D-даними та обіцяють детальний аналіз із 3D-даними, але в цій області було проведено не так багато роботи, пов'язаної з вимірюванням аварійних ділянок. Виявлення пошкоджень дорожнього покриття допомагає локалізувати дефекти, що спонукало багатьох дослідників накладати цю інформацію на карти для цілей навігації. Інноваційні методи, такі як тепловізор, дані хмари точок, аналіз стереобачення, мобільні додатки та моделі на основі БПЛА для оцінки в реальному часі, наприклад, застосовувалися багатьма дослідниками для

підвищення ефективності існуючих моделей. Наразі даний метод є найнадійнішим методом моніторингу дорожнього покриття на наявність аварій, а подальша інтеграція з інноваційними технологіями, доступними датчиками та платформами охопить футуристичні, повністю автоматизовані системи.

Перелік використаної літератури:

1. Sony, S.; Laventure, S.; Sadhu, A. A literature review of next-generation smart sensing technology in structural health monitoring. *Struct. Control Health Monit.* 2019, 26, e2321.
2. Barbosh, M.; Singh, P.; Sadhu, A. Empirical mode decomposition and its variants: A review with applications in structural health monitoring. *Smart Mater. Struct.* 2020, 29, 093001.
3. Sony, S.; Dunphy, K.; Sadhu, A.; Capretz, M. A systematic review of convolutional neural network-based structural condition assessment techniques. *Eng. Struct.* 2021, 226, 111347.
4. Dunphy, K.; Sadhu, A. *Recent Developments in Structural Health Monitoring and Assessment—Opportunities and Challenges*; World Scientific: Singapore, 2022.
5. Wang, P.; Hu, Y.; Dai, Y.; Tian, M. Asphalt Pavement Pothole Detection and Segmentation Based on Wavelet Energy Field. *Math. Probl. Eng.* 2017, 2017, 1604130.
6. Akagic, A.; Buza, E.; Omanovic, S.; Karabegovic, A. Pavement crack detection using Otsu thresholding for image segmentation. In *Proceedings of the 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Croatia, 21–25 May 2018; pp. 1092–1097.
7. Chacra, A.D.; Zelek, J. Municipal Infrastructure Anomaly and Defect Detection. In *Proceedings of the 26th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2018)*, Rome, Italy, 3–7 September 2018.