

**УДК 004.852(043)**

**Сергій Фундитус; Ігор Коноваленко, к.т.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **РОЗПІЗНАВАННЯ ДЕФЕКТІВ НА ПОВЕРХНЕВІЙ СТРУКТУРІ ПОКРІВЛІ БУДІВЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ ТА ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Анотація. В даному дослідженні розглядається проблема розпізнавання дефектів на поверхневій структурі будівельних покрівель за допомогою дронів та нейронних мереж з машинним навчанням. Метою дослідження є розробка ефективного методу виявлення пошкоджень, таких як тріщини, зношування, корозія тощо, що можуть впливати на надійність та безпеку будівельних конструкцій з використанням згорткової нейронної мережі яка здійснює класифікацію зображень, які були створені за допомогою дрону, поверхневої структури поверхні покрівель будівель між двома дискретними класами.

Ключові слова: дрони, машинне навчання, виявлення пошкоджень, згорткові нейронні мережі, розпізнавання образів, класифікація зображень, дефекти на поверхні покрівлі.

**Serhiy Fundytus; Ihor Konovalenko, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **RECOGNITION OF DEFECTS ON THE SURFACE STRUCTURE OF THE BUILDING ROOF USING DRONES AND CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS**

Abstract. This research examines the problem of recognizing defects on the surface structure of building roofs using drones and neural networks with machine learning. The purpose of the research is to develop an effective method for detecting damage such as cracks, wear, corrosion, etc., which can affect the reliability and safety of building structures using a convolutional neural network that performs the classification of images that were created using a drone, the surface structure of the surface of the roofs of buildings between two discrete classes.

Keywords: drones, machine learning, damage detection, convolutional neural networks, pattern recognition, image classification, roof surface defects.

Покрівля є однією з найважливіших частин будинку, яка забезпечує його захист від негоди та інших природних впливів. Існує великий вибір покрівельних покриттів з різними характеристиками, найбільш популярними матеріалами є профнастил, металочерепиці, керамічна черепиця, ондулін і бітумна черепиця. Також є інші матеріали, але в більшості випадків застосовуються саме перелічені. У деяких випадках необхідно вміти визначати ситуацію, чи мають дахи будинків пошкодження в даному місці або в даний час. Ці дані повинні бути отримані в режимі реального часу і автоматизовані. Залучення фахівців, які здатні здійснювати висотні роботи для постійного моніторингу стану поверхні покрівлі, може бути витратнішим, ніж усунення наслідків ігнорування даного фактору – таких, як ремонт внутрішнього інтер'єру або заміна доробартісного устаткування, яке було пошкоджене через дефекти в даху. Для ефективного вирішення поставленої мети застосуємо квадрокоптери, також відомі як квадрокоптерні дрони або мультироторні літальні апарати, які стали невід'ємною частиною сучасного світу. Ці безпілотники, оснащені чотирма гвинтами, здатні підійматися у повітря і виконувати різноманітні завдання. Розгляньмо основні особливості застосування такого аеродинамічного пристрою як квадрокоптер. Безпілотні літальні апарати можуть бути використані для досліджень важкодоступних місць, якими являються поверхні будівельних покрівель за допомогою створення вражаючих фото- та відеозйомок з повітря. Існує потреба у машинному навчанні для

аналізу і розпізнавання цілих покрівель, або пошкоджених. Глибоке навчання зробило революцію в розпізнаванні образів і машинному навчанні. Зображення та відео стали повсюдно присутніми в Інтернеті, що стимулювало розробку алгоритмів, які можуть аналізувати їх семантичний зміст для різних додатків, включаючи пошук і узагальнення. [1]

В теперішній час широко використовуються згорткові нейронні мережі (ЗНМ) як ефективний клас моделей для розуміння змісту зображень, що дає найсучасніші результати в розпізнаванні, сегментації та вилученні зображень і відео. Архітектури ЗНМ здатні до навчання потужним характеристикам на основі слабо маркованих даних, які значно перевершують по продуктивності методи, що засновані на характеристиках. [2, 3, 4]

В існуючих дослідженнях була представлена гібридна нейронна мережа для розпізнавання поверхневої структури покрівлі будівлі, яка поєднує в собі локальну вибірку зображень, нейронну мережу з самоорганізаційною картою (СК) і згорткову нейронну мережу (ЗНМ). СК забезпечує квантування зразків зображень в топологічний простір, тим самим забезпечуючи зниження розмірності і інваріантність до незначних змін у зразку зображення, а ЗНМ забезпечує інваріантність до перекладу, повороту, масштабуванню і деформації. Вона послідовно витягує більші ознаки в ієрархічному наборі шарів. [1, 2, 4]

Існує два основних додатки машинного навчання, які аналізують зображення, що містять покрівлі будинків: 1) систему виявлення дахів будівель; 2) систему порівняння поверхні покрівель. Система виявлення дахів будівель розпізнає наявність, місце розташування, масштаб і (можливо) орієнтацію та матеріал будь-якої покрівлі споруди, присутньої на нерухомому зображенні або відеокадрі. Система порівняння поверхні покрівель бере зображення даху і робить прогноз, чи збігається ця покрівля з іншими поверхнями дахів будинків в наданій базі даних. [1, 2]

Для вирішення задачі виявлення об'єкта певного класу на фото або відео підходить ЗНМ, бо її архітектура дозволяє зробити модель детектування, яка самостійно знаходить в зображенні високорівневі ознаки, використовуючи лише зображення в якості вхідних даних. Визначення того, чи містить зображення даху будівлі з дефектами чи ні, є простим завданням класифікації. Треба класифікувати зображення між двома дискретними класами: ті, які містять пошкодження на поверхні покрівлі будинку, і ті, які не містять. [2, 4]

Для створення системи розпізнавання дефектів на поверхні, таких як прогнилі дерев'яні елементи, місця протікання покрівлі, застарілі матеріали, руйнування чи занепад конструкції та тріщини було обрано ОС яка має всі останні безпекові оновлення, та яка досі підтримується компанією-розробником Microsoft за допомогою патчів при виявленні нових бекдорів чи системних вразливостях - Windows 10. В якості середовища розробки обрана мова програмування Python, яка добре підходить для розробки алгоритмів машинного навчання, та має необхідні бібліотеки. [1, 2]

Була створена архітектури системи, яка складається з наступних основних модулів, кожен з яких виконує свою унікальну функцію:

- модуль машинного навчання, який відповідає за цикли навчання нейронної мережі шляхом прийняття на вхідні дані зображення цілих поверхонь покрівель будівель та пошкоджених дахів будинків та споруд;
- модуль обробки зображень, який масштабує, обрізає і нормалізує зображення;
- модуль включення відео-камери безпілотної та розпізнавання дефектів.

Модель виявлення пошкоджень на дахах будівель будувалася за допомогою Sequential API бібліотеки Keras. Для виявлення поверхні покрівлі споруди використовувались каскадні класифікатори з урахуванням ознак Хаара. Модель ЗНМ

разом із каскадним класифікатором навчалася протягом 30 циклів із двома класами, одне із яких позначає клас зображень із дефектами на дахах будівель, а інший – без жодних пошкоджень поверхні покрівлі будинків. [5]

Запропонована система дозволяє вирішити задачу моніторингу стану поверхні структури покрівель будівель за допомогою сучасних безпілотних літальних апаратів і згорткових нейронних мереж мінімізуючи людський фактор та вартість цього процесу із можливістю перенаправлення збережених ресурсів на нагальніші потреби.

### **Перелік посилань**

1. Hussain S. “Machine Learning Methods for Visual Object Detection” / Sabit Ul Hussain – 2012.
2. Нильсен М.А. Нейронні мережі та глибоке навчання. - Determination Press. - 2015.
3. Chung A. “Cloud Computed Machine Learning Based Real-Time Litter Detection using Micro-UAV Surveillance” / Ashley Chung, Sean Kim, Ethan Kwok, Michael Ryan, Erika Tan, Ryan Gamadia – 2018.
4. CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition: <http://cs231n.github.io/neural-networks-1/>
5. About Keras: <https://keras.io/about/>.