

***Розвиток радіоелектроніки, комп'ютерних систем
та інфокомунікацій в авіаційно-космічній галузі України.***

Ігор БЕРЕШКО

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри екології та техногенної безпеки
факультету літакобудування
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна
e-mail: i.bereshko@khai.edu,
ORCID: 0000-0002-0675-9582*

Вікторія КРУЧИНА

*кандидатка технічних наук, доцентка,
завідувачка кафедри екології та техногенної безпеки
факультету літакобудування
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна
e-mail: v.kruchyna@khai.edu,
ORCID: 0000-0001-6474-3178*

Валерія КЛЕЄВСЬКА

*старша викладачка кафедри екології та техногенної безпеки
факультету літакобудування
Національного аерокосмічного університету
ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна
e-mail: v.kleyevska@khai.edu,
ORCID: 0000-0002-2117-139X*

**ВИЯВЛЕННЯ ПРИХОВАНИХ ЗМІН НА ЗЕМНІЙ ПОВЕРХНІ
ЗА ДОПОМОГОЮ ДРОНІВ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ**

Анотація: Цей матеріал присвячений використанню безпілотних літальних апаратів (дронів) для моніторингу змін на земній поверхні. Описано різні методи аналізу зображень, отриманих за допомогою дронів, включаючи спектральний аналіз, текстурний аналіз та глибоке навчання. Особлива увага приділяється глибокому навчанню як перспективному методу автоматичного виявлення змін. Розглянуто переваги та недоліки різних методів, а також перспективи розвитку технології. Матеріал також охоплює практичні застосування дронів у різних галузях, таких як сільське господарство, лісове господарство, геологія та екологія.

Ключові слова: дрони, зображення, аналіз, глибоке навчання, зміни на земній поверхні, спектральний аналіз, текстурний аналіз, CNN.

**DETECTING HIDDEN CHANGES ON THE EARTH'S SURFACE
USING DRONES: MODERN APPROACHES**

Abstract: This paper focuses on the use of unmanned aerial vehicles (UAVs, or drones) for monitoring changes on the Earth's surface. It explores various image analysis methods, including spectral analysis, textural analysis, and deep learning. Deep learning is highlighted as a promising method for automated change detection. The advantages and disadvantages of different methods are discussed, along with future directions for this technology. Practical applications of drones in various fields, such as agriculture, forestry, geology, and ecology, are also covered.

Keywords: drones, images, analysis, deep learning, changes on the Earth's surface, spectral analysis, textural analysis, CNN.

Використання безпілотних літальних апаратів (дронів) для моніторингу земної поверхні стало невід'ємною частиною сучасних досліджень. Одним з ключових завдань є виявлення прихованих змін, що можуть бути спричинені як природними процесами (ерозія, зсуви), так і антропогенним впливом (будівництво, вирубка лісів).

Існує декілька підходів до аналізу зображень, отриманих за допомогою дронів, для виявлення змін на земній поверхні:

1. Аналіз ортофотопланів: Порівняння ортофотопланів, знятих у різний час, дозволяє виявити глобальні зміни в ландшафті. Однак цей метод вимагає наявності знімків, зроблених за схожих умов, і не дозволяє виявити локальні зміни.

2. Спектральний аналіз: Аналізуючи спектральні характеристики пікселів зображення, можна виявити зміни в складі та стані об'єктів на поверхні. Наприклад, індекс NDVI дозволяє оцінити зміни в рослинності.

3. Текстурний аналіз: Аналіз текстурних характеристик зображень дозволяє виявити зміни в шорсткості, гранулометрії та рельєфі поверхні.

Для аналізу зображень з дронів використовується широкий спектр програмного забезпечення, серед яких ArcGIS, QGIS, ENVI, ERDAS Imagine та MATLAB. Вибір інструменту залежить від конкретної задачі та необхідного рівня автоматизації.

Одним з найбільш перспективних напрямів в аналізі зображень є використання глибокого навчання. Згорткові нейронні мережі (CNN) дозволяють автоматично виявляти складні візерунки в зображеннях, що особливо важливо для виявлення тонких змін.

Процес аналізу з використанням глибокого навчання складається з п'ятих основних етапів:

1. Збір даних: Збір зображень з дронів у різних спектральних діапазонах та з різною роздільною здатністю.

2. Попередня обробка: Видалення шуму, геометрична корекція, нормалізація.

3. Тренування моделі: Навчання CNN на великій кількості зображень з відомими змінами.

4. Тестування моделі: Оцінка точності моделі на нових даних.

5. Виявлення змін: Використання навченої моделі для виявлення змін на нових зображеннях.

Переваги використання глибокого навчання:

- висока точність: Здатність виявляти тонкі зміни, які можуть бути непомітними для людини;

- автоматизація: Зменшення ручної праці при аналізі великих обсягів даних;
- універсальність: Можливість застосування до різних типів зображень та задач.

Перспективи розвитку технології виявлення прихованих змін на місцевості за допомогою дронів пов'язані з декількома напрямками. Розглянемо їх детальніше.

1. Розробка нових алгоритмів: створення більш ефективних алгоритмів обробки зображень, здатних працювати з великими обсягами даних і виявляти тонкі зміни.
2. Використання багатоспектральних камер: розширення спектрального діапазону зйомки дозволить отримувати додаткову інформацію про об'єкти на земній поверхні.
3. Інтеграція з іншими джерелами даних: комбінування даних, отриманих з дронів, з іншими джерелами інформації (супутникові зображення, дані наземних вимірювань) дозволить отримати більш повну картину стану навколишнього середовища.
4. Автоматизація процесів: розробка автономних систем, здатних самостійно планувати маршрути польотів, збирати дані та обробляти їх.

Основні напрямки практичного застосування технології можна розподілити за галузями:

- сільське господарство: моніторинг стану полів, виявлення шкідників та хвороб рослин, оцінка врожайності;
- лісове господарство: моніторинг вирубки лісів, виявлення пожеж, оцінка біомаси;
- геологія: виявлення зсувів, карстових провалів, рухів земної кори;
- екологія: моніторинг забруднення водойм, виявлення звалищ, оцінка впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище;
- археологія: пошук археологічних пам'яток;
- містобудування: моніторинг міської забудови, виявлення незаконних конструкцій.

Використання дронів для моніторингу земної поверхні є перспективним напрямком, який має величезний потенціал для вирішення широкого кола завдань. Незважаючи на існуючі проблеми, постійний розвиток технологій та наукових досліджень дозволяє оптимістично дивитися в майбутнє.

Глибоке навчання, безперечно, є найперспективнішим методом сегментації зображень для виявлення змін у рослинності на забруднених ділянках. Завдяки своїй здатності автоматично виявляти складні візерунки та особливості в даних, глибокі нейронні мережі можуть точно ідентифікувати навіть незначні зміни в рослинному покриві, спричинені забрудненням. Крім того, глибоке навчання дозволяє обробляти великі обсяги даних, що є особливо важливим для моніторингу великих територій. Однак, для ефективного застосування глибокого навчання необхідні великі навчальні множини, які містять детально

анотовані зображення, та потужні обчислювальні ресурси, що може бути обмежуючим фактором для деяких досліджень.

Список використаних джерел:

1. Берешко І. М., Кручина В. В., Клеєвська В. Л. Виявлення прихованих змін на поверхні землі за допомогою зображень із квадрокоптера. Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування: матеріали Міжнар. наук. конф., 25-26 квітня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 179-180.
2. Li, J., Cai, Y., Li, Q., Kou, M., & Zhang, T. (2024). A review of remote sensing image segmentation by deep learning methods. *International Journal of Digital Earth*, 17(1). <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2328827>.
3. Castelluccio, Marco, Giovanni Poggi, Carlo Sansone, and Luisa Verdoliva. 2015. "Land Use Classification in Remote Sensing Images by Convolutional Neural Networks." arXiv preprint arXiv: 1508.0009