

УДК 528.8:004.08

**Дуліч В.Ю., студент спеціальності 193 Геодезія та землеустрій**  
**Науковий керівник: Курач Т. М. к.геогр.н., доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою**

*(Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна)*

### **ПОШУК ДІЄВИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ МІСЦЕВОСТІ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ**

Моніторинг місцевості у зоні бойових дій є критично важливим для оцінювання інфраструктурних втрат, стану навколишнього середовища, планування гуманітарних та відновлювальних робіт. Традиційні польові методи дослідження (GNSS-знімання, топографічне знімання, лазерне сканування, аерозйомка з БПЛА) забезпечують високу точність, однак їх застосування обмежене небезпекою, мінуванням територій та відсутністю доступу до зони інтересу [1; 2]. Тому сучасна тенденція полягає у переході до дистанційних і автоматизованих методів дослідження.

Найдієвішим методом моніторингу є дистанційне зондування Землі. Оптичні супутники Sentinel-2, Landsat-9 та WorldView дозволяють фіксувати руйнування населених пунктів, транспортної інфраструктури та об'єктів енергетики. Радіолокаційні системи SAR (Sentinel-1, ICEYE) ефективно виявляють деформації рельєфу навіть уночі та за несприятливих погодних умов. Ці технології застосовуються для аналізу наслідків руйнування Каховської ГЕС, де супутникові знімки підтвердили затоплення понад 80 км<sup>2</sup> територій, формування нових водойм і руйнування берегової лінії [6]. Дослідження з використанням WorldView-3 дозволили зафіксувати масштабні руйнування Маріуполя та деформації територій у Бучі, Ірпені й Гостомелі, що підтверджено оцінками UNOSAT [3; 4; 5; 7].

Поєднання ДЗЗ з ГІС забезпечує автоматизовану ідентифікацію та класифікацію пошкоджень. Інтеграція супутникових даних, цифрових моделей рельєфу у поєднанні з просторовою аналітикою дозволяє створювати карти руйнувань, прогнозувати ерозійні процеси, відслідковувати зсуви ґрунту й вторинні геоморфологічні явища.

Використання методів комп'ютерного зору та машинного навчання підвищує швидкість обробки великих масивів даних і мінімізує потребу у фізичному доступі до територій [8].

Отже, найефективнішими методами моніторингу змін місцевості у зоні бойових дій є використання супутникових даних (оптичних та SAR), інтеграція у ГІС, а також застосування БПЛА для локальних, високоточних обстежень. Такі технології формують основу сучасних систем військового картографування, дозволяють документувати руйнування, забезпечувати безпеку цивільного населення та планувати відновлення територій.

#### **Перелік посилань:**

1. Colomina, I., Molina, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. — 2014.
2. European Space Agency (ESA). Sentinel-2 User Guide. — URL: <https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Data/SentinelMissions/Sentinel2.html>
3. U.S. Geological Survey (USGS). Landsat 9 Science Users Handbook. — URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov>
4. European Space Agency (ESA). Sentinel-1 SAR User Guide. — URL: <https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Data/SentinelMissions/Sentinel1.html>
5. ICEYE. SAR Satellite Constellation Overview. — URL: <https://www.iceye.com>

6. NASA Earth Observatory. Flooding After Destruction of Kakhovka Dam (2023). – URL: <https://earthobservatory.nasa.gov>
7. UNOSAT (UNITAR). Damage Assessment: Bucha, Irpin, Hostomel, Mariupol (2022). – URL: <https://unitar.org/unosat>
8. Zhang, Z., Liu, Q., Wang, Y. Road extraction by deep residual U-Net // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. — 2018.