

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Навчально-науковий інститут інноватики,
природокористування та інфраструктури
Кафедра економічної експертизи та землевпорядкування

ЗІМІРСЬКА Тетяна Михайлівна

**Інтеграція даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у
геоінформаційні системи землеустрою / Integration of the Earth
Remote sensing data (ERSD) into the geoinformation systems of land
management**

спеціальність: 193 – Геодезія та землеустрій
освітньо-професійна програма – Експертна оцінка землі та нерухомого
майна

Кваліфікаційна робота

Виконала студентка групи ГЕО3-41
Т. М. Зімірська

Науковий керівник:
к.е.н., доцент, А. М. Бутов

Кваліфікаційну роботу допущено
до захисту:

"__" _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

Б. О. Язлюк

ТЕРНОПІЛЬ – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА ДЗЗ У ЗЕМЛЕУСТРОЇ	7
1.1. Сутність, структура та функціональні можливості геоінформаційних систем у науках про Землю	7
1.2. Дистанційне зондування Землі як джерело просторових даних для землеустрою	12
Висновки до розділу 1	19
 РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕГРАЦІЇ ДАНИХ ДЗЗ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕУСТРОЮ	 20
2.1. Технологічні етапи інтеграції супутникових, кадастрових і тематичних даних у ГІС	20
2.2. Методи обробки, аналізу та візуалізації даних ДЗЗ у системах землевпорядного моніторингу	26
Висновки до розділу 2	31
 РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ГІС-ДЗЗ РІШЕНЬ У ЗЕМЛЕУСТРОЇ ТА УПРАВЛІННІ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ	 33
3.1. Використання інтегрованих ГІС-ДЗЗ моделей для моніторингу змін землекористування та стану земельних ресурсів	33
3.2. Напрями удосконалення використання даних ДЗЗ у геоінформаційних системах землеустрою територіальних громад	39
Висновки до розділу 3	47
 ВИСНОВКИ	 49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В умовах трансформації земельних відносин, децентралізації управління, воєнних викликів, екологічних ризиків і необхідності раціонального використання земель особливого значення набуває потреба в актуальній, точній і просторово прив'язаній інформації про стан землекористування. Традиційні методи збору та оновлення землевпорядної інформації часто є тривалими, ресурсозатратними й не завжди забезпечують оперативне виявлення змін. Саме тому інтеграція даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи є важливим напрямом удосконалення сучасного землеустрою.

Дані ДЗЗ дають змогу оперативно отримувати інформацію про стан земельного покриття, сільськогосподарських угідь, водних об'єктів, лісових масивів, забудованих і деградованих територій, а ГІС забезпечують її обробку, аналіз, візуалізацію та поєднання з кадастровими, топографічними, екологічними й містобудівними даними. Такий підхід створює передумови для ефективного моніторингу змін землекористування, виявлення невідповідності між фактичним і цільовим використанням земель, контролю за станом земельних ресурсів та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Отже, дослідження інтеграції даних ДЗЗ у ГІС землеустрою є актуальним як у науковому, так і в практичному аспекті.

Рівень досліджуваності теми інтеграції даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою є достатньо високим, однак окремі прикладні аспекти її використання на рівні територіальних громад потребують подальшого опрацювання. Теоретичні основи функціонування ГІС, структури геопросторових даних, просторового аналізу та моделювання розкрито у працях В. Зацерковного, І. Тішаєва, І. Віршила, В. Демидова. Питання сучасних дистанційних методів дослідження територій, фотограмметричної обробки матеріалів ДЗЗ, використання супутникових і аерофотознімків висвітлено у працях С. Нестеренка, О.

Афанасьєва, М. Мироненка. Значну увагу використанню ГІС і ДЗЗ у моніторингу землекористування, оцінці стану земельних ресурсів, аналізі просторових змін та цифровому моделюванні територій приділяють О. Браславська, М. Білявський, І. Стахів, В. Ворох, В. Деркач, С. Чепіль та інші дослідники.

Водночас, попри наявність значної кількості наукових праць, проблема комплексної інтеграції даних ДЗЗ, кадастрової інформації, тематичних шарів і результатів просторового аналізу в єдині ГІС-системи землеустрою залишається актуальною. Недостатньо дослідженими є питання практичного впровадження таких рішень у діяльність територіальних громад, регулярного оновлення супутникових даних, автоматизованого виявлення змін землекористування, створення відкритих геопорталів і використання ГІС-ДЗЗ моделей для прийняття управлінських рішень. Це зумовлює потребу в подальшому дослідженні методичних і практичних підходів до інтеграції даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні теоретичних, методичних і практичних підходів до інтеграції даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою з метою підвищення ефективності моніторингу, аналізу та управління земельними ресурсами.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких **завдань**:

- розкрити сутність, структуру та функціональні можливості геоінформаційних систем у сфері землеустрою;
- охарактеризувати дистанційне зондування Землі як джерело актуальних просторових даних для землевпорядної діяльності;
- визначити основні технологічні етапи інтеграції супутникових, кадастрових і тематичних даних у ГІС;
- проаналізувати методи обробки, аналізу та візуалізації даних ДЗЗ у системах землевпорядного моніторингу;

- обґрунтувати можливості використання інтегрованих ГІС-ДЗЗ моделей для моніторингу змін землекористування та стану земельних ресурсів;

- Запропонувати напрями удосконалення використання даних ДЗЗ у геоінформаційних системах землеустрою територіальних громад.

Об’єктом дослідження є процес використання геоінформаційних систем і даних дистанційного зондування Землі у сфері землеустрою та управління земельними ресурсами.

Предметом дослідження є теоретичні, методичні та практичні підходи до інтеграції даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою для моніторингу змін землекористування, аналізу стану земельних ресурсів і підтримки управлінських рішень.

Методи дослідження. У кваліфікаційній роботі використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: аналіз і узагальнення наукових джерел – для розкриття теоретичних основ ГІС і ДЗЗ; системний підхід – для визначення взаємозв’язку між супутниковими, кадастровими та тематичними даними; порівняльний метод – для оцінки можливостей різних джерел просторової інформації; картографічний і геоінформаційний методи – для обґрунтування підходів до візуалізації, аналізу та моделювання землекористування; метод просторового аналізу – для визначення можливостей інтеграції даних ДЗЗ у ГІС землеустрою та використання їх у моніторингу земельних ресурсів.

Наукова новизна дослідження полягає в узагальненні теоретичних і методичних підходів до інтеграції даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою. У роботі систематизовано основні етапи поєднання супутникових, кадастрових і тематичних даних у ГІС, уточнено роль спектральних індексів NDVI, NDWI, NDBI, SAVI та NBR у землевпорядному моніторингу, а також обґрунтовано доцільність використання інтегрованих ГІС-ДЗЗ моделей для виявлення змін

землекористування, оцінки стану земельних ресурсів і підтримки управлінських рішень на рівні територіальних громад.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості використання запропонованих підходів у землевпорядній діяльності, просторовому плануванні та управлінні земельними ресурсами територіальних громад. Результати дослідження можуть бути застосовані для створення єдиних ГІС-баз земельних ресурсів, моніторингу фактичного використання земель, виявлення деградованих територій, контролю забудови, аналізу водних об'єктів, формування відкритих геопорталів громад і підготовки обґрунтованих землевпорядних рішень.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА ДЗЗ У ЗЕМЛЕУСТРОЇ

1.1. Сутність, структура та функціональні можливості геоінформаційних систем у науках про Землю

Сучасний розвиток землеустрою тісно пов'язаний із цифровізацією просторової інформації, автоматизацією процесів збору, обробки, аналізу та візуалізації даних про земельні ресурси. У цих умовах особливого значення набувають геоінформаційні системи, які виступають не лише технічним інструментом картографування, а й комплексною інформаційно-аналітичною основою для прийняття управлінських рішень у сфері землекористування, територіального планування, кадастру, охорони земель та моніторингу змін земельного покриття.

Геоінформаційні системи можна розглядати як багатокomпонентні системи, призначені для збирання, збереження, оновлення, обробки, аналізу, моделювання та графічного подання просторово прив'язаної інформації. Їх особливість полягає в тому, що вони поєднують картографічну основу з атрибутивними базами даних, завдяки чому кожен просторовий об'єкт може бути не лише відображений на карті, а й охарактеризований за сукупністю кількісних і якісних показників. У землеустрої такими об'єктами можуть бути земельні ділянки, угіддя, межі територіальних громад, охоронні зони, санітарно-захисні зони, об'єкти інженерної інфраструктури, водні об'єкти, лісові масиви, деградовані землі, території природоохоронного призначення тощо.

У науковій літературі підкреслюється, що геоінформаційні системи виконують важливу роль у дослідженні територій, оскільки дають змогу інтегрувати різні види просторових даних у єдине інформаційне середовище. Зокрема, у працях із геоінформаційних технологій зазначається, що «ГІС забезпечують збір, зберігання, обробку, аналіз і візуалізацію географічної

інформації, а також створення картографічних та інших вихідних документів» [4]. Саме ця властивість робить їх особливо важливими для землевпорядної діяльності, де необхідно працювати з великими обсягами просторової, правової, екологічної, економічної та містобудівної інформації.

Структура геоінформаційної системи охоплює декілька взаємопов'язаних складових (рис. 1.1). До них належать апаратне забезпечення, програмне забезпечення, просторові та атрибутивні дані, методи обробки й аналізу інформації, а також фахівці, які забезпечують функціонування системи. Апаратне забезпечення включає комп'ютерну техніку, сервери, засоби зберігання даних, пристрої введення і виведення інформації, GPS/GNSS-обладнання, сканери, плотери та інші технічні засоби. Програмне забезпечення представлене спеціалізованими ГІС-платформами, серед яких широко використовуються ArcGIS, QGIS, Digitals, MapInfo, SAGA GIS, Google Earth Engine та інші програмні продукти.



Рис. 1.1. Основні компоненти геоінформаційної системи [10, с. 34]

Просторові дані є основою будь-якої ГІС. Вони відображають місцезположення об'єктів у просторі та можуть бути представлені у векторній або растровій формі. Векторні дані використовуються для зображення

точкових, лінійних і полігональних об'єктів. У землеустрої до таких даних належать межі земельних ділянок, контури угідь, дороги, водотоки, адміністративні межі, межі територіальних громад, охоронні та обмежувальні зони. Растрові дані найчастіше представлені супутниковими знімками, аерофотознімками, цифровими моделями рельєфу, картами висот, індексними зображеннями рослинності чи вологості. Саме поєднання векторних і растрових даних забезпечує комплексний аналіз території.

Атрибутивні дані доповнюють просторові об'єкти описовою інформацією. Наприклад, земельна ділянка у ГІС може мати такі атрибути: кадастровий номер, площа, форма власності, цільове призначення, вид угідь, нормативна грошова оцінка, обмеження у використанні, наявність сервітутів, дані про власника або користувача. Завдяки цьому ГІС дозволяє не лише відображати земельні ділянки на карті, а й здійснювати їх пошук, класифікацію, групування, статистичний аналіз і формування звітів.

Важливою функціональною можливістю ГІС є просторовий аналіз. Він дає змогу визначати взаємне розташування об'єктів, аналізувати накладання меж, виявляти конфлікти землекористування, оцінювати доступність територій, моделювати зміни землекористування, визначати придатність земель для певних видів використання. Наприклад, у процесі розроблення землевпорядної документації ГІС може використовуватися для аналізу відповідності фактичного використання земель їх цільовому призначенню, виявлення самовільного зайняття земельних ділянок, оцінки просторових обмежень, формування кадастрових планів і тематичних карт.

ГІС-технології мають важливе значення для підвищення точності землевпорядних робіт. У дослідженнях, присвячених застосуванню ГІС у проєктах землеустрою, наголошується, що «використання геоінформаційних технологій сприяє підвищенню прозорості та точності процедур, зменшенню кількості помилок і накладань меж. Також виділяються такі етапи застосування ГІС, як збір даних, визначення меж ділянок, аналіз просторових обмежень, формування кадастрових планів і моніторинг землекористування»

[36]. Це свідчить про те, що ГІС є не допоміжним, а системоутворюючим інструментом сучасного землеустрою.

Особливе значення ГІС має для управління земельними ресурсами територіальних громад. У сучасних умовах громади отримали ширші повноваження щодо управління землями, тому потребують достовірної, актуальної та просторово впорядкованої інформації про земельний фонд. Геоінформаційна система громади може містити дані про земельні ділянки, власників і користувачів, договори оренди, обмеження у використанні земель, інженерну інфраструктуру, природоохоронні території, землі запасу, деградовані та малопродуктивні землі. Зокрема, О. Ступень та Н. Прокопенко зазначають, що «геоінформаційна система територіальної громади функціонує як інноваційна картографічна платформа, яка інтегрує дані з державних реєстрів, відкритих інформаційних ресурсів і локальних картографічних матеріалів для візуалізації та формування аналітичних звітів про земельний фонд громади» [35].

ГІС також забезпечують можливість моделювання різних сценаріїв використання територій. За їх допомогою можна оцінювати придатність земель для сільськогосподарського виробництва, будівництва, рекреації, природоохоронного використання, розміщення інфраструктурних об'єктів. Таке моделювання дає змогу враховувати рельєф, ґрунтовий покрив, гідрографічну мережу, транспортну доступність, наявність обмежень, екологічний стан території, ризики підтоплення, ерозії чи інших деградаційних процесів. У результаті управлінські рішення стають більш обґрунтованими, оскільки базуються не лише на текстових або статистичних даних, а й на комплексному просторовому аналізі.

Значною перевагою ГІС є можливість інтеграції різних джерел даних. До таких джерел належать топографічні карти, кадастрові плани, матеріали інвентаризації земель, статистичні дані, матеріали польових обстежень, GPS/GNSS-вимірювання, супутникові знімки, аерофотознімки, цифрові моделі рельєфу, дані державних реєстрів і відкритих геопорталів. У

землевпорядній практиці саме інтеграція різномірної інформації дозволяє отримати цілісне уявлення про стан земельних ресурсів і напрями їх раціонального використання.

Сучасні ГІС є основою цифрової трансформації системи землеустрою. Науковці зазначають, що «автоматизація процесів землеустрою є одним із основних факторів підвищення ефективності земельного адміністрування, а особливу роль у цьому процесі відіграють ГІС, які забезпечують інтеграцію просторових даних у єдині аналітичні платформи» [35]. Це особливо актуально для України, де тривають процеси реформування земельних відносин, розвитку національної інфраструктури геопросторових даних, цифровізації кадастрової інформації та впровадження електронних сервісів.

У сфері землеустрою ГІС виконують низку ключових функцій. По-перше, вони забезпечують інформаційну функцію, тобто накопичення, систематизацію та оновлення даних про земельні ресурси. По-друге, аналітичну функцію, яка полягає в обробці просторової та атрибутивної інформації для виявлення закономірностей, проблем і тенденцій. По-третє, моделювальну функцію, що дозволяє прогнозувати розвиток територій і наслідки управлінських рішень. По-четверте, картографічну функцію, яка полягає у створенні електронних карт, планів, схем і графічних матеріалів. По-п'яте, управлінську функцію, оскільки результати ГІС-аналізу використовуються для прийняття рішень щодо організації території, охорони земель, планування землекористування та контролю за дотриманням земельного законодавства.

Геоінформаційні системи також підвищують прозорість земельних відносин. Наявність цифрових карт, відкритих даних і просторової аналітики зменшує ризики дублювання інформації, помилок у документації, накладання меж, неправомірного використання земель і корупційних проявів. Завдяки цьому ГІС є важливим інструментом не лише технічного, а й правового та управлінського забезпечення землеустрою.

Водночас впровадження ГІС у землепорядну діяльність супроводжується певними проблемами. До них належать фрагментарність просторових даних, недостатня актуальність окремих картографічних матеріалів, різні формати даних, відсутність єдиних стандартів обміну інформацією, обмежений доступ до деяких державних реєстрів, потреба у високій кваліфікації фахівців, а також фінансові витрати на програмне забезпечення, технічну інфраструктуру та оновлення даних. Проте ці проблеми не зменшують значення ГІС, а навпаки – підкреслюють необхідність системного підходу до цифровізації землеустрою.

Отже, геоінформаційні системи є важливою теоретико-методичною та практичною основою сучасного землеустрою. Вони забезпечують комплексну роботу з просторовими даними, дають змогу інтегрувати різні джерела інформації, здійснювати аналіз і моделювання стану земельних ресурсів, формувати картографічні матеріали та підтримувати прийняття управлінських рішень. У поєднанні з даними дистанційного зондування Землі ГІС набувають ще більшого значення, оскільки забезпечують оперативне оновлення інформації про фактичний стан територій і створюють основу для ефективного моніторингу землекористування.

1.2. Дистанційне зондування Землі як джерело просторових даних для землеустрою

Дистанційне зондування Землі є одним із найважливіших джерел актуальної просторової інформації для сучасного землеустрою. Його значення зростає в умовах інтенсивної трансформації земельного покриву, урбанізації, зміни структури сільськогосподарського землекористування, деградації ґрунтів, кліматичних змін і необхідності постійного моніторингу територій. На відміну від традиційних польових методів обстеження, дистанційне зондування дозволяє швидко отримувати дані про великі площі, у тому числі важкодоступні або небезпечні території, що особливо важливо

для України в умовах воєнного стану, екологічних ризиків і потреби в оперативному оновленні земельної інформації.

Дистанційне зондування Землі – це метод отримання інформації про об’єкти, процеси та явища на земній поверхні без безпосереднього контакту з ними. Таке отримання інформації здійснюється за допомогою сенсорів, установлених на супутниках, літаках, безпілотних літальних апаратах або інших носіях. У сучасних дослідженнях зазначається, що «ДЗЗ базується на реєстрації електромагнітного випромінювання – відбитого або власного, що дає змогу виявляти фізичні та хімічні характеристики земної поверхні, зокрема вологість, температуру, біомасу, рослинність і структуру ґрунтів» [35].

У землеустрої дані ДЗЗ використовуються для вирішення широкого кола завдань. Серед них – оновлення картографічної основи, визначення фактичного стану землекористування, моніторинг сільськогосподарських угідь, виявлення деградованих земель, оцінка стану рослинного покриву, контроль за змінами меж забудови, аналіз підтоплення, ерозійних процесів, вирубки лісів, змін водних об’єктів, а також виявлення порушень земельного законодавства. У поєднанні з ГІС дані ДЗЗ стають основою для створення тематичних карт, цифрових моделей територій, аналітичних звітів і прогнозних сценаріїв розвитку землекористування.

Однією з головних переваг дистанційного зондування є оперативність. Супутникові знімки дозволяють отримувати інформацію про стан території в короткі терміни та з певною періодичністю. Це дає змогу не лише фіксувати поточний стан земель, а й аналізувати динаміку змін за певний період. Наприклад, за допомогою багаточасових супутникових знімків можна простежити розширення забудови, зміну площ сільськогосподарських угідь, зменшення площ лісів, зміну водного дзеркала водойм, поширення ерозійних процесів або деградації рослинного покриву.

О. Браславська підкреслює, що «сучасні процеси землекористування є динамічними та залежать від природних і антропогенних чинників.

Інтенсивна урбанізація, зміни клімату, розширення сільськогосподарських угідь і вирубка лісів вимагають застосування інноваційних методів моніторингу, а ГІС-технології та ДЗЗ забезпечують оперативний аналіз змін землекористування й дозволяють приймати обґрунтовані рішення у сфері містобудування, екологічного менеджменту та земельного управління» [4]. Це підтверджує, що дистанційне зондування є не лише технічним засобом отримання зображень, а й важливим елементом управління земельними ресурсами.

Джерела даних дистанційного зондування можуть бути різними за типом носія, просторовою роздільною здатністю, спектральними характеристиками та періодичністю знімання. Найпоширенішими є супутникові дані, які забезпечують регулярне спостереження за великими територіями. До відомих супутникових систем належать Landsat, Sentinel, MODIS, WorldView, PlanetScope та інші. Для завдань землеустрою особливо важливими є знімки середньої та високої просторової роздільної здатності, які дають змогу аналізувати межі угідь, структуру посівів, забудову, лісові масиви, водні об'єкти та інші елементи земної поверхні.

Окрім супутникових знімків, важливе значення мають матеріали аерофотознімання та знімання з безпілотних літальних апаратів. Вони забезпечують більш детальне зображення території та можуть використовуватися для створення ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу, тривимірних моделей місцевості, уточнення меж земельних ділянок, інвентаризації об'єктів нерухомості та контролю за станом територій. У наукових джерелах зазначається, що «сучасні дистанційні методи та геоінформаційні технології охоплюють обробку цифрових аеро-, фото- і космічних матеріалів, фотограмметричні процеси, лазерне сканування, створення ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу, цифрових моделей місцевості та 3D-моделей» [21].

За типом сенсорів дистанційне зондування поділяється на оптичне, інфрачервоне, радарне, теплове, гіперспектральне та лазерне. Оптичні

сенсори фіксують відбите сонячне випромінювання у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Вони широко застосовуються для аналізу рослинності, ґрунтового покриву, забудови, водних об'єктів. Радарні сенсори мають перевагу в тому, що можуть здійснювати знімання незалежно від хмарності та освітлення, тому є корисними для моніторингу підтоплення, зсувів, просідання земної поверхні та інших процесів. Лідарні технології дозволяють створювати високоточні цифрові моделі рельєфу та поверхні.

ДЗЗ використовує різні типи сенсорів: «оптичні сенсори, зокрема Sentinel-2 та Landsat, які отримують зображення у видимому та інфрачервоному спектрах; радарні сенсори, зокрема Sentinel-1 та ALOS PALSAR, які забезпечують аналіз незалежно від погодних умов; а також лідарні технології, що створюють детальні цифрові моделі рельєфу та структури рослинності» [4]. Така різноманітність джерел даних дає змогу обирати оптимальні матеріали залежно від конкретного землевпорядного завдання.

Важливим напрямом використання ДЗЗ у землеустрої є моніторинг землекористування та земельного покриву. За допомогою супутникових знімків можна відстежувати зміни у структурі територій: розорювання земель, урбанізацію, вирубку лісів, зміну меж водних об'єктів, розвиток кар'єрів, деградацію ґрунтів, зміну стану рослинності. ДЗЗ відіграє фундаментальну роль у системах управління земельними ресурсами, оскільки «забезпечує моніторинг землекористування і покриття земель, оцінювання родючості ґрунтів і продуктивності угідь, виявлення деградованих земель, оцінювання природних ризиків і підтримку ухвалення управлінських рішень» [35].

Для аналізу супутникових знімків широко використовуються спектральні індекси. Найбільш поширеним є NDVI – нормалізований індекс рослинності, який дозволяє оцінити стан і густоту рослинного покриву. Його застосовують для моніторингу сільськогосподарських культур, виявлення посушливих ділянок, оцінки біомаси, прогнозування врожайності,

визначення деградованих або малопродуктивних земель. Крім NDVI, використовуються інші індекси: NDWI для аналізу водних об'єктів і вологості, NDBI для виявлення забудованих територій, SAVI для оцінки рослинності з урахуванням впливу ґрунту, NBR для виявлення згарищ і деградаційних змін.

Дистанційне зондування має значення і для оцінки якості земель. За допомогою супутникових даних можна аналізувати ознаки ерозії, засолення, заболочування, опустелювання, зниження продуктивності рослинного покриву. Такі дані особливо важливі для сільськогосподарського землекористування, оскільки дозволяють визначати просторову неоднорідність угідь, оцінювати потребу в меліоративних заходах, оптимізувати структуру посівів і приймати рішення щодо раціонального використання земель. У поєднанні з ґрунтовими картами, даними агрохімічного обстеження та кадастровою інформацією супутникові знімки можуть стати основою для створення карт продуктивності, деградації та екологічного стану земель.

Особливе значення має інтеграція даних ДЗЗ у геоінформаційні системи. Самі по собі супутникові знімки є важливим джерелом інформації, однак їх практична цінність значно зростає після просторової прив'язки, класифікації, поєднання з кадастровими, топографічними, ґрунтовими, статистичними та іншими даними. У ГІС середовищі результати ДЗЗ можуть бути накладені на межі земельних ділянок, адміністративні межі, карти ґрунтів, матеріали нормативної грошової оцінки, схеми планування територій, карти обмежень. Це дозволяє встановити не лише факт зміни території, а й визначити, на які саме земельні ділянки, категорії земель або землекористувачів ці зміни поширюються.

Інтеграція кадастрової, супутникової та топографічної інформації в ГІС сприяє створенню динамічних моделей, необхідних для раціонального територіального планування. ДЗЗ розширює можливості ГІС, забезпечуючи аналіз змін на основі аерокосмічних даних, оцінку природних процесів і

прогнозування антропогенних трансформацій земельних ресурсів. Саме тому тема інтеграції даних ДЗЗ у ГІС землеустрою є актуальною як у теоретичному, так і в прикладному аспекті.

Дані дистанційного зондування можуть використовуватися на різних етапах землевпорядних робіт. На підготовчому етапі вони дають змогу оцінити загальний стан території, виявити основні типи землекористування, визначити наявність забудови, водних об'єктів, лісових масивів, сільськогосподарських угідь. На етапі аналізу вони використовуються для уточнення фактичного використання земель, виявлення змін, оцінки екологічного стану території. На проєктному етапі супутникові та аерофотознімки можуть бути основою для розроблення картографічних матеріалів, схем організації території, визначення обмежень і планування заходів з охорони земель. На етапі моніторингу вони забезпечують регулярне оновлення інформації та контроль за виконанням землевпорядних рішень.

Важливою перевагою ДЗЗ є можливість ретроспективного аналізу. Архівні супутникові знімки дозволяють дослідити, як змінювалася територія протягом років або десятиліть. Це має велике значення для аналізу динаміки землекористування, встановлення причин деградації земель, оцінки наслідків господарської діяльності, визначення тенденцій урбанізації або зміни сільськогосподарського освоєння. Такий підхід дозволяє не лише фіксувати сучасний стан земельних ресурсів, а й обґрунтовувати напрями їх подальшого використання.

Попри значні переваги, використання ДЗЗ у землеустрої має певні обмеження. До них належать залежність оптичних знімків від хмарності, різна просторово-часова роздільна здатність супутникових даних, потреба в спеціалізованому програмному забезпеченні, необхідність попередньої обробки знімків, складність інтерпретації окремих типів об'єктів, потреба у верифікації результатів польовими даними. Однак ці обмеження можуть бути частково подолані за рахунок використання різних джерел даних, поєднання

оптичних і радарних знімків, застосування машинного навчання, автоматизованої класифікації та геоінформаційного аналізу.

У сучасній практиці землеустрою важливим є не лише отримання даних ДЗЗ, а й забезпечення їх регулярного оновлення та сумісності з іншими наборами геопросторової інформації. Для цього необхідні стандартизовані підходи до обробки, зберігання, обміну та візуалізації даних. Особливого значення набуває розвиток національної інфраструктури геопросторових даних, відкритих геопорталів, електронного кадастру, цифрових карт територіальних громад і систем моніторингу земель.

Отже, дистанційне зондування Землі є одним із ключових джерел просторових даних для сучасного землеустрою. Воно забезпечує оперативне, об'єктивне та масштабне отримання інформації про стан земної поверхні, дозволяє здійснювати моніторинг змін землекористування, оцінювати стан земельних ресурсів, виявляти деградаційні процеси та підтримувати прийняття управлінських рішень. У поєднанні з геоінформаційними системами дані ДЗЗ формують потужну інформаційно-аналітичну основу для планування, організації, контролю та раціонального використання земель. Саме інтеграція ДЗЗ і ГІС створює передумови для переходу від традиційного землеустрою до цифрової, динамічної та науково обґрунтованої системи управління земельними ресурсами.

Висновки до розділу 1

Геоінформаційні системи є важливою основою сучасного землеустрою, оскільки забезпечують збирання, збереження, аналіз, моделювання та візуалізацію просторових даних. Їх використання дає змогу підвищити точність землевпорядних робіт, забезпечити прозорість земельних відносин, зменшити ризики помилок у визначенні меж земельних ділянок і створити інформаційну базу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Дистанційне зондування Землі розглянуто як важливе джерело актуальної просторової інформації для землеустрою. Його дані дозволяють оперативно оцінювати стан земельного покриву, виявляти зміни землекористування, контролювати деградаційні процеси, аналізувати стан сільськогосподарських угідь, водних об'єктів, лісів і забудованих територій. Інтеграція даних ДЗЗ у ГІС створює основу для комплексного моніторингу земельних ресурсів, цифрового моделювання територій і вдосконалення системи управління землекористуванням.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕГРАЦІЇ ДАНИХ ДЗЗ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

2.1. Технологічні етапи інтеграції супутникових, кадастрових і тематичних даних у ГІС

Інтеграція даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою є складним технологічним процесом, який передбачає поєднання різних за походженням, форматом, точністю та змістом інформаційних масивів. У сучасній землевпорядній практиці ГІС уже не розглядається лише як електронна карта або засіб візуалізації земельних ділянок. Її доцільно трактувати як комплексне інформаційно-аналітичне середовище, у якому поєднуються кадастрові дані, супутникові знімки, цифрові моделі рельєфу, матеріали топографо-геодезичних робіт, ґрунтові карти, дані про обмеження у використанні земель, екологічні характеристики території та результати польових обстежень.

Сучасні дослідження підтверджують, що «інтеграція кадастрової, супутникової та топографічної інформації в ГІС сприяє створенню динамічних моделей, необхідних для раціонального територіального планування, а дистанційне зондування розширює можливості ГІС через аналіз змін на основі аерокосмічних даних, оцінку природних процесів і прогнозування антропогенних трансформацій земельних ресурсів» [4]. Саме тому методика інтеграції даних ДЗЗ у ГІС повинна розглядатися як основа для переходу від статичного картографування до постійного моніторингу землекористування.

На першому етапі здійснюється формування інформаційної бази дослідження. Вона включає збирання вихідних матеріалів, необхідних для створення або оновлення геоінформаційної системи землеустрою. До таких матеріалів належать супутникові знімки, кадастрові плани, топографічні карти, ортофотоплани, межі адміністративно-територіальних одиниць, дані

про земельні ділянки, цифрові моделі рельєфу, дані про ґрунтовий покрив, обмеження у використанні земель, природоохоронні території, інженерну та транспортну інфраструктуру.

Таблиця 2.1

Основні групи даних, що інтегруються у ГІС землеустрою

Група даних	Приклади даних	Значення для землеустрою
Супутникові дані ДЗЗ	Sentinel-2, Landsat, PlanetScope, радарні знімки Sentinel-1	Виявлення змін землекористування, аналіз рослинності, водних об'єктів, забудови
Кадастрові дані	Кадастрові номери, межі ділянок, площа, цільове призначення	Правова і просторово-облікова основа землевпорядного аналізу
Топографічні дані	Рельєф, гідрографія, дороги, забудова	Оцінка природних і просторових умов використання земель
Тематичні дані	Ґрунти, обмеження, природоохоронні території, санітарні зони	Визначення придатності земель і правового режиму їх використання
Польові дані	GPS/GNSS-вимірювання, результати обстежень	Уточнення та перевірка результатів дистанційного аналізу
Дані відкритих геопорталів	Open Data, геопортали громад, державні реєстри	Актуалізація інформаційної бази та підвищення прозорості управління

Джерело: побудовано автором самостійно

Наведена таблиця демонструє, що повноцінна ГІС землеустрою формується не з одного джерела, а шляхом поєднання різних інформаційних блоків. Особливе місце серед них займають дані ДЗЗ, оскільки вони забезпечують оперативне оновлення інформації про фактичний стан території, тоді як кадастрові та правові дані дозволяють співвіднести виявлені зміни з конкретними земельними ділянками, власниками, користувачами та цільовим призначенням земель.

Другим етапом є попередня обробка даних дистанційного зондування. Супутникові знімки, отримані з відкритих або комерційних джерел, не завжди можуть бути безпосередньо використані в ГІС. Вони потребують геометричної, радіометричної та атмосферної корекції, приведення до єдиної системи координат, обрізання за межами території дослідження, усунення впливу хмарності, тіней, шумів і технічних спотворень. Використання цифрових технологій оброблення космічних знімків дає змогу перейти до

повністю цифрового потоку ДЗЗ, який охоплює отримання, обробку, інтерпретацію та використання знімків у ГІС-середовищі [19].

Послідовність інтеграції даних ДЗЗ у ГІС починається з попередньої цифрової обробки супутникових знімків, яка забезпечує їх придатність для подальшого просторового аналізу (рис. 2.1).

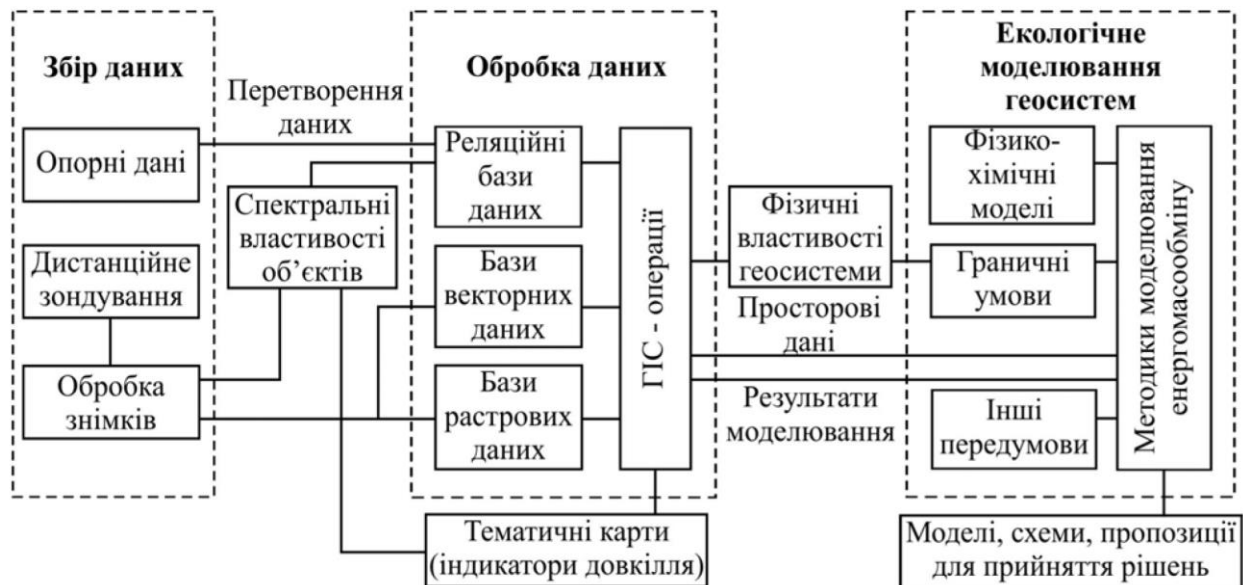


Рис. 2.1. Технології оброблення матеріалів дистанційного зондування Землі [19, с. 176]

Як видно з рис. 2.1, оброблення матеріалів ДЗЗ є багатоступеневим процесом, що охоплює підготовку знімків, їх інтерпретацію, виділення тематичної інформації та подальше включення результатів у геоінформаційну систему.

Третім етапом є геоприв'язка та приведення даних до єдиної координатної основи. Це особливо важливо у землеустрої, де навіть незначні просторові похибки можуть призвести до неправильного визначення меж земельних ділянок, накладання контурів або помилок у розрахунках площ. Усі набори даних – супутникові знімки, кадастрові межі, топографічні карти, цифрові моделі рельєфу, матеріали польових вимірювань – повинні бути приведені до єдиної системи координат. Це забезпечує їх коректне накладання та можливість подальшого просторового аналізу.

Четвертий етап передбачає створення тематичних шарів ГІС. На основі супутникових знімків і додаткових матеріалів формуються окремі інформаційні шари: землі сільськогосподарського призначення, лісові землі, забудовані території, водні об'єкти, деградовані землі, еродовані ділянки, території з надмірною вологістю, землі природоохоронного призначення, території з обмеженнями у використанні. Тематичне шарування є однією з головних переваг ГІС, адже дає змогу аналізувати територію не як суцільне зображення, а як систему взаємопов'язаних просторових об'єктів.

На цьому етапі особливого значення набуває класифікація супутникових знімків. Вона може бути візуальною, напіваавтоматизованою або автоматизованою. Візуальна інтерпретація передбачає дешифрування знімків фахівцем на основі кольору, текстури, форми, розміру та просторового розташування об'єктів. Автоматизована класифікація базується на алгоритмах обробки зображень, спектральних індексах і методах машинного навчання. О. Браславська наголошує, що «машинне навчання та алгоритми глибокого навчання значно підвищують точність аналізу змін землекористування та забезпечують автоматизовану класифікацію територій» [4].

П'ятим етапом є інтеграція результатів дешифрування з кадастровими даними. На цьому етапі тематичні шари, отримані на основі ДЗЗ, накладаються на кадастрові межі земельних ділянок. Це дозволяє визначити, які саме земельні ділянки зазнали змін, чи відповідає фактичне використання землі її цільовому призначенню, чи не відбулося самовільного зайняття земель, незаконної забудови, розорювання прибережних захисних смуг або зміни земельного покриву без відповідних правових підстав.

Наприклад, якщо за даними супутникового знімка виявлено збільшення площі забудови, то за допомогою накладання кадастрового шару можна встановити, чи розташована забудова в межах земельної ділянки відповідного цільового призначення. Якщо на землях сільськогосподарського призначення виявлено ознаки кар'єрної діяльності, складування відходів або будівництва,

такі дані можуть бути використані як підстава для додаткової перевірки. Таким чином, інтеграція ДЗЗ і кадастру переводить супутникову інформацію з рівня загального спостереження на рівень конкретного землевпорядного рішення.

Для систематизації технологічного процесу інтеграції даних ДЗЗ у ГІС землеустрою доцільно подати його у вигляді послідовної схеми (рис. 2.2).

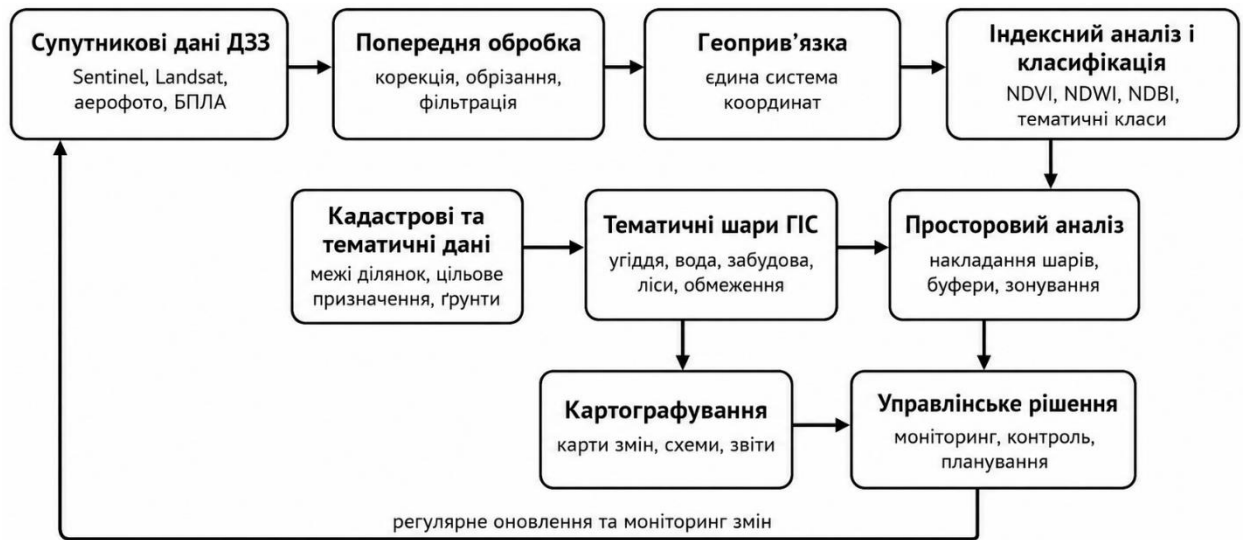


Рис. 2.2. Узагальнена схема інтеграції даних ДЗЗ у ГІС землеустрою

Джерело: побудовано автором самостійно

Запропонована схема відображає логіку переходу від первинних супутникових даних до готових аналітичних матеріалів, які можуть використовуватися у землевпорядному плануванні, моніторингу та контролі використання земель.

Шостим етапом є просторовий аналіз і моделювання. У ГІС-середовищі результати ДЗЗ можуть аналізуватися за допомогою оверлейного аналізу, буферизації, зонування, класифікації, картографічної алгебри, побудови цифрових моделей рельєфу, аналізу щільності, інтерполяції та прогнозного моделювання. У наукових джерелах із геоінформаційних систем значна увага приділяється саме оверлейним операціям, буферному аналізу,

класифікаційному аналізу та просторовому моделюванню як базовим інструментам роботи з геоданими [10].

У землеустрої просторовий аналіз може використовуватися для визначення придатності земель для певних видів використання, виявлення конфліктів землекористування, оцінки впливу природних і антропогенних чинників, визначення зон ризику, формування пропозицій щодо оптимізації структури земельного фонду. Наприклад, поєднання шару ухилів рельєфу, ґрунтової карти, даних NDVI та меж сільськогосподарських угідь дозволяє виявити ділянки з підвищеним ризиком ерозії або зниження продуктивності.

Сьомим етапом є картографічна візуалізація результатів. Результати інтеграції ДЗЗ і ГІС можуть подаватися у вигляді тематичних карт, аналітичних схем, картограм, діаграм, 3D-моделей, інтерактивних вебкарт і геопорталів. Саме візуалізація робить результати просторового аналізу зрозумілими не лише для фахівців-землевпорядників, а й для представників органів місцевого самоврядування, землекористувачів, інвесторів і громадськості.

Восьмий етап – оновлення, перевірка та використання результатів у системі управління земельними ресурсами. Геоінформаційна система не повинна бути одноразовим продуктом. Її цінність полягає в регулярному оновленні даних, порівнянні різночасових знімків, виявленні нових змін і формуванні інформаційної основи для прийняття рішень. Цифровізація процесів землеустрою є ключовим чинником підвищення ефективності управління земельними ресурсами, зменшення бюрократичних перешкод і забезпечення прозорості земельних відносин.

Отже, технологічні етапи інтеграції супутникових, кадастрових і тематичних даних у ГІС включають збирання вихідних матеріалів, попередню обробку ДЗЗ, геоприв'язку, створення тематичних шарів, інтеграцію з кадастровими даними, просторовий аналіз, картографічну візуалізацію та регулярне оновлення інформації. Такий підхід забезпечує

перехід від фрагментарного використання окремих джерел даних до комплексної цифрової системи землеустрою.

2.2. Методи обробки, аналізу та візуалізації даних ДЗЗ у системах землевпорядного моніторингу

Землевпорядний моніторинг на основі даних дистанційного зондування Землі передбачає систематичне спостереження за станом земельного покриву, виявлення змін у структурі землекористування, оцінку деградаційних процесів, контроль за забудовою, станом сільськогосподарських угідь, водних об'єктів, лісових масивів і територій з особливим режимом використання. На відміну від традиційних методів обстеження, ДЗЗ дозволяє отримувати регулярну, об'єктивну та просторово повну інформацію про територію.

Сучасні дослідження підтверджують, що «ГІС-технології та дистанційне зондування є ефективними інструментами моніторингу змін землекористування, оскільки дозволяють здійснювати просторовий аналіз, прогнозування, ідентифікацію урбанізованих зон, змін рослинного покриву та деградації ґрунтів» [4]. Тому у системах землевпорядного моніторингу ДЗЗ використовується не лише для створення зображень території, а й для кількісної оцінки змін.

Першим методом обробки даних ДЗЗ є візуальне дешифрування супутникових і аерофотознімків. Воно ґрунтується на аналізі зовнішніх ознак об'єктів: форми, розміру, кольору, тону, текстури, тіні, просторового положення та взаємозв'язку з іншими об'єктами. У землеустрої візуальне дешифрування використовується для попереднього визначення типів угідь, меж забудови, контурів лісів, водойм, польових доріг, меліоративних каналів, кар'єрів, порушених земель і зон підтоплення.

Другим методом є багатоспектральний аналіз. Його сутність полягає у використанні інформації з різних спектральних каналів супутникового зображення. Оскільки різні об'єкти земної поверхні по-різному відбивають електромагнітне випромінювання, багатоспектральний аналіз дозволяє

відрізняти рослинність, ґрунти, воду, забудову, відкриті поверхні, деградовані землі та інші типи земельного покриття. Серед основних методів обробки супутникових даних можна виділити багатоспектральний аналіз, індекси NDVI, NDBI, NDWI, машинне навчання та просторове моделювання [4].

Третім важливим методом є індексний аналіз. Він базується на розрахунку спеціальних спектральних індексів, які дають змогу оцінювати стан окремих компонентів земної поверхні. Найбільш поширеним є NDVI – нормалізований індекс рослинності. Він використовується для оцінки стану рослинного покриття, визначення продуктивності сільськогосподарських угідь, виявлення посушливих або деградованих ділянок. Індекс NDWI застосовується для виявлення водних об'єктів і оцінки вологості території, а NDBI – для аналізу забудованих територій.

Таблиця 2.2

Основні спектральні індекси, що використовуються у землевпорядному моніторингу

Індекс	Повна назва	Що дозволяє оцінити	Приклад використання у землеустрої
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	Стан і густоту рослинного покриття	Оцінка стану сільськогосподарських угідь, виявлення деградованих земель
NDWI	Normalized Difference Water Index	Водні об'єкти та вологість території	Виявлення підтоплення, змін площ водойм, аналіз прибережних територій
NDBI	Normalized Difference Built-up Index	Забудовані території	Контроль розширення забудови, виявлення урбанізованих зон
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	Рослинність з урахуванням впливу ґрунту	Аналіз розрідженої рослинності та посушливих територій
NBR	Normalized Burn Ratio	Порушені або вигорілі території	Оцінка наслідків пожеж, деградації земельного покриття

Джерело: побудовано автором самостійно

Застосування спектральних індексів дає змогу перейти від простого візуального аналізу супутникових знімків до кількісної оцінки стану земельного покриття. У землевпорядному моніторингу це особливо важливо, оскільки результати індексного аналізу можна порівнювати за різні періоди

часу, накладати на кадастрові межі та використовувати для обґрунтування управлінських рішень.

Четвертим методом є класифікація земного покриву. Вона дозволяє поділити територію на окремі класи: рілля, багаторічні насадження, ліси, луки, пасовища, забудовані землі, водні об'єкти, відкриті ґрунти, порушені території тощо. Класифікація може бути некерованою, коли алгоритм самостійно групує пікселі за подібністю спектральних характеристик, або керованою, коли фахівець задає навчальні вибірки для кожного класу. У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває машинне навчання, яке дає змогу автоматизувати процес класифікації та підвищити точність визначення типів землекористування.

П'ятий метод – порівняльний аналіз різночасових знімків. Він використовується для виявлення змін, які відбулися на території за певний період. Наприклад, шляхом порівняння супутникових знімків за різні роки можна визначити, як змінилися площі забудови, сільськогосподарських угідь, лісів, водойм, відкритих ґрунтів або деградованих земель. Такий аналіз має особливе значення для територіальних громад, оскільки дозволяє оцінити динаміку використання земельного фонду, виявити проблемні території та сформувати напрями раціонального землекористування.

Одним із прикладів індексного аналізу у землевпорядному моніторингу є використання NDWI для визначення водних об'єктів, зволжених територій і просторових змін водного покриву (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Приклад просторового розподілу індексу NDWI за даними Sentinel-2 [34]

Подібні результати можуть бути інтегровані в ГІС як окремий тематичний шар і використані для оцінки змін водних об'єктів, підтоплених земель, прибережних захисних смуг та інших територій, важливих для землеустрою.

Шостим методом є просторове моделювання у ГІС. Воно передбачає поєднання результатів ДЗЗ із кадастровими, топографічними, ґрунтовими, екологічними та соціально-економічними даними. У результаті можна створювати моделі придатності земель, ризику деградації, ерозійної небезпеки, урбанізаційного навантаження, інвестиційної привабливості територій або екологічної вразливості. Зокрема, М. Білявський зазначає, що «така методика базується на поєднанні ГІС-аналізу з інструментами обробки супутникових знімків для виявлення змін у структурі землекористування, прогнозування ризиків та оцінки ефективності використання земельних ресурсів» [3].

Сьомим методом є створення цифрових моделей території. До них належать цифрові моделі рельєфу, цифрові моделі місцевості, моделі землекористування, моделі зонування території, моделі обмежень і правового режиму земель. Такі моделі є важливими для землеустрою, оскільки дозволяють одночасно враховувати природні, правові, екологічні та господарські чинники. Наприклад, цифрова модель землекористування громади може включати межі земельних ділянок, види угідь, дані про власників і користувачів, обмеження у використанні, результати аналізу супутникових знімків, зони ерозійної небезпеки та території перспективного розвитку.

Восьмий метод – візуалізація результатів землевпорядного моніторингу. Вона може здійснюватися у вигляді тематичних карт, карт змін, індексних карт, карт ризиків, діаграм, графіків, інтерактивних панелей і геопорталів. Особливе значення має створення геопорталів територіальних громад, які забезпечують доступ до просторових даних, підвищують прозорість земельних відносин і полегшують прийняття управлінських рішень. У

сучасних дослідженнях підкреслюється, що розробка відкритого геоінформаційного порталу громади може забезпечити доступ до просторових даних, автоматизувати оновлення інформації та інтегрувати результати аналізу в процес прийняття рішень.

Таблиця 2.3

Використання методів ДЗЗ і ГІС для вирішення землевпорядних завдань

Землевпорядне завдання	Дані ДЗЗ / ГІС-інструмент	Очікуваний результат
Моніторинг сільськогосподарських угідь	NDVI, класифікація знімків Sentinel-2	Виявлення продуктивних, посушливих або деградованих ділянок
Контроль забудови	NDBI, порівняння різночасових знімків	Виявлення розширення забудованих територій
Аналіз водних об'єктів	NDWI, радарні та оптичні знімки	Визначення змін площ водойм, підтоплень, зволжених земель
Виявлення деградованих земель	NDVI, NBR, цифрові моделі рельєфу	Картографування порушених, еродованих або малопродуктивних земель
Оцінка відповідності фактичного і цільового використання	Накладання ДЗЗ на кадастрові межі	Виявлення невідповідностей у використанні земельних ділянок
Планування розвитку території громади	Просторове моделювання, зонування	Формування пропозицій щодо оптимізації землекористування

Джерело: побудовано автором самостійно

Дані таблиці 2.3 свідчать, що методи ДЗЗ і ГІС можуть використовуватися не ізольовано, а як єдина система землевпорядного моніторингу. Їх поєднання дає змогу не лише фіксувати поточний стан земель, а й оцінювати динаміку змін, виявляти ризики, прогнозувати розвиток територій і розробляти управлінські заходи.

У практичному аспекті важливим є також автоматизований моніторинг змін землекористування. Його сутність полягає у регулярному завантаженні нових супутникових знімків, автоматичному розрахунку індексів, виявленні змін і формуванні повідомлень або аналітичних звітів. Такий підхід може бути корисним для органів місцевого самоврядування, землевпорядних організацій, екологічних служб, аграрних підприємств і контролюючих органів.

Цифровізація землеустрою відкриває можливості для впровадження штучного інтелекту, автоматизованого просторового аналізу, електронних кадастрових карт, систем Open Data та міжвідомчої інтеграції даних. У дослідженні цифрової трансформації системи землеустрою зазначено, що перспективними напрямками є інтеграція різних цифрових платформ в єдину систему відкритих даних, розвиток методів штучного інтелекту для автоматизованого аналізу просторової інформації та виявлення порушень земельного законодавства.

Водночас використання ДЗЗ у землевпорядному моніторингу має певні обмеження. До них належать різна просторова роздільна здатність супутникових знімків, вплив хмарності на оптичні дані, необхідність спеціальної підготовки фахівців, потреба у верифікації результатів польовими обстеженнями, складність інтеграції даних з різних джерел, а також проблеми стандартизації форматів. Проте ці обмеження не знижують значення ДЗЗ, а лише вказують на необхідність поєднання супутникового моніторингу з кадастровими, геодезичними, топографічними та польовими матеріалами.

Отже, методи обробки, аналізу та візуалізації даних ДЗЗ у системах землевпорядного моніторингу включають візуальне дешифрування, багатоспектральний аналіз, розрахунок спектральних індексів, класифікацію земного покриття, порівняння різночасових знімків, просторове моделювання, створення цифрових моделей території та картографічну візуалізацію. Їх застосування дозволяє підвищити точність, оперативність і доказовість землевпорядних рішень, а також створити основу для цифрового управління земельними ресурсами.

Висновки до розділу 2

Інтеграція даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою є послідовним технологічним процесом, який охоплює збирання вихідних матеріалів, попередню обробку супутникових знімків, геоприв'язку, створення тематичних шарів, поєднання результатів ДЗЗ із

кадастровими даними, просторовий аналіз, картографічну візуалізацію та регулярне оновлення інформації. Такий підхід дозволяє формувати не статичні карти, а динамічні геоінформаційні моделі землекористування.

Основними методами роботи з даними ДЗЗ у землевпорядному моніторингу є багатоспектральний аналіз, індексний аналіз, класифікація земного покриття, порівняння різночасових супутникових знімків і просторове моделювання. Найбільш практичне значення для землеустрою мають індекси NDVI, NDWI, NDBI, SAVI та NBR, які дозволяють оцінювати стан рослинності, водних об'єктів, забудованих територій, посушливих земель і порушених ділянок.

Інтеграція ДЗЗ і ГІС створює інформаційну основу для контролю фактичного використання земель, виявлення деградаційних процесів, моніторингу забудови, аналізу стану сільськогосподарських угідь, оцінки водних об'єктів і планування розвитку територіальних громад. Найбільш перспективними напрямками подальшого розвитку є автоматизація моніторингу, використання машинного навчання, створення геопорталів громад і формування єдиних систем відкритих геопросторових даних.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ГІС-ДЗЗ РІШЕНЬ У ЗЕМЛЕУСТРОЇ ТА УПРАВЛІННІ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ

3.1. Використання інтегрованих ГІС-ДЗЗ моделей для моніторингу змін землекористування та стану земельних ресурсів

Практичне застосування інтегрованих ГІС-ДЗЗ рішень у землеустрої пов'язане з необхідністю отримання актуальної, об'єктивної та просторово деталізованої інформації про стан земельних ресурсів. У сучасних умовах традиційні методи землевпорядного обстеження, що базуються переважно на польових вимірюваннях, паперових картографічних матеріалах і фрагментарних кадастрових даних, не завжди забезпечують достатню оперативність. Особливо це стосується територій, де швидко змінюється структура землекористування, відбувається розширення забудови, деградація ґрунтового покриву, зміна площ водних об'єктів, трансформація сільськогосподарських угідь або виникають наслідки природних і техногенних процесів.

Інтегровані ГІС-ДЗЗ моделі дають змогу перейти від разового картографування до постійного просторового моніторингу. Їх перевага полягає в тому, що супутникові, кадастрові, топографічні, екологічні та статистичні дані поєднуються в єдиному цифровому середовищі. Завдяки цьому можна не лише побачити зміни на території, а й пов'язати їх із конкретними земельними ділянками, видами угідь, цільовим призначенням, правовими обмеженнями та управлінськими рішеннями.

ГІС і ДЗЗ є важливими інструментами аналізу, оцінки та прогнозування змін землекористування, оскільки «забезпечують оперативний доступ до актуальних просторових даних і дають можливість приймати обґрунтовані рішення у сфері земельного управління, містобудування та екологічного менеджменту» [4]. Саме тому інтегровані ГІС-ДЗЗ моделі доцільно

розглядати як основу сучасної системи землеустрою, орієнтованої на доказовість, регулярне оновлення даних і прогнозування змін.

Основою такої моделі є поєднання декількох інформаційних блоків. Перший блок формують дані дистанційного зондування Землі: супутникові знімки Sentinel, Landsat, PlanetScope, аерофотознімки, матеріали зйомки з безпілотних літальних апаратів, радарні та лідарні дані. Другий блок становлять кадастрові дані: межі земельних ділянок, кадастрові номери, площі, цільове призначення, форма власності, дані про користувачів і власників. Третій блок охоплює тематичні дані: ґрунтові карти, цифрові моделі рельєфу, межі природоохоронних територій, охоронні зони, водоохоронні зони, санітарно-захисні зони, інженерну інфраструктуру, транспортну мережу. Четвертий блок становлять результати аналітичної обробки: індекси NDVI, NDWI, NDBI, класифікація земного покриву, карти змін, карти ризиків, карти деградаційних процесів.

Таблиця 3.1

Інформаційні блоки інтегрованої ГІС-ДЗЗ моделі землекористування

Інформаційний блок	Зміст даних	Практичне значення для землеустрою
Дані ДЗЗ	Sentinel, Landsat, БПЛА, аерофото, радарні та лідарні дані	Оперативне виявлення змін земного покриву, забудови, водних об'єктів, стану рослинності
Кадастрові дані	Межі ділянок, кадастрові номери, площі, цільове призначення, форма власності	Прив'язка виявлених змін до конкретних земельних ділянок
Топографічні дані	Рельєф, гідрографія, дороги, забудова, інженерна інфраструктура	Оцінка просторових умов використання земель
Екологічні дані	Ґрунти, деградовані землі, природоохоронні території, обмеження	Виявлення екологічних ризиків і формування заходів охорони земель
Аналітичні дані	NDVI, NDWI, NDBI, карти змін, класифікація земного покриву	Моніторинг динаміки землекористування та прогнозування змін

Джерело: побудовано автором самостійно

Наведені у таблиці 3.1 дані показують, що інтегрована ГІС-ДЗЗ модель не обмежується відображенням земельних ділянок на карті. Вона поєднує

правову, природну, екологічну, господарську та аналітичну інформацію, що дозволяє комплексно оцінювати стан земельних ресурсів і приймати більш обґрунтовані землепорядні рішення.

Практичне використання інтегрованої моделі починається з визначення об'єкта моніторингу. Ним може бути територіальна громада, окрема земельна ділянка, масив сільськогосподарських угідь, водний об'єкт, прибережна територія, промислова зона, рекреаційна територія або природоохоронний об'єкт. Після цього формується база геопросторових даних, яка містить вихідні картографічні, кадастрові, дистанційні та тематичні матеріали.

Наступним етапом є обробка супутникових знімків. Вона включає геометричну корекцію, атмосферну корекцію, обрізання за межами території дослідження, усунення хмарності, приведення до єдиної системи координат і підготовку зображень до подальшої класифікації. Якщо дослідження спрямоване на аналіз рослинного покриву, доцільно розраховувати NDVI. Якщо потрібно оцінити водні об'єкти або підтоплення, використовується NDWI. Для виявлення забудованих територій застосовується NDBI, а для оцінки порушених або вигорілих територій – NBR.

У практиці землеустрою особливо важливим є поєднання результатів індексного аналізу з кадастровими межами. Наприклад, якщо за даними NDVI виявлено зниження рослинності на певній території, накладання цього шару на кадастрову карту дозволяє встановити, на яких саме земельних ділянках відбуваються негативні зміни. Якщо аналіз NDBI показує розширення забудови, ГІС дає змогу перевірити, чи відповідає фактичне використання земель їх цільовому призначенню. Якщо NDWI фіксує зміну водного покриву або підтоплення, результати можна співвіднести з прибережними захисними смугами, водоохоронними зонами та межами землекористування.

Для узагальнення практичного процесу використання ГІС і ДЗЗ у моніторингу землекористування доцільно подати його у вигляді послідовної моделі (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Модель використання ГІС і ДЗЗ для моніторингу змін землекористування

Джерело: побудовано автором самостійно

Як видно з рис. 3.1, практична цінність інтегрованої моделі полягає у переході від первинних супутникових даних до конкретного землевпорядного рішення, яке може стосуватися контролю використання земель, планування території, виявлення порушень або розроблення заходів з охорони земель.

Важливим прикладом практичного застосування інтегрованих ГІС-ДЗЗ рішень є моніторинг змін водних об'єктів і прилеглих земель. У дослідженні щодо використання ГІС і ДЗЗ для аналізу території Каховського водосховища було застосовано супутникові знімки Sentinel-2 та індекс NDWI. Це дозволило проаналізувати просторово-часову динаміку водної поверхні упродовж червня-серпня 2023 року та кількісно оцінити масштаби скорочення водної поверхні і трансформації земель [34]. Такий приклад є показовим для землеустрою, оскільки демонструє, як за допомогою ДЗЗ можна швидко виявити масштабні зміни території, а за допомогою ГІС – просторово інтерпретувати їх і використати для прийняття управлінських рішень.

Практичне значення індексного аналізу добре простежується на прикладі використання NDWI для виявлення змін водної поверхні та прилеглих земель (рис. 3.2).

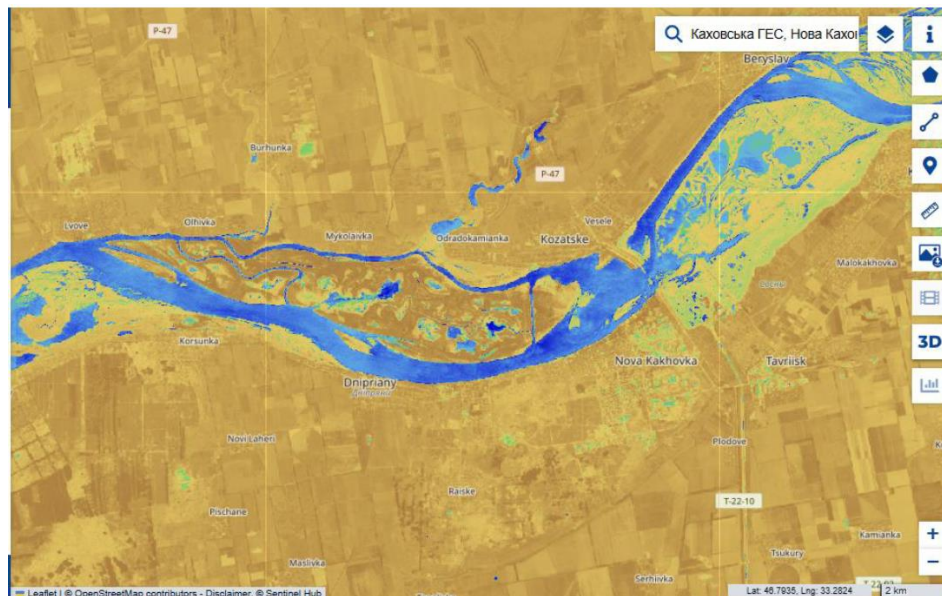


Рис. 3.2. Приклад використання індексу NDWI для моніторингу змін водного покриття [34]

Отримані результати можуть бути використані у землеустрої для уточнення меж водних об'єктів, оцінки трансформації прибережних територій, визначення зон ризику та обґрунтування подальшого використання земель.

Інтегровані ГІС-ДЗЗ моделі також доцільно використовувати для моніторингу сільськогосподарських угідь. За допомогою NDVI можна оцінювати стан посівів, виявляти ділянки з низькою біомасою, посушливі або деградовані землі, неоднорідність розвитку рослинності в межах одного поля. У поєднанні з кадастровими даними це дає можливість аналізувати не лише загальний стан угідь, а й ефективність використання конкретних земельних ділянок. Для територіальних громад такі дані можуть бути корисними під час інвентаризації земель, контролю орендованих ділянок, оцінки стану земель запасу та резерву, а також при плануванні заходів з охорони ґрунтів.

Ще одним напрямом є виявлення деградованих і порушених земель. Деградація може проявлятися через зниження рослинного покриття, ерозію, засолення, заболочування, опустелювання, порушення ґрунтового шару внаслідок кар'єрної діяльності або будівництва. Дані ДЗЗ дозволяють

виявити просторове поширення таких процесів, а ГІС забезпечує їх прив'язку до конкретних земельних ділянок і зон управлінської відповідальності. ГІС і ДЗЗ відкривають широкі можливості для інвентаризації земель, оцінки їх якісного стану, виявлення деградаційних осередків, аналізу просторово-часової динаміки землекористування та підтримки прийняття управлінських рішень.

Таблиця 3.2

Практичне використання ГІС-ДЗЗ моделей у моніторингу земельних ресурсів

Напрямок моніторингу	Дані та інструменти	Практичний результат
Моніторинг сільськогосподарських угідь	Sentinel-2, NDVI, кадастрові межі	Виявлення продуктивних і проблемних ділянок, оцінка стану посівів
Моніторинг водних об'єктів	Sentinel-2, NDWI, цифрові карти гідрографії	Визначення змін площ водойм, підтоплень, прибережних територій
Контроль забудови	NDBI, ортофотоплани, кадастрові дані	Виявлення розширення забудови та перевірка відповідності цільовому призначенню
Виявлення деградованих земель	NDVI, NBR, цифрова модель рельєфу, ґрунтові карти	Картографування еродованих, порушених, малопродуктивних земель
Оцінка відповідності фактичного використання	Накладання ДЗЗ на кадастрові межі	Виявлення невідповідності між фактичним і правовим режимом використання
Прогнозування змін	Різночасові знімки, ГІС-моделювання, машинне навчання	Оцінка ризиків і формування сценаріїв розвитку території

Джерело: побудовано автором самостійно

Дані таблиці 3.2 свідчать, що інтегровані ГІС-ДЗЗ моделі можуть застосовуватися для широкого кола практичних завдань землеустрою. Їх використання забезпечує не лише фіксацію наявного стану земель, а й аналіз динаміки, виявлення проблемних територій, прогнозування змін і підготовку управлінських рішень.

Окрему роль у практичному застосуванні ГІС-ДЗЗ моделей відіграє автоматизація моніторингу. Вона передбачає регулярне отримання супутникових знімків, автоматичну обробку даних, розрахунок індексів,

порівняння з попередніми періодами та формування повідомлень про виявлені зміни. Такий підхід особливо важливий для територіальних громад, які не завжди мають достатні ресурси для постійних польових обстежень. Автоматизований моніторинг дозволяє зосередити увагу фахівців саме на тих ділянках, де зафіксовано суттєві зміни або потенційні порушення.

Інтегровані моделі можуть бути використані і для прогнозування розвитку територій. На основі ретроспективного аналізу супутникових знімків можна визначити тенденції урбанізації, скорочення сільськогосподарських угідь, деградації земель, зміни водного режиму або трансформації лісових масивів. Якщо ці дані поєднати з соціально-економічними показниками, інфраструктурними планами та містобудівною документацією, можна сформулювати сценарії подальшого розвитку території громади.

Отже, інтегровані ГІС-ДЗЗ моделі є ефективним інструментом практичного землеустрою. Вони забезпечують оперативний моніторинг змін землекористування, оцінку стану земельних ресурсів, виявлення деградаційних процесів, контроль забудови, аналіз водних об'єктів і прогнозування розвитку територій. Їх використання дозволяє підвищити точність, прозорість і доказовість управлінських рішень у сфері земельних відносин.

3.2. Напрями удосконалення використання даних ДЗЗ у геоінформаційних системах землеустрою територіальних громад

Удосконалення використання даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційних системах землеустрою територіальних громад є важливою умовою підвищення ефективності управління земельними ресурсами. Після децентралізації територіальні громади отримали ширші повноваження у сфері управління землями, однак ефективна реалізація цих повноважень неможлива без актуальної, просторово прив'язаної та аналітично опрацьованої інформації. Саме тому громадам потрібні не лише кадастрові

карти, а повноцінні геоінформаційні системи, здатні інтегрувати кадастрові, супутникові, екологічні, містобудівні, інфраструктурні та соціально-економічні дані.

Першим напрямом удосконалення є створення єдиної геоінформаційної бази земельних ресурсів громади. Така база повинна містити інформацію про всі земельні ділянки, їх площу, форму власності, цільове призначення, фактичне використання, обмеження, сервітути, орендні відносини, природоохоронні території, водні об'єкти, лісові масиви, сільськогосподарські угіддя, деградовані землі та землі резерву. Важливо, щоб ця база була не статичною, а регулярно оновлювалася за рахунок даних ДЗЗ, польових обстежень, GNSS-вимірювань і відкритих державних реєстрів.

Використання ГІС, цифрових моделей рельєфу, кадастрових даних і супутникових знімків дозволяє «створювати комплексні просторові моделі, які дають змогу аналізувати структуру землекористування, прогнозувати зміни та приймати обґрунтовані рішення щодо розвитку громади» [3]. Отже, для територіальної громади така модель може стати базовим інструментом просторового планування та контролю за використанням земель.

Удосконалення землевпорядного управління на рівні громади доцільно здійснювати на основі цифрової моделі землекористувань, яка поєднує кадастрові, супутникові, топографічні та тематичні дані (рис. 3.3).

Наведена методика демонструє, що цифрове моделювання земель громади є багаторівневим процесом, у якому поєднуються збирання даних, просторовий аналіз, моделювання, візуалізація та використання результатів для прийняття управлінських рішень.

Другим напрямом є регулярне оновлення даних про фактичне використання земель. Однією з проблем у землеустрої громад є невідповідність між кадастровими даними та реальним станом території. Земельна ділянка може мати одне цільове призначення, але фактично використовуватися по-іншому. Наприклад, на землях сільськогосподарського призначення може з'явитися забудова, склади, кар'єри або інші об'єкти. Землі

запасу можуть фактично оброблятися без належного оформлення. Прибережні захисні смуги можуть розорюватися або забудовуватися. Дані ДЗЗ дозволяють оперативно виявляти такі невідповідності.

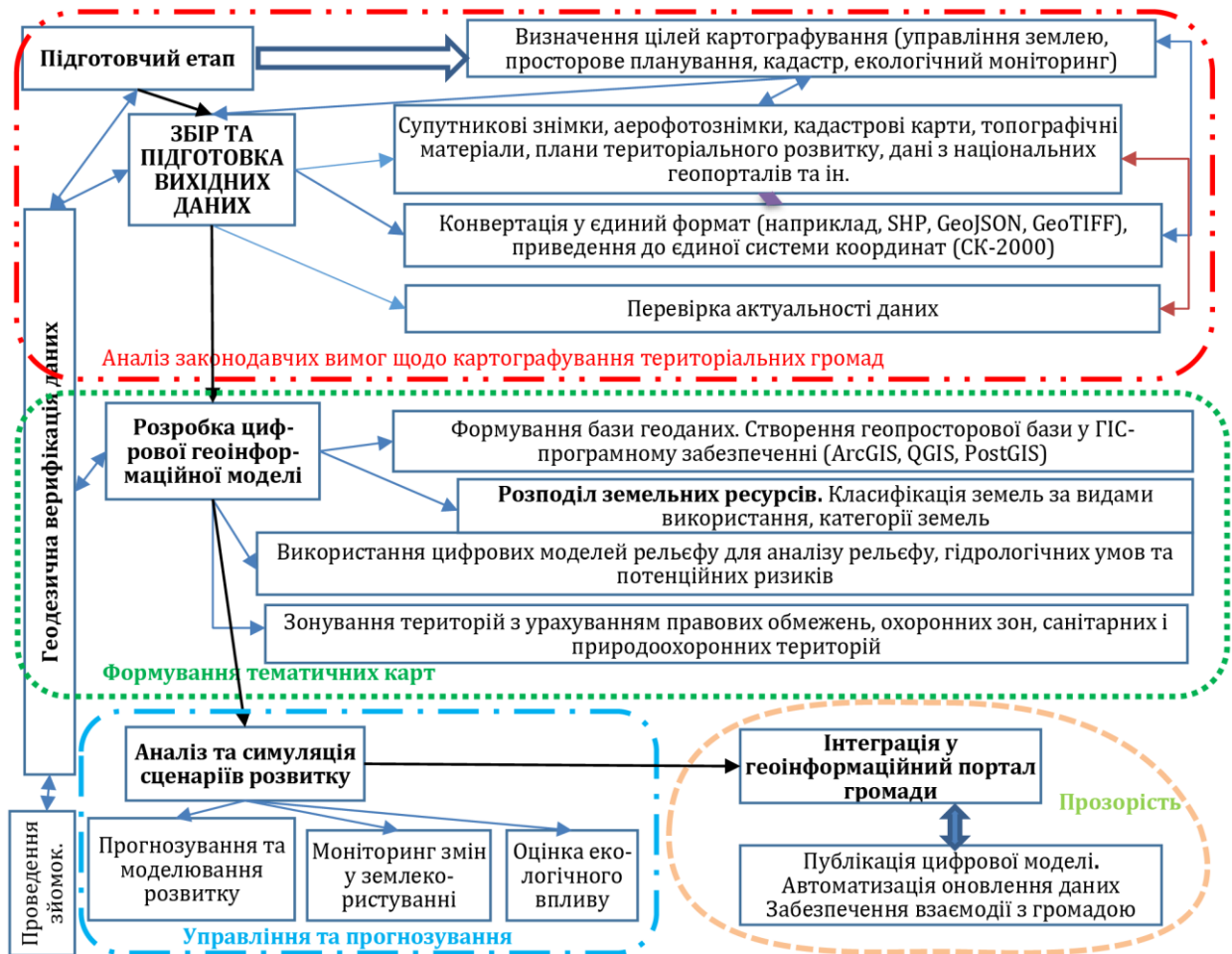


Рис. 3.3. Методика цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь територіальної громади [3, с. 136]

Для цього доцільно запровадити систему періодичного порівняння супутникових знімків. Наприклад, для сільськогосподарських територій можна аналізувати знімки кілька разів на рік – на початку вегетаційного періоду, у фазі активного росту рослинності та після збирання врожаю. Для контролю забудови доцільно порівнювати знімки за річними або піврічними інтервалами. Для водних об'єктів і підтоплених територій необхідним може бути сезонний або навіть частіший моніторинг.

Запропонована періодичність оновлення даних дає змогу організувати системний моніторинг земель громади. Вона може коригуватися залежно від площі громади, природних умов, інтенсивності господарського використання земель, наявності ризиків і технічних можливостей органу місцевого самоврядування (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Періодичність оновлення даних ДЗЗ для потреб землеустрою
територіальної громади**

Об'єкт моніторингу	Рекомендована періодичність	Основні показники для аналізу
Сільськогосподарські угіддя	3–4 рази на рік	NDVI, структура посівів, стан рослинності, ознаки деградації
Забудовані території	1–2 рази на рік	NDBI, розширення забудови, зміна контурів об'єктів
Водні об'єкти	Сезонно або після надзвичайних подій	NDWI, площа водного дзеркала, підтоплення, зміна берегової лінії
Лісові землі	1 раз на рік	Зміна площ лісового покриву, вирубки, згарища
Деградовані землі	1–2 рази на рік	NDVI, NBR, ерозійні прояви, оголені ґрунти
Землі з обмеженнями	За потреби та при оновленні документації	Відповідність фактичного використання правовому режиму

Джерело: побудовано автором самостійно

Третім напрямом є інтеграція даних ДЗЗ з кадастровими та містобудівними даними. У практиці територіальних громад часто виникає проблема розрізненості інформації. Кадастрові дані зберігаються в одних системах, містобудівна документація – в інших, екологічні дані – в окремих звітах, а супутникові знімки використовуються лише епізодично. У результаті управлінські рішення можуть ухвалюватися на основі неповної або застарілої інформації.

Щоб уникнути цього, доцільно створити єдину ГІС-платформу громади, яка дозволить накладати супутникові дані на кадастрові межі, генеральний план, комплексний план просторового розвитку, схеми обмежень, карти ґрунтів, інженерну інфраструктуру та природоохоронні

території. Це дозволить швидко оцінювати, чи відповідає фактичний стан території планувальній документації та правовому режиму земель.

Четвертим напрямом є використання індексного аналізу для оцінки стану земель. Для територіальних громад найбільш практичними є індекси NDVI, NDWI, NDBI, SAVI та NBR. NDVI доцільно використовувати для аналізу сільськогосподарських угідь і рослинного покриву. NDWI – для моніторингу водойм, підтоплених земель і зволжених територій. NDBI – для контролю забудови та урбанізованих територій. SAVI – для посушливих територій або земель із розрідженою рослинністю. NBR – для виявлення вигорілих, порушених або деградованих територій.

Таблиця 3.4

**Напрями використання спектральних індексів у ГІС землеустрою
громади**

Спектральний індекс	Що аналізує	Практичне використання у громаді
NDVI	Стан рослинності	Оцінка сільськогосподарських угідь, виявлення малопродуктивних земель
NDWI	Водні об'єкти та вологість	Моніторинг водойм, підтоплень, водоохоронних зон
NDBI	Забудовані території	Контроль розширення забудови та урбанізованих зон
SAVI	Рослинність із поправкою на ґрунт	Аналіз посушливих або розріджено вкритих рослинністю земель
NBR	Порушені або вигорілі території	Виявлення наслідків пожеж, деградації або техногенних порушень

Джерело: побудовано автором самостійно

Використання спектральних індексів у ГІС громади дозволяє перевести супутникові знімки у форму конкретних аналітичних показників. Це полегшує порівняння територій між собою, оцінку змін у часі та формування картографічних матеріалів для прийняття землевпорядних рішень.

П'ятим напрямом є створення відкритого геопорталу громади. Геопортал може стати важливим інструментом прозорості земельних відносин. Він має забезпечувати доступ до карт земельних ділянок, інформації про цільове призначення, обмеження, вільні земельні ресурси,

природоохоронні території, інженерну інфраструктуру, результати моніторингу ДЗЗ та аналітичні карти. Важливим аспектом удосконаленої методики повинна бути відкритість і доступність даних, а для цього необхідно створювати відкриті геоінформаційні портали, які надають можливість переглядати, аналізувати та взаємодіяти з інформацією у зручному форматі [3].

Такий геопортал може мати кілька рівнів доступу. Для громадськості – перегляд відкритих карт, меж земель, обмежень, вільних ділянок, екологічного стану території. Для фахівців органу місцевого самоврядування – інструменти редагування, аналізу, формування звітів, моніторингу змін. Для землевпорядних організацій – можливість завантаження необхідних шарів і перевірки актуальності даних. Для інвесторів – інформація про перспективні території, інженерну доступність, обмеження і планувальний статус земель.

Для забезпечення доступності та практичного використання просторових даних результати ГІС-ДЗЗ аналізу доцільно інтегрувати у геопортал територіальної громади (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Структура геопорталу територіальної громади для управління земельними ресурсами

Джерело: побудовано автором самостійно

Запропонована структура геопорталу дозволяє поєднати інформаційні, аналітичні та управлінські функції, забезпечуючи відкритість земельних даних і підвищення ефективності прийняття рішень.

Шостим напрямом є автоматизація виявлення змін і порушень у використанні земель. Для цього можна використовувати алгоритми машинного навчання, які аналізують великі обсяги супутникових знімків і виявляють зміни земного покриття. У перспективі такі інструменти можуть автоматично фіксувати появу нової забудови, зміну площі водойм, вирубку лісу, розорювання нових ділянок, зменшення рослинного покриття або появу ознак деградації. Застосування алгоритмів машинного навчання сприяє «підвищенню точності прогнозування змін землекористування і може бути використане для автоматизованого аналізу просторових даних» [3].

Автоматизоване виявлення змін доцільно поєднувати із системою попереджень. Наприклад, якщо на земельній ділянці сільськогосподарського призначення з'являються ознаки забудови, система може формувати повідомлення для відповідального фахівця. Якщо в межах прибережної захисної смуги фіксується розорювання або зміна рослинного покриття, це також може бути підставою для перевірки. Якщо NDVI на певних землях різко знижується протягом кількох сезонів, це може свідчити про деградацію або нераціональне використання.

Сьомим напрямом є поєднання ДЗЗ із польовою верифікацією. Попри високу цінність супутникових даних, результати дистанційного аналізу потребують перевірки на місцевості. Польова верифікація дозволяє уточнити тип земного покриття, підтвердити наявність деградаційних процесів, перевірити відповідність фактичного використання земель, оцінити стан ґрунтів і рослинності. Найкращим підходом є комбінування ДЗЗ, ГІС-аналізу та вибірових польових обстежень, що забезпечує баланс між оперативністю і точністю.

Восьмим напрямом є використання ГІС-ДЗЗ рішень для планування сталого розвитку громади. Землевпорядна ГІС повинна бути не лише

інструментом контролю, а й інструментом планування. Вона може використовуватися для визначення територій, придатних для сільськогосподарського виробництва, рекреації, природоохоронного використання, будівництва, розвитку інфраструктури або відновлення деградованих земель. На основі аналізу рельєфу, ґрунтів, рослинності, водних ресурсів, транспортної доступності та правового режиму земель можна формувати пропозиції щодо оптимізації структури землекористування.

Таблиця 3.5

Основні напрями удосконалення використання ДЗЗ у ГІС землеустрою територіальних громад

Напрямок удосконалення	Зміст заходу	Очікуваний результат
Створення єдиної ГІС-бази громади	Об'єднання кадастрових, супутникових, екологічних і містобудівних даних	Формування повної інформаційної основи управління землями
Регулярне оновлення даних ДЗЗ	Періодичне завантаження та аналіз супутникових знімків	Актуальність даних про фактичне використання земель
Інтеграція з кадастром	Накладання результатів ДЗЗ на межі земельних ділянок	Виявлення невідповідності фактичного і цільового використання
Використання спектральних індексів	NDVI, NDWI, NDBI, SAVI, NBR	Оцінка рослинності, водних об'єктів, забудови та деградації
Створення геопорталу громади	Відкритий доступ до карт і просторової аналітики	Прозорість земельних відносин і зручність управління
Автоматизація моніторингу	Машинне навчання, алгоритми виявлення змін	Оперативне виявлення порушень і ризиків
Польова верифікація	Перевірка результатів ДЗЗ на місцевості	Підвищення точності аналітичних висновків
Використання для планування	Просторове моделювання сценаріїв розвитку	Раціональне та стале використання земель громади

Джерело: побудовано автором самостійно

Запропоновані напрями удосконалення мають комплексний характер і можуть бути реалізовані поступово. На першому етапі доцільно створити базову ГІС громади та забезпечити її наповнення кадастровими й відкритими геопросторовими даними. На другому етапі варто інтегрувати регулярний

аналіз супутникових знімків. На третьому – впроваджувати автоматизоване виявлення змін, геопортал і прогнозне моделювання.

Важливою умовою ефективного впровадження таких рішень є підготовка фахівців. Працівники органів місцевого самоврядування, землевпорядники та аналітики повинні володіти навичками роботи з ГІС, відкритими супутниковими даними, просторовим аналізом, індексними картами та цифровими моделями. Без відповідного кадрового забезпечення навіть наявність програмного забезпечення та супутникових даних не гарантує ефективного управління земельними ресурсами.

Не менш важливою є стандартизація даних. Усі просторові шари повинні мати єдину систему координат, зрозумілу структуру атрибутивних таблиць, уніфіковані формати збереження та оновлення. Це дозволить уникнути дублювання, помилок накладання, втрати інформації та труднощів під час обміну даними між різними установами.

Отже, удосконалення використання даних ДЗЗ у геоінформаційних системах землеустрою територіальних громад повинно здійснюватися за кількома взаємопов'язаними напрямками: створення єдиної ГІС-бази громади, регулярне оновлення супутникових даних, інтеграція з кадастром і містобудівною документацією, використання спектральних індексів, створення відкритого геопорталу, автоматизація моніторингу, польова верифікація та використання результатів для стратегічного планування. Реалізація цих напрямів дозволить підвищити прозорість земельних відносин, оперативність контролю, якість просторового планування та ефективність управління земельними ресурсами громади.

Висновки до розділу 3

Інтегровані ГІС-ДЗЗ моделі мають важливе практичне значення для землеустрою, оскільки дозволяють здійснювати моніторинг змін землекористування, оцінювати стан земельних ресурсів, виявляти деградаційні процеси, контролювати забудову, аналізувати водні об'єкти та

прогнозувати розвиток територій. Їх перевага полягає у поєднанні супутникових, кадастрових, топографічних, екологічних і аналітичних даних в єдиному геоінформаційному середовищі.

Використання супутникових індексів NDVI, NDWI, NDBI, SAVI та NBR дає змогу отримувати кількісні показники стану земельного покриття. У поєднанні з кадастровими межами ці індекси можуть використовуватися для виявлення невідповідності фактичного і цільового використання земель, оцінки стану сільськогосподарських угідь, моніторингу водойм, контролю забудови та картографування деградованих територій.

Для територіальних громад найбільш перспективними напрямками удосконалення використання ДЗЗ у ГІС землеустрою є створення єдиної геоінформаційної бази земельних ресурсів, регулярне оновлення супутникових даних, інтеграція з кадастром, використання відкритих геопорталів, автоматизація виявлення змін, застосування машинного навчання та поєднання дистанційного аналізу з польовою верифікацією.

Практичне впровадження таких рішень сприятиме підвищенню прозорості земельних відносин, своєчасному виявленню порушень, раціональному використанню земель, охороні природних ресурсів і формуванню сучасної цифрової системи управління землекористуванням на рівні територіальних громад.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження нами встановлено, що геоінформаційні системи є важливою основою сучасного землеустрою, оскільки забезпечують збирання, збереження, систематизацію, аналіз і візуалізацію просторових даних. ГІС дають змогу поєднувати картографічні, кадастрові, топографічні, екологічні та статистичні дані в єдиному цифровому середовищі. Завдяки цьому підвищується точність землевпорядних робіт, спрощується аналіз земельних ділянок, виявлення просторових обмежень, оцінка стану земельних ресурсів і підготовка управлінських рішень.

ДЗЗ є одним із найефективніших джерел актуальної інформації про фактичний стан територій. Супутникові знімки, аерофотознімання та матеріали БПЛА дозволяють оперативно оцінювати зміни земного покриву, стан сільськогосподарських угідь, водних об'єктів, лісів, забудованих територій і деградованих земель. Особливо важливим є те, що дані ДЗЗ дають змогу здійснювати моніторинг великих територій без постійного проведення трудомістких польових обстежень.

Інтеграція даних ДЗЗ у ГІС землеустрою є послідовним процесом, який включає збирання вихідної інформації, попередню обробку супутникових знімків, геоприв'язку, створення тематичних шарів, поєднання з кадастровими даними, просторовий аналіз і картографічну візуалізацію. Такий підхід дозволяє перейти від окремого використання карт або знімків до формування повноцінної цифрової моделі території, придатної для аналізу, контролю та планування землекористування.

Найбільш практичне значення мають багатоспектральний аналіз, індексний аналіз, класифікація земного покриву, порівняння різночасових знімків і просторове моделювання. Індeksi NDVI, NDWI, NDBI, SAVI та NBR дозволяють оцінювати стан рослинності, водних об'єктів, забудованих територій, посушливих земель і порушених ділянок. Візуалізація результатів

у вигляді тематичних карт, карт змін, карт ризиків і аналітичних схем підвищує практичну цінність ДЗЗ для землеустрою.

Поєднання ГІС і ДЗЗ дає змогу ефективно контролювати динаміку землекористування, виявляти деградаційні процеси, аналізувати стан сільськогосподарських угідь, водних об'єктів і забудованих територій. Інтегровані моделі дозволяють не лише фіксувати зміни, а й пов'язувати їх із конкретними земельними ділянками, кадастровими межами, цільовим призначенням і правовим режимом використання земель. Це створює основу для більш доказового та оперативного прийняття землепорядних рішень.

Найбільш перспективними є створення єдиної ГІС-бази земельних ресурсів громади, регулярне оновлення супутникових даних, інтеграція ДЗЗ із кадастровою та містобудівною документацією, використання спектральних індексів, створення відкритих геопорталів і автоматизація виявлення змін. Для територіальних громад такі рішення мають особливе значення, оскільки дозволяють підвищити прозорість земельних відносин, виявляти невідповідність фактичного і цільового використання земель, контролювати забудову, охороняти природні ресурси та планувати сталий розвиток території.

За результатами проведеного дослідження доцільно запропонувати такі напрями удосконалення інтеграції даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційні системи землеустрою:

- створити єдину ГІС-базу земельних ресурсів громади, яка поєднуватиме кадастрові, топографічні, екологічні, містобудівні та супутникові дані;
- запровадити регулярний моніторинг земель за даними ДЗЗ із використанням супутникових знімків Sentinel, Landsat, матеріалів БПЛА та спектральних індексів NDVI, NDWI, NDBI, SAVI і NBR;
- інтегрувати результати ДЗЗ із кадастровими межами земельних ділянок для виявлення невідповідності між фактичним і цільовим використанням земель;

- розвивати відкриті геопортали територіальних громад, де відображатимуться земельні ділянки, обмеження, природоохоронні території, результати моніторингу та аналітичні карти;
- автоматизувати виявлення змін землекористування шляхом порівняння різночасових супутникових знімків і використання алгоритмів просторового аналізу;
- проводити польову перевірку результатів ДЗЗ, щоб підвищити точність виявлення деградованих земель, незаконної забудови, підтоплень та інших змін;
- підвищувати кваліфікацію фахівців землеустрою, зокрема щодо роботи з ГІС, супутниковими даними, геопорталами та цифровими моделями територій;
- використовувати інтегровані ГІС-ДЗЗ рішення для планування сталого розвитку громад, охорони земель і раціонального використання земельних ресурсів.

Отже, інтеграція даних ДЗЗ у ГІС землеустрою має стати одним із ключових напрямів цифрової трансформації земельного управління. Її впровадження сприятиме підвищенню точності землевпорядних робіт, оперативності моніторингу, прозорості земельних відносин, раціональному використанню земель і сталому розвитку територіальних громад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрушків І. Ефективний розвиток та управління територіями: основні підходи, способи, напрями та механізми. *Економічний аналіз*. 2024. Том 34. № 3. С. 454-460.
2. Артемов В., Мовчан Т., Бахчеван Е., Данько Т. Принципи цифрової трансформації і впровадження її в геодезії та землеустрої. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2020. С. 129-138.
3. Білявський М. О. Розробка методики цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь громади. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2025. Т. 10, № 1. С. 133-139.
4. Браславська О. В. ГІС-технології та дистанційне зондування у моніторингу змін землекористування. *Геодезія та землевпорядкування*. 2025. № 89. С. 472-487.
5. Герасимчук О. Л., Гой В. В., Харів В. В. Використання сучасних геодезичних технологій для проведення оцінки земельних ресурсів у віддалених районах. *Технічні науки та технології*. 2024. № 4(38). С. 313-324.
6. Годованюк А. В. Управління земельними ресурсами та використання ГІС. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії*: зб. наук. пр. Херсон: ХДАЕУ, 2021. Вип. 3. 199 с.
7. Гой В. В., Харів В. В., Бурвіков І. Ю. Проблеми та перспективи оцінки земельної власності геодезичними методами. *Просторовий розвиток*. 2024. Вип. 8. С. 391-404.
8. Гой В., Мамонов К., Бурвіков І. Геоінформаційні системи в процесі нормативної грошової оцінки земель за межами населених пунктів: перспективи та виклики. *Просторовий розвиток*. 2024. №10. С. 427-440.
9. Зацерковний В. І. Геоінформаційні системи і системи дистанційного зондування Землі в задачах ефективного землекористування. *Математичне моделювання в економіці*. 2014. № 1. С. 40-48.

10. Зацерковний В. І., Тішаєв І. В., Віршило І. В., Демидов В. К. Геоінформаційні системи в науках про Землю: монографія. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. 510 с.
11. Казаченко Л. М. Моніторинг деградації ґрунтового покриву. *Комунальне господарство міст*. 2017. Вип. 139. С. 63-67.
12. Казаченко Л., Казаченко В., Жидкова Т. ГІС-технології та 3D-моделювання у картографуванні прояву екзогенних процесів на відновлюваних територіях. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2021. Вип. 94. С. 29-34.
13. Калина Т., Гайша О., Рябенко Г. Інтеграція геопросторових даних в систему економічного управління природоохоронними територіями. *Економіка та суспільство*. 2026. Вип. 83. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/7550>
14. Коваленко Т. О. Трансформація правового регулювання ведення кадастрів, реєстрів та електронних баз даних природних ресурсів у контексті реформи децентралізації. *Держава і право. Юридичні і політичні науки*. 2022. Вип. 92. С. 106-118.
15. Кравчук І. І., Топольницький П. П. Інноваційні підходи до державного регулювання земельних ресурсів на основі ГІС-технологій. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 7(277). С. 230-238.
16. Лазарєва О. В., Вакар К. В., Платонова К. А. Об'єктивна необхідність впровадження ГІС технологій у системі управління земельними ресурсами. *Агросвіт*. 2019. № 22. С. 48-53.
17. Мальчикова Д. С. Використання ГІС/ДЗЗ-технології для вивчення територіальної структури землекористування регіону. *Географія та екологія: наука і освіта* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. 2016. С. 112-115.
18. Мартинюк В. О., Томченко О. В. Використання засобів дистанційного зондування Землі до оцінювання природно-антропогенних трансформацій озер Поліського регіону. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2021. Т. 8, №2. С. 27-35.

19. Мокрий В. І., Піць Н. А. Інтеграція даних географічних інформаційних систем і дистанційного зондування Землі для екологічного картографування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18.11. С. 176-181.

20. Наумчук В. В. Вплив інформаційних інновацій на підвищення економічної ефективності управління земельними ресурсами. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки*. 2024. № 77. С. 118-122.

21. Нестеренко С. Г., Афанасьєв О. В., Мироненко М. Л. Сучасні дистанційні методи та геоінформаційні технології в дослідженні територій: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 127 с.

22. Опара В., Бузіна І., Хайнус Д., Винограденко С., Коваленко Л. Теоретичні і методичні основи використання ГІС-технологій та створення електронних карт при проведенні землеустрою. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2020. № 31. С. 50-59.

23. Охарєв В., Підсадній С. Інформаційна підтримка рішень в сфері техногенно-екологічної безпеки територій на основі технологій обробки геопросторових даних. *Екологічна безпека та природокористування*. 2024. № 50(2). С. 115-129.

24. Пивовар П., Дема Д., Топольницький П., Николюк О. Геопросторовий моніторинг земельних ресурсів. *Agricultural and Resource Economics*. 2024. Вип. 9(2). С. 34-62.

25. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13 квітня 2020 р. № 554-IX URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>

26. Пушкар Б., Рудакевич І. Інноваційні підходи до управління земельними ресурсами в умовах децентралізації. *Регіональні аспекти розвитку продуктивних сил України*. 2024. № 1(29). С. 48-54.

27. Рожі І. Г., Рожі Т. А., Федій О. А. Геодезичні аспекти створення цифрових моделей рельєфу для потреб геоінформаційних систем. *Просторовий розвиток*. 2024. Вип. 8. С. 477-491.

28. Рудомаха А. В. Геоінформаційний аналіз використання земель об'єднаних територіальних громад. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2019. Вип. 30(69). С. 181-184.

29. Русіна Н. Г., Люльчик В. О. Програмне забезпечення геодезичних розрахунків у землеустрої. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського*. 2019. Т. 30 (69). Ч. 2. № 1. С. 156-160.

30. Смірнов Я. В. Сучасний стан і перспективні напрями картографування земельних ресурсів на основі даних дистанційного зондування Землі. *Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки*. 2012. №9 (234). С. 52–57.

31. Смоленська Л. І. Впровадження ГІС для управління земельними ресурсами. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 11(39). С. 1042-1052.

32. Соловей В. Б., Залавський Ю. В., Лебедь В. В., Солоха М. О., Кучер А. В. Методичні засади картографування наслідків мілітарної деградації ґрунтів на рівні територіальних громад. *Український географічний журнал*. 2024. № 4(128). С. 22-35.

33. Сохнич А. Я., Худякова І. М., Сохнич О. А. Геоінформаційні системи в управлінні земельними ресурсами. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. № 20(5). С. 291-295.

34. Стахів І. Р., Ворох В. В., Деркач В. О., Чепіль С. В. Технології ГІС та ДЗЗ в ефективному використанні земельних ресурсів. *Технічні науки та технології*. 2026. № 1(43). С. 430-446.

35. Ступень О. І., Прокопенко Н. І., Шевчук С. М. Цифрова трансформація системи землеустрою: автоматизація управлінських процесів у сфері використання та охорони земельних ресурсів. *Збірник наукових праць*

Українського державного університету залізничного транспорту. 2025. Вип. 212. С. 172-184.

36. Третяк А. Застосування геоінформаційних технологій для аналізу проєктів землеустрою щодо відведення земельних ділянок у власність. *Build Master Class 2025*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 2025. С. 141-142.

37. Третяк А. М., Третяк В. М., Курильців Р. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Н. А. Управління земельними ресурсами та землекористуванням: навчальний посібник. Біла Церква – 2022, 436 с.

38. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Третяк Н. А. Територіально-просторове планування землекористування: навч. посібник / за заг. ред. професора А. М. Третяка. Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 168 с.

39. Цепенда М., Данілова О., Заблотовська Н. Застосування ГІС-технологій для оцінювання лісорекреаційних площ урбанізованих територій. *Науковий вісник Чернівецького університету: Географія*. 2024. Вип. 849. С. 155-163.

40. Черваньов І. Г., Залюбовська О. В., Овчаренко А. Ю. Обґрунтування вибору індикативних об'єктів для ландшафтного моніторингу природоохоронної території та дослідження їх за даними дистанційного зондування й польового знімання. *Український географічний журнал*. 2019. № 1(105). С. 15-23.

41. Шевчук С. М., Прокопенко Н. І., Рожі Т. А. Аналіз використання геодезичних даних при плануванні та моніторингу агроландшафтів: оптимізація землекористування та охорони природи. *Просторовий розвиток*. 2024. Вип. 7. С. 445-458.

42. Ямелинець Т., Паньків З., Кирильчук А., Телегуз О., Іванюк Г. Використання ГІС-технологій та даних дистанційного зондування Землі у дослідженні ґрунтового покриття. *Наукові записки Тернопільського*

національного педагогічного університету. Серія: географія. 2026. № 1. С. 5-14.

43. Ямелинець Т., Паньків З., Кирильчук А., Телегуз О., Іванюк Г. Методологія інтеграції даних дистанційного зондування землі у регіональні ґрунтові інформаційні системи для аналізу морфогенетичних властивостей ґрунтів та оптимізації землекористування. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія*. 2026. № 61(1). С. 5-14.

44. Drusch M., Del Bello U., Carlier S., Colin O., Fernandez V., Gascon F., Hoersch B., Isola C., Laberinti P., Martimort P., Meygret A., Spoto F., Sy O., Marchese F., Bargellini P. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*. 2012. Vol. 120. P. 25-36.

45. Gao B.-C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 1996. Vol. 58, № 3. P. 257-266.

46. Rawat J. S., Kumar M. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: a case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2015. Vol. 18. P. 77-84.