

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА

РОБОТА

13.01 – КМР.1795 «С» 2021.10.23.026. ПЗ

КОЛОМІЄЦЬ ДАРИНА СТАНІСЛАВІВНА

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України **2022**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування

НУБІП України

УДК 528.7:630*1 (477.41)

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
землевпорядкування

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Т. в. о. завідувача кафедри
геоінформатики і аерокосмічних
досліджень Землі

НУБІП України

_____ д.е.н. ЄВСЮКОВ Т.О.
«__» _____ 2022 р.

_____ к.т.н. ДРОЗДІВСЬКИЙ О.П.
«__» _____ 2022 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Геоінформаційний моніторинг земель лісогосподарського
призначення на території Бориспільського району»

Спеціальність - 193 «Геодезія та землеустрій»
Освітня програма – Геодезія та землеустрій
Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

НУБІП України

Гарант освітньої програми
доктор економічних наук, професор

_____ (підпис) _____ МАРТИН А.Г.

НУБІП України

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

_____ кандидат технічних наук, доцент

_____ МОСКАЛЕНКО А.А.

Виконала

_____ КОЛОМІЄЦЬ Д.С.

_____ (підпис) _____

_____ (підпис) _____

_____ 2022

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
геоінформатики і аерокосмічних
досліджень Землі
д.т.н. КОХАН С.С.
«25» жовтня 2021 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТЦІ

Коломієць Дарині Станіславівні

Спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма – Геодезія та землеустрій

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Геоінформаційний моніторинг земель лісогосподарського призначення на території Бориспільського району», що затверджена наказом ректора НУБіП України від «23» жовтня 2021 р. № 1795 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру за десять днів до захисту магістерської кваліфікаційної роботи.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

- Графічні матеріали на електронних та паперових носіях на територію дослідження (Бориспільський район Київської області);
- Дані дистанційного зондування Землі;
- Дані статистичної звітності.

Перелік питань, які підлягають дослідженню:

1. Аналіз існуючого стану вивчення питання моніторингу земель лісогосподарського призначення.
2. Розроблення моделей геоінформаційного моніторингу.
3. Реалізація розроблених моделей геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.

Дата видачі завдання «25» жовтня 2021 року

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

МОСКАЛЕНКО А.А.

Завдання прийнята до виконання

КОЛОМІЄЦЬ Д.С.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ГІС Геоінформаційні системи
ДЗЗ Дистанційне зондування Землі

ЗКУ Земельний кодекс України

ЛКУ Лісовий кодекс України
ДСМЛУ Державна система моніторингу лісів України
NDVI Нормалізований Диференційний Вегетаційний Індекс

НІЛ Національна інвентаризація лісів

НАН України Національна академія наук України

САПР Системи автоматизованого проектування
АТУ Адміністративно-територіальний поділ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	8
1.1 Сучасний стан вивчення питання земель лісогосподарського призначення.....	8
1.2 Геоінформаційний моніторинг.....	15
1.3. Визначення завдань геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.....	23
Висновки до першого розділу.....	29
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ.....	31
2.1. Загальна модель геоінформаційного моніторингу.....	31
2.2. Функціональна модель геоінформаційного моніторингу.....	34
2.3. Розроблення моделей бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу.....	39
2.4. Підбір даних ДЗЗ та їх тематична обробка.....	43
Висновки до другого розділу.....	47
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ.....	48
3.1. Об'єкт дослідження (характеристика, опис, особливості).....	48
3.2. Реалізація моделей геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення на території Бориспільського району.....	51
Висновки до третього розділу.....	67
ВИСНОВКИ.....	68
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	70
ДОДАТКИ.....	78
Додаток А.....	78

ВСТУП

Як в сьогоднішні, так і в майбутньому важливо зберігати та відновлювати ресурси нашої планети. *Актуальним* є питання раціонального використання та охорони земель лісгосподарського призначення. Основною метою розроблення системи геоінформаційного моніторингу у сфері лісового господарства є забезпечення фахівців лісового господарства та органів державної влади просторовою інформацією про лісові ресурси, забезпечення контролю за станом та використанням лісового фонду.

Сучасні умови вимагають удосконалення та застосування способів отримання оперативної інформації стосовно стану лісів для вирішення багатьох проблем обліку та моніторингу земель лісгосподарського призначення, особливо в період воєнного стану та в період ліквідації їхніх наслідків, коли відвідування лісів на значній площі залишатиметься небезпечним.

Застосування інструментів ГІС дозволяє вирішувати практичні завдання щодо розробки системи заходів, спрямованих на забезпечення раціонального використання і охорони земель лісгосподарського призначення.

Завдяки геоінформаційному моніторингу стає можлива організація інформаційного забезпечення лісового господарства та опрацювання нових методів аналізу альтернативних варіантів користування лісами.

Використання сучасних геоінформаційних технологій розширює можливості оцінки лісового фонду та дає змогу забезпечити сталі управління землями лісгосподарського призначення на всіх рівнях.

Об'єктом дослідження є – землі лісгосподарського призначення на території Бориспільського району Київської області, а *предметом* – теоретичні, методичні та практичні засади моделей геоінформаційного моніторингу земель лісгосподарського призначення.

Метою даної роботи є дослідження застосування інструментів ГІС для розробки системи заходів, спрямованих на забезпечення раціонального використання і охорони земель лісгосподарського призначення.

Відповідно до мети, були поставлені наступні завдання:

– аналіз сучасного стану розвитку технологій геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

– розроблення узагальненої структури ГІС для функціонального забезпечення геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

– дослідження існуючих способів інтеграції даних та їх характеристика;

– обґрунтування комплексного підходу до використання різнорідних даних ДЗЗ у технологіях геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.

Вивчення лісів за допомогою методів дистанційного зондування застосовується у багатьох країнах світу, такий спосіб моніторингу земель лісогосподарського призначення актуальний і для України.

Для досягнення поставлених завдань та мети дослідження, було використано *методи*: монографічний, картографічний, геоінформаційний аналіз, моделювання, генералізація та узагальнення.

Наукова новизна роботи полягає у вдосконаленні підходів, сукупності методів та моделей, що забезпечують збір і зберігання, накопичення і аналіз інформації з метою обґрунтування рішень та пропозицій щодо геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.

Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ I. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

1.1 Сучасний стан вивчення питання земель лісогосподарського призначення

Згідно до статті 5 Лісового кодексу України до земель лісогосподарського призначення належать лісові землі, на яких розташовані лісові ділянки та нелісові землі, зайняті сільськогосподарськими угіддями, водами й болотами, спорудами, комунікаціями, малопродуктивними землями тощо, які надані в установленому порядку та використовуються для потреб лісового господарства, та не належать землі, на яких розташовані полезахисні лісові смуги [1].

Відповідно до ст. 55 Земельного кодексу України до складу земель лісогосподарського призначення входять землі, вкриті лісовою рослинністю, а також не вкриті лісовою рослинністю, нелісові землі, які надані та використовуються для потреб лісового господарства. Частина 2 цієї статті вказує про неналежність до земель лісогосподарського призначення земель, зайнятими:

- 1) зеленими насадженнями у межах населених пунктів, які не віднесені до категорії неієв;
- 2) окремими деревами і групами дерев, чагарниками на сільськогосподарських угіддях, присадибних, дачних і садових ділянках;
- 3) полезахисними лісовими смугами на землях сільськогосподарського призначення [2].

Зазначені норми ЗКУ [2] та ЛКУ [1] визначають поняття земель лісогосподарського призначення в чинному законодавстві України вказуючи на їх склад.

Чинним законодавством України виділено два види земель лісогосподарського призначення: лісові та нелісові землі.

ЗКУ [2] звужує поняття лісових земель, а отже і земель лісогосподарського призначення, включаючи в їх склад лише землі, вкриті лісовою рослинністю. Хоча в ч. 5 ст. 1 ЛКУ [1] прямо зазначається, що лісові ділянки можуть бути постійно або тимчасово не вкриті лісовою рослинністю.

Така структура земель лісового фонду обумовлена різним цільовим призначенням двох зазначених видів земель. Лісові землі призначені для вирощування лісів, раціонального та ефективного їх використання та відтворення. Для цих же цілей використовуються і ті землі лісового фонду, які не покриті лісовою рослинністю, які також призначені для лісовідновлення,

тому відносяться до лісових земель. Нелісові землі – землі, котрі не тільки не зайняті лісом, але і не призначені для його вирощування. Їх цільове призначення полягає в обслуговуванні потреб лісового господарства – влаштування просік, доріг та інше.

Для режиму лісових земель важливим є режим лісів, що на них знаходяться. Частина 1 статті 39 Лісового кодексу України передбачає поділ лісів за екологічним і соціально-економічним значенням та залежно від основних виконуваних ними функцій на категорії (рис. 1.1.):



Рисунок 1.1. Поділ лісів на категорії

Відповідно до Концепції розбудови національної інвентаризації та моніторингу лісів України, схваленої у 2013 році Науковою радою з проблем лісознавства і лісівництва при Відділенні загальної біології НАН України, НІЛ

та моніторинг лісів являють собою єдину багаторівневу систему вибірково-статистичних оцінок кількісних та якісних показників стану лісів країни (рис. 1.2.) [3].



Рисунок 1.2. Багаторівнева система моніторингу стану лісів України

Інтенсивний моніторинг (II рівня) являє собою систему моніторингу для близько 50 ділянок в країні у ключових лісорослинних умовах (за природними зонами), детальні інтенсивні обстеження.

Широкомасштабний моніторинг (I рівня) – Розріджена мережа (15 x 15 км) – близько 500 лісових ділянок – щорічні обстеження.

Національна інвентаризація лісів – Мережа 5 x 5 км, понад 90 тис. ділянок (з них близько 16 тис. – лісових), щорічно обстежуються 20% від загальної кількості ділянок.

Дистанційний моніторинг – Широкомасштабні обстеження лісів на основі даних ДЗЗ.

У Рекомендаціях [3] наведено критерії збалансованого ведення лісового господарства та відповідні індикатори прийняті у рамках Міністерських конференцій із захисту лісів у Європі (рис. 1.3.), а також визначено ключові показники національної інвентаризації лісів (рис. 1.4.).

Збереження і відповідне збільшення лісових ресурсів та їхній внесок до глобального вуглецевого циклу.

- Площа лісів
- Запас лісів
- Вікова структура та/або розподіл за діаметрами
- Запас вуглецю

Збереження стійкості та життєздатності лісових екосистем

- Випадіння забруднень повітря
- Ґрунтові умови
- Деформація
- Пошкодження лісів

Збереження та сприяння продуктивним функціям лісів (деревним і недеревним)

- Приріст і лісозаготівлі
- Заготівля круглого лісу
- Заготівля недеревної продукції
- Інші ринкові послуги лісу
- Плани господарювання в лісах

Підтримання, збереження та підвищення рівня біорізноманіття в лісових екосистемах

- Видовий склад насаджень. Розподіл площі лісів за кількістю деревних видів, які в них зустрічаються
- Лісові відновлення. Розподіл площі, де відбувається відновлення лісу, за типами лісові відновлення
- Природність. Розподіл площі лісів, віднесених до категорій «негорушені людиною», «напівприродні», та «культури»
- Інтродуковані деревні види. Площа лісів з переважанням інтродукованих деревних видів.
- Відмерла деревина. Запас сухоостою та хмизу в лісах.
- Генетичні ресурси.
- Структура ландшафту. Просторова структура лісового покриву на ландшафтному рівні.
- Лісові види, існування яких під загрозою.
- Ліси, що охороняються

Збереження і відповідне збільшення захисних функцій (особливо ґрунтозахисних та водоохоронних) при веденні лісового господарства

- Захисні ліси – ґрунтозахисні та водоохоронні
- Захисні ліси, призначені для захисту інфраструктури та сільськогосподарських угідь

Збереження інших соціально-економічних функцій та умов

- Власність на ліси
- Внесок лісового сектору до ВНП
- Чисті надходження
- Витрати на підтримання екологічних функцій лісу
- Робоча сила, зайнята в лісовому секторі
- Охорона праці (статистика нещасних випадків і профзахворювань)
- Споживання деревини та продуктів з неї
- Торгівля деревиною
- Енергія, отримана з лісових ресурсів
- Доступність лісів для рекреації
- Культурні та духовні цінності, пов'язані із лісом.

Рисунок 1.3. Критерії та індикатори збалансованого ведення лісового господарства [3]

Характеристика ділянки НІЛ:

- Ідентифікаційний номер ділянки, її координати, магнітне схилення. Природна зона, область, район. Висота над рівнем моря, мезорельєф. Ліс/ не ліс, доступність. Статус інвентаризаційної ділянки. Тривалість транспортування, початок та закінчення робіт на ділянці, польова команда, її керівник.

Опис користувача:

- Форма власності, право користування, режим лісокористування. Назва користувача, лісництво, квартал, виділ.

Опис сегментів:

- Категорія земель, категорія лісів, головна та панівна порода, походження, природність. Структура (ярусність). Ступінь різновіковості, група віку, середній вік.

Опис умов місцезростання:

- Тип лісорослинних умов та тип лісу, бонітет. Мікрорельєф, експозиція та крутизна схилу.

Господарські заходи:

- Вид заходу, його інтенсивність, рік проведення.

Вплив:

- Фактор впливу, вид, ступінь, рік впливу.

Опис ґрунту:

- Тип ґрунту. Механічний склад. Тип підстилки, її потужність. Тип ерозії, її поширення.

Опис рослинності:

- Покриття рослинністю, трав'янистими рослинами, мохами, папоротями, чагарничками, ліанами, чагарниками. Перелік видів рослин та проективне покриття. Цінність біотопу.

Перелік дерев:

- Координати, порода, сухостій/живе, діаметр, ярус, клас Крафта, розвилка дерева. Статус дерева. Наявність пошкоджень (тип, чинник, місце пошкодження, інтенсивність). Санітарний стан, якість стовбура, екологічне значення. Висота модельного дерева, основи живої та мертвої крони, протяжність крони, діаметр пня, дехромація, дефоліація. Вік тарифного дерева, приріст за 5 і 10 років.

Опис поновлення:

- Наявність, його розміщення та форма змішування, заходи сприяння. Перелік одиниць поновлення за класами висот (порода, походження, діаметр, вік, кількість живих, тип пошкодження, давність, кількість пошкоджених рослин). Життєвість поновлення.

Відмерла деревина:

- Наявність пнів, деревної ламані, її тип та розміщення, покриття гілками. Перелік пнів: (порода, діаметр, висота, давність, стадія розкладання, тип гнилі та її розташування, вік зрубаного дерева). Перелік одиниць деревної ламані: (порода, довжина, діаметри, стадія розкладання).

Рисунок 1.4. Ключові показники національної інвентаризації земель лісогосподарського призначення [3]

У статті Євсюков Т.О. та Полтавець А.М. [4] вивчали питання щодо збільшення площ земель рекреаційного призначення та регулювання використання цих земель. Важливою задачею еколого-правового регулювання земельних відносин стає удосконалення режиму використання земель рекреаційного призначення.

Зокрема, Полтавець А. М. у своїй праці [5] розкрив суть рекреаційного землекористування та запропонував систему удосконалення класифікації земель за рекреаційною придатністю та функціональними видами рекреації.

Відповідно до цієї статті, до лісової рекреації входить: організація пішохідних прогулянок та походів, скелелазіння або льодолазання, катання на гірському велосипеді або мотоциклі, катання на лижах або сноуборді, каньйонг.

Автор книги [6] характеризує рекреаційні ліси як особливу категорію земель лісового фонду, на якій функція рекреаційного лісокористування є основною (рис. 1.5.). До лісів рекреаційного призначення відносяться зелені зони, міські ліси, курортні та інші, які використовуються для масового відпочинку і оздоровлення населення.

Важливі характеристики рекреаційного лісовикористання

- лісистість,
- породний склад,
- бонітет,
- різноманітність ландшафтів.
- різноманітність рослинного покриву,
- ярусність рослинного покриву,
- фітонцидність рослинного покриву,
- естетичність пейзажів,
- частота змінюваності пейзажів,
- заболоченість територій,
- рельєф,
- наявність грибних і ягідних місць,
- наявність водойм,
- транспортна та пішохідна доступність,
- наявність елементів рекреаційного благоустрою,
- медико-географічні особливості району.

Рисунок 1.5. Основні характеристики рекреаційного використання

Згідно пункту 1 та пункту 2 підрозділу 4 Розділу VI. Наказу № 749 «Про затвердження Порядку ведення лісовпорядкування» від 15.11.2021 р. проектування використання земель лісового фонду для культурно-оздоровчих, рекреаційних, спортивних, туристичних і освітньо-виховних цілей та проведення науково-дослідних робіт повинно здійснюватися з урахуванням вимог щодо збереження лісового середовища та природних ландшафтів з додержанням правил архітектурного планування приміських зон і санітарних вимог. Такі проектні рішення приймаються на основі комплексної оцінки, яка включає в себе аналіз і оцінку відвідування лісових ділянок, рекреаційної ємності, санітарно-гігієнічного і естетичного значення території, стійкості деревостанів і всього природного комплексу до рекреаційного навантаження, ступеня процесів деградації лісових територій під дією рекреаційних навантажень [7].

Відповідно, рекреаційні ліси повинні складатися з таких деревних порід, які характеризуються: високими естетичними властивостями, швидким ростом та відновленням, здатністю ефективно виконувати водозахисні, ґрунтозахисні, санітарно-гігієнічні та естетичні функції, відрізняються достатнім потенціалом недеревних ресурсів. До найкращих рекреаційних лісових екосистем належать високопродуктивні, зі стрункими, не пошкодженими хворобами і шкідниками стовбурами дерев, з нормально розвинутою кроною, крізь яку проникає достатня кількість сонячної радіації [7].

Лісові екосистеми відіграють цінну роль у вирішенні різноманітних невідкладних проблем і забезпечення сталості соціально-екологічних проблем. Проте, одним з важливих питань на сьогодні залишається глобальна втрата лісів. Вчені Ronald C Estoque, Rajarshi Dasgupta, Karina Winkler, Valerio Avitabile, Brian A Johnson, Soe W Myint, Yan Gao, Makoto Ooba, Yuji Murayama, Rodel D Lasco провели дослідження глобальних змін лісів за останні 60 років (з 1960 по 2019 рік) та доказали, що зміна лісу пов'язана з соціально-економічним статусом країн і регіонів [8].

З кожним роком все більше зростає попит на високоточну інформацію щодо даних лісових земель у різних додатках. Viktor Myroniuk, David M. Bell, Matthew J. Gregory, Roman Vasylyshyn, Andrii Bilous проаналізували можливості для розширення застосування обмежених у часі історичних даних інвентаризації лісів за допомогою LTS і середовища хмарних розрахунків для підтримки досліджень і управління лісами на регіональному рівні [9].

Про стан видового складу лісових насаджень для завдань моніторингу лісів різного масштабу доцільно використовувати дані супутникового знімання. Так, автор статті [10] в результаті дослідження доводить, що для розробки карт видового складу лісових насаджень доцільно поєднувати часові ряди мультиспектральних знімків і дані вибіркової інвентаризації лісів.

1.2 Геоінформаційний моніторинг

Згідно статті 191 Земельного кодексу України, моніторинг земель – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів [2].

У статті 192 ЗКУ визначено основні завдання моніторингу земель: прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів [2].

Моніторинг лісів – система регулярного спостереження, оцінки і прогнозу динаміки кількісного і якісного стану лісів [1].

Як відомо, моніторинг – це система повторних спостережень одного чи більше елементів навколишнього природного середовища у просторі й часі з певними цілями відповідно до завчасно підготовленої програми [1].

Геоінформаційний моніторинг – це технологія та автоматизована система планування й проведення моніторингу на основі інтегрування даних з різних джерел, моделювання, оцінювання та прогнозування стану об'єктів моніторингу в середовищі геоінформаційних систем із застосуванням баз геопросторових даних і баз знань. Цьому визначенню відповідає узагальнений граф онтології геоінформаційного моніторингу (рис. 1.6.) [1].

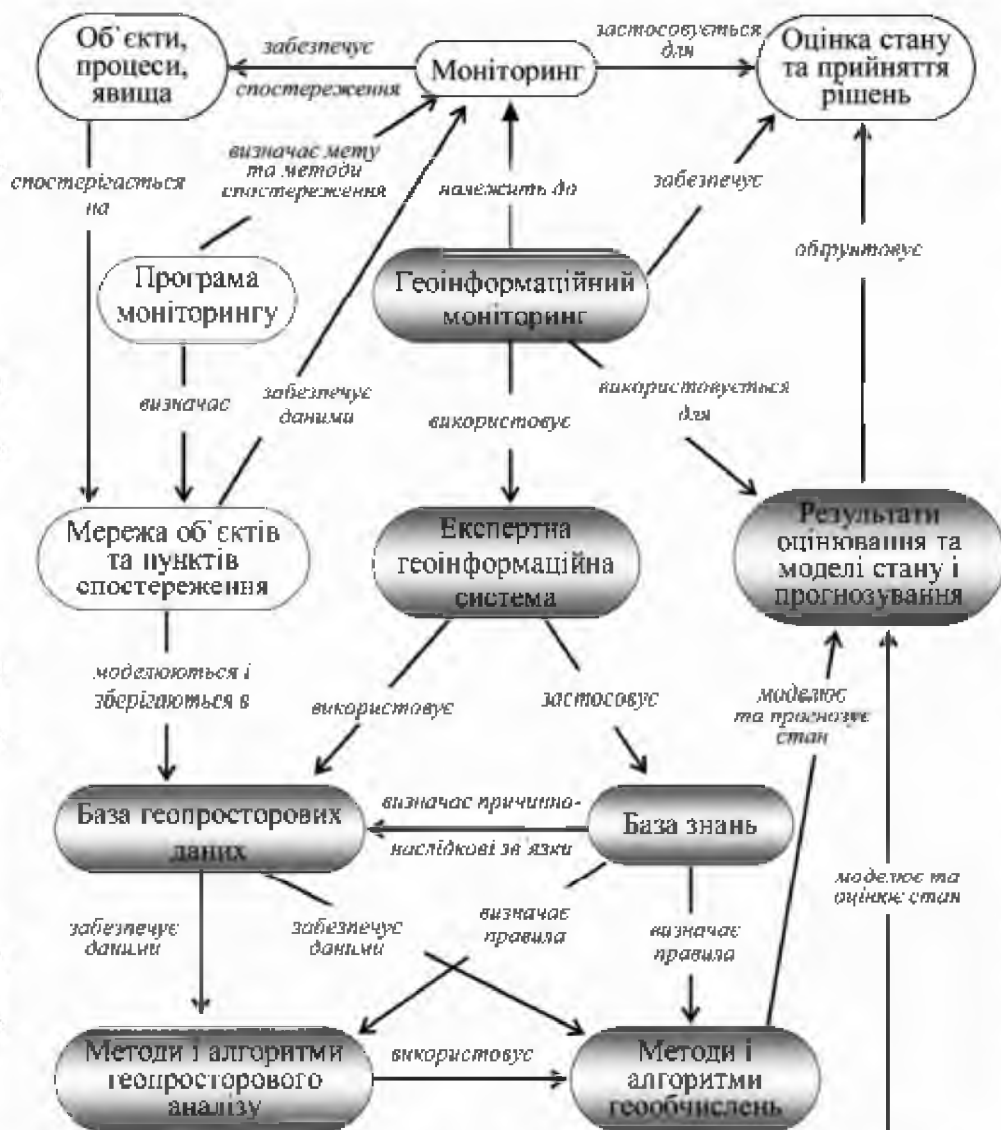


Рис. 1.6. Узагальнений граф онтології геоінформаційного моніторингу [11]

Рослинність відіграє ключову роль у моніторингу ґрунтового покриття, особливою формою якого є моніторинг лісів. Для реакції рослинності видимий спектральний діапазон настільки ж важливий, як ближній і короткохвильовий інфрачервоний. Характерні відбивні властивості рослинності можна використовувати для моніторингу лісу. Для отримання точної в-просторі інформації про лісові площі моніторинг наземних лісів розширюється та підтримується дистанційним зондуванням (Simula M. 2009 [12], Hansen M.C., Roy D.P., Lindquist E., Adusei B., Justice C.O., Altstatt A. 2008 [13], Cuenca P., Arriagada R., Echeverria C. 2016 [14]). Це особливо вірно, коли для запису стану лісу потрібна найновіша інформація, яку часто важко зафіксувати на місці в такому великому масштабі [15].

У дослідженні Loubna Khalile, Hassan Rhinane, Abdelhadi Kaoukaya, Nicham Lahlaoui [16] виявлено зміни лісистості на досліджуваній території за допомогою знімків Landsat різної періодичності, а також проведено кількісну оцінку деградації лісових площ без урахування кліматичних впливів.

Протяжність лісів добре задокументована і також може бути отримана з високою просторовою точністю з вільно доступних даних. На додаток до стану здоров'я та росту, супутникові або аерофотознімки також можна використовувати для оцінки змінних, що мають відношення до лісового господарства, таких як типи лісу та породи дерев, висота дерев, густина деревостану або кількість дерев на гектар (н/га), база насаджень площі (m^2) і об'єм деревини (m^3), запас вуглецю [15].

Виявлення та просторова оцінка пошкодження лісів є центральними елементами моніторингу лісів. Збитки різноманітні і спричинені комахами (короїди), пожежею (посуха і спека) або вітром (буря та ураган). Дистанційне зондування використовується для широкомасштабного моніторингу здоров'я рослинності та отримання швидкого огляду постраждалих лісових територій після шторму або нападу шкідників. Було проведено кілька досліджень про деградацію лісів та виявлення змін покриву (Song X.-P., Huang C., Sexton J.O., Channan S., Townshend, J.R. 2014 [17], Romero-Sanchez M.E., Ponce-Hernandez R. 2017 [18], Naqee M.I., Basak R. 2017 [19], Villa, P., Lechi G., Gomarasca M.A. 2009 [20]). Використовувані дані часто включають комерційні радіолокаційні системи та оптичні датчики з дуже високою роздільною здатністю. Оскільки ці дані обмежені та не завжди доступні, використання відкритих даних є кращим підходом для власників лісів та установ та організацій, а також для досліджень, освіти та навчання. Таким чином, вільно доступні дані дистанційного зондування з великим просторовим охопленням корисні та необхідні для спостереження за лісом [15].

Загальна проблема полягає в тому, щоб правильно оцінити ситуацію після шторму та визначити місце розташування постраждалих районів. На наступній ілюстрації зображено пошкоджені насадження. Ліворуч, як воно

виглядає на місці, і праворуч, як воно та околиці виглядають на супутниковому знімку. Розподіл та розгашування територій є центральним пунктом картографування та моніторингу. Ділянки вітрових потоків часто великі або розсіяні. Це робить дистанційне зондування підходящим інструментом для отримання швидкого огляду уражених ділянок. Крім того, бортові датчики або супутники можна використовувати для оцінки широкого діапазону параметрів рослинності. Оскільки такі дані не завжди є для всіх доступні, вільно доступні дані дистанційного зондування з великим просторовим охопленням є корисними та необхідними. З липня 2015 року дані Sentinel-2 були доступні безкоштовно як відкриті дані [15].

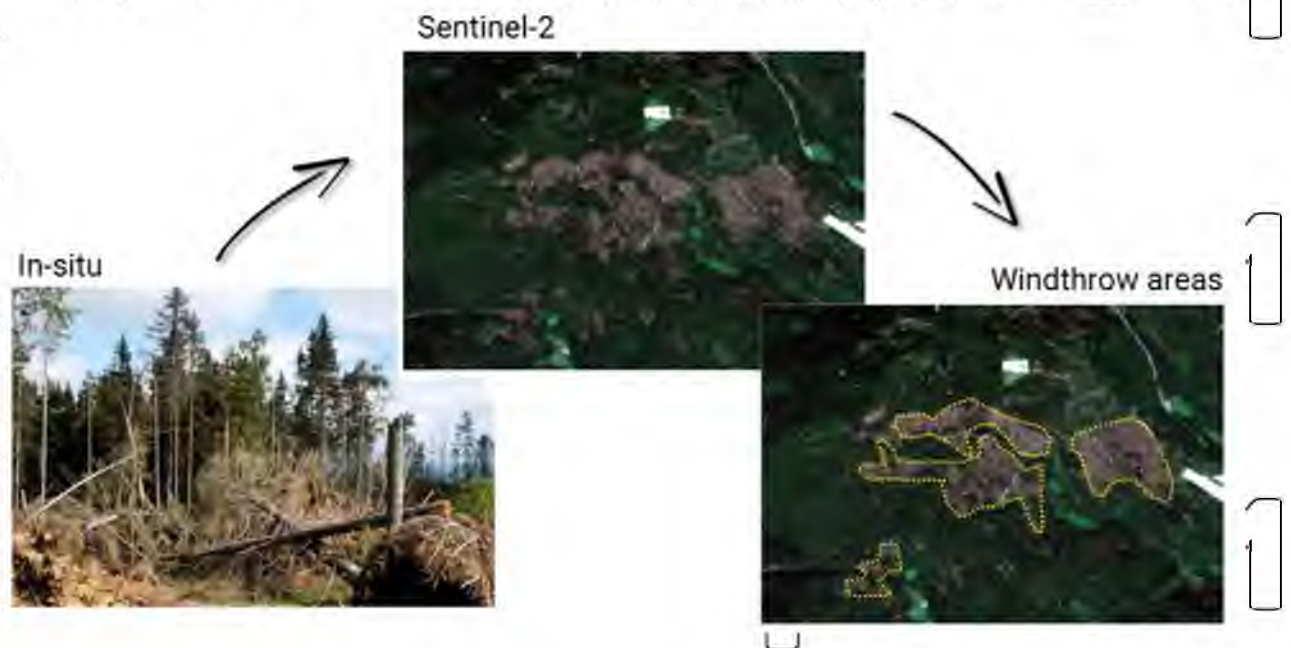


Рис. 1.7. Питання перспективи: несподіваний, як він представляє себе на

землі і дивиться з космосу. Фото ліворуч: G. Lobinger, LWF (<https://www.stmelf.bayern.de>), праворуч: зображення Sentinel-2 у справжньому кольорі, ESA [15]

У дослідженні [21] описано застосування геоінформаційного моніторингу для оцінки використання досліджуваної території відповідно до плану використання території. Для аналізу системи моніторингу автор використовує метод просторового аналізу розривів.

Enishazira Binti Topah @ Apandi, Siti Aekbal Salleh, Haris Abdul Rahim, Nor Aizam Adnan у своєму дослідженні [22] застосовували програмне забезпечення ArcGIS у системі цифрового аналізу берегової лінії за допомогою просторової роздільної здатності на зображеннях дистанційного зондування для вивчення змін берегової лінії та впливу землекористування на зміни земельного покриття.

У статті [23] Staiculescu S. навів опис робочого процесу застосування ГІС технологій для моніторингу біорізноманіття на кількох заповідних об'єктах Румунії з метою відстеження та моніторингу змін у місцях існування та розподілу видів протягом часу. Результатом є інтегрована система моніторингу на основі ГІС, реалізована згідно зі специфікаціями даних INSPIRE, розробленими на даний момент, з точки зору схеми бази геоданих, розповсюдження продуктів та механізмів звітності.

У статті [24] автором аргументовано процес удосконалення системи моніторингу способу використання і показників якості земель лісогосподарського призначення. Запропоновано доповнити систему моніторингу наступними показниками: швидкість вирубки лісів, знеліснення, перетворення інших видів землекористування в лісові землі (і навпаки), викиди парникових газів, моніторинг біорізноманіття в межах окремих територій тощо. Також запропоновано формування групи показників моніторингу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Пропозиції формування групи показників моніторингу

Цільові групи показників	Основні характеристики
1. Показники, що підкреслюють збереження і збалансоване використання земних систем: клімат, біорізноманіття, наземні екосистеми	Цілі групи - стабільність клімату, біорізноманіття та функціонування екосистем - не можуть бути досягнуті без збалансованого використання природних ресурсів у різних масштабах, зокрема без істотного прогресу в напрямку збалансування систем споживання і виробництва на рівні галузей економіки

2. Показники, що підкреслюють стійке постачання ресурсів: продовольство, сільське, лісове господарство, вода, енергетика

Досягнення цілей вимагає підвищення ефективності використання неосільськогосподарських ресурсів, води та енергії, включаючи технічні і організаційні поліпшення на місцевому та регіональному рівнях. Необхідна інформація про ефективність використання ресурсів і технологій. Для того, щоб галузеві поліпшення привели до загального поліпшення, а не тільки до регіонального вирішення проблем, необхідний моніторинг ресурсів на національному рівні

3. Показники, що підкреслюють соціальні і технічні поліпшення економіки: бідність, економічне зростання, інфраструктура, промисловість, нерівність, міста, споживання і виробництво

Реалізація цілей в цій групі є найбільш складною. Традиційний підхід до сприяння економічному зростанню, забезпеченню більш високого добробуту для всіх, створення більш ефективних комунальних послуг, процвітання галузей промисловості і надання можливості споживачам задовольняти їх бажання був пов'язаним з залишається пов'язаним зі зростаючим споживанням природних ресурсів. Таким чином, досягнення цілей групи 3 за своєю суттю суперечить цілям групи 1. Збалансоване використання ресурсів має стати мостом між підвищенням продуктивності ресурсів, використанням ресурсів з добробутом населення і матиме ключове значення для досягнення цієї мети з мінімальними компромісам

4. Показники, що підкреслюють культурні поліпшення суспільства: здоров'я, освіта, гендерна політика, мир

Реалізація цілей групи 4 забезпечується синергетичним ефектом від збалансованого використання природних ресурсів, а отже, від досягненням цілей в групах 1-3. Здоров'я вимагає здорового навколишнього середовища; освіта розширює перспективи і забезпечує основу для інновацій, в той час як незбалансоване використання ресурсів може привести до конфліктів або сприяти їх розвитку. Отже, прогрес в досягненні цих цілей буде сприяти збалансованому використанню ресурсів

Автор монографії [25] сформулював концептуальні положення нової методології екологічного моніторингу – обсерваційної, а також представив нові технічні та технологічні висновки щодо метризації довкілля-простору, розробки геопросторових моделей обсерваційних систем моніторингу на прикладі м. Києва. Представлені та відтворені нові можливості дешифрування, ідентифікації та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі та оперативних геопросторових моделей мережі інфраструктури екологічних обсервацій, що отримали назву – еколандмарки.

На землях лісгосподарського користування проводять моніторинг за допомогою віртуального або інтелектуального інструментарія, що представляють собою комерційні програмні продукти. ГІС – географічні інформаційні системи та технології (MapInfo, ArcGIS, MicroStation, Panorama, AutodeskMapGuide), САПР – системи автоматизованого проектування або геоінтелектуальні системи прийняття екологічних рішень (MapCAD, GPSurvey, GPSStandart), LBS-технології мобільного (стільникового) оповіщення про місцезнаходження туриста.

Система супутникового моніторингу і навігації – це система моніторингу обсерваційних ландмарків, яка побудована на основі систем супутникової навігації, обладнання та технологій стільникового і/або радіозв'язку, обчислювальної техніки і цифрових екологічних, природоохоронних та ресурсо-користувальницьких карт [25]

У дослідженні [26] автором запропоновано долучити до процесу моніторингу урболандшафтів виконання регулярних зйомок із безпілотного літального апарата для об'єктів благоустрою взаємін матеріалів високого просторового розрізнення через їх вартість. Також було запропоновано мультифункціональну структуру системи моніторингу зелених насаджень що передбачає проведення цифрової трансформації процесу моніторингу стану урболандшафтів.

В дослідженні [26] описаний підхід, що полягає в проведенні цифрової трансформації системи моніторингу стану зелених насаджень шляхом її

переведення в електронний формат. Розроблена структурна схема принципу роботи вищезгаданої системи моніторингу є актуальною для застосування її для моніторингу земель лісогосподарського призначення в даній магістерській роботі (рис. 2.3.).

Точне поширення видів дерев досліджували у своїй праці Y Sahel, Y Dellahi, D Chahou [27]. Вчені використовували супутникові знімки PLEIADES з високістю просторовою/роздільною здатністю 0,5 м та для розробки актуальної карти поширення арганового дерева застосували контрольовану класифікацію. Контрольовану класифікацію я також використовую у своєму дослідженні.

Також досліджували зміни ґрунтового покриття для оцінки часу, розташування та поширення виду олійної пальми у своїй роботі Izaya Numa, Andrew J Elmore, Mark A Cochrane, Cangjiao Wang, Jing Zhao, Xin Zhang [28].

Для цього аналізу використовувалися зображення Landsat 5, 7, 8 з дев'яти сцен за період 1990–2020 років. На зображенні нижче (рис. 1.8.) можна спостерігати а) втрати лісу, б) розширення олійної пальми, в) розширення балансової деревини за досліджуваний період.

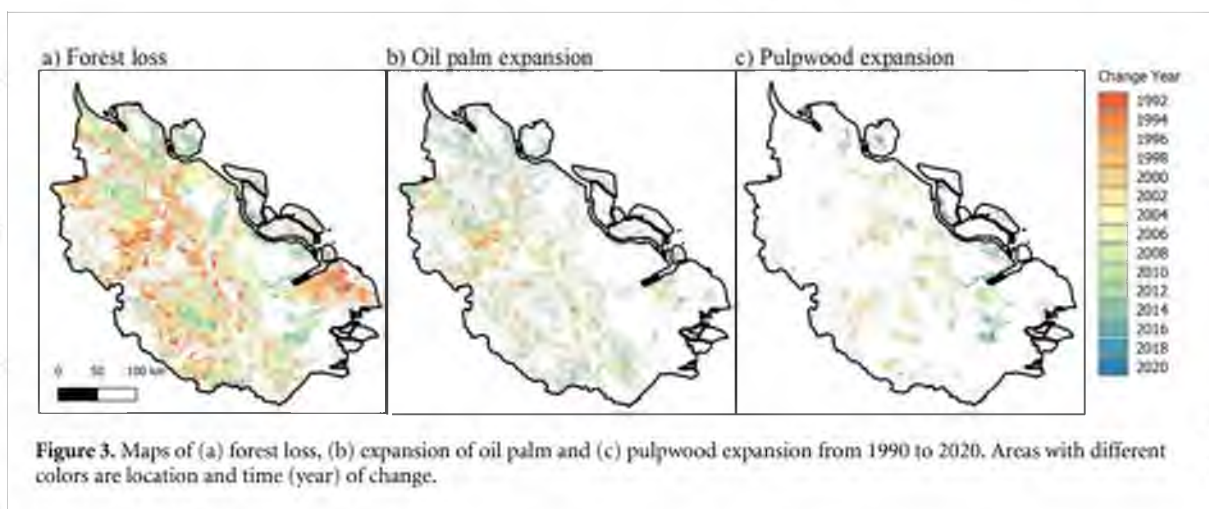


Рисунок 1.8. Карти змін місця та часу поширення олійної пальми

Також Денис Ю., Бурштинська Х., Паштетник О. [29] проводили моніторинг стану лісів за допомогою використання комплексної методики, основаної на використанні різночасових космічних знімків середнього

розрізнення з подальшим їх опрацюванням за допомогою геоінформаційних систем. Запропонована методика дає можливість проводити моніторинг земель лісогосподарського призначення з достатньою точністю.

Просторово-часові особливості лісових ресурсів засобами ГІС-технологій здійснено за допомогою аналізу серії знімків Sentinel 2 та проведеного ручного дешифрування в програмному засобі ArcGIS у праці Мельник А.А. та Ячнюк М.О. [30].

1.3. Визначення завдань геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення

Особливості використання геоінформаційних технологій для моніторингу земель лісового призначення описані в дослідженнях Strand, H., Höft, R., Stritholt, J., Miles, L., Horning, N., Fosnight, E., Turner, W. [31] та Слободяник М.П. [32]. У поданих статтях виділено основні функціональні

завдання моніторингу лісів, першочерговим яким є актуалізація даних про вивченість лісів, а також розглянуто дані ДЗЗ як джерело даних для моніторингу земель лісогосподарського призначення (рис. 1.9.). Задачі моніторингу земель лісогосподарського призначення потребують різну методологію застосування геоінформаційних технологій для їх вирішення, як показано в таблиці 1.2. Так, є можливість обирати найбільш підходящий продукт для отримання якісних вихідних матеріалів.



Рисунок 1.9. Показники земель лісогосподарського призначення згідно даних ДЗЗ

Проте велика різноманітність супутникових систем та програмних продуктів для ГІС технологій на ринку ускладнює вибір єдиної ГІС для лісової галузі. Для вирішення окремої задачі моніторингу, в першу чергу, потрібно класифікувати критерії вибору програмного продукту та аналізувати його функціональність та інтеграцію з іншими засобами ГІС.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 1.2. Методологія застосування супутникових ДЗЗ-систем для вирішення задач моніторингу лісів

Задачі моніторингу	Типи систем ДЗЗ, що використовуються, та види зніманих	Супутникові системи, що найбільше застосовуються
Моніторинг пожежної небезпеки в лісах	Системи низького просторового розрізнення, метеорологічні космічні апарати	NOAA, TERRA/MODIS, Aqua/MODIS (США)
Виявлення вогнищ загоряння, оцінювання площ та динаміки лісових пожеж Виявлення згарищ, наслідків інших стихійних лих	Оперативне знімання в тепловому діапазоні (доповнюється зніманням у видимому) Знімання районів, постраждалих від стихійних лих (знімки у видимому, БІЧ, СВЧ, радіодіапазонах)	TERRA ASTER, EO-1, TERRA/MODIS, Aqua/MODIS (США), SPOT-4 (Франція), ALOS (Японія), RapidEye (Німеччина), Radarsat-2 (Канада), EO-1 (США), SPOT (Франція), ALOS (Японія), RapidEye (Німеччина), SPOT (Франція), IRS P6/Resourcesat (Індія), Radarsat-2 (Канада), EROS (Ізраїль), IKONOS (США)
Контроль за лісокористуванням, у т.ч. за вирубками. Виявлення незаконних вирубок	Періодичне знімання високої і надвисокої роздільної здатності, радарне знімання	ALOS (Японія), RapidEye (Німеччина), SPOT (Франція), IRS P6/Resourcesat (Індія), Radarsat-2 (Канада), EROS (Ізраїль), IKONOS (США)
Ландшафтний моніторинг, ландшафтне картографування, моніторинг заповідних територій	Знімання середнього, високого і надвисокого розрізнення в мультиспектральному режимі	ALOS (Японія), RapidEye (Німеччина), IRS C1/ID (Індія), IRS P6/Resourcesat (Індія), Landsat-7 (США)
Лісовпорядкування, оновлення карт, інвентаризація лісів, кадастр земель лісового фонду	Знімання високого і надвисокого розрізнення, доповнюване наземними роботами, аерозніманням	IKONOS, WorldView-2, GeoEye, QuickBird (США), SPOT (Франція)

Продовження таблиці 1.2.

Обчислення площ лісів, виявлення динаміки лісистості, оновлення топографічних карт	Використання тимчасових рядів знімків високого і надвисокого розрізнення	ALOS (Японія), IKONOS, QuickBird (США), SPOT (Франція)
Виявлення вуглецевого балансу, підрахунок біомаси в лісах для кліматологічних досліджень	Системи ДЗЗ середнього розрізнення (видимий, БІЧ, СВЧ-діапазони), системи ДЗЗ для вивчення атмосфери і погоди	Landsat-7 (США), IRS C1/ID (Індія), TRMM (Швеція), Eovisat (Євросоюз), EO-1 (США)

У статті [32] вказується, що основною з причин неефективності застосування геоінформаційних технологій моніторингу є відсутність законодавчої бази щодо використання космічних знімків.

У дослідженні [33] проаналізовано отримання картографічної інформації методом використання космічних знімків Landsat на прикладі окремого лісництва Харківської області. Для актуалізації інформації спершу було відібрано якісний супутниковий знімок на досліджувану територію. Використовуючи функцію автоматичного розпізнавання та надавши відповідні параметри пошуку, за допомогою візуального аналізу виділено досліджуваний об'єкт і проведено дешифрування. Точність збігу плану насаджень лісництва та експериментального зображення становила 87%. Відхилення передбачається через роздільну здатність супутникового знімка, що призводить до неможливості розпізнавання малих частин території, а також застаріла картографічна інформація, що некоректно відображає сучасні межі лісництва. Саме використання неактуальних та неякісних джерел інформації призводить до неточного збігу кордонів при зіставленні знімків і відповідно впливає на результат виконаної роботи.

У публікації [34] викладено дослідження методу програмного виявлення змін адміністративно-територіального поділу (АТУ) на основі відповідних запитів до бази даних. Такий метод оснований на описі не стану всієї території АТУ у різний час, а стан на ній окремих об'єктів за певний період часу. Це, в

свою чергу, дає можливість інформувати користувача тематичної карти не лише про стан території за багато років, а й на будь-яку дату конкретного періоду. Використання уточнювальних фільтрів дозволяє відбирати об'єкти за просторовими чи непросторовими ознаками.

Для аналізу стану земель лісогосподарського призначення за допомогою програмного забезпечення необхідно побудувати модель структури геоінформаційної системи в залежності від очікуваного результату та якісно розробити банк геопросторових даних. Як приклад доцільно навести працю

[35], у якій описано три геоінформаційні моделі, які в результаті дали змогу визначити ступінь безпечного використання земель у межах досліджуваної території.

Програмний спосіб дозволяє користувачу миттєво виявляти зміни досліджуваного об'єкта та фільтрувати їх по часовій шкалі а також відповідно до їх просторових чи непросторових параметрів, витрачаючи на збір такої інформації менше часу на відміну від візуального виявлення змін. Такий метод доцільно взяти за базисну основу для моніторингу земель лісогосподарського призначення.

У роботі [36] було досліджено та запропоновано алгоритм визначення стану ґрунтів за матеріалами дистанційного зондування Землі на прикладі Мукачівського району Закарпатської області. Алгоритм оснований на принципі аналізу динаміки вегетаційних індексів, обчислених за різночасовими мультиспектральними космічними знімками за методикою описаною в статті [37].

У дослідженні було створено модель класифікації типів завдань та користувачів системи геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення (рис. 1.10.) [38].

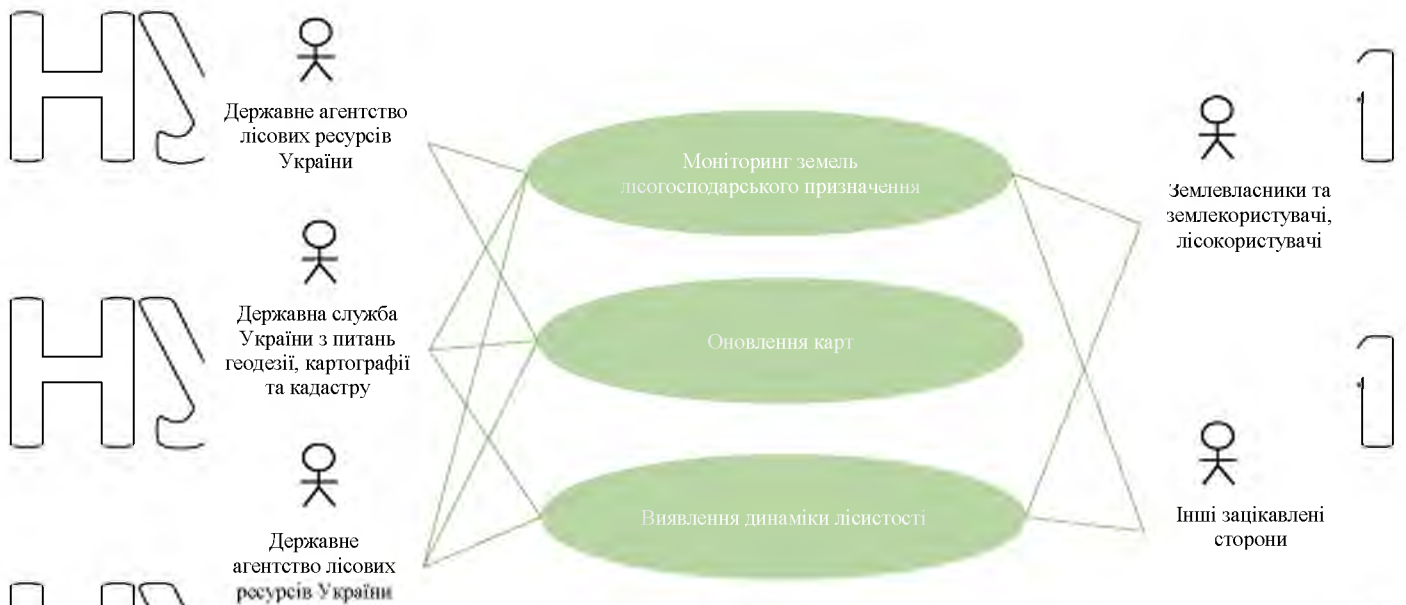


Рисунок 1.10. Модель класифікації типів завдань та користувачів системи моніторингу земель лісогосподарського призначення

Землевласникам, землекористувачам, лісокористувачам надаються земельні ділянки лісового фонду у постійне або тимчасове користування. Право постійного користування мають, зазвичай: державні органи лісового господарства, лісогосподарські підприємства, військові лісові господарства, сільськогосподарські підприємства та інші. Постійними лісокористувачами можуть бути громадяни (фермери) із спеціальною підготовкою, яким надано в постійне користування земельну ділянку лісового фонду. Тимчасовими користувачами земельних ділянок лісового фонду є підприємства, установи, організації, об'єднання громадян, релігійні організації, іноземні юридичні особи та громадяни, яким за погодженням з постійними лісокористувачами надані земельні ділянки лісового фонду для спеціального використання лісових ресурсів, погреб мисливського господарства, культурно-оздоровчих і туристичних цілей та проведення науково-дослідних робіт у порядку, визначеному лісовим законодавством, без їх вилучення у постійних лісокористувачів.

Українське державне проектне лісовпорядне виробниче об'єднання, створено з метою проведення лісовпорядкування на всій території України,

яке включає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення ефективної організації та науково обґрунтованого ведення лісового господарства, охорони і захисту, раціонального використання, підвищення екологічного та ресурсного потенціалу лісів, культури ведення лісового господарства, отримання достовірної і всебічної інформації про лісовий фонд України.

Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру організовує та здійснює державний контроль за використанням та охороною земель усіх категорій та форм власності, бере участь у роботі комісій під час прийняття в експлуатацію захисних лісонасаджень, які споруджуються з метою підвищення родючості ґрунтів та забезпечення охорони земель.

Державне агентство лісових ресурсів України вносить пропозиції щодо формування державної політики у сфері лісового та мисливського господарства та реалізує державну політику у сфері лісового та мисливського господарства.

Висновки до першого розділу

Ознайомившись із науковими статтями та дослідженнями, визначаємо, що для досягнення мети магістерської кваліфікаційної роботи необхідно розробити наступні моделі геоінформаційного моделювання земель лісогосподарського призначення:

– загальну модель геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

– модель потоків даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення

– функціональну модель геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення

– концептуальну модель бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

– логічну модель бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.

– здійснити підбір даних ДЗЗ та інтегрувати отримані дані у
технологіях геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського
призначення

Для досягнення відповідних результатів дослідження маємо здійснити
фізичну реалізацію розробок на прикладі земель лісогосподарського
призначення Бориспільського району Київської області.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

2.1. Загальна модель геоінформаційного моніторингу

Як уже розглядалося в Розділі 1, геоінформаційний моніторинг є досить ефективним для дослідження та аналізу, а також подальшого використання результатів щодо земель лісогосподарського призначення. І для того, щоб застосування ГІС-технології у системах моніторингу було повноцінним і давало точніші результати важливо використовувати модельний потенціал ГІС на основі баз геопросторових даних у середовищі універсальних систем керування базами даних як у процесі формулювання теоретичних засад, так і в реалізації його на практиці [39].

Так, Н.П. Гальченко та В.І. Козарь запропонували потужний інструментарій для ведення моніторингу – моделі баз даних для геоінформаційного моніторингу земель ПЗФ. Розроблені структури бази даних забезпечуватимуть збір, накопичування та зберігання інформації доступних для великої групи користувачів [40]. Додільно аналогічно структурувати дані земель лісогосподарського призначення, що дозволить проводити операції з просторовими та атрибутивними даними в єдиній базі геоданих.

У нашому дослідженні було розроблено загальну модель геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення та представлена у вигляді графа відображення інформаційного простору проектування системи (рис. 2.1.).

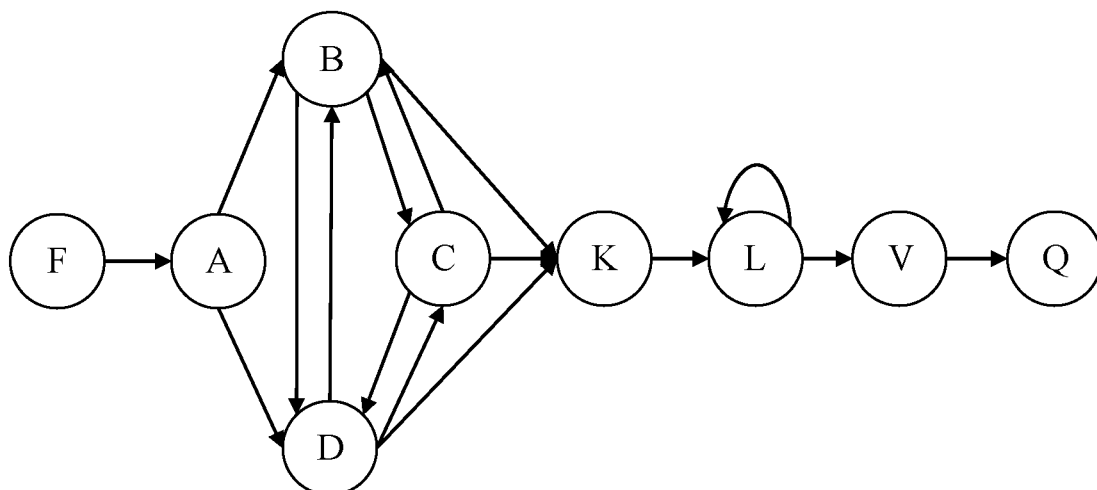


Рисунок 2.1. Граф відображення інформаційного простору проектування системи

Модель складається з наступних елементів:

$F = \{f\}$ – множина земельних ділянок лісогосподарського призначення;

$A = \{a\}$ – множина об'єктів моніторингу земель лісогосподарського призначення, при цьому забезпечується $A \subseteq F$;

$B = \{b\}$ – модель видів просторового подання досліджуваних об'єктів лісових ресурсів;

$D = \{d\}$ – модель, що описує непросторові характеристики (атрибути) об'єктів моніторингу лісових ресурсів;

$C = \{c\}$ – часове подання інформації щодо об'єктів моніторингу лісових ресурсів;

$K = \{k\}$ – фізична модель БГД для проведення моніторингу земель лісогосподарського призначення;

L – моніторинг, як процес обробки інформації;

V – множина тематичних карт, що детально ілюструють результати оброблення інформації нагромадженої в БГД;

$Q = \{q\}$ – модель підтримки прийняття рішень.

Формально систему геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення S можна записати у вигляді:

$$S = \{R, M \mid R = (F, A, B, D, C, K, L, V, Q)\}$$

де M – множина функцій перетворення моделей.

Тоді, функції можна описати так:

M_{FA} – формування множини об'єктів геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

M_{AB}, M_{DB}, M_{CB} – формування моделі подання просторових даних об'єктів, як геометричного примітиву;

M_{AD}, M_{CD}, M_{BD} – формування моделі подання непросторових даних, як характеристики об'єктів;

M_{BC}, M_{DC} – формування моделі рівнів узагальнення досліджуваних об'єктів;

M_{BK}, M_{DK}, M_{CK} – формування моделі фізичної реалізації бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

M_{KL}, M_{LV}, M_L – аналізу атрибутивної та просторової інформації геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

M_{LV} – формування тематичних карт геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

M_{VQ} – формування рекомендацій геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.

У ході дослідження було розроблено концептуальну модель бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.

Схема створеної бази даних наведена на рис. 2.5., де відображені таблиці об'єктів-сутностей, зв'язуючі таблиці та зв'язки, які створені між таблицями.

Опис запропонованої бази даних подано нижче.

2.2. Функціональна модель геоінформаційного моніторингу

Методичну базу дослідження земель лісгосподарського призначення складають монографічний та картографічний методи дослідження, а також геоінформаційний аналіз, моделювання, генералізація та узагальнення.

Для здійснення геоінформаційного моніторингу земель лісгосподарського призначення необхідно накопичити різномірні дані, що описують лісовий фонд. Для отримання даних про землі лісгосподарського призначення необхідно інтегрувати дані з різних джерел. Для подання процесу накопичення даних використовується діаграма потоку даних UML [41], яка показує процеси етапів обробки даних і основні сховища (рис. 2.2.).

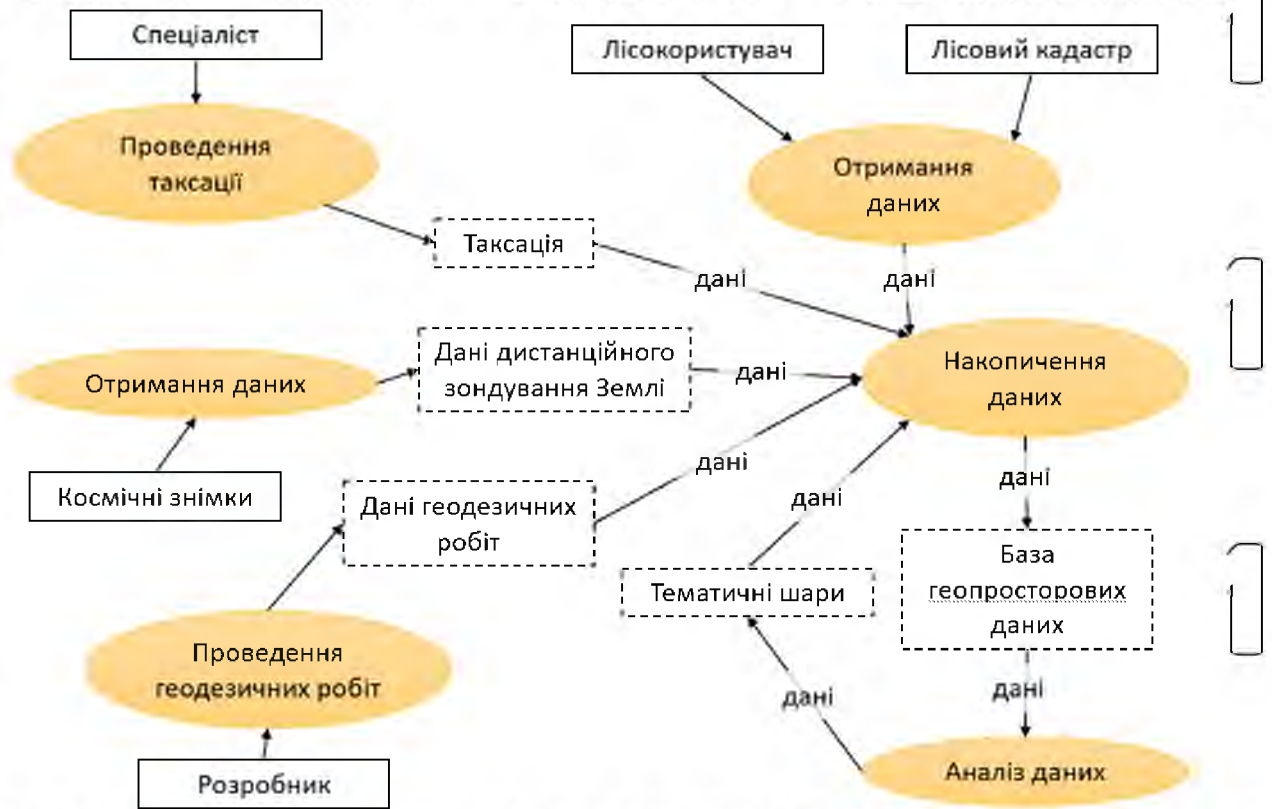


Рис. 2.2. Процес накопичення даних в системі геоінформаційного моніторингу

Кадастр лісових ресурсів, лісокористувачі є суб'єктами, які надають інформацію про площу земельної ділянки, тип лісокористування, господарства, категорію лісів, панівні деревні породи, групи віку, тощо. Іншими зовнішніми суб'єктами є спеціалісти, які зосереджені на процесі проведення обстежень стану лісів, площі виділів, кількість дерев, тощо. Також

до зовнішніх суб'єктів належать розробники, які забезпечують проведення геодезичних робіт, що включає в себе збір координат меж лісництва, GPS прив'язку, тощо. Всі дані накопичуються в базі геопросторових даних. Дані неї надходять до модулів просторового аналізу, а потім – до накопичення даних і до бази геопросторових даних. Всі дані про землі лісгосподарського призначення мають накопичуватись та зберігатись в базі геопросторових даних.

Наступна схема описує три етапи роботи з даними про землі лісгосподарського призначення: введення вхідної інформації, опрацювання інформації, виведення результатів моніторингу (рис. 2.3).

На першому етапі здійснюється введення вхідної інформації що передбачає отримання матеріалів космічної зйомки та картографічних матеріалів з різних джерел, використовуючи, зокрема, інтернет-ресурси, та опрацювання їх з допомогою електронної системи моніторингу стану земель лісгосподарського призначення. У свою чергу, дана система включає в собі наступні етапи.

Отримання знімків та метаданих може бути як завантаження з безкоштовних ресурсів матеріалів дистанційного зондування Землі, зокрема з сайту USGS так і купівля знімків у постачальників [42].

Наземні дослідження характеристик земель лісгосподарського призначення – отримання та вивчення таксаційних даних та виїздів на місцевість [43].

Геоприв'язка – використання засобів програмного забезпечення для геопросторової прив'язки отриманих знімків та зображень.

Кластеризація даних наземних досліджень – полягає у внесенні інформації, отриманої в результаті опрацювання таксаційної карти, в спеціальні програмні засоби. Та, що передбачається в наступному етапі, - збереження цих даних в базі геопросторових даних.

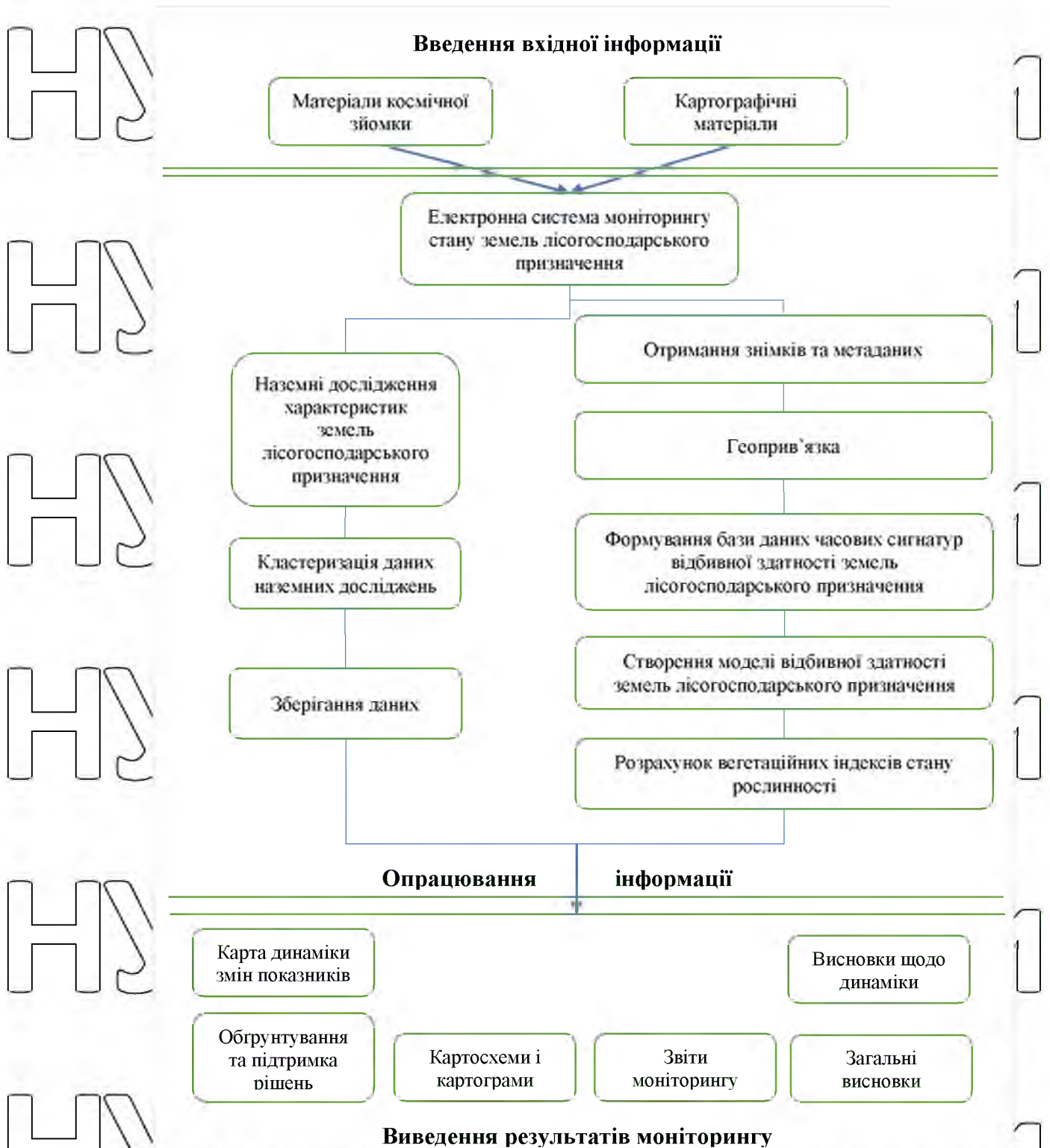


Рис 2.3. Структурна модель дослідження

Формування бази даних часових сигнатур відбивної здатності земель лісогосподарського призначення – етап опрацювання знімків досліджуваної території у часовому проміжку від 2013 (Landsat 8), 2015 (Sentinel 2) і до цього часу. На основі обробленої інформації створюємо модель відбивної здатності земель лісогосподарського призначення досліджуваної території.

Наступним етапом на основі отриманих значень та вищезгаданої моделі розраховуємо вегетаційні індекси стану рослинності – показник, що розраховується в результаті операцій із різними спектральними діапазонами даних дистанційного зондування й має відношення до параметрів рослинності в даному пікселі знімка.

Завдяки опрацьованій інформації вищеперерахованими методами можемо переходити до виведення результатів моніторингу земель лісогосподарського призначення на території Бориспільського району та формуємо: карта динаміки змін показників, обґрунтування та підтримка рішень, картосхеми і картограми, звіт моніторингу, висновки щодо динаміки, загальні висновки.

Опрацювавши загальну схему роботи з даними розроблено функціональну модель геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення (рис. 2.4.) [44].

При постановці задачі слід враховувати напрям лісокористування. На першому етапі, що включає збір інформації – здійснюється вивчення вхідних наборів даних в межах досліджуваної території та їх інтеграція. До такої інформації належать:

– дані ДЗЗ,
– наземні дослідження,
– просторові та атрибутивні дані минулих досліджень.

Дані ДЗЗ це такі дані, що отримані шляхом дистанційного зондування землі з космосу та повітряного знімання. У нашому дослідженні, ми використовуємо космічні знімки Landsat 8 та Sentinel 2.

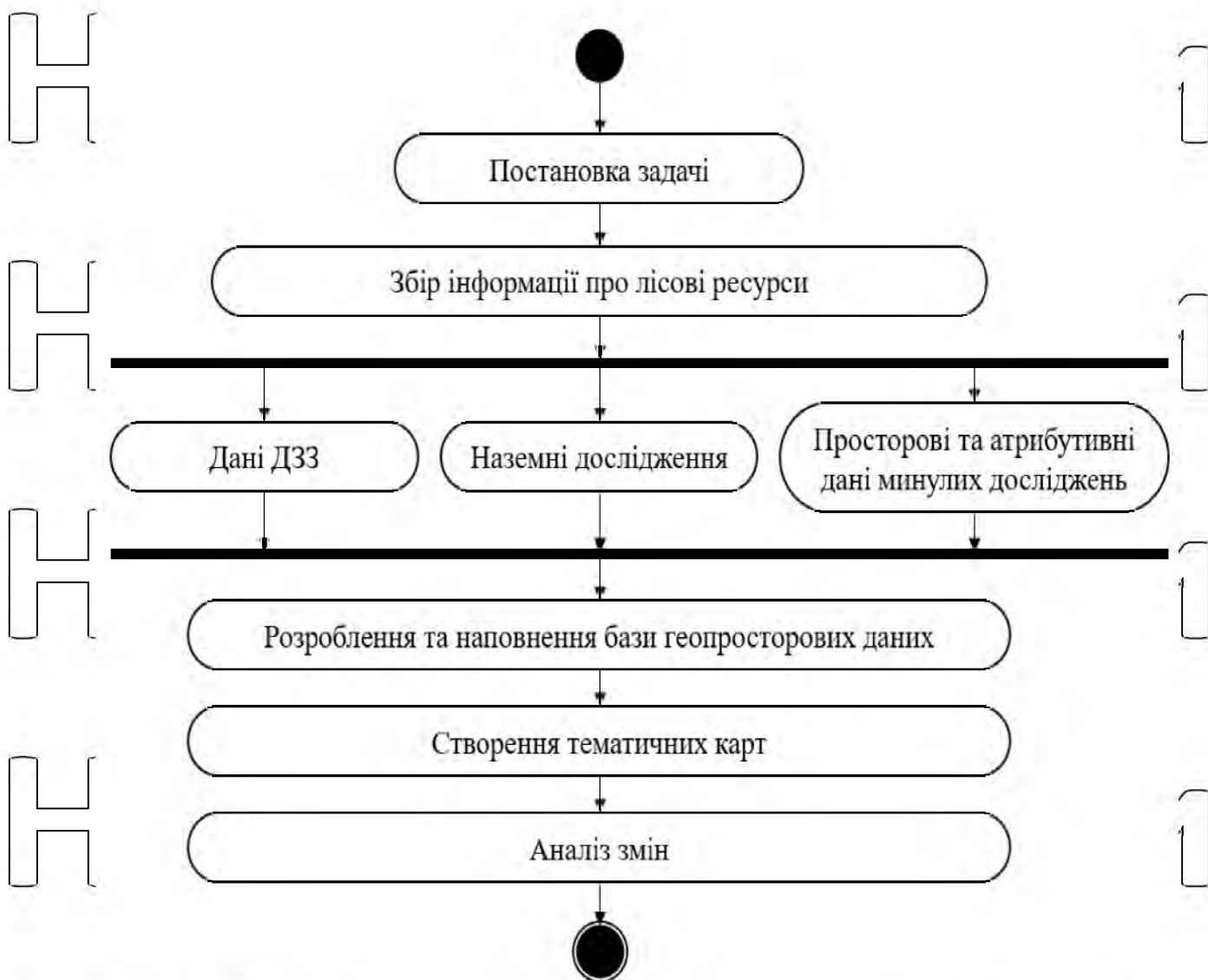


Рис. 2.4. Функціональна модель геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення

Наземні спостереження за ситуацією на місцевості щодо моніторингу стану лісового покриву включає польові дослідження, візуальне спостереження, використання дронів для створення ортофотопланів, тощо. Зокрема, у дослідженні проводилося візуальне спостереження та опис вплив дерев на вибраних ділянках з використанням вбудованого в телефоні GPS навігатора для відображення місця розташування.

Даними минулих досліджень є архівні картосхеми та плани, звітність лісництва на досліджувану територію, таксаційні описи, минулі дослідження, тощо. У магістерській роботі взято на опрацювання таксаційний план «План лісонасаджень Вишеньківського лісництва».

Наступним етапом є розроблення та наповнення бази геопросторових даних, що включає в себе аналіз отриманих даних, їх оброблення за допомогою програмного забезпечення. На етапі розроблення бази геопросторових даних здійснюється розроблення концептуально та логічною моделей з подальшою реалізацією в програмному засобі.

Відповідно до отриманих результатів переходимо до наступного етапу - створення тематичних карт. Виведені результати та карти аналізуємо, порівнюємо між собою і формуємо висновок.

2.3. Розроблення моделей бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу

Як вже було зазначено вище, база геопросторових даних дозволяє накопичувати, інтегрувати та зберігати різноманітні дані. Однак для того щоби реалізувати базу геопросторових даних, як ключової складової геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення необхідно описати всі її складові на концептуальному, логічному рівнях та здійснити фізичну реалізацію в програмному засобі (рис. 25.).

Концептуальна модель визначає сукупність інформаційних об'єктів, їх атрибутів та відношень, динаміку зміни предметної області та характер інформаційних вимог користувача. Така модель показує структуру майбутньої бази даних, а також зв'язки в ній що взаємодіють та взаємодію основних сутностей [45].

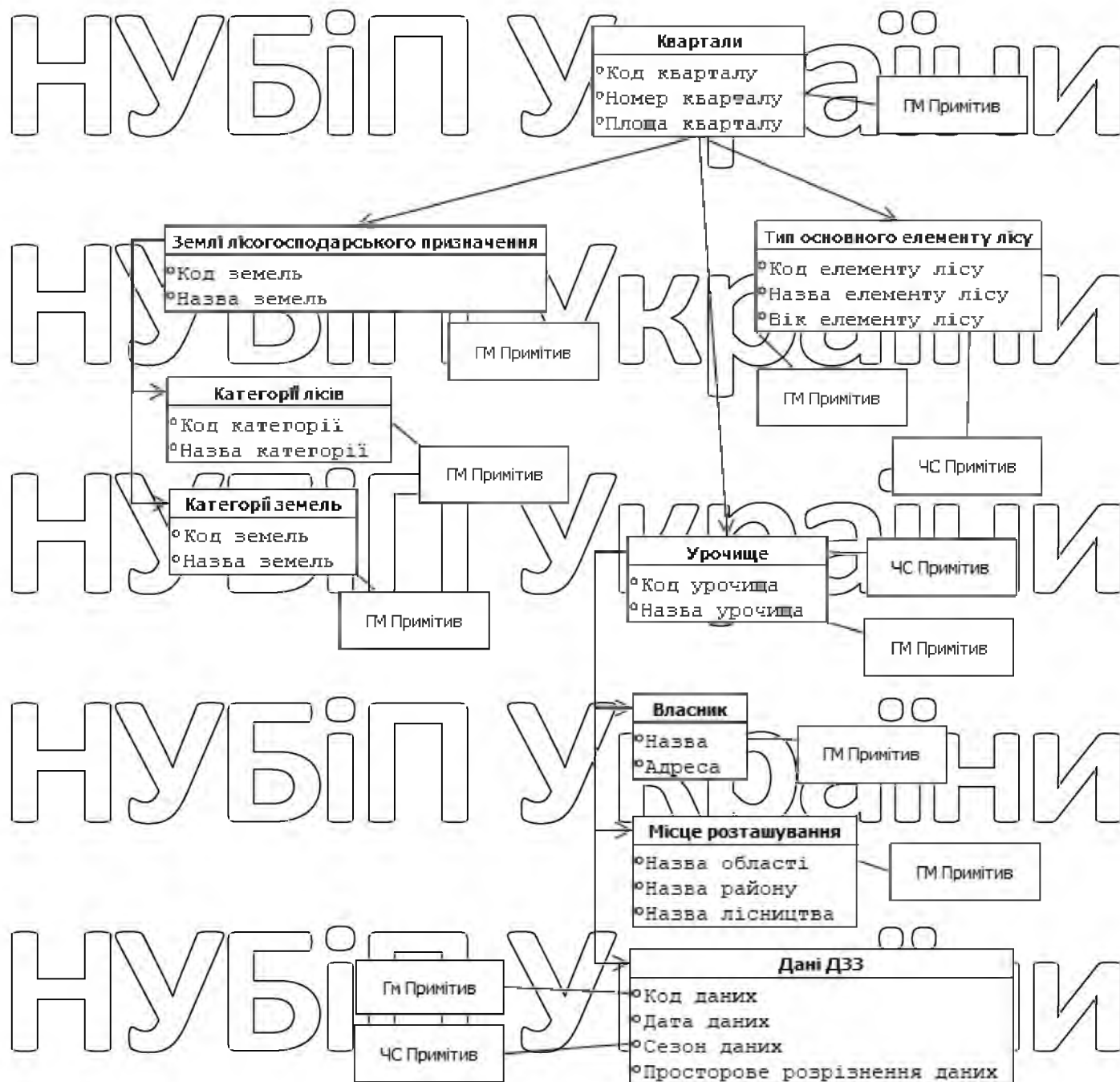


Рис. 2.5. Концептуальна модель бази геопросторових даних для

геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення

Клас Землі лісогосподарського призначення об'єднує клас для всіх інших, так як саме для цього класу і здійснюється інформаційне забезпечення геоінформаційного моніторингу. Атрибути, які виділені для нього: КодЗемель, НазваЗемель. Він є батьківським класом для класів Квартали, КатегоріїЗемель та КатегоріїЛісів.

Клас КатегоріїЗемель – це частина земельної ділянки, приналежна до певної категорії земель. Виділені атрибути: КодЗемель та НазваЗемель.

Клас КатегоріїЛісів – це частина земельної ділянки, прилежна до певної категорії лісів. Виділені атрибути: КодКатегорії та НазваКатегорії.

Клас Квартали – це окремі замкнуті земельні ділянки, на які здійснюється моніторинг. Виділені атрибути: КодКварталу, НомерКварталу та ПлощаКварталу. Є батьківським класом для класів Урочище та ТипОсновногоЕлементуЛісу.

Клас ТипОсновногоЕлементуЛісу – це тип дерева, яке знаходиться на досліджуваній території, є основним елементом для геоінформаційного моніторингу. Виділені атрибути: КодЕлементуЛісу, НазваЕлементуЛісу та ВікЕлементуЛісу.

Клас Урочище – це частина земельної ділянки, обмежена замкненим контуром. Є батьківським класом для класів Власник, ДаніДЗЗ та МісцеРозташування. Виділені атрибути: КодУрочища.

Клас Власник – містить інформацію про власників/користувачів земельної ділянки. Виділені атрибути: Назва, Адреса.

Клас ДаніДЗЗ – містить інформацію щодо отриманих даних на досліджувану територію. Виділені атрибути: КодДаних, ДатаДаних, СезонДаних та ПросторовеРозрізненняДаних.

Клас МісцеРозташування – містить інформацію щодо простору розташування земельної ділянки. Виділені атрибути: НазваОбласті, НазваРайону та НазваЛісництва.

Класи мають взаємодію з класами ГМ_Примітив та ЧС_Примітив. Клас ГМ_Примітив обраний відповідно до стандарту ISO 19107 «Географічна інформація. Просторова схема» і може бути поданий через такі примітиви як поверхня, крива або точка. Клас ЧС_Примітив обраний відповідно до стандарту ISO 19108 «Географічна інформація. Часова схема» і може бути поданий через такі примітиви як момент і період. Момент вказує на дату коли відбувалась дія чи отримання даних, а період є відрізком часу між двома точками-моментами.

У ході опрацювання інформації та розроблення моделей бази геопросторових даних, створюємо логічну модель бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісгосподарського призначення, подану на рисунку 2.6.

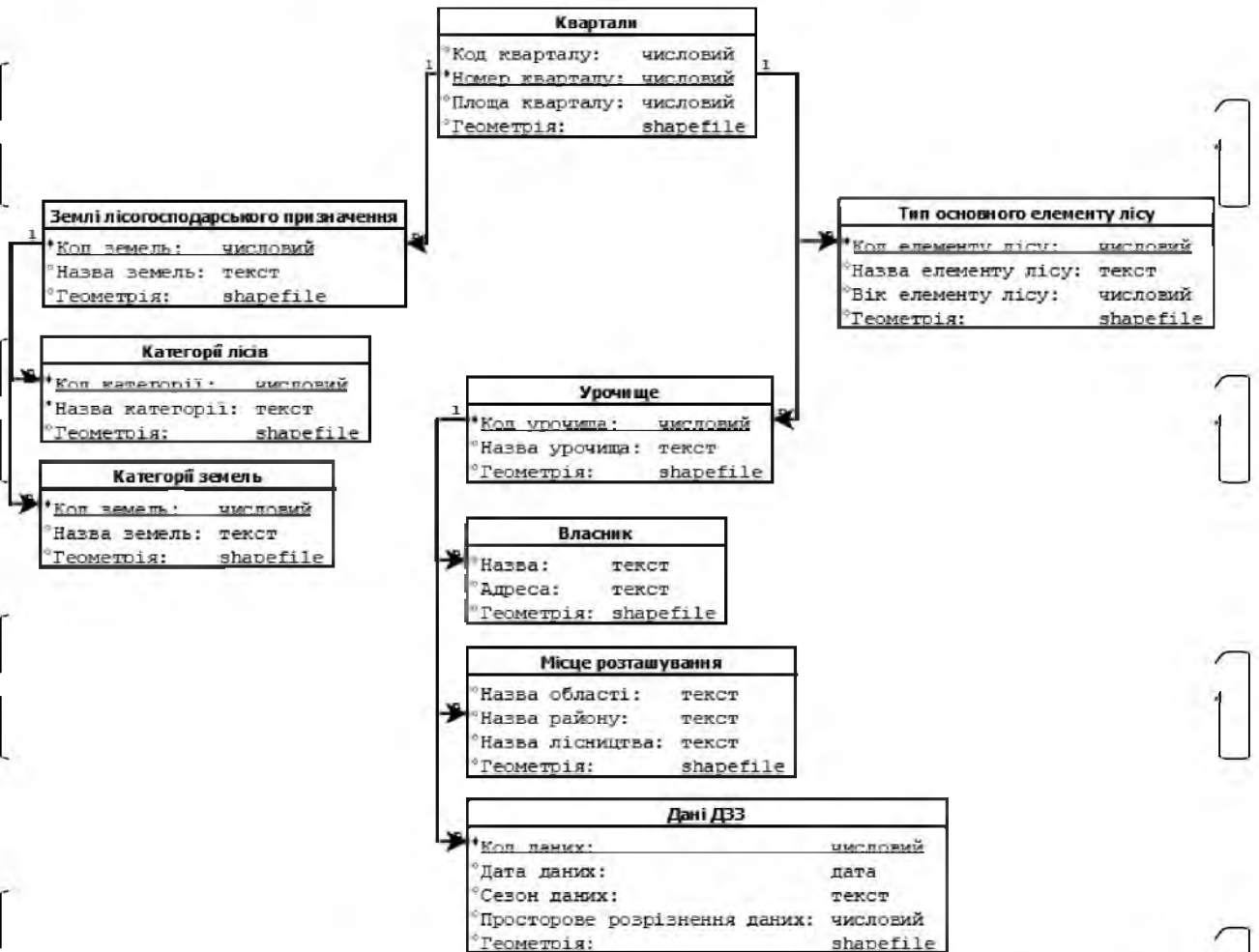


Рис. 2.6. Логічна модель бази геопросторових даних для геоінформаційного моніторингу земель лісгосподарського призначення

Логічна модель є основою бази даних, яка відображає взаємозв'язки між реляційними таблицями. Логічною моделлю називають схему бази даних, яка враховує особливості СКБД в зображенні структури даних та є результатом етапу логічного моделювання [46].

На рисунку зображено таблиці об'єктів-сутностей та зв'язуючі таблиці, а також зв'язки, що створені між цими таблицями.

2.4. Підбір даних ДЗЗ та їх тематична обробка

Через величезні розміри та обмежену доступність даних супутники вже давно є незамінним інструментом ведення лісового господарства. Мапи лісового покриття, отримані з супутникових зображень, можуть вимірювати зменшення потенціалу накопичення парникових газів від вирубки лісів, виявляти незаконні вирубки, оцінювати наявність та використання деревини як деревини, допомагати робити висновки про склад вторинних видів і середовище проживання тварин за їх складом, а також оцінювати навколишнє середовище. вплив інфраструктурних проектів, таких як будівництво доріг.

Супутникові системи, які ми використовуємо для збору, аналізу та поширення даних про Землю, вдосконалюються з кожним днем, створюючи нові сміливі можливості для впливу на глобальний розвиток.

Виявлення змін – це аналіз зображень за різні періоди часу для виявлення та розуміння змін. Десятиліття історичних даних і супутникових даних у відкритому доступі дозволяють відстежувати низку змін на поверхні Землі (рис. 2.7.). Наприклад, Landsat 1 був запущений у 1972 році, що дозволяє виявити зміни за 50 років [47]. Приклади поширених застосувань включають зростання міст, планування земельних ресурсів, вирубки лісів, танення льоду, відстеження міських конфліктів, моніторинг стихійних лих та оцінку впливу.

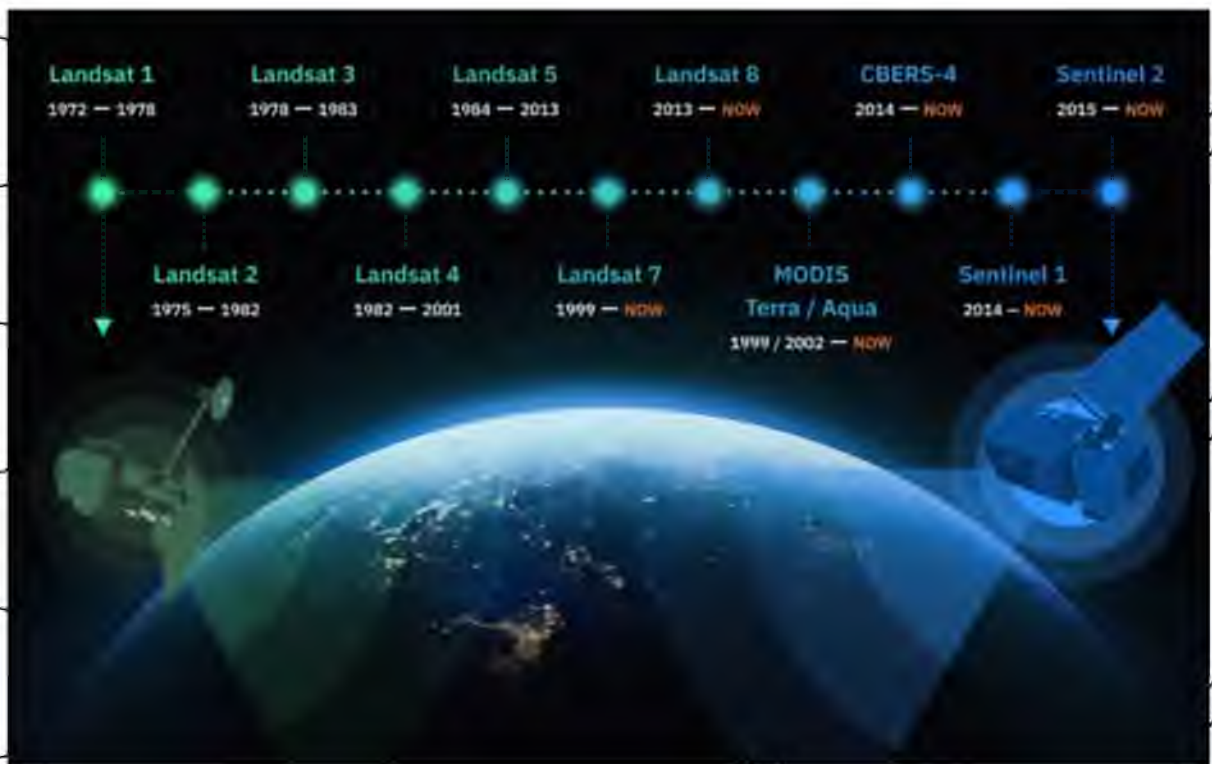


Рисунок 2.7. Супутники, які можна використовувати для виявлення змін, починаючи з 1972 року [47].

Sentinel-2 — це місія спостереження за Землею, розроблена та керується Європейським космічним Агентством (ESA) як частина програми Copernicus. Місія підтримує широкий спектр послуг та програми, такі як моніторинг лісу, моніторинг зміни земного покриття, управління надзвичайними ситуаціями, і наразі це сузір'я з двома подібними супутниками, Sentinel-2A та Sentinel-2B.

Призначений для надання даних для послуг Copernicus, Sentinel-2 має низку технологій, таких як багатоспектральні інструменти візуалізації для моніторингу суші, океану та атмосфери. Він надає оптичні зображення високої роздільної здатності для моніторингу землі, реагування на надзвичайні ситуації та служб безпеки. Супутник має мультиспектральний тепловізійний пристрій із смугою 290 км. Телевізійний пристрій забезпечує універсальний набір з 13 спектральних діапазонів, що охоплюють від видимого і ближнього інфрачервоного до короткохвильового інфрачервоного, що включає чотири спектральні діапазони на відстані 10 м, шість діапазонів на 20 м і три діапазони з просторовою роздільною здатністю 60 м.

Зображення Sentinel-1 (табл. 2.1.) надаються двома супутниками на полярній орбіті, які працюють вдень і вночі, виконуючи радіолокаційне зображення із синтетичною апертурою С-діапазону, що дозволяє їм отримувати зображення незалежно від погоди. Основне застосування — моніторинг морського льоду, розливу нафти, морських вітрів, хвиль і течій, зміни землекористування, деформації землі, а також для реагування на надзвичайні ситуації, такі як повені та землетруси. Ідентичні супутники обертаються навколо Землі на відстані 180° один від одного і на висоті майже 700 км, забезпечуючи глобальний час повторного відвідування шість днів.

Радар Sentinel-1 може працювати в чотирьох режимах .

Програма Landsat (табл. 2.1.) є найтривалішим підприємством для отримання супутникових знімків Землі, починаючи з 1972 року. Остання, Landsat 8, була запущена 11 лютого 2013 року. Зображення є унікальним ресурсом для дослідження глобальних змін і застосування в сільському господарстві, картографії, геології, лісового господарства, регіонального планування, навігації та освіти. Дані Landsat 8 мають вісім спектральних смуг із просторовою роздільною здатністю від 15 до 60 метрів; тимчасове вирішення становить 16 днів.

У заданих системах використовуються мультиспектральні зображення [48]. Довжини хвиль можуть розділятися за допомогою оптичних фільтрів або із використанням сенсорів, що чутливі до конкретних довжин хвиль, в тому числі світло, що має частоти за межами видимого діапазону, наприклад інфрачервоне і ультрафіолетове. Спектральна візуалізація дозволяє отримати додаткову інформацію, яку не можна побачити людським оком маючи обмежені рецептори для бачення синього, зеленого, червоного. Початково вона розроблялася для космічної візуалізації, а також знайшла своє застосування для аналізу документів і живопису.

Для вирішення завдань лісового господарства найкраще використовувати композити зеленого і червоного каналів для отримання високоякісних кольорових зображень, які служать в якості основи в

геоінформаційних системах. Синій канал полегшує розпізнавання лісових пожеж на безхмарних знімках. Здорова рослинність поглинає більше випромінювання в синій і червоній зоні, відображаючи при цьому значну частину зеленого кольору. Зелений канал служить не тільки для формування композитного RGB- зображення, але і дозволяє класифікувати рослинність при використанні в поєднанні з іншими спектральними каналами. Він також незамінний при оцінці загального стану лісу.

Таблиця 2.1. Основні характеристики використовуваних у дослідженні супутників ДЗЗ Landsat 8 та Sentinel-2

	Landsat 8 [49]	Sentinel-2 [50]
Відкриті дані	Так	Так
Просторова роздільна здатність	15 м	10 м
Частота повторних відвідувань (дні)	16	5
Активні роки	1	7
Активний статус	Так	Так

Продукти даних системи спостереження за Землею та інформаційної системи NASA (EOSDIS) обробляються на різних рівнях від рівня 0 до рівня 4. Продукти рівня 0 – це необроблені дані з повною роздільною здатністю приладу. На вищих рівнях дані перетворюються в більш корисні параметри та формати. Усі інструменти EOS повинні мати стандартні продукти даних рівня 1 (SDP); більшість має SDP на рівні 2 і рівні 3; багато з них мають SDP рівня 4. Деякі міждисциплінарні наукові дослідження EOS також створили SDP рівня 4. Специфікації для набору SDP, який буде створено, перевіряються Науковим офісом проекту системи спостереження за Землею (EOSPSO) і штаб-квартирою NASA, щоб забезпечити повноту та послідовність у наданні вичерпних наукових даних для EOS. Для даного дослідження ми будемо використовувати рівні 1A, 1B, 1C.

Висновки до другого розділу

В другому розділі були розроблені моделі геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення за такими фазами:

– розроблено загальну модель геоінформаційного моніторингу

земель лісогосподарського призначення;

розроблено модель потоків даних геоінформаційного моніторингу

земель лісогосподарського призначення

– підготовлено функціональну модель геоінформаційного

моніторингу земель лісогосподарського призначення

– побудовано концептуальну модель бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

– створено логічну модель бази геопросторових даних

геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

– здійснено підбір даних ДЗЗ, що будуть оброблені та інтегровані до бази геопросторових даних.

У наступному розділі необхідно здійснити фізичну реалізацію на прикладі земель лісогосподарського призначення Бориспільського району Київської області.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО
МОНІТОРИНГУ

НУБІП України

3.1. Об'єкт дослідження (характеристика, опис, особливості)

Об'єкт дослідження магістерської роботи – землі лісогосподарського призначення на території Бориспільського району Київської області (рис. 3.1.).

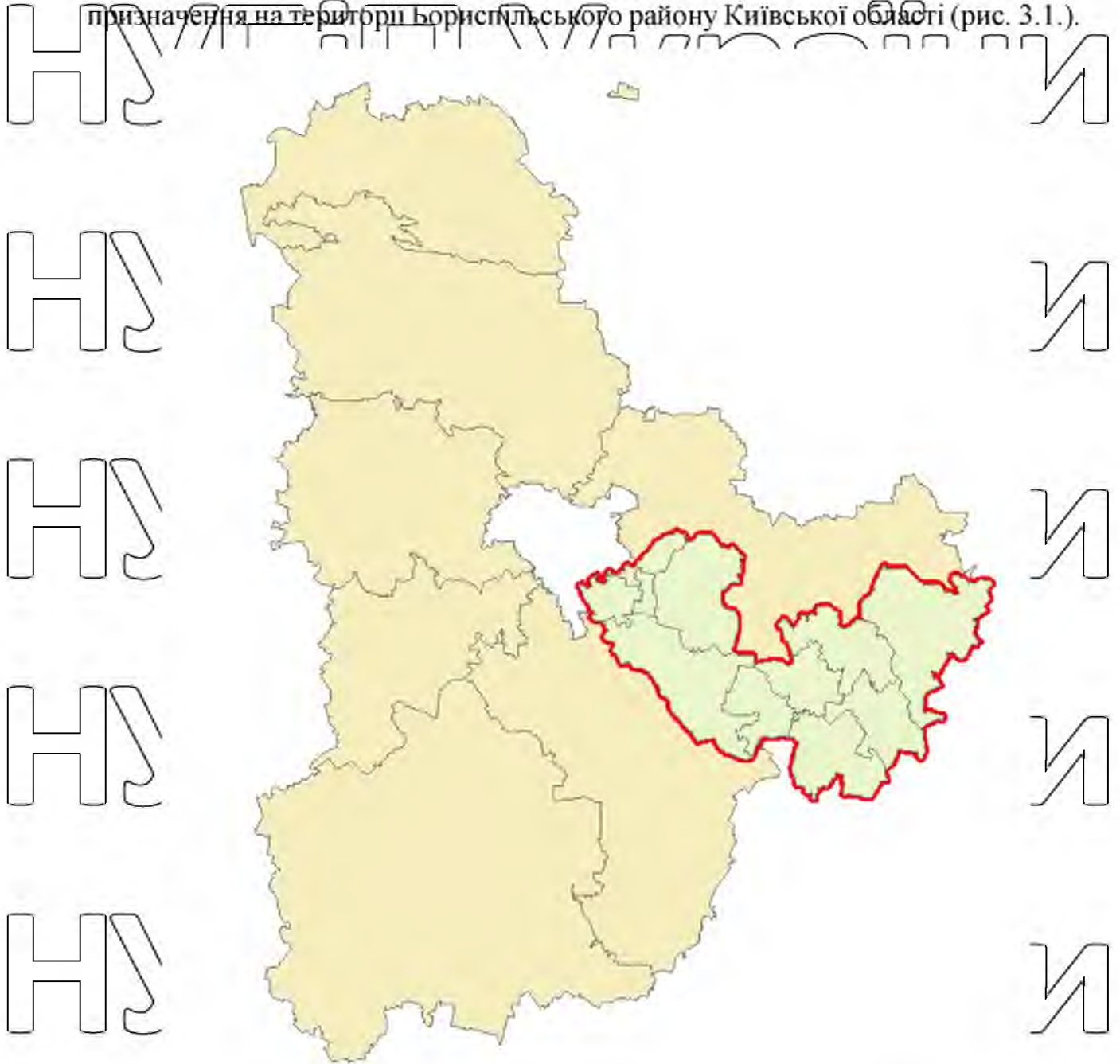


Рисунок 3.1. Місцез положення Бориспільського району Київської області

Бориспільський район – район в Україні, в Київській області. Утворений у 2020 році (згідно Постанови ВР України № 3650 «Про утворення та

ліквідацію районів» від 17 липня 2020 р. [51]). Адміністративний центр — місто Бориспіль. Площа Бориспільського району складає 3873,2 км². Чисельність населення: 203,7 тис. осіб [52].

Нинішня територія району об'єднує 11 територіальних громад до яких входять 140 населених пунктів. Громади Бориспільщини: Бориспільська, Вороньківська, Гірська, Дівичківська, Золочівська, Переяславська, Пристолична, Студениківська, Тапчанська, Циблівська, Яготинська [52].

Бориспільський район належить до частини Київської області, що лежить в межах Лісостепової природної зони.

Природні умови. Поверхня області – горбиста рівнина із загальним нахилом до долини Дніпра. За характером рельєфу ділиться на три частини. Північна частина зайнята Поліською низовиною (висотою до 198 м).

Лівобережжя займає Придніпровська низовина з розвиненими річковими долинами, до якої і належить Бориспільський район. Південно-західна частина зайнята Придніпровською височиною найбільш розчленованою і припіднятою частиною області з абсолютними висотами до 273 м [53].

Кліматичні умови. Клімат – помірно-континентальний, м'який з достатньою кількістю вологи. Зима тривала, порівняно тепла; літо – достатньо тепле й вологе. Середня температура січня –6 С°, липня +19,5 С°. Тривалість вегетаційного періоду 198-204 дні. Сума активних температур поступово збільшується з Півночі на Південь від 2480 до 2700 С°. За рік на території області випадає 500-600 мм опадів, головним чином влітку. Відсутність високих гірських піднять сприяє вільному переміщенню повітря різного походження, що обумовлює значну мінливість погодних процесів в окремі сезони [54].

Рельєф. Рельєф Київської області рівнинний із загальним похилом до долини Дніпра. Північна частина області лежить в межах Поліської низовини. На сході в межах області – частина Придніпровської низовини. Найбільш підвищені й розчленовані південна та південно-західна частини, зайняті Придніпровською височиною (висота біля 273 м над рівнем моря) [53].

Грунтовий покрив. Грунтовий покрив Київської області досить різноманітний. Найпоширенішими є чорноземи, площа яких становить близько 50% площі орних земель регіону. Ступінь розораності території перевищує 60%. Переважають ґрунти – наміті чорноземи і лугово-чорноземні ґрунти середньо суглинкові, чорноземи звичайні слабо змиті важко суглинкові, чорноземи щебенюваті середньо змиті і дернові щебенюваті ґрунти на елюві щільних карбонатних порід, чорноземи щебенюваті середньо змиті і дернові щебенюваті середньосуглинкові ґрунти, чорноземи переважно щебенюваті слабо змиті на елюві щільних карбонатних породах [54].

Гідрологія. Річки Київщини належать, переважно, до басейну Дніпра. Дніпро тече територією області в межах 246 км, його притоки – Прип'ять, Тетерів, Ірпінь, Рось, Десна і Трубіж. Природний режим річок значною мірою змінений, що пов'язано з їх зарегульованістю, наявністю великої кількості ставків і водосховищ. В області створено 58 водосховищ (без врахування дніпровських). Найбільшими є Київське та Канівське водосховища, більша частина площі яких розташована в межах території Київщини. В Київській області побудовано також 2389 ставків. Довжина берегової лінії річок і водойм в межах області складає 17,8 тис. км [53].

Сільське господарство. У структурі сільського господарства за валовою продукцією перше місце посідає тваринництво (54,7 %, 1985 р.). В області 1771 тис. га під сільськогосподарськими угіддями. Площа зрошуваних земель – 122,3 тис. га, осушених – 176,8 тис. га. Найбільша зрошувальна система Бортницька. Сільське господарство області характеризується розвиненим високотоварним зерновим господарством (основна культура – озима пшениця), виробництвом технічних культур (цукровий буряк, льон-довгунець), картоплі, овочів [55].

Тваринництво спеціалізується на виробництві м'ясо-молочної продукції, яєць. В усіх районах області провідним є скотарство, крім того в лісостеповій зоні значний розвиток одержали свинарство та птахівництво. Розвинені також крелеводство, бджелярство, рибне господарство [55].

3.2. Реалізація моделей геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення на території Бориспільського району

Дані про землі лісогосподарського призначення накопичуються в базі геопросторових даних, та містять дані про вік насаджень, їх поділ на квартали та породний склад. З плином часу часом лісовий фонд змінюється і не тільки його віковий склад, а й відбуваються ущільнення, розрідження та вирубки лісів. За даними внесеними до бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу здійснено побудову тематичних карт

На рисунках 3.2 – 3.7. зображені основні типи порід лісу на досліджуваній території Бориспільського району Київської області. Ці картографічні подання створені відповідно до інформації отриманої з наземних досліджень та здійсненого таксаційного дослідження, що внесені до

базі геопросторових даних. Так на рис. 3.2. частина досліджуваної території земель лісогосподарського призначення нараховує такі типи порід дерев: сосна, модриця, ялина, дуб, бук, явір, граб, ільмові, ясені, клен, акація біла, береза, вільха чорна, осика, вільха сіра, верба, липа, горіх, плодови, гледичія.

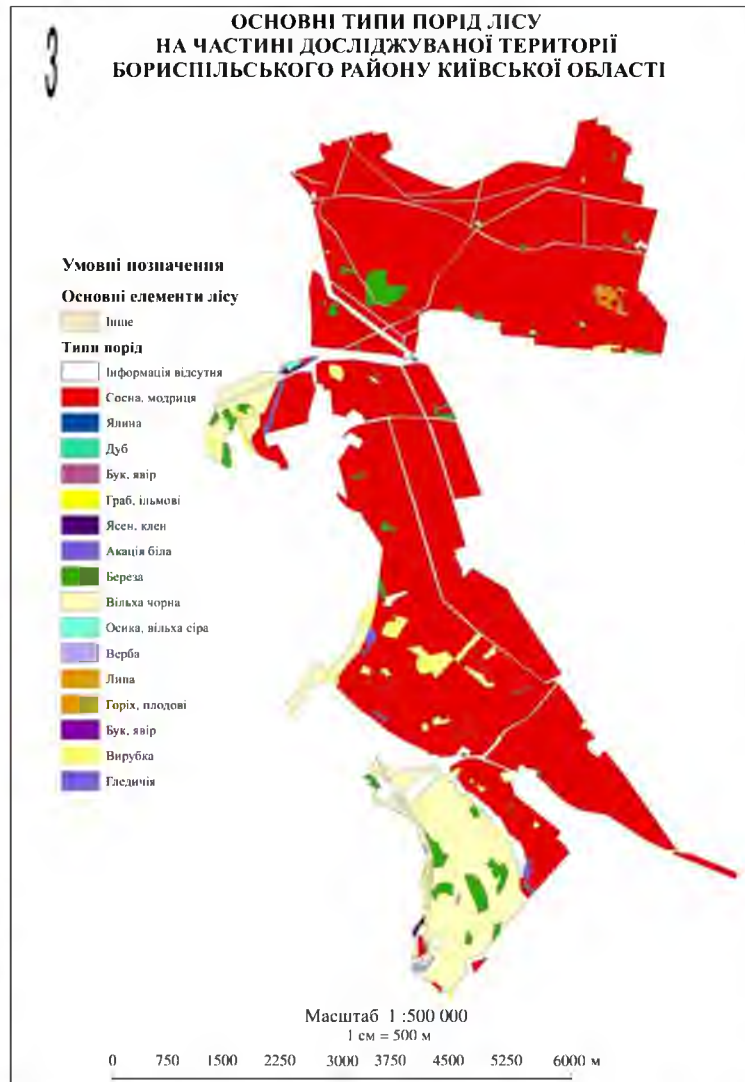
Також на зображуваній території наявна вирубка дерев та на деяких ділянках відсутня інформація про типи порід лісу. В основному, переважають типи сосна, модриця

НУЕ

НУЕ

НУЕ

НУЕ



іни

іни

іни

іни

Рисунок 3.2. Картографічне подання основних порід лісу на частині досліджуваної території поблизу села Вишеньки

НУБІП України

На рис. 3.3. територія нараховує такі типи порід дерев: сосна, модриця,

ялина, дуб, бук, явір, граб, ільмові, ясен, клен, акація біла, береза, вільха

чорна, осика, вільха сіра, верба, лина, горіх, плодови, гледичія. Найвна вирубка

дерев та на деяких ділянках відсутня інформація про типи порід лісу.

Переважають сосна, модриця та дуб.

НУБІП України

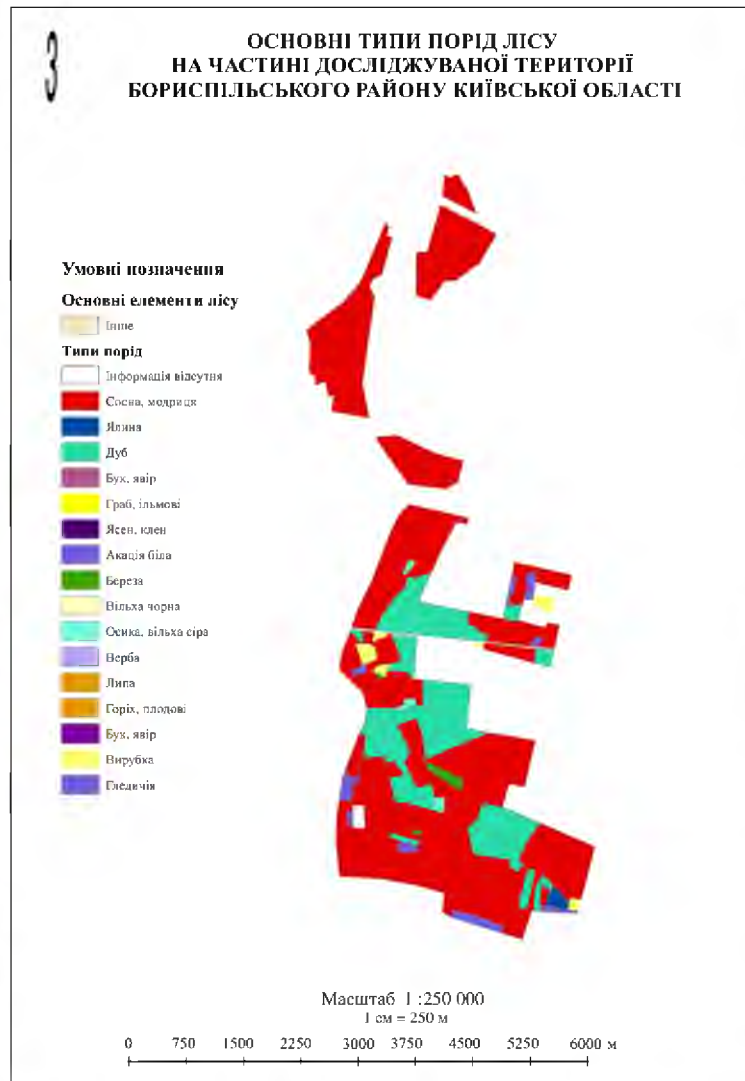
НУБІП України

НУБІП

УКРАЇНИ

НА

ПІВДЕННОМУ



ІНІ

ІНІ

ІНІ

ІНІ

Рисунок 3.3. Картографічне подання основних порід лісу на частині досліджуваної території

НУБІП

УКРАЇНИ

На рис. 3.4. зображені урочища «Русаньво» та «Стариця». Територія нараховує такі типи порід дерев: сосна, модриця, ялина, дуб, бук, явір, граб, ільмові, ясен, клен, акація біла, береза, вільха чорна, осика, вільха сіра, верба, липа, горіх, плодови, гледичія; наявна вирубка дерев та на деяких ділянках відсутня інформація про типи порід лісу. Найбільшу перевагу у поширенні має дуб.

НУБІП

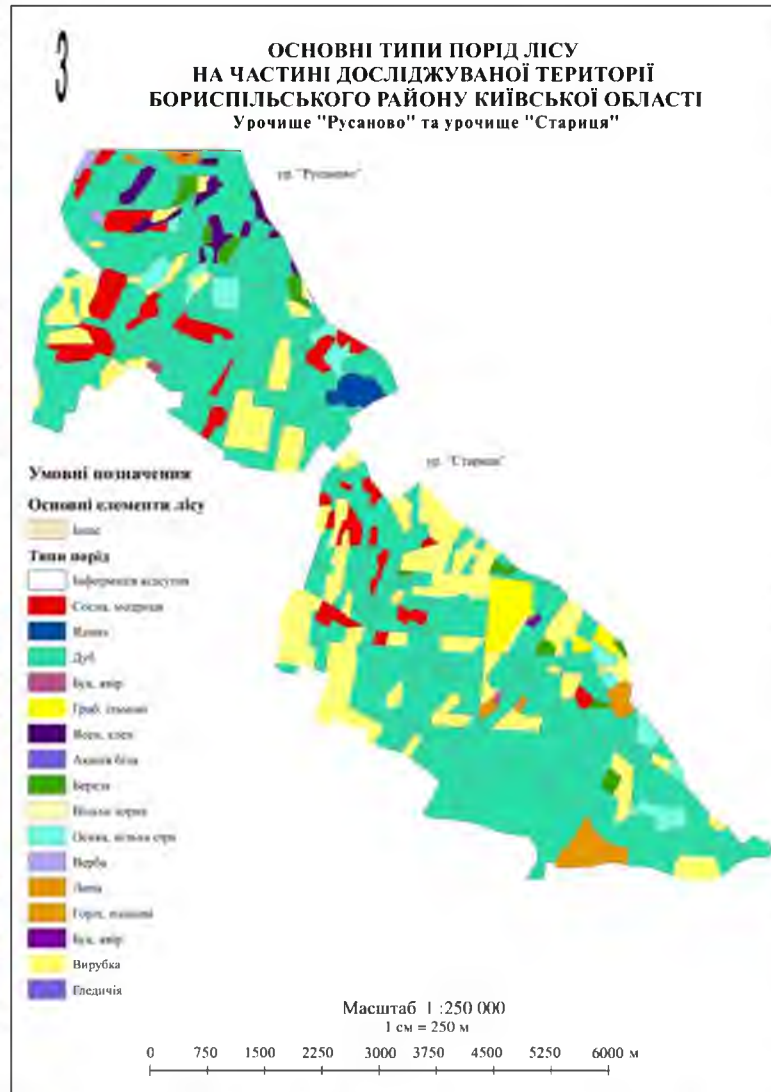
УКРАЇНИ

НУЕ

НУЕ

НУЕ

НУЕ



ІНИ

ІНИ

ІНИ

ІНИ

Рисунок 3.4. Картографічне подання основних порід лісу на частині досліджуваної території урочищ «Русаново» та «Стариця»

На рис. 3.5) зображено урочище «Кучаково». Територія нараховує такі типи порід дерев: сосна, модриця, ялина, дуб, бук, явір, граб, ільмові, ясень, клен, акація біла, береза, вільха чорна, осика, вільха сіра, верба, липа, горіх, плодове, елісація, наявна вирубка дерев та на деяких ділянках відсутня інформація про типи порід лісу. Переважає - дуб.

НУБІП України

НУБІП України

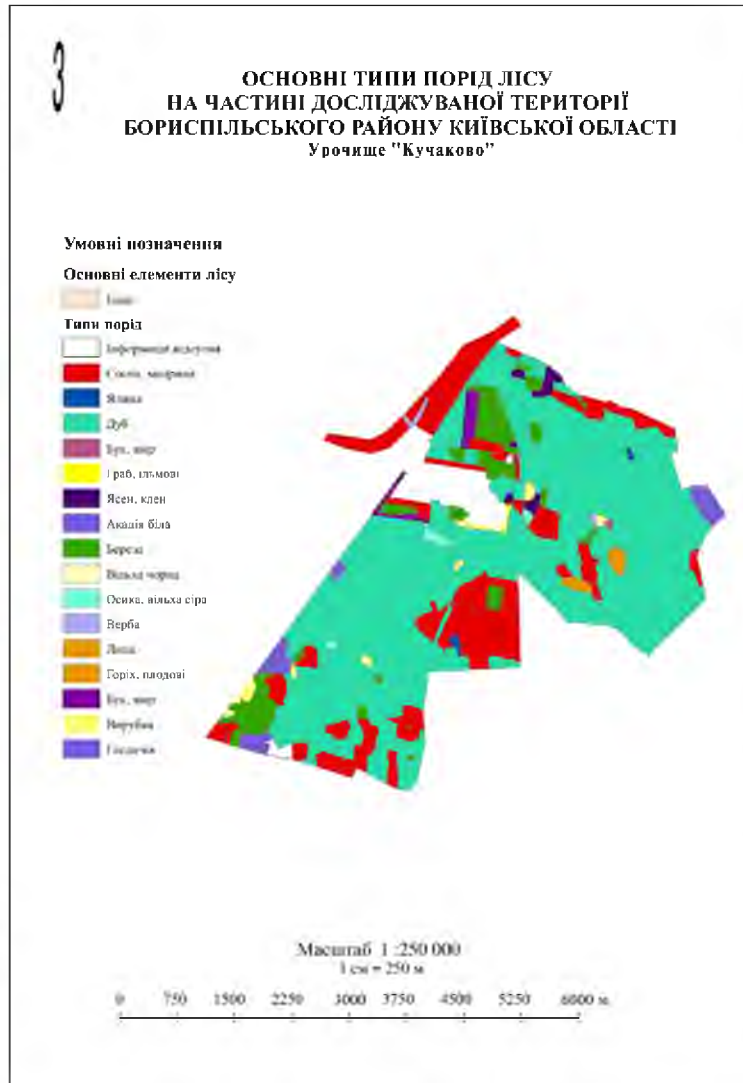
НУБІП України

НУЕ

НУЕ

НУЕ

НУЕ



їни

їни

їни

їни

Рисунок 3.5. Картографічне подання основних порід лісу на частині досліджуваної території урочища «Кучаково»

НУБІП України

На рис. 3.6. зображені урочища «Сулимівське-1», «Сулимівське-2» та «Сулимівське-3».

НУБІП України

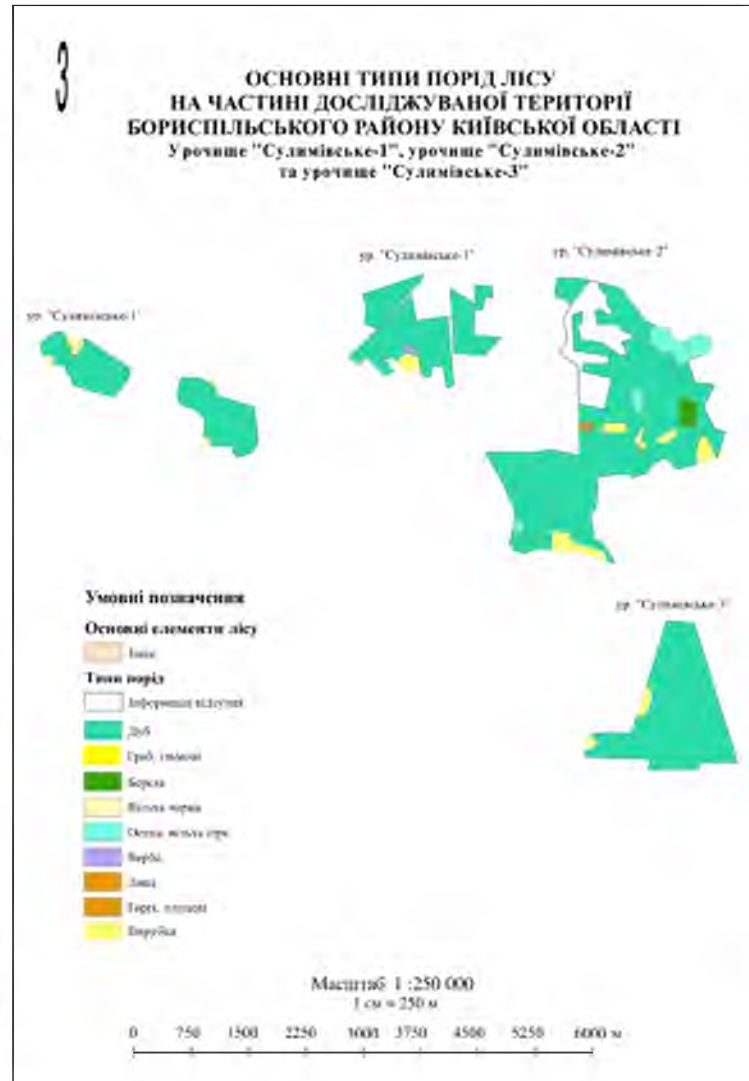
НУБІП України

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ



НИ

НИ

НИ

НИ

Рисунок 3.6. Карта-схема основних порід лісу на частині досліджуваної території урочища «Сулимівське»

Територія урочища Сулимівського нараховує такі типи порід дерев:

сосна, модриця, дуб, граб, ільмові, береза, вільха чорна, осика, вільха сіра, верба, липа, горіх, плодове; наявна вирубка дерев та на деяких ділянках відсутня інформація про типи порід лісу. Переважає - дуб.

На рис. 3.7 на ділянках відсутня інформація щодо типи порід лісу на досліджуваній території. Однак побудовані на рис. 3.2 – 3.7 картографічні

подання не дозволяють відстежити зміни лісу, відслідкувати швидкість заповнення та відновлення лісів, неушкодженість та фрагментацію лісів, деградацію лісів, а лише площу та площу та розгашування лісів.

НУБІП УКРАЇНИ

НУЕ

НУЕ

НУЕ

НУЕ



іни

іни

іни

іни

Рисунок 3.7.6 Карта-схема основних порід лісу на частині досліджуваної території

Для відслідковування швидкості заліснення та відновлення лісів, нешкодженості та фрагментації лісів, деградації лісів необхідно базу геопросторових даних доповнювати оперативними даними, що дозволять відслідковувати зміни.

В дані роботі обрано інтегрувати дані дистанційного зондування Землі з метою доповнення існуючих таксаційних досліджень.

На першому етапі визначається Нормалізований Диференційований Вегетаційний Індекс скорочено NDVI, що дозволяє виміряти щільність зеленої маси рослинності та є найбільш використовуваним індексом у дослідженнях рослинності (Kumar P., Rani M., Pandey P.C., Majumdar A.,

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Nathawat M.S. [55], Ghebregabher M.G., Yang T., Yang X., Wang X., Khan M. [57], Xue J., Su B. [58]).

Індекс NDVI також найкраще з усіх підходить для глобального моніторингу лісів, оскільки він допомагає компенсувати зміни освітлення, нахилу поверхні, експозиції та інших зовнішніх факторів.

Для того щоб вирахувати різницю між двома діапазонами – видимим червоним та ближнім інфрачервоним, використовуємо характерну криву спектрального відбиття здорової рослинності.

Об'єкти неживої природи мають фіксовані значення NDVI: від -1 до 0, а живої – позитивні значення. Чим більше зеленої фітомаси, тим значення NDVI вищі (для зеленої рослинності 0,2 – 0,8), при максимальному діапазоні зміни від 0 до 1 [59].

NDVI характеризується хорошим розрізненням листяного і хвойного лісу, помітний вплив підстильної поверхні та розрізняється віковий склад, тому використовуємо цей індекс і в нашому дослідженні. Для Landsat 8 формула індексу має наступний вигляд:

$$NDVI = \frac{Band\ 5 - Band\ 4}{Band\ 5 + Band\ 4}$$

Результати розрахунку індексу INVI досліджуваної території

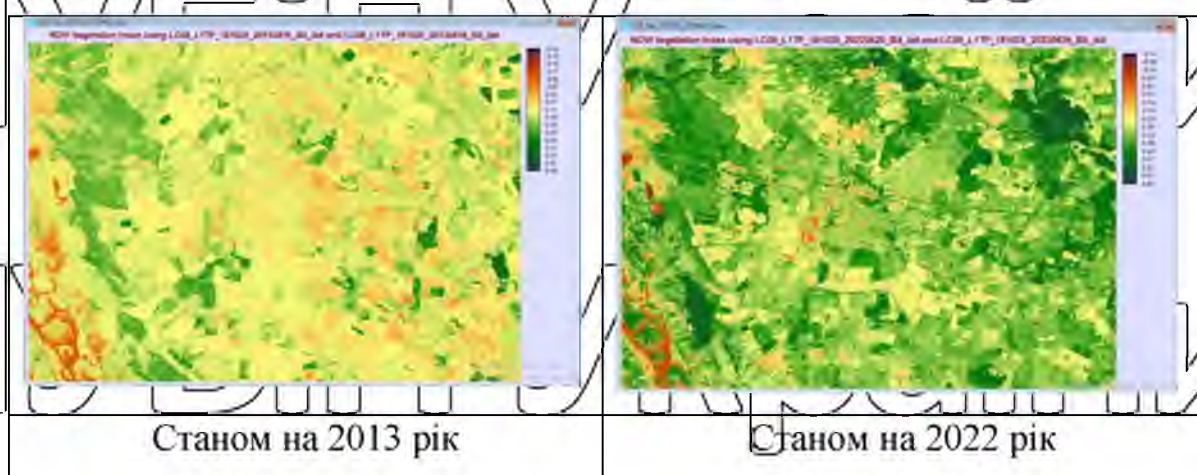


Рисунок 3.8. Вегетаційний індекс NDVI порахований за даними КА Landsat 8

На зображеннях лісовий фонд зображений в період вегетації та візуально дозволяє розрізнити хвойні та листяні породи. Від 2013 року до 2022 року спостерігається здійснення вирубок дерев. Однак ця оцінка є візуальною.

Для отримання тематичних карт як архівних так і поточного року було здійснено керовану класифікацію даних дистанційного зондування землі даних Landsat 8 та Sentinel-2.

З множини алгоритмів керованої класифікації у дослідженні було розглянуто можливість використання «жорстких класифікаторів»: метод мінімальної спектральної відстані, аналіз лінійних дискримінантів, максимальної правдоподібності та паралелепіпедів (рис 3.9, 3.10, 3.11., 3.12).

Класифікація проводилася окремо для даних Landsat 8 2013 та 2022 років та для даних Sentinel-2 2016 та 2022 років.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Рисунок 3.9. Результати застосування методів керованої класифікації за даними Landsat 8

НУБІП України

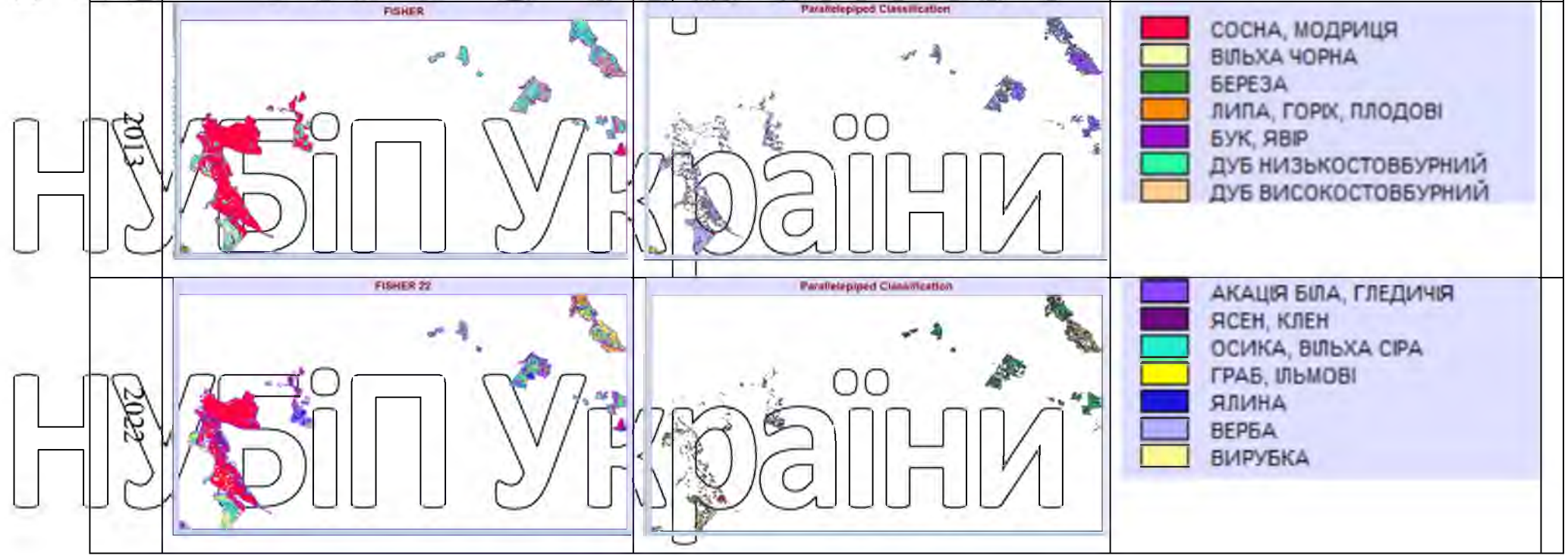


Рисунок 3.10. Результати застосування методів керованої класифікації за даними Landsat 8

НУБІП України



Рисунок 3.11. Результати застосування методів керованої класифікації Sentinel-2

НУБІП України

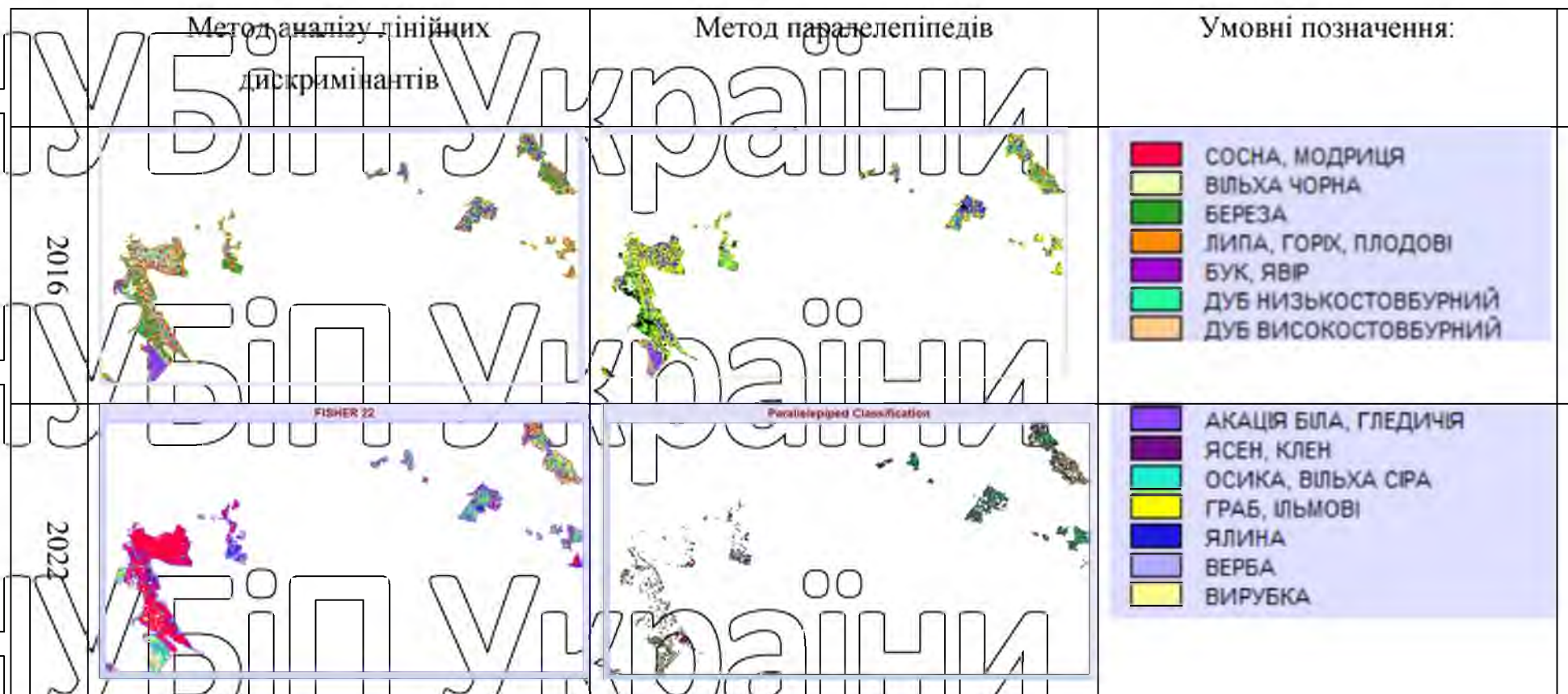


Рисунок 3.12 Результати застосування методів керованої класифікації Sentinel-2

За методом мінімальної спектральної відстані на зображенні 2013 року добре розпізналася сосна, модриця, а також осика та вільха сіра. Така сама ситуація зі знімком 2022 року, проте помилково відображені місця граб, ільмові та ялини.

На зображенні за методом максимальної подібності на 2013 та 2022 роки є помилки ідентифікації сосна, модриця, а також ялина та акація біла, гледичія. Інші елементи лісу розпізнані більш вдало.

Класифікація за методом паралелепіпедів представляє найгірше розпізнання елементів лісу. Більшість типів елементів не були розпізнані та потрапили у категорію нульового значення пікселя.

За методом аналізу лінійних дискримінантів знімки за 2013 та 2022 роки розпізналися найкраще. Більшість елементів лісу добре ідентифіковані.

При візуальному аналізі отриманих тематичних зображень за вищевказаними методами робимо висновок, що для застосування в моніторингу земель лісгосподарського призначення для класифікації основних елементів лісу за даними дистанційного зондування найкраще використовувати метод аналізу лінійних дискримінантів.

При візуальному аналізі отриманих тематичних зображень за вищевказаними методами робимо висновок, що для застосування в моніторингу земель лісгосподарського призначення для класифікації основних елементів лісу за даними дистанційного зондування найкраще використовувати метод аналізу лінійних дискримінантів.

Порівнюючи отримані в результаті класифікації растрів з еталоном, створеним на основі наземних даних, виконуємо оцінку вірогідності класифікації та врахування поправки на випадковість за допомогою коефіцієнту Каппа. Прийнято вважати, що якість класифікації задовільна, якщо коефіцієнт Каппа не перевищує значення 0,75.

Результати порівняльного аналізу значень коефіцієнта Каппа для різних алгоритмів та типів порід подано на діаграмі нижче (рис. 3.13.).

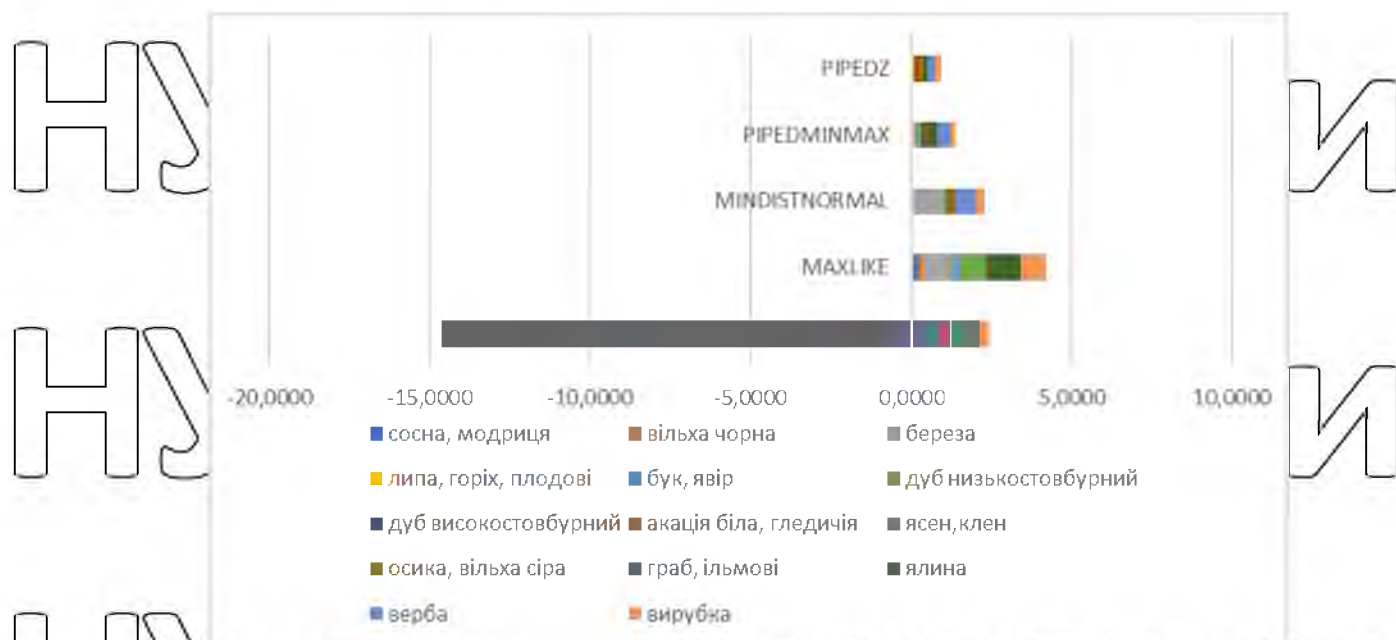


Рисунок 3.13. Значення коефіцієнта Каппа для різних даних

За даними класифікації побудовано тематичні карти. На рис 3.14. подано

динаміки зміни за одним з урочищ.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

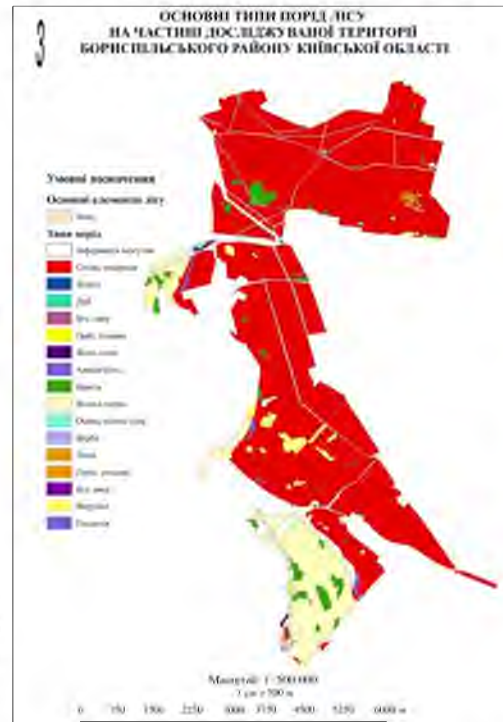


Рис. 3.14 Порівняння даних за різні роки

НУБІП України

Висновки до третього розділу

В третьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було визначено природну зону до якої належить досліджувана територія, а також описано розташування Бориспільського району та відомості про клімат, що безпосередньо впливають на розвиток лісів.

Побудовано картографічні подання типів лісів на момент здійснення таксації.

Здійснено обробку даних дистанційного зондування Землі. Визначено, що є керована класифікація космічних знімків і застосовано методи аналізу лінійних дискримінант, мінімальної спектральної відстані, максимальної подібності, аналізу лінійних дискримінант та паралелепіпедів.

На основі здійсненої класифікації побудовано тематичні карти типів рослинності на території Бориспільського лісництва та здійснено перевірку точності класифікації. Обравши методи, що дали кращі результати здійснено інтегрування даних до єдиної бази геопросторових даних та здійснено дослідження змін, що відбулись за досліджуваний період, зокрема зміну території вирубки.

Інтегровані дані щодо стану лісів можуть бути використані фахівцями із землеустрою для оцінки рекреаційної цінності лісів та планування розвитку територій.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі висвітлені питання геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення, розглянуті особливості земель лісогосподарського призначення.

Здійснено аналіз існуючого стану вивчення питання моніторингу земель лісогосподарського призначення. Визначено основні напрацювання щодо інструментарно здійснення моніторингу земель та визначені основні завдання:

- аналіз сучасного стану розвитку технологій геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

- розроблення узагальненої структури ГІС для функціонального забезпечення геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

- дослідження існуючих способів інтеграції даних та їх характеристика;

- обґрунтування комплексного підходу до використання різномірних даних ДЗЗ у технологіях геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення.

Для реалізації завдань були розроблені моделі геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення за такими фазами:

- розроблено загальну модель геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

- розроблено модель потоків даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення

- підготовлено функціональну модель геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення

- побудовано концептуальну модель бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

- створено логічну модель бази геопросторових даних геоінформаційного моніторингу земель лісогосподарського призначення;

– здійснено підбір даних ДЗЗ, що будуть оброблені та інтегровані до бази геопросторових даних.

В третьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було визначено природну зону до якої належить досліджувана територія, а також описано розташування Бориспільського району та відомості про клімат, що безпосередньо впливають на розвиток лісів.

Побудовано картографічні подання типів лісів на момент здійснення таксації.

Здійснено обробку даних дистанційного зондування Землі. Визначено, що є керована класифікація космічних знімків і застосовано методи аналізу лінійних дискримінант, мінімальної спектральної відстані, максимальної подібності, аналізу лінійних дискримінант та паралелепіпедів.

На основі здійсненої класифікації побудовано тематичні карти типів рослинності на території Бориспільського лісництва та здійснено перевірку точності класифікації. Обравши методи, що дали кращі результати здійснено інтегрування даних до єдиної бази геопросторових даних та здійснено дослідження змін, що відбулись за досліджуваний період, зокрема зміну території вирубки.

Інтегровані дані щодо стану лісів можуть бути використані фахівцями із землеустрою для оцінки рекреаційної цінності лісів та планування розвитку територій, підборі ділянок для розташування насік.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Лісовий кодекс України від 21.01.1994 р. № 3852-ХІІ. *Відомості Верховної Ради України*. 1994. № 17. Ст. 99. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> (дата звернення: 26.03.2022)

2. Земельний кодекс України від 25.10.2001 р. № 2768-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2002. № 3-4. Ст. 27. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 26.03.2022).

3. Букша І.Ф., Пастернак В.П., Пивовар Т.С. Рекомендації щодо розбудови державної системи моніторингу лісів України. Харків, УкрНДДЛ А. 2019. 35 с. URL:

<https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/perelik-dokumentiv-shcho-shvaleni-naukovo-tehnichnoyu-radoyu/14-rekomendation-monitoring.pdf> (дата звернення: 15.04.2022)

4. Євсюков Т. О., Полтавець А. М. Формування особливо цінних земель рекреаційного призначення. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Економіка АПК*. 2010. № 17 (1). С. 102–105. (дата звернення: 12.05.2022)

5. Полтавець А. М. Розроблення класифікації земель рекреаційного призначення за придатністю та функціональними видами рекреації. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2013. № 1-2. С. 123–129. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemleustriv_2013_1-2_20 (дата звернення: 12.05.2022)

6. Фоменко Н.В. Рекреаційні ресурси та курортологія. *Центр навчальної літератури*. 2007. – 312 с. (дата звернення: 16.04.2022)

7. Про затвердження Порядку ведення лісовпорядкування: Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 15.11.2021р. №749. *Офіційний вісник України*. 2021. № 97. Ст. 316. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1644-21#Text> (дата звернення: 26.03.2022)

8. Ronald C Estoque, Rajarshi Dasgupta, Karina Winkler, Valerio Avitabile, Brian A Johnson, Sue W Myint, Yan Gao, Makoto Ooba, Yuji Murayama, Rodol D Lasco. Spatiotemporal pattern of global forest change over the past 60 years and the

forest transition theory. *Environmental Research Letters*. 2022. № 17. 084022. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7df5> (дата звернення: 02.05.2022)

9. Myroniuk V., Bell D.M., Gregory M.J., Vasylyshyn R., Bilous A. Uncovering forest dynamics using historical forest inventory data and Landsat time series. *Forest Ecology and Management*. 2022. № 513. 120184. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120184> (дата звернення: 03.07.2022)

10. Миронюк В.В. Дешифрування видового складу лісових масажень за даними сезонних мозаїк супутникових знімків Landsat і вибіркової інвентаризації лісів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2019. № 19. С. 135-143. URL: <https://doi.org/10.15421/411935> (дата звернення: 08.07.2022)

11. Дяченко А., Пагракеєв І. Онгологія та особливості компонентів геоінформаційного моніторингу за технологією баз геопросторових даних. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2015. Вип. 1. С. 174-177. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdgn_2015_1_42 (дата звернення: 08.03.2022)

12. Simula M. Towards Defining Forest Degradation: Comparative Analysis of Existing Definitions. *Forest Resources Assessment Working Paper*. 2009. № 154. (дата звернення: 25.04.2022)

13. Hansen, M.C., Roy, D.P., Lindquist, E., Adusei, B., Justice, C.O. and Altstatt, A. A Method for Integrating MODIS and Landsat Data for Systematic Monitoring of Forest Cover and Change in the Congo Basin. *Remote Sensing of Environment*. 2008. № 112. P. 2495-2513. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.11.012> (дата звернення: 25.04.2022)

14. Cuenca, P., Arriagada, R. and Echeverria, C. How Much Deforestation Do Protected Areas Avoid in Tropical Andean Landscapes? *Environmental Science & Policy*. 2016. № 56. P. 56-66. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.10.014>

(дата звернення: 25.04.2022)
15. Open GeoEdu. URL: <https://learn.opengeoedu.de/en> (дата звернення: 08.03.2022)

16. Khalile, L., Rhinane, H., Kaoukaya, A. and Lahlaoui, H. Forest Cover Monitoring and Change Detection in Nfilikh Forest (Morocco) *Journal of Geographic Information System*. 2018. № 10. P. 219-233. URL:

<https://doi.org/10.4236/jgis.2018.102011> (дата звернення: 02.05.2022)

17. Song X.-P., Huang C., Sexton J.O., Channan S., Townshend, J.R. Annual Detection of Forest Cover Loss Using Time Series Satellite Measurements of Percent / Tree Cover. *Remote Sensing*. 2014. № 6. P. 8878-8903. URL:

<https://doi.org/10.3390/rs6098878> (дата звернення: 25.04.2022)

18. Romero-Sanchez M.E., Ponce-Hernandez R. Assessing and Monitoring Forest Degradation in a Deciduous Tropical Forest in Mexico via Remote Sensing Indicators. *Forests*. 2017. № 8. P. 302. URL: <https://doi.org/10.3390/f8090302>

(дата звернення: 25.04.2022)

19. Haque M.I., Basak R. Land Cover Change Detection Using GIS and Remote Sensing Techniques: A Spatio-Temporal Study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 2017. № 20. P. 251-263. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.12.003>

(дата звернення: 25.04.2022)

20. Villa, P., Lechi G., Gomasasca M.A. Multivariate Differencing Techniques for Land Cover Change Detection: The Normalized Difference Reflectance Approach. *Geoscience and Remote Sensing*. 2009. P. 277-301. URL:

<https://doi.org/10.5772/8312> (дата звернення: 25.04.2022)

21. KAB LAMSEL. MONITORING PEMANFAATAN RUANG BERBASIS GIS URL:

https://www.academia.edu/51430959/MONITORING_PEMANFAATAN_RUANG_BERBASIS_GIS_KAB_LAMSEL (дата звернення: 15.04.2022)

22. Enishazira Binti Topah @ Apandi, Siti Aekbal Salleh, Haris Abdul Rahim, Nor Aizam Adnan. Mapping of coastline changes in mangrove forest using digital

shoreline analyst system (DSAS). *IOR Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. № 1067. 012036. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1067/1/012036> (дата звернення: 02.05.2022)

23. Staiculescu S. Application of GIS Technologies in Monitoring Biodiversity. *GI Forum 2012. Geovisualisation, Society and Learning*. 2012. С. 485-494. URL:

[https://www.academia.edu/15307256/Application of GIS Technologies in Monitoring Biodiversity?source=swp_share](https://www.academia.edu/15307256/Application_of_GIS_Technologies_in_Monitoring_Biodiversity?source=swp_share) (дата звернення: 15.04.2022)

24. Дашкевич С. М. Моніторинг як інструмент фінансово-економічного механізму збалансованого використання земель лісогосподарського призначення. *Агросвіт*. 2019. № 10. С. 32-40. DOI: 10.32702/2306-

6792.2019.10.32 (дата звернення: 15.04.2022)

25. Шевченко Р.Ю. Інструментарій моніторингу довкілля міста Києва: монографія, доп. Київ: 2020. 324 с. (дата звернення: 10.04.2022)

26. Бідолах Д. І. Геоінформаційний моніторинг стану зелених насаджень із використанням методів дистанційного зондування. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2020. № 2. Vol. 11. URL:

<http://dx.doi.org/10.31545/forest2020.02.004> (дата звернення: 10.04.2022)

27. Y Sahel, Y Dellahi, D Chahhou. Mapping the Site of Biological and Ecological Interest of Rganat-Bouchkal (Tsili) Argan forest (Moroccan Central Plateau) using remote sensing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental*

Science. 2022. № 1090. 012001. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1090/1/012001> (дата звернення: 07.05.2022)

28. Izaya Numata, Andrew J Elmore, Mark A Cochrane, Gangjiao Wang, Jing Zhao, Xin Zhang. Deforestation, plantation-related land cover dynamics and oil palm age-structure change during 1990–2020 in Riau Province, Indonesia.

Environmental Research Letters. 2022. № 17. 094024. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8a61> (дата звернення: 07.05.2022)

29. Денис Ю., Бурштинська Х., Паштетник О. Моніторинг засихання хвойних лісів за різночасовими космічними знімками (на прикладі

Тухлянського лісництва). *Збірник наукових праць «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва»*. 2019. Вип. I (37). С. 78-84. (дата звернення: 12.05.2022)

30. Мельник А. А., Ячнюк М. О. Застосування геоінформаційних технологій для спостереження за лісовим покривом. *Науковий вісник ХДУ. Серія Географічні науки.* 2022. № 16. С. 32-39. URL:

<https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2022-16-3> (дата звернення: 12.05.2022)

31. Strand, H., Höft, R., Stritholt, J., Miles, L., Horning, N., Fosnight, E., Turner, W., eds. *Sourcebook on Remote Sensing and Biodiversity Indicators. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.* 2007. № 32. С. 35-55 (дата звернення: 25.04.2022)

32. Слободяник М. П. Використання методів ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу лісових ресурсів. *Вісник геодезії та картографії.* 2014. № 1. С. 27-31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2014_1_8 (дата звернення: 03.04.2022)

33. Прядка К. О., Пересадько В. А. Актуалізація відомостей про землі лісогосподарського призначення засобами дистанційного зондування землі. *Геоінформатика.* 2018. № 2. С. 74-86. Бібліогр.: 20 назв. укр. (дата звернення: 03.04.2022)

34. Гаврюшин О. В. Просторово-часовий аналіз змін адміністративно-територіального поділу в геоінформаційних системах. *Вісник геодезії та картографії.* 2015. № 3. С. 29-32. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2015_3_9 (дата звернення: 03.04.2022)

35. Шквир І. М. Геоінформаційне моделювання показників деградації земель сільськогосподарського призначення. *Вісник геодезії та картографії.* 2014. № 5. С. 37-43. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2014_5_14 (дата звернення: 10.04.2022)

36. Гебрін Л. В., Бандурович Ю. І. Використання даних дистанційного зондування та наземних досліджень для оцінювання стану ґрунтового покриву Закарпатської області. *Вісник геодезії та картографії.* 2015. № 2. С. 30-35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2015_2_9 (дата звернення: 03.04.2022)

37. Бабій Л., Грицьків Н. Космічні методи дзз у вирішенні задач лісового господарства. *Геодезія, картографія і аерофотознімання.* 2007. Вип. 68. С.

200-204 URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/jun/12834/babiv-grickiv.pdf> (дата звернення: 10.04.2022)

38. *Діаграма варіантів використання*: веб-сайт. URL:

<https://ukrbukva.net/88640-Diagrammy-precedentov-variantov-ispolzovaniya.html> (дата звернення: 26.06.2022)

39. Бодня О.В. Алгоритм конструктивно-географічного забезпечення проектування національних природних парків з використанням ГІС-технологій. *Матеріали III науково-методического семінара «ГІС и заповедные территории»*. Під ред. А.П. Біатова. Харків: «Типографія Мадрид». 2016. С. 21–24. (дата звернення: 19.04.2022)

40. Гальченко Н. П., Козарь В. І. Структура бази даних для забезпечення геоінформаційного моніторингу земель природно-заповідного фонду. *Екологічна безпека*. 2019. № 1/2019 (27). С. 32–37. (дата звернення: 19.04.2022)

41. *Діаграма потоків даних*: веб-сайт. URL:

<https://uk.warbletoncouncil.org/diagramma-11no-dates-10947> (дата звернення: 26.06.2022)

42. USGS. URL: <https://www.usgs.gov/> (дата звернення: 03.03.2022)

43. ВО «УКРДЕРЖЛІСПРОЕКТ». URL: <https://www.lisproekt.gov.ua/>

(дата звернення: 03.03.2022)

44. *Діаграма динамічності*: веб-сайт. URL:

<https://studwood.net/1884530/informatika/diagramma-dynamisti> (дата звернення: 26.06.2022)

45. *Діаграма класів*: веб-сайт. URL: <https://ua5.org/ogp/392-diagrami-klasiv.html> (дата звернення: 26.06.2022)

46. *Двигатель модель бази даних*: веб-сайт. URL:

<https://studfile.net/preview/7144845/page:29/> (дата звернення: 26.06.2022)

47. Sergieiva K. Historical Satellite Images: Accessing The Old Data. URL:

<https://eos.com/blog/historical-satellite-images/> (дата звернення: 16.04.2022)

48. Мультиспектральне зображення [Електронний ресурс] // Вікіпедія.

URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мультиспектральне_зображення (дата звернення: 19.04.2022)

49. Landsat Overview: веб-сайт. URL:

https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/overview/index.html (дата

звернення: 03.07.2022)

50. Missions. Sentinel 2: веб-сайт. URL:

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (дата

звернення: 03.07.2022)

51. Про утворення та ліквідацію районів: Постанова Верховної Ради

України від 17.07.2020 р. № 807 – IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2020.

№ 33. Ст. 235. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/807-10#Text> (дата

звернення: 26.03.2022).

52. Про Бориспільщину: веб-сайт. URL: [http://raybori.gov.ua/pro-](http://raybori.gov.ua/pro-borispilshchu/)

[borispilshchu/](http://raybori.gov.ua/pro-borispilshchu/) (дата звернення: 18.01.2022)

53. В. М. Гудима, Л. В. Кабан, Т. В. Чапаєва, Н. В. Якименко. Київська область. *Енциклопедія Сучасної України*. 2012. Т. 12. URL:

<https://esu.com.ua/article-11238> (дата звернення: 22.01.2022)

54. Фізико-географічна характеристика Борисполя: веб-сайт. URL:

<https://studwood.net/1279319/geografiva/fiziko-geografichna-harakteristika-boris-polya> (дата звернення: 21.01.2022)

55. Н. П. Шматко. Бориспільський район. *Енциклопедія Сучасної*

України. 2004. Т. 3. URL: <https://esu.com.ua/article-37199> (дата звернення: 18.01.2022)

56. Kumar P., Rani M., Pandey P.C., Majumdar A., Nathawat, M.S.

Monitoring of Deforestation and Forest Degradation Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Ranchi in Jharkhand (India). *Report and Opinion*. 2010. № 2.

P. 55-67. (дата звернення: 25.04.2022)

57. Ghebregabher M.G., Yang T., Yang X., Wang X., Khan M. Extracting

and Analyzing Forest and Woodland Cover Change in Entirea Based on Landsat

Data Using Supervised Classification. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2016. № 19. P. 37-47. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eirs.2015.09.002> (дата звернення: 25.04.2022)

58. Xue J., Su B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*. 2017. URL: <https://doi.org/10.1155/2017/1353691> (дата звернення: 25.04.2022)

59. Омелич І.Ю., Яременко А.А., Печошвайленко Н.С., Горай І.В. Визначення тенденцій розвитку рослинного покриву на підставі розрахунку нормалізованого вегетаційного індексу на прикладі Петриківського району Дніпропетровської області. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2019. № 23. С. 9-13. (дата звернення: 25.04.2022)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ

Додаток А

Рівень даних	Опис
Рівень 0	Реконструйовані необроблені інструменти та дані корисного навантаження з повною роздільною здатністю, з видаленням будь-яких артефактів зв'язку (наприклад, кадрів синхронізації, заголовків зв'язку, дублікатів даних). (У більшості випадків система даних і операцій NASA EOS [EDOS] надає ці дані DAAC як набори виробничих даних для обробки Сегментом обробки наукових даних [SDPS] або одним із SIPS для виробництва продуктів вищого рівня.)
Рівень 1A	Дані рівня 1A (L1A) є реконструйованими, необробленими інструментальними даними з повною роздільною здатністю, прив'язаними до часу та анотованими допоміжною інформацією, включаючи радіометричні та геометричні коефіцієнти калібрування та параметри геоприв'язки (наприклад, ефемериди платформи), обчислені та додані, але не застосовані до даних L0.
Рівень 1B	Дані L1B – це дані L1A, які були оброблені на сенсорних блоках (не всі прилади мають вихідні дані L1B).
Рівень 1C	Дані L1C – це дані L1B, які включають нові змінні для опису спектрів. Ці змінні дозволяють користувачеві визначити, які канали L1C були скопійовані безпосередньо з L1B, а які були синтезовані з L1B і чому.
Рівень 2	Похідні геофізичні змінні з тією ж роздільною здатністю та розташуванням, що й вихідні дані L1.
Рівень 2A	Дані L2A містять інформацію, отриману з даних геолокаційних датчиків, таку як висота над землею, найвища та найнижча висоти повернення поверхні, висоти квантилів енергії (показники «відносної висоти») та інші метрики, отримані за формою сигналу, що описують перехоплену поверхню.
Рівень 2B	Дані L2B – це дані L2A, які були оброблені на сенсорних блоках (не всі прилади матимуть еквівалент L2B).
Рівень 3	Змінні, відображені на рівномірних шкалах просторово-часової сітки, як правило, з певною повнотою та послідовністю.
Рівень 3A	Дані L3A – це, як правило, періодичні підсумки (тижневі, десятиденні, місячні) продуктів L2.
Рівень 4	Вихід моделі або результати аналізу даних нижчого рівня (наприклад, змінні, отримані з кількох вимірювань).