

Методичні рекомендації з розробки програмного забезпечення для збору та обробки даних НІЛ в Україні (DGP)

(на основі досвіду німецької Федеральної інвентаризації лісів)

Андрій Шамрай

Київ, листопад 2025



About the Project “Sustainable Forestry Implementation” (SFI)

The project "Promotion of multifunctional sustainable forest management planning and implementation in Ukraine" (SFI) is a project established within the framework of the Bilateral Cooperation Programme (BCP) of the Federal Ministry of Agriculture, Food and Regional Identity (BMLEH) with the Ministry of Economy, Environment and Agriculture of Ukraine (MEEA). It is a continuation of activities started in the forest sector within the German-Ukrainian Agriculture Policy Dialogue (APD) forestry component.

The Project is implemented based on an agreement between GFA Group, the general authorised executor of BMEL, and the State Forest Resources Agency of Ukraine (SFRA) since October 2021. On behalf of the GFA Group, the executing agencies - IAK Agrar Consulting GmbH and Unique land use GmbH and are in charge of the implementation jointly with the SFRA.

The project aims to support sustainable forest management in Ukraine and has a working focus on the results in the Forest Policy and National Forest Inventory.

Author

Andriy Shamrai

Disclaimer

This paper is published with the assistance of SFI-Project but under the sole responsibility of the author. All contents, particularly views, findings, conclusions, suggestions or recommendations mentioned therein are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the SFI-Project.

Contacts

Troitska Str. 22-24,
Irpin, Kyiv region
+38 (067) 964-77-02

АНОТАЦІЯ

Загальна характеристика концепції

Цей документ визначає концептуальні засади розроблення та впровадження інноваційної системи збору та обробки даних Національної інвентаризації лісів (НІЛ) України на основі сучасних цифрових технологій та методів, гармонізованих з міжнародними стандартами ЄЕК ООН (UNECE), ФАО (FAO), а також з найкращими практиками, зокрема досвідом Bundeswaldinventur (BWI — Федеральна інвентаризація лісів Німеччини).

Концепцію розроблено з урахуванням детального аналізу наявних проблем у системі збору даних НІЛ, комплексного вивчення вимог чинних Методичних вказівок з НІЛ та глибокого огляду міжнародних практик, зокрема системи BWI, яка успішно працює вже кілька інвентаризаційних циклів і нині модернізується.

Обґрунтування необхідності технологічного переходу

У документі наведено ґрунтовне обґрунтування стратегічної потреби переходу до архітектури з відкритим програмним кодом як ключового елемента забезпечення довгострокової інституційної незалежності України у сфері моніторингу лісів. Такий підхід гарантує можливість адаптації системи до національних потреб без залежності від зовнішніх постачальників програмного забезпечення, що є критично важливим для національної безпеки та суверенітету в управлінні лісовими ресурсами.

Концепція передбачає комплексне підвищення якості даних шляхом запровадження автоматизованих алгоритмів валідації, багаторівневої системи перевірок та інтеграції з зовнішніми геопросторовими базами даних. Операційна ефективність забезпечується завдяки оптимізації робочих процесів, скороченню часу обробки даних та мінімізації ймовірності помилок під час введення інформації людиною.

Архітектура системи та технологічні компоненти

Запропонована система має трирівневу архітектуру, що забезпечує масштабованість, надійність і гнучкість рішення:

- **Мобільний застосунок для польового збору даних** – кросплатформний застосунок (передусім для Android, за можливості також iOS) з підтримкою офлайн-режиму, інтегрованими функціями GPS/GNSS, можливістю фотографування та автоматичною синхронізацією даних після відновлення мережевого з'єднання. Застосунок має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс із контрольованими формами введення, що мінімізують помилки оператора.
- **Серверна система з централізованою базою даних** – бекенд-рішення на основі сучасних хмарних або серверних технологій із розподіленою

архітектурою, що забезпечує горизонтальне масштабування та відмовостійкість. Як базу даних використано PostgreSQL з просторовими розширеннями PostGIS для ефективного зберігання й обробки геопросторових даних.

- **Веб-інтерфейс для адміністрування та аналітики** – прогресивний веб-застосунок (PWA) з адаптивним дизайном, що забезпечує повнофункціональний доступ до системи з будь-якого пристрою. Містить інтерактивні інформаційні панелі (дашборди), засоби візуалізації даних, експорт у стандартні формати та розширені аналітичні можливості.

Інноваційна система забезпечення якості

Ключовою інновацією концепції є адаптація й розвиток принципів контролю якості BWI на основі багаторівневої системи автоматизованих перевірок з оптимальним балансом між жорстким контролем якості та операційною гнучкістю. Система включає:

- **Початкову валідацію на рівні мобільного застосунку** з миттєвими сповіщеннями про потенційні помилки та логічні неузгодженості в даних.
- **Серверну валідацію** з використанням складних алгоритмів перевірки взаємозв'язків між показниками, порівнянням з історичними даними, виявленням статистичних аномалій.
- **Експертну перевірку** з інструментами візуального контролю, можливістю повертати дані на доопрацювання із детальними коментарями.

Методична основа та стандарти

Концепція повністю відповідає вимогам чинних Методичних вказівок з Національної інвентаризації лісів України та інтегрує найкращі практики міжнародних стандартів лісової інвентаризації, включаючи рекомендації ФАО (FAO), ЄЕК ООН (UNECE) та інших міжнародних організацій. Система забезпечує повну сумісність із чинними національними класифікаторами та можливість експорту даних у міжнародно визнані формати.

План реалізації та етапи впровадження

Концепція включає детальний поетапний план реалізації проєкту тривалістю 18 місяців з можливістю паралельного виконання окремих завдань для оптимізації строків:

- **Етап 1 (1–3-й місяць):** архітектурне проєктування та розроблення мінімально життєздатної версії (MVP) із базовим функціоналом збору даних і початкової валідації.
- **Етап 2 (4–9-й місяць):** розширення функціональності та інтеграція всіх компонентів системи контролю якості.

- **Етап 3 (10–12-й місяць):** пілотне тестування з паралельним збором даних традиційними методами для валідації результатів.
- **Етап 4 (13–18-й місяць):** повномасштабне впровадження із навчанням персоналу та переходом на нову систему в усіх регіонах України.

Аналіз ризиків і стратегії їх пом'якшення

Концепція містить комплексний аналіз ризиків із класифікацією за ступенем впливу та ймовірністю настання:

- **Технічні ризики** – затримки у розробленні, проблеми сумісності, складнощі інтеграції з існуючими системами.
- **Організаційні ризики** – опір змінам з боку персоналу, недостатня підготовка, проблеми координації між підрозділами.
- **Фінансові ризики** – перевищення бюджету, затримки фінансування, коливання валютних курсів.
- **Зовнішні ризики** – зміни законодавства, геополітичні чинники, збої в постачанні обладнання.

Для кожного ризику розроблено конкретні стратегії пом'якшення та плани реагування, включно з резервними рішеннями, альтернативними підходами та механізмами оперативного відновлення.

Критерії успіху та показники ефективності

У документі визначено вимірювані критерії успіху проекту з конкретними цільовими значеннями:

- **Кількісні показники:** скорочення часу збору даних, зменшення кількості помилок введення, підвищення швидкості обробки даних.
- **Якісні показники:** покращення якості даних, підвищення задоволеності користувачів, зміцнення інституційного потенціалу.
- **Стратегічні цілі:** забезпечення технологічної незалежності, створення основи для інтеграції з міжнародними системами моніторингу лісів.

Довгострокова перспектива та розвиток

Концепція закладає основу для довгострокового розвитку системи з можливістю подальшої інтеграції із супутниковими системами моніторингу, засобами штучного інтелекту для автоматичного аналізу зображень та технологіями блокчейн для забезпечення незмінності даних.

Впровадження цієї концепції забезпечить Україні сучасну, ефективну та технологічно незалежну систему Національної інвентаризації лісів, що відповідає найвищим міжнародним стандартам та створює надійну основу для сталого управління лісовими ресурсами країни у XXI столітті.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	0
ЗМІСТ.....	3
1. ВСТУП.....	5
1.1. Контекст та актуальність.....	5
1.2. Мета документа.....	7
2. АНАЛІЗ ПОТОЧНОЇ СИТУАЦІЇ.....	10
2.1. Національна інвентаризація лісів України.....	10
2.2. Проблеми існуючої системи збору даних НІЛ.....	11
2.3. Правові принципи відкритої архітектури та володіння програмним забезпеченням 13	
3. ДОСВІД BUNDESWALDINVENTUR (BWI) НІМЕЧЧИНИ.....	16
3.1. Огляд системи BWI.....	16
3.2. Принципи контролю якості даних в BWI.....	18
4. ЦІЛІ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ.....	22
4.1. Головна мета проєкту.....	22
4.2. Конкретні цілі.....	23
5. ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМИ.....	26
5.1. Загальна архітектура.....	26
5.2. Мобільний застосунок.....	27
5.2.1. Серверна система.....	28
5.2.2. Веб-інтерфейс адміністрування.....	29
6. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ: АДАПТАЦІЯ ПРИНЦИПІВ BWI.....	31
6.1. Рівень 1: Польова валідація.....	32
6.2. Рівень 2: Серверна валідація.....	34
6.3. Рівень 3: Експертний контроль.....	37
7. ТЕХНІЧНИЙ ПІДХІД.....	40
7.1. Технологічна основа системи.....	40
7.2. Безпека та захист даних.....	41
8. ПЛАН РЕАЛІЗАЦІЇ.....	43
8.1. Етапи впровадження.....	43
9. СТРАТЕГІЯ МІГРАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ ДАНИХ ТА УЗГОДЖЕННЯ З ПОПЕРЕДНІМИ ЦИКЛАМИ НІЛ.....	47
9.1. Принципи міграції.....	47
9.2. Етапи міграції даних.....	47
9.3. Гармонізація методик і забезпечення порівнянності.....	48
9.4. Основні ризики проєкту.....	49
10. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	52
10.1. Основні висновки.....	52

11. ГЛОСАРІЙ	55
--------------------	----

1. ВСТУП

1.1. Контекст та актуальність

Національна інвентаризація лісів (НІЛ) – це система вибіркового статистичного обстеження лісових ресурсів України, спрямована на отримання достовірної, узагальненої інформації про ліси для цілей планування, включно зі стратегічним плануванням, лісовпорядкуванням, веденням державного лісового кадастру та лісового моніторингу. НІЛ забезпечує статистично обґрунтовану інформацію про кількісні та якісні показники стану й динаміки лісів країни, їх ресурсний потенціал для потреб публічного управління, стратегічного планування ведення лісового господарства, державного лісового кадастру, екологічного моніторингу, наукових досліджень та міжнародної звітності щодо лісів.

Інвентаризація лісів України ґрунтується на математично-статистичному методі спостереження в мережі постійних інвентаризаційних ділянок, репрезентативних для всіх лісів країни. Об'єктом вибіркового обстеження Національної інвентаризації лісів є всі ділянки лісового фонду України, незалежно від категорії земель за основним цільовим призначенням та незалежно від форми власності. Порядок проведення НІЛ передбачає використання комбінованого підходу, який поєднує методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для стратифікації інвентаризаційних ділянок та проведення польових обстежень на лісових інвентаризаційних ділянках.

Національна інвентаризація лісів є одним із ключових елементів загальної системи моніторингу лісів і землекористування в Україні. Вона забезпечує репрезентативні, статистично обґрунтовані та інституційно незалежні дані про стан, запаси, структуру та зміни лісових екосистем, які не можуть бути повністю замінені жодною окремою відомчою звітністю чи виключно дистанційними методами. Дані НІЛ є підґрунтям для:

- формування та коригування державної лісової політики;
- оцінки сталості ведення лісового господарства та ефективності заходів із збереження, відновлення та охорони лісів;
- виконання міжнародних зобов'язань України за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату (UNFCCC), Паризькою угодою, вимогами сектору LULUCF, участі у FAO FRA та інших глобальних процесах;
- забезпечення прозорості для міжнародних партнерів, інвесторів і суспільства, зокрема в контексті європейської інтеграції та дотримання європейських нормативних рамок у сфері довкілля та клімату.

В умовах повномасштабної агресії проти України роль НІЛ додатково посилюється. Значна частина українських лісів розташована на територіях, небезпечних або повністю недоступних для польових робіт через мінування,

наслідки бойових дій, пошкоджену інфраструктуру чи тимчасову окупацію. Очікується, що частина таких територій залишатиметься обмежено доступною багато років, а можливо й десятиліття. Це створює системний виклик для НІА: необхідність підтримувати якість і повноту інформації в умовах, коли традиційна модель повної польової доступності більше не є реалістичною.

В такій реальності НІА має виконувати подвійну функцію:

1. **Наземна мережа спостережень** – забезпечення високоякісних польових даних там, де доступ можливий, із дотриманням суворих стандартів вимірювань і контролю якості.
2. **Базова система калібрування та валідації даних ДЗЗ** – надання еталонних даних для супутникових і аерознімків, продуктів дистанційного моніторингу (зміни лісового покриву, ушкодження, пожежі, рубки, деградація, відновлення), моделей вуглецевого балансу тощо.

Поєднання НІА із даними дистанційного зондування Землі (Copernicus, Landsat, Sentinel, комерційні супутники, БПЛА, LiDAR тощо) є не опцією, а необхідністю. Без інтегрованої цифрової системи, яка дозволяє:

- послідовно збирати наземні дані за єдиною методикою;
- оперативно завантажувати їх до централізованої бази;
- автоматично порівнювати з просторовими та спектральними показниками;
- формувати достовірні оцінки як для доступних, так і для недоступних територій,

державна система моніторингу лісів втрачає здатність надавати повну, перевірену та захищену від маніпуляцій картину.

Закритий програмний код, залежність від комерційного розробника, обмежена масштабованість, відсутність гнучкої реалізації складних правил контролю якості та просторових перевірок, а також технічні збої, що фактично змусили частково повернутися до паперових форм у 2025 році, продемонстрували несумісність чинних інструментів із сучасними викликами, включно з воєнними. Такі ризики є неприйнятними для державної статистичної та наукової інфраструктури, яка формує основу для міжнародної звітності та стратегічних рішень.

Саме тому розроблення нової системи збору та обробки даних НІА на основі принципів відкритості (open-source), модульності, прозорих алгоритмів та

відтворюваних процедур є не просто технічним оновленням, а необхідною умовою для:

- інституційної незалежності Центру НІЛ і держави від окремих постачальників;
- формування довіри з боку міжнародних організацій, донорів та експертних спільнот;
- надійної інтеграції наземних і дистанційних даних в єдину систему моніторингу лісів;
- адаптації НІЛ до довгострокових наслідків війни, включно з неможливістю повного фізичного доступу до всіх лісів.

Запропонована в Концепції система, що включає мобільний застосунок для польового збору, серверну платформу з централізованою базою даних та веб-інтерфейс для адміністрування й аналітики, покликана забезпечити сталу роботу НІЛ України в цих складних умовах, відповідність найкращим європейським практикам (зокрема досвіду BWI) та готовність до подальшої інтеграції з національними й міжнародними платформами моніторингу лісів, клімату та землекористування.

1.2. Мета документа

Цей документ визначає концептуальні рамки проєктування та впровадження інтегрованої системи збору, обробки, зберігання, контролю якості та використання даних НІЛ України (Data Gathering and Processing system, DGP) як ключового елементу сучасної цифрової інфраструктури Національної інвентаризації лісів. Концепцію розроблено національним експертом у співпраці з міжнародними експертами з Німеччини в межах проєкту **Sustainable Forestry Implementation (SFI)**, з урахуванням досвіду Bundeswaldinventur (BWI) та практик кількох циклів німецької НІЛ.

Мета документа полягає в тому, щоб:

1. **Сформувати цілісне архітектурне бачення системи DGP**, яка забезпечує повний цикл роботи з даними НІЛ: від польових вимірювань на інвентаризаційних ділянках до формування агрегованих показників, офіційної статистики, аналітичних продуктів і міжнародної звітності.
2. **Закріпити принципи відкритості та інституційного контролю**, за яких вихідний програмний код, структура бази даних, алгоритми валідації та обробки є прозорими, документованими й доступними для незалежного аудиту, а ключові компоненти системи перебувають під управлінням українських державних інституцій та уповноважених наукових установ.

3. **Інтегрувати польовий модуль (мобільний застосунок) і серверну інфраструктуру в єдину систему**, де мобільний застосунок виступає офіційним інструментом збору даних, а DGP є єдиним центром отримання, перевірки, зберігання, аналізу та подальшого використання інформації.
4. **Адаптувати багаторівневу систему контролю якості BWI до умов НІА України**, включаючи:
 - «вхідні» перевірки (логічні, діапазонні та структурні) на рівні мобільного застосунку;
 - автоматизовані серверні перевірки (перехресний аналіз показників, порівняння з попередніми циклами, просторові перевірки, аналіз аномалій);
 - експертний перегляд і документування рішень щодо проблемних даних.
5. **Забезпечити готовність НІА до роботи в умовах обмеженої територіальної доступності та воєнних ризиків**, зокрема за рахунок:
 - вбудованої підтримки офлайн-режиму;
 - можливості статистично коректного поєднання польових вимірювань із даними ДЗЗ для важкодоступних і небезпечних (замінованих) територій;
 - підтримання репрезентативності та відтворюваності оцінок на національному рівні.
6. **Визначити вимоги до інтероперабельності та інтеграції з:**
 - національними геоінформаційними ресурсами й реєстрами (Державний земельний кадастр, Державний лісовий кадастр, екологічні реєстри);
 - супутниковими сервісами моніторингу лісів, пожеж, деградації та відновлення;
 - міжнародними платформами звітності щодо лісів, землекористування та парникових газів.
7. **Створити основу для подальших технічних завдань, тендерної документації та регуляторних рішень**, зокрема:
 - розроблення специфікацій для програмних компонентів;
 - унормування процедур роботи з даними НІА;

- узгодження методичних документів із архітектурою DGP.

Таким чином, мета документа полягає не лише в описі конкретного програмного рішення, а у формуванні узгоджених концептуальних засад побудови стійкої, прозорої та контрольованої державою цифрової екосистеми НІА України, сумісної з найкращими європейськими практиками та придатної до тривалої експлуатації як у мирний час, так і в умовах затяжних наслідків воєнних дій.

2. АНАЛІЗ ПОТОЧНОЇ СИТУАЦІЇ

2.1. Національна інвентаризація лісів України

Національна інвентаризація лісів України базується на систематичній мережі відбору проб із кроком сітки 5×5 км, що охоплює всю територію країни. Збір даних здійснюють польові бригади з цільовою періодичністю 5 років, що дозволяє відстежувати динаміку змін лісового покриву та стану лісів на національному рівні.

НІЛ забезпечує репрезентативні, статистично обґрунтовані оцінки ключових показників: запасів деревини, порідного складу, вікової структури, просторового розподілу лісів, стану насаджень, природного поновлення, мертвої деревини, показників біорізноманіття та інших параметрів, необхідних для формування державної лісової політики, стратегічного планування, адаптації до зміни клімату та оцінки сталості використання лісів. На відміну від лісовпорядкування, яке є деталізованим тактичним інструментом для окремих лісокористувачів, НІЛ виконує макрорівневу функцію – надає незалежну інформаційну основу для рішень на державному рівні та для міжнародної звітності.

Ключовою методичною особливістю НІЛ є просторово рівномірна сітка інвентаризаційних ділянок, незалежна від адміністративних меж, лісокористувачів або форм власності. Це забезпечує неупередженість вибірки, дає змогу здійснювати інтегрований аналіз по всій країні й усуває селективність, пов'язану з відомчими інтересами. Інвентаризаційні ділянки мають географічну прив'язку, непомітно маркуються в натурі та мають стандартизований проєкт (геометрія, радіуси, підходи до обліку дерев, підросту, поновлення, мертвої деревини тощо), що дозволяє здійснювати повторні вимірювання з порівнянними результатами в часі.

НІЛ України спроектовано з урахуванням інтеграції в міжнародні методичні рамки: структура даних і класифікації узгоджені з вимогами FAO FRA та рамкою звітності UNFCCC для сектору LULUCF, а також з підходами, застосовуваними в національних інвентаризаціях лісів країн ЄС. Це дозволяє використовувати результати НІЛ як узгоджену основу для національних індикаторів, зокрема зміни запасів вуглецю, площі лісів, процесів деградації та ефектів відновлення.

У воєнних і післявоєнних умовах НІЛ набуває додаткового значення як системна основа для оцінки втрат і пошкоджень лісів внаслідок бойових дій, пожеж, забруднення та мінування. Водночас частина інвентаризаційних ділянок розташована на територіях з обмеженим або відсутнім доступом. Це підсилює потребу у методично обґрунтованому поєднанні даних НІЛ із

дистанційним зондуванням Землі (оптичні та радарні супутникові серії, аерофотознімання, LiDAR), застосуванні статистичних методів заповнення прогалів, калібруванні супутникових продуктів на основі доступних наземних вимірювань та прозорому документуванні цих процедур.

Таким чином, НІЛ України виступає наріжним каменем національної системи моніторингу лісів:

- забезпечує незалежну, перевірену наземну інформацію;
- служить основою для калібрування та валідації даних ДЗЗ і тематичних геоінформаційних шарів;
- підтримує інтегровані оцінки стану, змін і сталості лісових екосистем;
- створює фундамент для довгострокового, простежуваного лісового моніторингу в країні, яка одночасно рухається шляхом європейської інтеграції та долає наслідки збройної агресії.

Компоненти Національної інвентаризації лісів України



2.2. Проблеми існуючої системи збору даних НІЛ

Аналіз функціонування поточної цифрової системи збору даних НІЛ виявив низку критичних недоліків, які роблять її непридатною як довгострокове рішення та суперечать принципам прозорості, стійкості та інституційної незалежності державної системи моніторингу.

Відсутність контролю над вихідним кодом (закрита система).

Чинна система базується на закритому програмному забезпеченні без доступу до вихідного коду, повної технічної документації й внутрішньої логіки обробки даних. Це унеможлиблює проведення незалежних аудитів та систематичних оглядів алгоритмів, перевірку відповідності вимогам методики НІА, а також швидку адаптацію до змін законодавства, міжнародних стандартів і методичних підходів. ВО «Укрдержліспроєкт», структурним підрозділом якого є Центр НІА, не має повного контролю над ключовим інструментом формування офіційних статистичних даних.

Обмежений функціонал контролю якості (відсутність багаторівневої валідації).

Наявні механізми перевірки даних є фрагментарними та здебільшого обмежуються базовими форматними й діапазонними перевітками. Відсутня інтегрована багаторівнева система валідації, що підвищує ризик невиявлених помилок, систематичних викривлень та зниження довіри до результатів.

Залежність від одного постачальника.

Модель оновлення та технічної підтримки формує технологічну залежність від одного розробника без реальних альтернатив. Будь-які доопрацювання, виправлення помилок або адаптація до нових вимог потребують окремих домовленостей, додаткових витрат та часу. Водночас замовник не має достатніх важелів впливу на пріоритети розвитку системи.

Обмежені можливості модифікації та інтеграції.

Відсутність відкритих специфікацій, повного доступу до конфігурацій, структури бази даних та стабільних API обмежує:

- оперативне оновлення довідників, класифікацій і форм відповідно до Методичних вказівок НІА;
- інтеграцію з державними геоінформаційними системами, кадастрами та платформами ДЗЗ;
- урахування специфічних для України умов, зокрема воєнних ризиків, недоступних/замінованих територій, спеціалізованих показників ушкоджень і відновлення.

Непрозорість процесів і обмежена довіра до результатів.

Закритий характер програмного забезпечення та обмежені можливості незалежної перевірки реалізованих алгоритмів і процедур створюють методичні та репутаційні ризики.

У сукупності ці фактори свідчать, що збереження чинної закритої системи збору даних НІЛ не відповідає стратегічним інтересам України. Для забезпечення надійності, стабільності, прозорості, інтеграції з системою дистанційних спостережень та відповідності міжнародним вимогам необхідно здійснити перехід до інтегрованої відкритої системи збору та обробки даних (DGP) із польовим модулем, повним контролем із боку українських інституцій і можливістю гнучкого розвитку з урахуванням умов війни та повоєнного періоду.

2.3. Правові принципи відкритої архітектури та володіння програмним забезпеченням

Для забезпечення інституційної незалежності НІЛ України, довгострокової стійкості системи та усунення критичної залежності від одного постачальника програмного забезпечення нова система DGP має спиратися не лише на технічні, а й на чітко визначені правові принципи.

Ключові принципи:

1. Державна власність на вихідний код і технічну документацію

- Усі програмні компоненти, розроблені в межах проєкту створення DGP та пов'язаних модулів (мобільний застосунок, серверна платформа, веб-інтерфейс, модулі контролю якості, схеми баз даних, конфігурації API, інструменти обробки даних), мають створюватися з передачею майнових прав інтелектуальної власності уповноваженій державній установі (Центр НІЛ або інша визначена структура).
- Договори з розробниками мають містити положення про передачу всіх виключних майнових прав на програмний продукт, включно з правом на модифікацію, поширення, створення похідних продуктів та залучення третіх осіб до подальшого доопрацювання.

2. Відкрита архітектура та документовані інтерфейси

- Структура бази даних, логіка обробки, алгоритми контролю якості, формати обміну та API мають бути повністю задокументовані й доступні для уповноважених органів та аудиторів.
- Забезпечується можливість підключення альтернативних модулів і сервісів без необхідності змінювати базову систему чи звертатись до єдиного «монопольного» постачальника.

3. Використання відкритих ліцензій і компонентів

- Під час розроблення DGP дозволяється й заохочується використання технологій із відкритим програмним кодом із ліцензіями, сумісними з державною власністю на інтегрований продукт і можливістю його подальшого безоплатного використання державними інституціями.
- У разі оприлюднення окремих компонентів як відкритого коду (наприклад, модулів валідації чи бібліотек обробки даних) застосовуються ліцензії, які сприяють прозорості й співпраці, але не ставлять під загрозу контроль держави над критичною інфраструктурою.

4. Заборона технологічної «прив'язки до постачальника» (vendor lock-in)

- Технічні рішення, вибір технологічного стеку та архітектура системи не повинні створювати штучну залежність від одного приватного постачальника, закритих протоколів чи недокументованих компонентів.
- Умови закупівель і тендерна документація мають прямо передбачати:
 - можливість залучення будь-якого кваліфікованого розробника до доопрацювання системи;
 - повний доступ держави до репозиторіїв коду, систем збирання, тестування та розгортання;
 - передачу всієї технічної документації разом із програмним забезпеченням.

5. Можливість незалежного аудиту

- Відкритість архітектури та доступність технічної документації для уповноважених осіб, наукових установ і міжнародних партнерів забезпечує можливість незалежної перевірки:
 - відповідності реалізації офіційній методиці НІЛ;
 - коректності розрахунків і процедур контролю якості;
 - відсутності прихованих маніпуляцій із даними.
- Це створює додатковий рівень гарантій для уряду, суспільства та донорів щодо достовірності офіційних результатів НІЛ.

Закріплення цих принципів у нормативних документах (методики НІЛ, Положення про Центр НІЛ, умови тендерів і грантових угод) є необхідною

передумовою успішного впровадження відкритої, стійкої та контрольованої державою системи DGP.

Проблеми існуючої системи збору даних НІЛ

Непрозорість процесів та обмежена довіра до результатів

Закритий характер ПЗ, обмежена можливість незалежної перевірки реалізованих алгоритмів та процедур створюють методологічні та репутаційні ризики.

Обмежені можливості модифікації та інтеграції

Відсутність відкритих специфікацій, повноцінного доступу до конфігурацій, структури бази даних та стабільних API обмежує оперативне оновлення довідників, класифікацій і форм відповідно до Методичних вказівок НІЛ.

Відсутність контролю над вихідним кодом

Чинна система базується на закритому програмному забезпеченні, без доступу до вихідного коду, повної технічної документації та внутрішньої логіки обробки даних.

Обмежений функціонал контролю якості

Наявні механізми перевірки даних є фрагментарними та переважно обмежуються базовими форматними та діапазонними перевітками.



Залежність від одного постачальника

Модель оновлень та технічної підтримки формує технологічну залежність від одного розробника без реалістичних альтернатив.

3. ДОСВІД BUNDESWALDINVENTUR (BWI) НІМЕЧЧИНИ

3.1. Огляд системи BWI

Bundeswaldinventur (BWI) Німеччини є однією з найбільш розвинених і методично прозорих систем національної інвентаризації лісів у Європі. Починаючи з 1986 року, у BWI реалізовано кілька повномасштабних інвентаризаційних циклів, упродовж яких поступово вдосконалювалися схема розміщення інвентаризаційних ділянок, набір показників, процедури контролю якості та технічні засоби збору й обробки даних. У результаті сформовано зрілу, стабільну та гнучку систему.

Ключові риси системи BWI, релевантні для НІЛ України:

- **Статистично обгрунтована схема відбору проб.** Інвентаризація ґрунтується на принципах систематичного розміщення пробних (інвентаризаційних) ділянок відповідно до науково обгрунтованих підходів, що забезпечує репрезентативність результатів, відтворюваність оцінок у часі та мінімізує вплив людського чинника на вибір місць вимірювань.
- **Відкрита архітектура та використання компонентів із відкритим кодом.** BWI застосовує архітектуру, в якій ключові програмні компоненти побудовані на відкритих технологіях. Це передбачає:
 - контроль над вихідним кодом і структурами даних з боку адміністрації інвентаризації, підзвітної профільному міністерству;
 - подолання залежності від одного приватного постачальника в новій версії системи; довгострокова підтримка забезпечується за рахунок концепції відкритого коду і власних фахівців;
 - можливість незалежного аудиту алгоритмів;
 - гнучке оновлення та адаптацію до нових вимог.

Відкрита архітектура не означає повну публічну відкритість коду, але гарантує, що держава та уповноважені експерти мають повний технічний контроль.

- **Інтегрована система збору, валідації та обробки даних.** У BWI тісно пов'язані:
 1. мобільні засоби для польового збору даних;
 2. централізована база даних;
 3. серверні модулі для обробки та контролю якості;
 4. аналітичні та звітні інструменти.

Усі стадії – від введення даних у полі до формування офіційних показників – описані, задокументовані й технічно реалізовані як єдиний процесний ланцюг.

- **Багаторівнева система контролю якості.**

Однією з найсильніших сторін BWI є розроблення формалізованої системи забезпечення якості, що включає:

- автоматизовані перевірки під час введення даних у полі (повнота, діапазони, логіка в межах ділянки);
- серверні перевірки після завантаження;
- незалежні польові перевірки та повторні вимірювання;
- експертний аналіз аномальних значень і документування всіх рішень щодо корекції даних.

Такий підхід забезпечує високий рівень довіри до результатів та їхню відтворюваність.

- **Повна простежуваність і документування процесів.**

Для кожного етапу обробки даних (збір, передача, зміна, агрегування) забезпечуються:

- журналювання дій;
- контроль версій;
- чіткі інструкції для польових бригад, аналітиків та адміністраторів.

Це дозволяє відтворити будь-який крок обробки, що особливо важливо для офіційної статистики та міжнародної звітності.

- **Гнучкість у формуванні показників і масштабуванні.**

BWI демонструє здатність системно оновлювати перелік показників відповідно до нових політичних, екологічних і кліматичних пріоритетів (запаси вуглецю, біорізноманіття, стійкість до зміни клімату, ушкодження тощо). Архітектура системи дає змогу додавати нові змінні без руйнування базової структури.

Для України досвід BWI є особливо цінним у частині:

- побудови НІА як державної інфраструктурної системи з повним інституційним контролем над даними й технологіями;
- запровадження відкритої архітектури та прозорих алгоритмів;
- створення багаторівневої системи контролю якості, що забезпечує високий рівень довіри до результатів.

Ці принципи BWI покладені в основу запропонованої концепції системи збору та обробки даних (DGP) для НІЛ України як сучасного, стійкого і верифікованого рішення.

3.2. Принципи контролю якості даних в BWI

Система контролю якості в Bundeswaldinventur побудована як послідовний, багаторівневий процес. Для цілей цього опису основні завдання забезпечення та контролю якості (QA/QC) можна згрупувати в три взаємопов'язані типи діяльності:

1. **Безпосередня валідація в полі (on-site validation)**

На першому рівні контроль якості вбудований безпосередньо в інструменти польового збору даних. Основне правило: якомога більше перевірок правдоподібності мають реалізовуватися в польовому програмному забезпеченні. Лише ті помилки, що виявлені безпосередньо в полі, можуть бути коректно виправлені.

Ключові елементи:

- онлайн/офлайн-перевірки під час введення даних:
 - діапазонні перевірки (діаметр, висота, вік у допустимих межах);
 - контроль обов'язкових полів (неповні записи викликають попередження);
 - формальні обмеження (формат координат, коди порід, категорій, вікових класів, типів ушкоджень).
- перехресні перевірки між циклами й у часі:
 - порівняння поточних вимірювань із попередніми для тієї ж ділянки;
 - виявлення нереалістичних змін (стрибки запасів, висоти, порідного складу, площі).
- логічні перевірки в межах ділянки:
 - узгодженість відсотків покриття/площі;
 - взаємозв'язки між категоріями землекористування, типами лісу й таксаційними показниками;
 - контроль поєднань (діаметр і висота не суперечать одне одному).

Повідомлення-попередження замість блокування у спірних випадках:

- інтерфейс дозволяє продовжувати введення нетипових, але потенційно реальних значень, фіксуючи їх для подальшої перевірки на наступних рівнях;
- такий підхід забезпечує баланс між контролем якості та гнучкістю роботи.

Підтримка геопросторової точності:

- контроль наближення до цільових координат інвентаризаційної ділянки;
- фіксація якості сигналу GPS, часу вимірювання, ідентифікаторів бригади.

Мета цього рівня – мінімізувати елементарні помилки вже в полі, зменшити потребу в ручних виправленнях і забезпечити високий базовий рівень якості «сирих» даних.

Автоматизовані правила маркування:

- кожному запису чи сегменту може бути надано статус («прийнято», «потребує перевірки», «відхилено», «виправлено»);
- усі дії фіксуються в журналі аудиту.

2. Постобробка та централізована перевірка (server-side validation)

Другий рівень застосовується після завантаження даних до центральної бази. Усі перевірки, уже виконані польовим ПЗ, повторюються, щоб переконатися, що всі повідомлення були відпрацьовані. Додатково реалізуються розширені алгоритми перевірки, які неможливо або недоцільно виконувати на окремому пристрої.

Водночас перевірки, що виконуються поза польовими вимірюваннями, мають обмеження: польові бригади вже не можуть безпосередньо виправити помилки, а ретроспективні корекції можуть створювати зміщення, якщо вони реагують лише на відхилення в один бік (наприклад, завеликі дерева, але не замалі).

Просторові перевірки:

- відповідність координат офіційній мережі інвентаризаційних ділянок;
- виявлення «зсунутих/переплутаних» ділянок;
- аналіз просторового розподілу показників для виявлення систематичних відхилень у роботі окремих бригад.

Статистичний аналіз аномалій:

- виявлення підозріло однорідних або, навпаки, надмірно варіабельних даних у звітах окремих вимірювачів/бригад;
- ідентифікація систематичних помилок (округлення, систематичне заниження/завищення вимірювань).

Цей рівень забезпечує системну, формалізовану перевірку узгодженості, що виходить за межі можливостей польового контролю та готує дані до експертного розгляду.

3. Експертний аналіз і цільові повторні перевірки

Третій рівень зосереджений на професійній інтерпретації результатів автоматизованих перевірок:

- Ручний перегляд позначених аномалій:

- експерти аналізують ділянки та показники, які позначені як підозрілі (нетипові зміни, нестандартні комбінації значень, логічні порушення тощо);

- Прийняття рішень щодо коригувань:

- підтвердження, що значення є реальними (через пошкодження, рубки, пожежі тощо);
- внесення виправлень на підставі додаткових матеріалів;
- позначення даних як непридатних до використання із фіксацією причин.

- Цільові повторні вимірювання:

- для щонайменше 5 % ділянок здійснюється повторний виїзд (контрольні вимірювання) для перевірки якості роботи конкретних бригад або уточнення сумнівних результатів.

- Документування рішень:

- усі винятки, виправлення й експертні висновки формалізуються та зберігаються разом із даними, забезпечуючи повну простежуваність процесу.

Поєднання автоматизованих алгоритмів і професійної оцінки формує систему, у якій кожен підозрілий випадок не просто «виправляється», а обґрунтовано класифікується та документується.

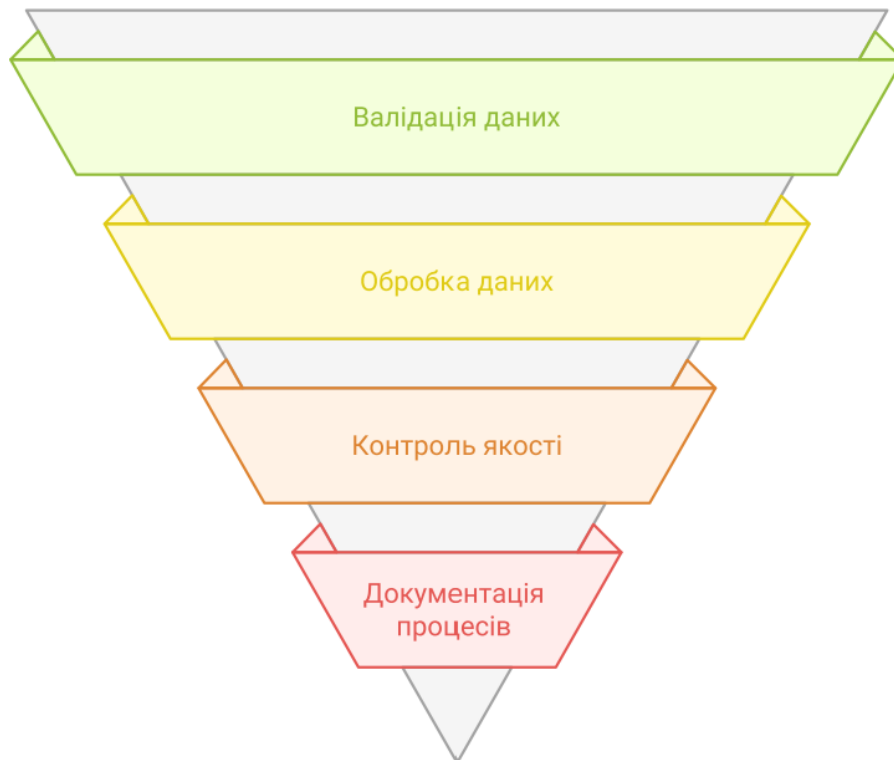
Висновок для адаптації в Україні

Модель BWI демонструє, що ефективний контроль якості має бути:

- багаторівневим (поле → сервер → експерт);
- формалізованим (чіткі правила, протоколи, журнали змін);
- прозорим (можливість незалежного аудиту);
- гнучким (допускає реальні екстремальні значення, але вимагає пояснень).

Запропонована система DGP для НІЛ України прямо спирається на ці принципи з урахуванням українських умов, воєнних ризиків і потреби інтеграції з даними дистанційного зондування.

Процес інвентаризації лісів BWI



4. ЦІЛІ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

4.1. Головна мета проєкту

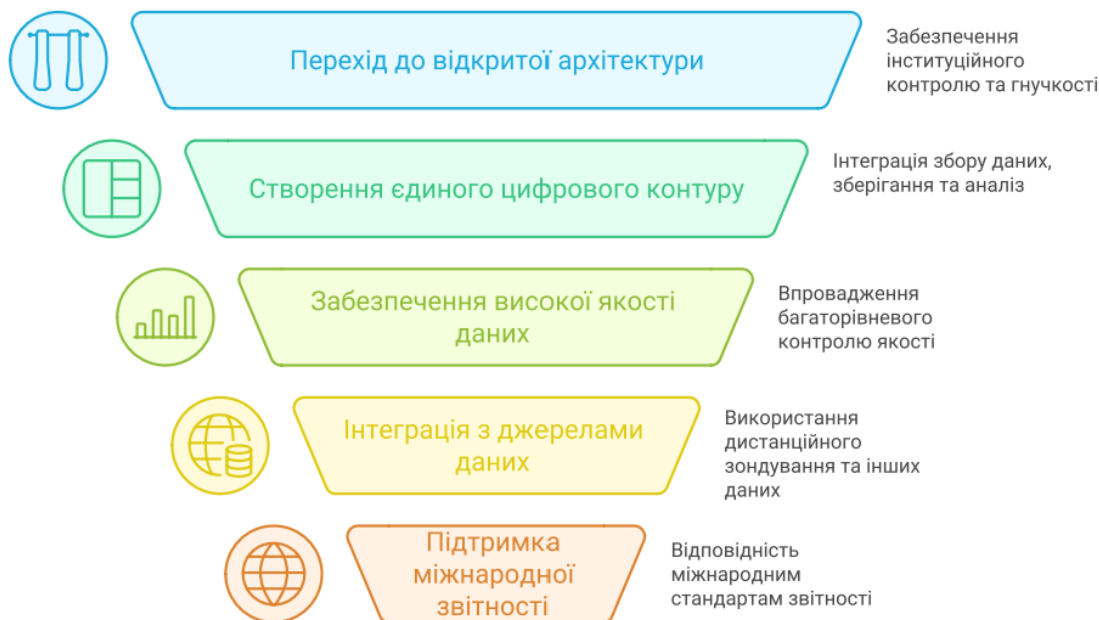
Розробити та впровадити інтегровану цифрову платформу для збору, обробки, зберігання та аналізу даних Національної інвентаризації лісів України, яка забезпечить інституційну незалежність, високий рівень якості й простежуваності даних, операційну ефективність, безпечну роботу в умовах воєнних ризиків і повну відповідність міжнародним стандартам у сфері моніторингу лісів і клімату.

Досягнення цієї мети передбачає:

- **Перехід до відкритої архітектури.**
Забезпечення контролю українських інституцій над програмним забезпеченням, структурами даних і алгоритмами обробки; можливість незалежного аудиту, гнучкого доопрацювання та інтеграції без критичної залежності від комерційних постачальників.
- **Створення єдиного цифрового контуру НІЛ.**
Об'єднання польового збору даних, централізованого зберігання, багаторівневої валідації, аналітики та звітності в єдину узгоджену систему (мобільний застосунок + серверна платформа + веб-інтерфейс), що працює за єдиними правилами й регламентами.
- **Забезпечення високої якості й відтворюваності даних.**
Вбудована багаторівнева система управління якістю, натхненна досвідом BWI, з акцентом на сильний контроль на польовому рівні й доповнювальними перевітками на серверному та експертному рівнях.
- **Інтеграція з даними дистанційного зондування та іншими джерелами.**
Використання НІЛ як наземної еталонної бази для калібрування та валідації супутникових і аерокосмічних продуктів (у тому числі для недоступних, замінованих і небезпечних територій), а також для інтеграції з національними геоінформаційними системами, кадастрами та системами екологічного моніторингу.
- **Підтримка міжнародної звітності та зобов'язань у рамках євроінтеграції.**
Забезпечення сумісності платформи з вимогами FAO FRA, UNFCCC (LULUCF), національної системи інвентаризації парникових газів, підходами ЄС до моніторингу лісів і землекористування, включно з очікуваними вимогами Регламенту ЄС щодо запобігання вирубуванню лісів (EUDR) та інших нормативних рамок.
- **Довгострокова стійкість і масштабованість.**
Створення рішення, що може стабільно функціонувати в умовах воєнних і післявоєнних викликів, розширюватися новими індикаторами (біорізноманіття, вуглець, пожежі, деградація, відновлення) і

підтримувати наступні цикли НІА без необхідності побудови системи «з нуля».

Досягнення головної мети проекту



4.2. Конкретні цілі

- **Забезпечити повне інституційне володіння системою шляхом відкритої архітектури.**
Створити цифрову платформу, в якій ключові компоненти (структура бази даних, алгоритми валідації, логіка обробки, інтерфейси обміну) контролюються уповноваженими українськими інституціями.
Використання відкритих технологій має гарантувати:
 - можливість незалежного аудиту;
 - відсутність критичної залежності від одного комерційного розробника;
 - гнучкість доопрацювання відповідно до змін методики НІА, законодавства та міжнародних вимог.
- **Підвищити якість, надійність і простежуваність даних через багаторівневу систему контролю.**

Запровадити формалізований контроль якості на основі трирівневої моделі (поле → сервер → експерт), включно з:

- автоматизованими перевітками під час введення даних у полі;
- централізованою постобробкою з перехресними перевітками, просторовим аналізом і виявленням аномалій;
- документованим експертним переглядом та, за потреби, повторними вимірюваннями.

Забезпечити ведення повного журналу аудиту для кожного запису.

Впровадження багаторівневої системи контролю даних та автоматизація польового етапу сприяють оптимізації процесу збору й обробки інформації, скорочують загальний цикл «збір даних → результати» та підвищують швидкість і ефективність польових робіт за рахунок зменшення кількості помилок і повторних вимірювань. Завдяки автоматичній валідації, стандартизованим процедурам завантаження та обробки даних, а також скороченню ручного введення й дублювання операцій можна:

- суттєво скоротити час між завершенням польових робіт та формуванням агрегованих показників;
- забезпечити своєчасну готовність результатів для прийняття рішень, звітності й виконання міжнародних зобов'язань.

- **Створити гнучку й масштабовану платформу для подальшого розвитку НІА.**

Передбачити в архітектурі можливість:

- додавання нових показників (вуглець, біорізноманіття, стійкість до зміни клімату, ушкодження війною, деградація, відновлення);
- розширення функціональності без повної перебудови системи;
- адаптації до нових методичних документів, форматів звітності та потреб наукових досліджень.

- **Інтегрувати систему з національними та міжнародними інформаційними ресурсами.**

Забезпечити технічну та методичну сумісність із:

- національними геоінформаційними системами, Державним земельним кадастром, системами лісовпорядкування, реєстрами природно-заповідного фонду;
- супутниковими й іншими платформами дистанційних спостережень Землі для моніторингу змін лісового покриву, пожеж, суцільних рубок, ушкоджень і відновлення;

- міжнародними базами даних і форматами (FAO FRA, LULUCF/UNFCCC, національна інвентаризація парникових газів, європейські інформаційні системи),

з метою використання результатів НІА як офіційної та визнаної основи для національної та міжнародної звітності.

- **Забезпечити функціонування системи в умовах воєнних і безпекових обмежень.**

Вбудувати в систему такі можливості:

- повноцінна офлайн-робота польових бригад;
- коректна обробка інформації з недоступних, замінованих або небезпечних територій шляхом поєднання наземних вимірювань із даними ДЗЗ та статистичними методами;
- прозоре документування припущень, використаних моделей і обмежень для таких територій.

Ці конкретні цілі деталізують головну мету проекту й визначають вимірювані орієнтири для проєктування, впровадження та оцінки ефективності нової платформи DGP для НІА України.

5. ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМИ

5.1. Загальна архітектура

Система DGP (Data Gathering and Processing) спроектована як інтегрована багаторівнева платформа, що поєднує польовий збір даних, централізоване зберігання, багаторівневий контроль якості, аналітику та експорт результатів в єдиний цифровий контур. Архітектура базується на принципах:

- **модульності** (кожен компонент виконує чітко визначені функції);
- **відкритості** (використання відкритих форматів, документованих API та контролю з боку національних інституцій);
- **безпеки** (рольовий розподіл доступу, шифрування, аудит дій);
- **стійкості до польових і воєнних умов** (офлайн-режим, надійна синхронізація, резервування);
- **готовності до інтеграції** з іншими національними та міжнародними інформаційними системами.

Система складається з трьох основних компонентів, що працюють у синхронізованому режимі:

- мобільний застосунок для польового збору даних;
- серверна система (центральна база даних і сервіси обробки);
- веб-інтерфейс для адміністрування, контролю якості та аналітики.

Компоненти системи DGP



5.2. Мобільний застосунок

Мобільний застосунок є офіційним інструментом, який використовують польові бригади для збору даних НІЛ. Він повинен забезпечувати стабільну роботу в умовах обмеженого зв'язку, складного рельєфу та підвищених ризиків.

Основні функції:

- **Навігація до інвентаризаційних ділянок з використанням GPS/GNSS**
 - відображення цільових координат інвентаризаційної ділянки й поточного місцезнаходження;
 - індикатори якості сигналу, відстані до цілі, підтвердження прибуття на ділянку;
 - підтримка офіційної мережі ділянок НІЛ з унікальними ідентифікаторами.
- **Структуровані форми для введення даних відповідно до методики НІЛ**
 - стандартизовані форми опису ділянки, деревостану, підросту, поновлення, мертвої деревини, ушкоджень, категорій землекористування тощо;
 - використання стандартизованих класифікаторів, кодів порід, типів ушкоджень, категорій лісу;
 - можливість оновлення форм і довідників через централізоване управління з боку DGP.
- **Фотографічна фіксація об'єктів із прив'язкою до координат і контексту**
 - зберігання фотографій із геотегами, часовими мітками й прив'язкою до конкретних ділянок/сегментів;
 - використання фотографій як додаткового матеріалу для контролю якості та експертного аналізу.
- **Автоматична валідація даних під час введення (перший рівень контролю якості)**
 - перевірка обов'язкових полів, діапазонів значень, форматів;
 - логічні перевірки (узгодженість сум, взаємозв'язків між змінними);
 - попереджувальні повідомлення для нетипових, але можливих значень із позначенням їх для подальшої перевірки.
- **Офлайн-режим із надійною синхронізацією**

- повноцінна робота без доступу до Інтернету;
- локальне шифроване зберігання даних;
- черга синхронізації з виявленням конфліктів та журналом операцій після відновлення зв'язку.

- Синхронізація із сервером

- захищена передача даних до та з центральної системи через захищені канали;
- отримання оновлень (довідники, конфігурації, версії форм);
- підтвердження успішного завантаження й уникнення дублювання записів.

Мобільний застосунок має бути передусім на Android (за можливості – кросплатформний), оптимізований для використання на захищених польових пристроях, з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом для мінімізації ймовірності помилок користувача.

5.2.1. Серверна система

Централізована серверна система є ядром DGP і відповідає за зберігання, обробку, контроль якості та інтеграцію даних.

Основні елементи:

- Структурована база даних (PostgreSQL/PostGIS)

- централізоване зберігання всіх первинних і похідних даних НІА;
- підтримка просторових даних (координати, геометрія пробних площ, картографічні шари);
- оптимізація для великих обсягів даних і запитів із високим навантаженням.

- Сервісна логіка та API

- REST/GraphQL API для взаємодії мобільного застосунку, веб-інтерфейсу та зовнішніх систем;
- модульна структура для реалізації:
 - автоматизованих валідацій (другий рівень контролю якості);
 - агрегування, розрахунку показників, формування вибірок;
 - протоколювання змін і керування версіями даних.

- Автоматизована обробка та валідація даних (серверний QA)

- крос-перевірки між циклами вимірювань;
 - просторові перевірки належності до офіційної сітки НІА;
 - виявлення аномалій на основі статистичних правил;
 - присвоєння статусів записам (прийнято, під питанням, відхилено, потребує перевірки).
- **Резервне копіювання та відновлення**
 - регулярне створення резервних копій;
 - зберігання копій у географічно рознесених місцях;
 - відпрацьовані процедури відновлення для запобігання втраті даних.
- **Інтеграція із зовнішніми системами**
 - підтримка обміну даними з державними реєстрами та геопорталами;
 - інтеграція з сервісами дистанційного зондування, системами моніторингу пожеж, змін лісового покриву, а також платформами, релевантними до EUDR;
 - експорт агрегованих даних і показників у стандартизованих форматах для національної та міжнародної звітності.
- **Безпека й доступ**
 - шифрування каналів зв'язку (TLS);
 - автентифікація користувачів і рольовий доступ (RBAC);
 - аудит доступу й змін, дотримання вимог щодо захисту даних.

5.2.2. Веб-інтерфейс адміністрування

Веб-інтерфейс (веб-кабінет) є основним робочим середовищем для адміністраторів, координаторів НІА, аналітиків і фахівців із контролю якості.

Основні функції:

- **Керування користувачами та правами доступу**
 - створення, редагування й блокування облікових записів;
 - призначення ролей (польова бригада, регіональний координатор, центральний аналітик, адміністратор тощо);
 - налаштування прав доступу до окремих модулів і наборів даних.
- **Моніторинг процесу збору даних у режимі, наближеному до реального часу**

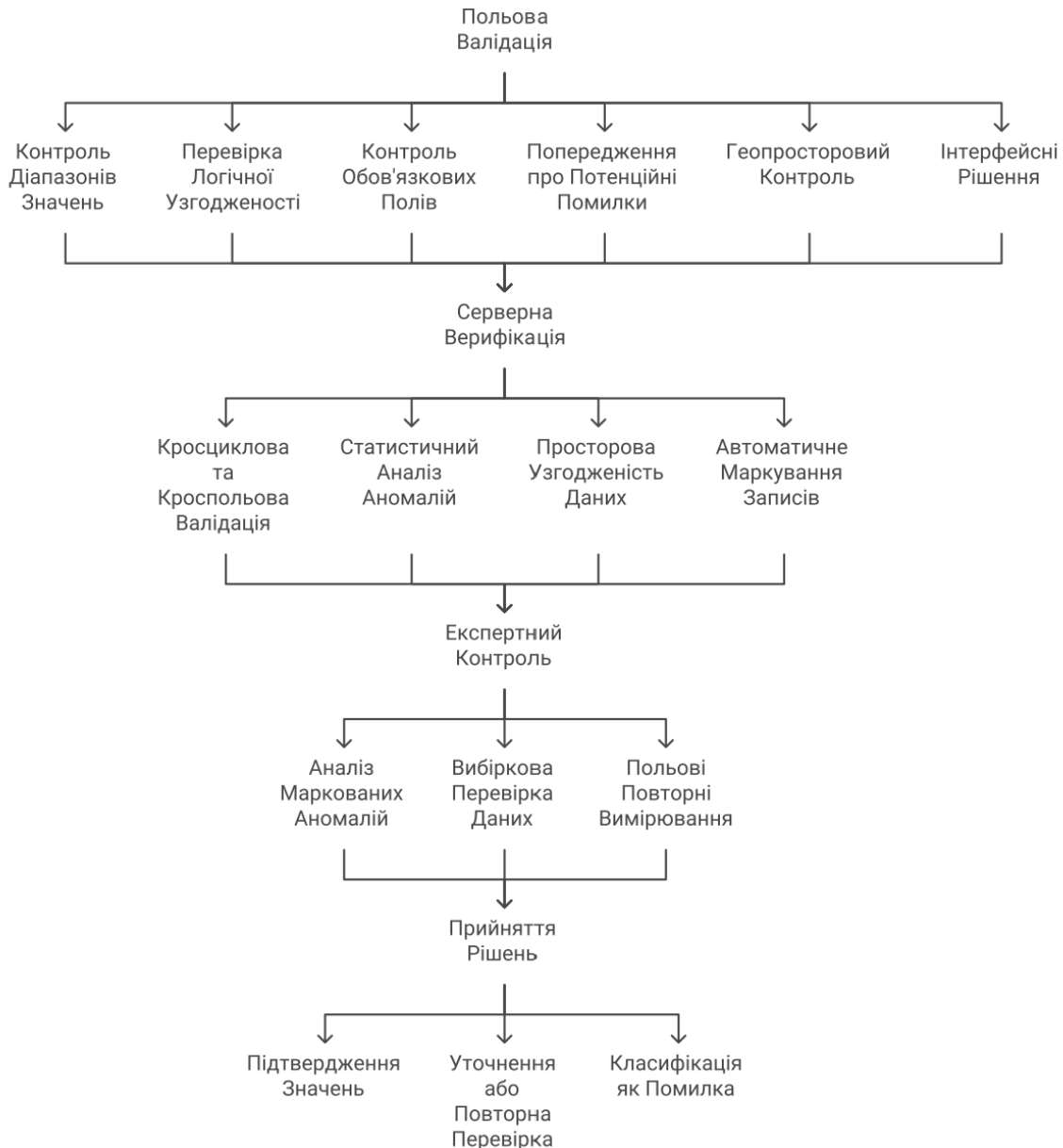
- відображення стану виконання робіт за регіонами, бригадами й пробними площами;
 - контроль синхронізації та якості зібраних даних;
 - візуалізація проблемних ділянок, аномалій і пропусків.
- **Перегляд, валідація й редагування даних із контролем версій**
 - доступ до детальних записів по кожній пробній площі;
 - інструменти експертного аналізу виявлених аномалій (третій рівень контролю якості);
 - протоколювання всіх змін із зазначенням автора, часу та підстав для коригування (audit trail).
- **Формування звітів та експорт даних**
 - формування стандартних звітів (загальнодержавні підсумки, регіональні розрізи, показники циклу);
 - настроювані запити для аналітиків;
 - експорт у відкритих форматах (CSV, GeoPackage, JSON/XML тощо) для подальшої обробки й публікації.
- **Картографічна візуалізація даних**
 - інтегрована GIS-панель з відображенням сітки пробних площ, результатів вимірювань та позначених аномалій;
 - можливість накладання зовнішніх шарів (супутникові зображення, карти пожеж, замінованих територій, природно-заповідного фонду);
 - просторовий аналіз для виявлення закономірностей і підтримки управлінських рішень.

Таким чином, загальна архітектура DGP забезпечує єдиний, прозорий і керований цикл роботи з даними НІА – від польового введення до аналітики й офіційної звітності з урахуванням умов воєнного часу, вимог безпеки та інтеграції із системою лісового моніторингу України.

6. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ: АДАПТАЦІЯ ПРИНЦИПІВ BWI

Концепція управління якістю в DGP визначає трирівневу систему QA/QC для НІА України. Ця структура не є прямою копією Німецької федеральної інвентаризації лісів – BWI формально не використовує «трирівневу модель», – але спирається на її базовий принцип: забезпечити якнайвищу якість даних уже в полі. Польова бригада несе первинну відповідальність за правильність і повноту вимірювань, а програмне забезпечення повинно максимально її підтримувати. Наступні – серверний та експертний – рівні призначені головно для виявлення залишкових неузгодженостей, надання зворотного зв'язку й навчання та ідентифікації системних проблем, а не для «ремонту» даних заднім числом.

Трирівнева Система Контролю Якості DGP



6.1. Рівень 1: Польова валідація

Рівень 1 контролю якості реалізується безпосередньо в мобільному застосунку під час введення даних на пробній площі. Його завдання – мінімізувати кількість технічних і очевидних логічних помилок у полі, не створюючи надмірних обмежень для роботи бригади. Польова валідація

працює в офлайн-режимі й базується на формалізованих правилах, узгоджених із Методичними вказівками НІА України.

Основні компоненти:

- Контроль діапазонів значень

Встановлюються допустимі інтервали для ключових таксаційних показників з урахуванням реалістичних меж для умов України, зокрема:

- діаметр на висоті грудей (D1,3);
- висота дерев;
- вік;
- висота/діаметр підросту;
- параметри мертвої деревини;
- типи пошкоджень тощо.

Значення, що виходять за допустимі межі, позначаються як помилки або як «підозрілі» (залежно від ступеня відхилення).

- Перевірка логічної узгодженості показників

Реалізуються правила перевірки внутрішньої логіки введених даних, наприклад:

- співвідношення діаметра та висоти дерева (нереалістично низькі або високі значення);
- узгодженість віку, висоти й діаметра для основних порід;
- відповідність категорії землекористування наявності/відсутності деревного покриву;
- логічна узгодженість між типами пошкоджень, станом дерева та параметрами деревостану.

У разі виявлення нелогічних поєднань система видає попередження.

- Контроль обов'язкових полів і структурної повноти записів

- перевірка наявності мінімально необхідного набору даних для кожного типу об'єкта (наприклад, порода + діаметр для дерева, тип мертвої деревини + діаметр/довжина для елементів мертвої деревини);
- перевірка сумарних показників покриття, площ чи категорій, які повинні давати 100 % у межах пробної площі або відповідної одиниці обліку.

- **М'які попередження**

Для значень, які є нетиповими, але можливими (наприклад, дуже високі дерева, екстремальні запаси, незвичні комбінації видів), система:

- не блокує введення автоматично;
- відображає чітке повідомлення з проханням повторно перевірити вимірювання;
- позначає такі записи як ті, що потребують додаткової перевірки на наступних рівнях контролю.

Це дозволяє зберегти справжні «екстремальні» значення (наприклад, після пожеж, вітровалів, суцільних рубок або в високопродуктивних насадженнях), не спотворюючи вибірку, але одночасно виділяючи їх для поглибленого аналізу.

- **Геопросторовий контроль у полі**

- перевірка досягнення цільових координат пробної площі (мінімально допустима відстань до центру);
- фіксація точності GPS/GNSS, часу вимірювання та ідентифікатора бригади;
- попередження у випадку суттєвого відхилення від запланованої точки чи невідповідності офіційній сітці.

- **Інтерфейсні рішення для зменшення кількості помилок**

- використання спадних списків, кодів і довідників замість вільного тексту;
- уніфіковані одиниці вимірювання;
- обмеження ручного введення там, де доступні стандартизовані варіанти;
- зрозумілі повідомлення українською мовою без зайвого технічного жаргону.

Перевірки Рівня 1 є найважливішим етапом забезпечення якості. Надійні виправлення можна здійснити тільки безпосередньо в полі. Відповідно до досвіду BWI, Рівень 1 має найвищий пріоритет у системі DGP: скрізь, де можливо, помилки виявляються й виправляються польовою бригадою під час візиту на пробну площу. Наступні – серверні та експертні – перевірки не можуть замінити якісну польову роботу; вони головно допомагають виявляти залишкові неузгодженості та системні проблеми, а також надавати зворотний зв'язок і навчання.

6.2. Рівень 2: Серверна валідація

Рівень 2 контролю якості реалізується після синхронізації польових даних із центральною системою DGP. На цьому етапі застосовуються розширені алгоритми перевірки, які неможливо повністю реалізувати на рівні мобільного застосунку або це недоцільно з практичних міркувань. Завдання серверної валідації – забезпечити цілісність, узгодженість і статистичну надійність даних НІЛ у межах усієї вибіркової мережі. Крім того, всі перевірки Рівня 1 повторюються, щоб переконатися, що всі попередження були належно опрацьовані.

Основні компоненти:

- Крос-циклові перевірки та внутрішня узгодженість

Там, де це можливо, порівняння з даними попередніх циклів уже підтримуються в польовому ПЗ (наприклад, показуються ключові змінні з останнього обміру для тієї ж пробної площі та виводяться м'які попередження у випадку неправдоподібних змін). На серверному рівні ці крос-циклові перевірки повторюються та розширюються на всю вибірку, а також застосовуються додаткові перевірки внутрішньої узгодженості між спорідненими змінними (запас, висота, порідний склад, категорія землекористування тощо) з метою виявлення залишкових аномалій і системних проблем.

Зокрема:

- порівняння поточних значень ключових показників (запаси, висота, порідний склад, вік, мертва деревина тощо) з даними попередніх циклів для тих самих пробних площ;
- виявлення нереалістичних змін (наприклад, різкі стрибки запасів без підтвердження рубок, пожеж чи змін складу; «омолодження» без природних або штучних причин);
- перевірка внутрішньої узгодженості між спорідненими змінними (наприклад, зв'язок між категорією землекористування, повнотою, типом насадження та запасом);
- формування списку площ і записів, що виходять за очікувані тренди.

- Статистичний аналіз аномалій

- автоматизоване виявлення підозрілих патернів на рівні:
 - окремих бригад або таксаторів (аномально однорідні значення, «круглі» числа, повторювані комбінації);
 - регіонів чи типів лісу (суттєві відхилення від типових розподілів);

- окремих показників (екстремальні значення без логічних пояснень);
 - застосування порогів, контрольних інтервалів, інтерквартильного аналізу, стійких статистик;
 - пріоритизація випадків для експертного перегляду з метою зосередження ресурсів на найкритичніших аномаліях.
- Просторова узгодженість даних**
- перевірка відповідності координат пробних площ офіційній мережі НІЛ (сітка 5×5 км, унікальні ідентифікатори, відсутність дублювання), доповнюючи контроль навігації та зсувів, реалізований у польовому ПЗ;
 - аналіз просторового розподілу ключових показників для виявлення систематичних помилок (наприклад, зсуву всіх площ певної бригади);
 - можливість крос-перевірки з зовнішніми просторовими шарами (лісовий фонд, адміністративні межі, ПЗФ, зони бойових дій/мінування, супутникові карти змін) для підтвердження або спростування нетипових значень;
 - фіксація випадків, коли просторові неузгодженості вказують на потенційні помилки навігації чи ідентифікації площ.
- Автоматичне маркування сумнівних записів і постановка в чергу для експертного аналізу**
- кожен запис, пробна площа чи показник можуть отримати статус:
 - «прийнято» (усі перевірки пройдено);
 - «попередження» (нетипові, але потенційно реальні значення);
 - «потребує перевірки» (значні аномалії, просторові/логічні неузгодженості);
 - «відхилено/помилка» (очевидні технічні збої або некоректні значення);
 - автоматичне формування списків для подальшого експертного розгляду (Рівень 3) і, за потреби, організація повторних обмірів;
 - збереження повної історії змін і рішень у журналі аудиту, що забезпечує прозорість і відтворюваність процесу.

Рівень 2 виступає як «системний фільтр»: він не лише виявляє помилки в окремих записах, а й дає змогу ідентифікувати методичні, технічні чи організаційні проблеми (якість роботи бригад, помилкові налаштування,

некоректні довідники), створюючи основу для оперативного реагування та подальшого удосконалення всієї системи НІА.

6.3. Рівень 3: Експертний контроль

Рівень 3 є завершальним етапом системи контролю якості в DGP і доповнює автоматизовані перевірки попередніх рівнів професійною оцінкою. Його завдання – забезпечити обґрунтоване прийняття рішень щодо нестандартних, аномальних або критично важливих даних, а також підтвердити загальну якість інформації НІА.

Ключові елементи:

- **Аналіз позначених аномалій**
 - експерти опрацьовують записи, автоматично позначені на Рівні 2 як «потребує перевірки» або «попередження»;
 - для кожної аномалії враховуються:
 - контекст пробної площі (попередні цикли, тип лісу, історія рубок, пожеж, пошкоджень, бойових дій);
 - пов'язані показники (наприклад, різка зміна запасу разом зі зміною порідного складу або категорії землекористування);
 - додаткові джерела даних (польові фотографії, матеріали ДЗЗ, інформація від лісокористувачів чи органів управління);
 - за результатами аналізу експерт:
 - підтверджує значення як достовірні;
 - ініціює уточнення або повторну перевірку;
 - класифікує запис як помилковий із відповідним коригуванням.
- **Вибіркова перевірка частини «нормальних» даних (наприклад, 5 %)**
 - окрім роботи зі «звуковими сигналами» системи, виконується статистично обґрунтована випадкова перевірка частини даних, які не були позначені автоматично;
 - це дає змогу:
 - оцінити ефективність автоматизованих перевірок;
 - виявити потенційні «приховані» систематичні помилки;
 - підтвердити загальний рівень надійності даних;

- результати вибіркової перевірки можуть бути використані як підстава для:
 - уточнення правил валідації;
 - додаткового навчання окремих бригад;
 - коригування методичних інструкцій.

- **Польові повторні обміри**
 - для частини пробних площ, відібраних на основі результатів аналізу (критичні аномалії, підозра на системні помилки, нові або складні умови), організуються повторні виїзди;
 - повторні обміри можуть виконуватися:
 - спеціальною контрольною бригадою;
 - результати повторних обмірів використовуються для:
 - підтвердження або спростування первинних даних;
 - оцінювання помилок польових вимірювань;
 - калібрування методів і підходів до підготовки кадрів;
 - у разі підтверджених систематичних відхилень цілі блоки даних можуть бути позначені й, за потреби, виключені з оцінок або скориговані з використанням прозорих, задокументованих правил; одночасно можуть установлюватися додаткові вимоги для майбутніх циклів.

- **Документування рішень, коригувань і процедур (audit trail)**
 - кожне експертне втручання (підтвердження, корекція, відхилення, рекомендація щодо повторного обміру) фіксується в системі DGP:
 - із зазначенням користувача (експерта);
 - дати й часу;
 - підстав (обґрунтування, використані джерела, результати повторних обмірів);
 - характеру внесених змін;

- формується повний журнал змін, який:
 - забезпечує простежуваність усіх рішень;
 - дає змогу відтворити історію обробки будь-якого запису;

- слугує основою для внутрішніх і зовнішніх аудитів якості;
- розробляються стандартизовані протоколи експертного перегляду для мінімізації суб'єктивності та забезпечення узгодженого підходу в межах системи.

Рівень 3 перетворює систему контролю якості з набору технічних фільтрів на комплексний, прозорий і керований процес. Поєднання автоматичного маркування, вибіркового контролю, повторних обмірів і формалізованого документування рішень забезпечує можливість обґрунтовано використовувати результати НІЛ України в національній та міжнародній звітності, включно з оцінками впливу війни, змін лісового покриву й довгострокових трендів.

7. ТЕХНІЧНИЙ ПІДХІД

7.1. Технологічна основа системи

Для побудови системи пропонується використовувати перевірені, відкриті й доступні технології, які не прив'язують Україну до одного постачальника й можуть підтримуватися національними фахівцями.

Ключові рішення:

- **Мобільний застосунок**

Розроблення на основі кросплатформних технологій, що дозволяють працювати на більшості планшетів і смартфонів (із пріоритетом для Android). Це зменшує витрати на обладнання, спрощує оновлення й забезпечує однаковий функціонал для всіх бригад.

- **Серверна частина**

Використання поширених відкритих рішень (наприклад, Python або Node.js) для обробки даних, виконання перевірок якості, формування звітів і взаємодії з іншими системами. Ці технології добре документовані й підтримуються великою професійною спільнотою.

- **База даних**

Застосування PostgreSQL як надійної системи з відкритим кодом для зберігання даних НІЛ із додатковим модулем для роботи з координатами та картами (PostGIS). Це дозволяє безпечно зберігати великі масиви інформації й легко використовувати їх для аналізу та візуалізації.

- **Веб-інтерфейс**

Створення зручного веб-кабінету для адміністраторів та аналітиків на основі сучасних веб-технологій. Інтерфейс має охоплювати:

- перегляд даних у табличному вигляді;
- формування звітів;
- відображення пробних площ і показників на карті;
- інструменти контролю якості та моніторингу ходу польових робіт.

- **Обмін даними (API)**

Використання стандартних, добре документованих протоколів обміну даними між мобільним застосунком, сервером, веб-кабінетом і зовнішніми системами. Це дає змогу:

- інтегрувати НІЛ з іншими державними реєстрами й геопорталами;
- підключати додаткові модулі чи сервіси за потреби без повної перебудови системи.

- **Надійність і масштабованість**

За потреби систему можна розгортати в кількох екземплярах (резервні сервери) з можливістю поступового розширення без зупинки роботи. Використовуються відкриті інструменти для автоматизації оновлень, резервного копіювання та захисту даних.

Загальний підхід: технології мають бути відкритими, зрозумілими, такими, що підтримуються в Україні, і достатньо простими для довгострокової експлуатації без залежності від однієї компанії чи закритого продукту.

7.2. Безпека та захист даних

Оскільки система DGP працюватиме з офіційними державними даними, безпека є одним із ключових вимог. Захист вбудовується в архітектуру, налаштування та правила експлуатації.

Основні принципи:

- **Захист передавання даних**

Усі дані між мобільним застосунком, сервером і веб-кабінетом передаються в зашифрованому вигляді. Це унеможлиблює їх перехоплення або підміну.

- **Персональні облікові записи**

Кожен користувач має індивідуальний обліковий запис. Доступ до системи можливий лише після автентифікації. Спільні логіни не допускаються.

- **Розмежування прав доступу**

Польові бригади, координатори, аналітики й адміністратори бачать лише ті дані й функції, які потрібні їм для роботи. Керувати методиками, довідниками та критично важливими налаштуваннями можуть тільки уповноважені особи.

- **Регулярні резервні копії**

Дані системи регулярно копіюються й зберігаються на захищених резервних майданчиках для відновлення у випадку збою або атаки.

- **Журнал аудиту**

Усі ключові операції (зміни даних, підтвердження, коригування, зміни налаштувань) протоколюються. Це дає змогу відстежувати історію змін і проводити аудити.

- **Захист географічних координат пробних площ (чутливі дані)**

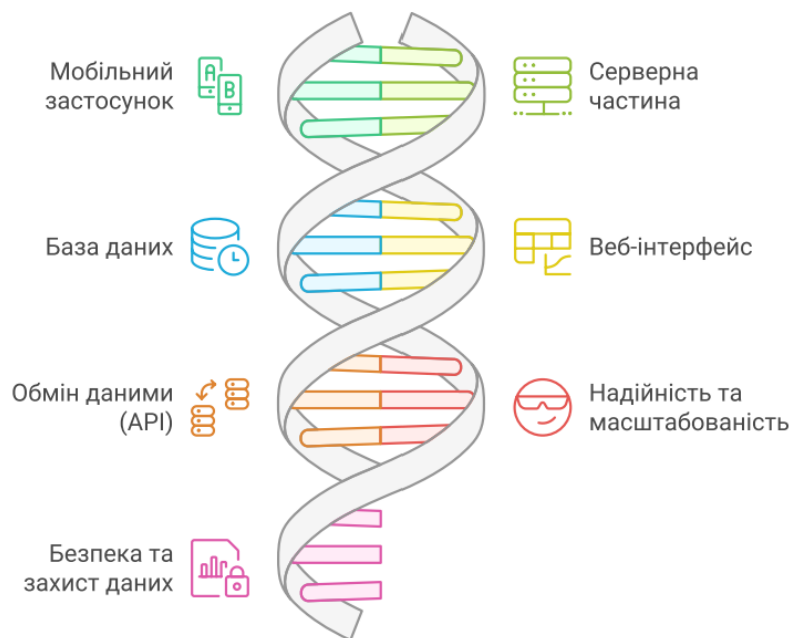
Географічні координати інвентаризаційних пробних площ НІЛ є чутливою інформацією і:

- не відображаються у відкритому доступі, у публічних звітах, веб-картах чи зовнішніх інтерфейсах;

- доступні лише обмеженому колу уповноважених користувачів у межах закритої системи;
 - для зовнішніх користувачів, публічних матеріалів і інтеграції можуть використовуватися узагальнені просторові прив'язки – наприклад, координати кутів сіткових квадратів (5×5 км або інший узгоджений розмір) без можливості точного визначення конкретних пробних площ;
 - усі операції з координатами (перегляд, експорт, аналіз) фіксуються в журналі дій.
- **Фізична й організаційна безпека**
Сервери розміщуються в захищених дата-центрах або державних ІТ-інфраструктурах. Визначаються правила зміни паролів, процедури відкриття доступу під час кадрових змін, базові вимоги кібергігієни для користувачів.

Такий підхід забезпечує не лише цілісність і захист даних, а й належний рівень конфіденційності для критичних елементів НІА, насамперед координат пробних площ.

Технологічна основа системи



8. ПЛАН РЕАЛІЗАЦІЇ

8.1. Етапи впровадження

Етап 1: Підготовчий (3 місяці)

(див. «Етапи впровадження системи збору даних для НІА України»).
Мета етапу – чітко визначити вимоги, розподілити ролі та підготувати підґрунтя для якісної розробки.

Основні дії:

- **Деталізований аналіз вимог**
 - уточнення функціональних і нефункціональних вимог до системи спільно з Центром НІА, Держлісагентством, польовими бригадами, аналітиками та ІТ-фахівцями;
 - узгодження структури даних із Методичними вказівками НІА та міжнародними стандартами (FRA, LULUCF тощо);
 - визначення правил роботи з чутливими даними (особливо координатами пробних площ).
- **Підготовка технічного завдання**
 - формулювання офіційного технічного завдання на розробку DGP і мобільного застосунку;
 - опис вимог до якості, безпеки, інтеграції, підтримки й навчання.
- **Відбір підрядника через прозору процедуру**
 - проведення тендеру або конкурсного відбору з вимогою передачі прав на вихідний код і документацію державним установам;
 - оцінка досвіду підрядника у сфері відкритих рішень, геоданих і захищених систем.
- **Підготовка інфраструктури**
 - визначення платформи розміщення (державний дата-центр, хмарні рішення з відповідним рівнем безпеки);
 - планування резервного копіювання;
 - базові організаційні домовленості щодо підтримки та адміністрування.

Етап 2: Розробка MVP (мінімально життєздатного продукту) (6 місяців)

Мета – створити робочу мінімальну версію системи, що покриває ключові потреби й дозволяє провести пілотні випробування.

Основні дії:

- **Розробка мобільного застосунку (базова версія)**
 - форми для основних блоків даних НІА;
 - базові польові перевірки;
 - офлайн-режим і синхронізація.
- **Створення серверної частини й бази даних**
 - центральна база даних НІА;
 - базовий набір автоматизованих перевірок (Рівень 2);
 - простий API для обміну між мобільним застосунком і сервером.
- **Розробка веб-інтерфейсу (перший реліз)**
 - перегляд даних, простий моніторинг збору;
 - керування користувачами.
- **Початкове тестування**
 - тестування стабільності;
 - усунення критичних помилок;
 - адаптація інтерфейсу на основі зворотного зв'язку від майбутніх користувачів.

Результат етапу: працюючий прототип системи, готовий до польового пілотного використання.

Етап 3: Пілотне впровадження (3 місяці)

Мета – перевірити систему в реальних умовах, виявити слабкі місця й доопрацювати її перед масштабуванням.

Основні дії:

- **Пілот на обмеженій кількості пробних площ**
 - орієнтовно 100 інвентаризаційних пробних площ у різних регіонах із різними типами лісів та умовами доступу;
 - тестування повного циклу: збір → передача → перевірка → аналіз.

- **Навчання пілоотної групи користувачів**

- навчання для польових бригад і координаторів;
- короткі інструкції й відеоматеріали;
- збір зворотного зв'язку щодо зручності інтерфейсу та логіки перевірок.

- **Збір відгуків і аналіз результатів**

- фіксація технічних проблем і неочевидних помилок; пропозиції користувачів;
- оцінка якості даних і зручності користування.

- **Доопрацювання системи**

- вдосконалення мобільного застосунку, перевірок і веб-інтерфейсу;
- уточнення довідників, форматів, правил валідації.

Результат етапу: системно протестована й доопрацьована версія, готова до широкомасштабного застосування.

Етап 4: Повномасштабне впровадження (6 місяців)

Мета – перевести НІА України на нову систему в усіх регіонах.

Основні дії:

- **Поступове розгортання по регіонах**

- поетапний запуск для уникнення перевантаження підтримки;
- пріоритизація регіонів із кращими умовами доступу для швидкого накопичення досвіду.

- **Масове навчання користувачів**

- серія тренінгів для всіх польових бригад, регіональних координаторів й аналітиків;
- створення постійно доступних інструкцій, FAQ та «гарячої лінії» підтримки.

- **Підтримка й технічна допомога**

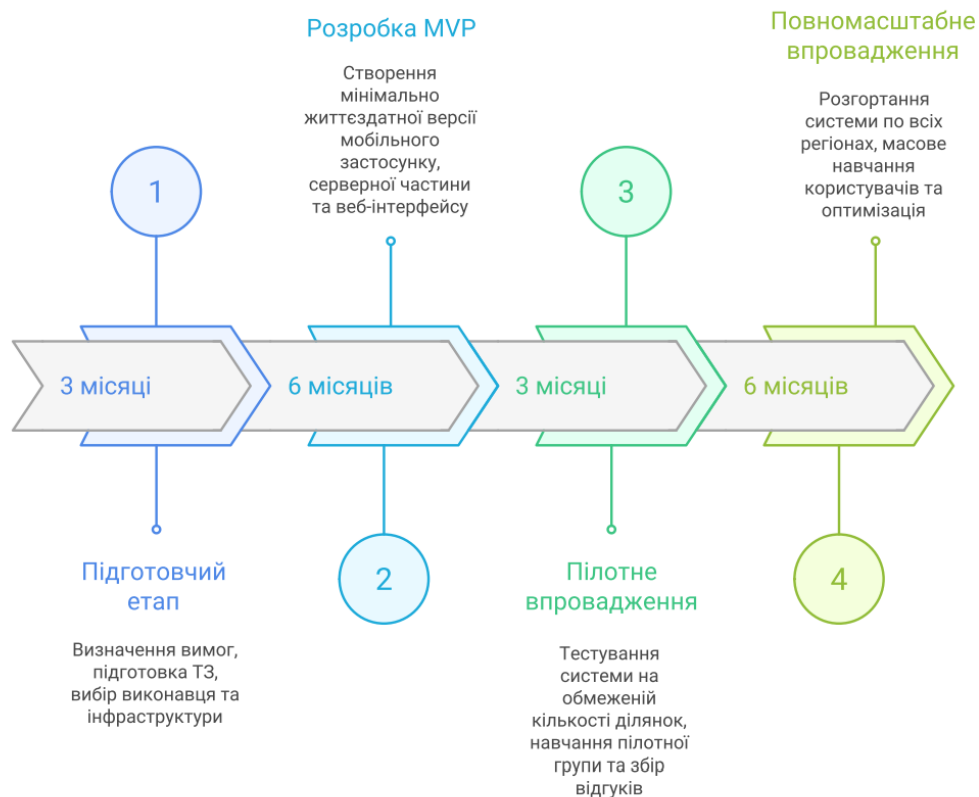
- оперативне усунення проблем і випуск оновлень;
- консультування користувачів під час активної фази польових робіт.

- Оптимізація й стабілізація

- тонке налаштування перевірок якості;
- адаптація до спеціальних ситуацій (важкодоступні, заміновані території, розвиток модулів роботи з ДЗЗ);
- підготовка до використання системи як постійної платформи для наступних циклів НІА.

Після завершення цього етапу DGP стає основним інструментом збору й обробки даних НІА України з доведеною функціональністю, чіткими правилами експлуатації й потенціалом для подальшого розвитку без зміни базової архітектури.

Етапи впровадження системи збору даних національної інвентаризації лісів



9. СТРАТЕГІЯ МІГРАЦІЇ ІСТОРИЧНИХ ДАНИХ ТА УЗГОДЖЕННЯ З ПОПЕРЕДНІМИ ЦИКЛАМИ НІА

Для забезпечення безперервності національної статистики, сумісності з попередніми циклами НІА і зняття застережень щодо «обнулення» історії система DGP має включати чітко визначену стратегію міграції й гармонізації наявних даних.

9.1. Принципи міграції

1. Безперервність часових рядів

- Історичні дані НІА, зібрані з використанням попередніх систем та інструментів, переносяться в DGP із максимально можливим збереженням змісту, структури та метаданих.
- Забезпечується можливість формування довгих часових рядів за ключовими показниками (запаси, площі, структури, зміни), необхідних для міжнародної звітності й аналізу трендів.

2. Прозорість перетворень

- Усі перетворення, здійснені під час міграції (зміни форматів, кодів, класифікацій, одиниць вимірювання, табличних структур), документуються в аудиторно відтворюваній формі.
- Для кожного типу даних формується опис: «звідки/куди/як конвертується», включно з правилами агрегування, перекодування й заповнення прогалін.

3. Диференціація рівнів якості даних

- Історичні дані маркуються за рівнями надійності (наприклад, «повністю узгоджено», «частково узгоджено», «обмежене використання») залежно від повноти документації, якості вихідних даних і коректності їх інтерпретації.

Це дозволяє:

- використовувати найкращі наявні дані;
- одночасно чесно відображати обмеження в офіційних розрахунках і звітності.

9.2. Етапи міграції даних

- Інвентаризація й аудит наявних даних

- збір і каталогізація всіх доступних масивів НІА із попередніх циклів (бази даних, експортні файли, звітні таблиці, метадані, технічна документація);
- оцінка їх цілісності, повноти та відповідності офіційним методичним документам на момент збору.

- Гармонізація класифікацій і структур

- розроблення таблиць відповідності між:

- старими й новими класифікаторами порід, типів лісу, категорій землекористування, типів пошкоджень тощо;
- старими структурами таблиць і новою схемою бази даних DGP;
- за потреби — введення спеціальних «історичних» полів або відображень для уникнення втрати інформації.
- **Технічна міграція в DGP**
 - поетапне завантаження історичних даних до центральної бази DGP:
 - зі збереженням вихідних значень;
 - фіксацією дати, джерела й відповідальних осіб для кожного блоку міграції;
 - перевірка узгодженості: тестове зіставлення агрегованих результатів (національний/регіональний рівень) до й після міграції.
 - **Виявлення обмежень і невизначеностей**
 - ділянки чи періоди, для яких вихідні дані мають обмежену якість або відсутня повна технічна документація, маркуються відповідними попередженнями;
 - у офіційних публікаціях і звітності для таких сегментів:
 - чітко зазначається джерело даних;
 - за потреби надаються ширші довірчі інтервали або методичні застереження.

9.3. Гармонізація методик і забезпечення порівнянності

1. Методична документація

- Паралельно з технічною міграцією готується окремий методичний документ, який описує:
 - відмінності між циклами (зміни форм, конструкції пробних площ, наборів показників);
 - вплив цих змін на порівнянність результатів.
- Документ стає офіційною довідкою для національної та міжнародної звітності.

2. Статистичні коригування за потреби

- За необхідності до ключових показників можуть застосовуватися узгоджувальні коефіцієнти або модельні підходи, якщо зміни в методиці чи інструментах призвели до системних зсувів.

Усі такі коригування мають:

- бути методично погодженими;
- реалізовуватися прозоро в DGP;
- супроводжуватися публічним описом.

Усі виправлення зберігаються разом із вихідними значеннями.

3. Відкритість до незалежної перевірки

- Механізми міграції, таблиці відповідності та результати порівнянь («до/після») зберігаються в системі й можуть бути перевірені:
 - внутрішніми аудиторами;

- науковими установами;
- міжнародними експертами та партнерами.

Це знімає ключові занепокоєння скептиків щодо втрати безперервності та можливих маніпуляцій історичними даними під час переходу до нової системи.

Реалізація цієї стратегії дозволяє не лише перейти до сучасної відкритої платформи, а й зберегти цінність попередніх циклів НІЛ, забезпечити порівнянність у часі й підвищити довіру до всієї лінії статистичних оцінок стану та динаміки лісів України.

9.4. Основні ризики проєкту

1. Технічні ризики

Ризик: труднощі інтеграції з чинними системами та нестабільна робота в польових умовах (офлайн, слабкий зв'язок, відмови пристроїв).

Шляхи зниження ризику:

- детальний технічний аналіз доступних інтерфейсів (API) на підготовчому етапі;
- поетапна інтеграція (спочатку базові функції, далі — розширення);
- використання відкритих форматів і добре задокументованих протоколів;
- обов'язковий офлайн-режим із надійним локальним зберіганням даних;
- тестування застосунку в реальних польових умовах під час пілоту;
- рекомендації щодо типів пристроїв і захисного оснащення.

2. Організаційні ризики

Ризик: опір змінам з боку користувачів (звичка працювати зі старими інструментами, недовіра до нової системи).

Шляхи зниження ризику:

- залучення представників польових бригад, координаторів та аналітиків до розробки й тестування;
- простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- систематичне навчання, наочні інструкції, постійна підтримка.

Ризик: нестача кваліфікованих ІТ-фахівців для підтримки системи.

Шляхи зниження ризику:

- включення в проєкт компоненти з підготовки власної команди підтримки;
- використання широко розповсюджених технологій, за якими легше знайти фахівців в Україні.

3. Фінансові ризики

Ризик: недостатнє або нестабільне фінансування повного циклу (розробка – пілот – масштабування – підтримка).

Шляхи зниження ризику:

- поетапне бюджетне планування з чітко визначеними результатами на кожному етапі;
- залучення кількох донорів/партнерів із погодженими вимогами;
- пріоритизація критично важливих функцій (щоб система залишалася працездатною навіть за часткового фінансування).

4. Інституційні та нормативні ризики

Ризик: зміна керівництва, пріоритетів або відсутність чіткого «власника» системи.

Шляхи зниження ризику:

- формалізація ролі відповідальних інституцій (накази, положення, регламенти);
- закріплення вимоги використання системи для НІА у нормативних актах;
- передання прав на код і документацію державним установам.

Ризик: невідповідність між методичними документами й реалізацією в системі.

Шляхи зниження ризику:

- паралельне оновлення/уточнення методичних вказівок НІА під час розроблення;
- залучення методистів до всіх ключових технічних рішень.

5. Ризики безпеки та конфіденційності

Ризик: несанкціонований доступ до чутливих даних, особливо координат пробних площ.

Шляхи зниження ризику:

- чіткі обмеження доступу до координат, відсутність їх публічного відображення;
- диференціація прав доступу, протоколювання всіх операцій;
- шифрування даних, розміщення серверів у захищеному середовищі.

Ризик: кібератаки, спроби знищити або спотворити дані.

Шляхи зниження ризику:

- регулярне резервне копіювання;
- багаторівневий захист (паролі, двофакторна автентифікація, моніторинг підозрілої активності);
- план реагування й відновлення після інцидентів.

6. Ризики, пов'язані з воєнними умовами

Ризик: неможливість доступу до частини територій через бойові дії, мінування, обмеження пересування.

Шляхи зниження ризику:

- офіційне закріплення підходів до використання даних ДЗЗ і статистичних методів для таких територій;
- прозоре документування припущень і обмежень;

- гнучкість системи щодо позначення площ як «тимчасово недоступних» з окремим обліком.

Ризик: пошкодження обладнання, втрата пристроїв або локальних даних.

Шляхи зниження ризику:

- обов'язкова синхронізація за першої можливості;
- шифрування даних на пристроях;
- резервні пристрої та чіткі інструкції для користувачів.

7. Ризики якості даних

Ризик: людський фактор – помилки вимірювань або свідоме спрощення роботи.

Шляхи зниження ризику:

- багаторівнева система контролю якості (Рівні 1–3);
- вибіркові повторні обміри, оцінювання роботи бригад;
- регулярне навчання та зворотний зв'язок.

Усі ці ризики мають бути відображені в плані управління проектом із визначенням відповідальних осіб і чітко прописаними процедурами реагування.

10. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

10.1. Основні висновки

1. Розроблення власної системи з відкритим вихідним кодом є критичним для забезпечення інституційної незалежності, технологічного суверенітету й довгострокової сталості НІА України без залежності від одного комерційного постачальника.
2. Адаптація принципів BWI (управління якістю, прозорі алгоритми, повна історія змін даних) дає можливість побудувати систему, що відповідає найкращим міжнародним практикам із урахуванням правових, організаційних і безпекових особливостей України.
3. Запропонована архітектура (мобільний застосунок + серверна платформа + веб-інтерфейс) забезпечує необхідну гнучкість, масштабованість і можливість подальшого розвитку системи без її повного перероблення в майбутньому.
4. Інтеграція НІА із даними дистанційного зондування та національними геоінформаційними ресурсами є ключовою передумовою надійного моніторингу лісів в умовах бойових дій, мінування й обмеженого доступу до частини території, дозволяючи коректно враховувати зміни навіть там, де польові вимірювання неможливі.
5. Запровадження формалізованої системи контролю якості на трьох рівнях (польовий, серверний, експертний) суттєво підвищує надійність, відтворюваність і довіру до результатів НІА, що особливо важливо для офіційної статистики, кліматичної звітності та міжнародних партнерів.
6. Спеціальний режим роботи з чутливими даними, насамперед координатами інвентаризаційних пробних площ, є необхідною умовою захисту національних інтересів і безпеки та має бути технічно й нормативно закріплений у межах нової системи.
7. Запропонований поетапний план впровадження (аналіз вимог → MVP → пілот → масштабування) є реалістичним, дозволяє знизити ризики, своєчасно враховувати відгуки користувачів і забезпечити плавний перехід до нової платформи без зриву циклів НІА.

У сукупності ці висновки підтверджують доцільність і нагальність створення інтегрованої відкритої системи DGP як стратегічного інструменту для сучасної, прозорої та сталої Національної інвентаризації лісів України.

10.2. Рекомендації

1. Розпочати підготовку до розробки системи без зволікань

- Ініціювати закупівельні процедури для відбору розробника з чіткими вимогами: відкритий вихідний код, передання прав державі, відповідність методиці НІЛ і вимогам безпеки.
- У тендерній документації окремо прописати вимоги щодо контролю якості, офлайн-режиму, захисту координат пробних площ та інтеграції з релевантними лісовими інформаційними й аналітичними системами.

2. Забезпечити системну співпрацю з німецькими та іншими міжнародними експертами

- Формалізувати механізм консультування з експертами BWI та іншими партнерами в межах проєкту SFI.
- Використовувати їх досвід для побудови системи управління якістю, структури даних, організації процесів та уникнення типових помилок.

3. Підготувати програму навчання й план управління змінами

- Розробити поетапний план навчання польових бригад, координаторів, аналітиків і адміністраторів (тренінги, відеоуроки, довідкові матеріали).
- Передбачити перехідний період, коли нова система працюватиме паралельно з чинними процесами, із активним збором зворотного зв'язку.
- Окремо опрацювати комунікацію для пояснення користувачам переваг нової системи й зменшення опору змінам.

4. Гарантувати довгострокове фінансування й підтримку системи

- Передбачити ресурси не лише на розроблення та пілот, але й на супровід, оновлення, безпеку, адаптацію до нових вимог і інтеграцію з Державним земельним кадастром та міжнародними платформами.
- Визначити відповідальну інституцію (Держлісагентство/Центр НІЛ або інший уповноважений орган), яка буде офіційним «власником» системи.

5. Нормативно закріпити ключові принципи функціонування системи

- Офіційно установити вимогу використання нової платформи для НІЛ.
- Визначити правила доступу до чутливих даних і їх захисту (особливо координат пробних площ).

- Інтегрувати положення про багаторівневий контроль якості в методичні документи.

Реалізація цих рекомендацій дозволить не просто створити нове програмне забезпечення, а вибудувати сталу, керовану та визнану на міжнародному рівні систему НІЛ України.

Розробка та впровадження системи НІЛ



11. ГЛОСАРІЙ

НІА (NFI, National Forest Inventory) – Національна інвентаризація лісів України; державна статистична й наукова система вибіркового обстеження лісів для отримання репрезентативної інформації про стан, запаси, структуру й зміни лісових ресурсів на національному рівні.

DGP (Data Gathering and Processing) – система збору та обробки даних НІА; інтегрована цифрова платформа, що включає мобільний застосунок, серверну частину й веб-інтерфейс для приймання, перевірки, зберігання, аналізу й експорту даних.

BWI (Bundeswaldinventur) – Федеральна лісова інвентаризація Німеччини; національна система інвентаризації лісів, яка використовується як еталон для розроблення підходів НІА України (особливо в частині відкритої архітектури й багаторівневого контролю якості).

MVP (Minimum Viable Product) – мінімально життєздатний продукт; перша робоча версія системи, що містить базовий функціонал, необхідний для тестування в реальних умовах і подальшого вдосконалення.

API (Application Programming Interface) – програмний інтерфейс застосунків; набір правил і протоколів, що дозволяє різним програмним компонентам і системам обмінюватися даними у стандартизований спосіб.

RBAC (Role-Based Access Control) – розмежування доступу на основі ролей; модель керування доступом, за якою права користувача визначаються його роллю (наприклад, польова бригада, адміністратор, аналітик).

Держлісагентство (State Forestry Agency) – Державне агентство лісових ресурсів України; центральний орган виконавчої влади, що, зокрема, відповідає за державну політику у сфері лісового господарства.

Центр НІА (NFI Center) – уповноважена національна установа/структура, відповідальна за організацію, методичне забезпечення, опрацювання даних і розвиток системи НІА.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН; координує, серед іншого, глобальну оцінку лісових ресурсів (FRA) і надає методичні рекомендації щодо НІА.

FRA (Forest Resources Assessment) – Глобальна оцінка лісових ресурсів ФАО; міжнародна ініціатива зі збору, узагальнення й аналізу інформації про ліси світу.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) – Рамкова конвенція ООН про зміну клімату; міжнародна угода, у межах якої країни звітують про викиди й абсорбцію парникових газів, зокрема в секторі землекористування й лісів.

LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) – сектор кліматичної звітності, який охоплює зміни запасів вуглецю на різних типах земель, включно з лісами.

EUDR (EU Deforestation Regulation) – Регламент ЄС щодо протидії знелісненню й деградації лісів; установлює вимоги до прозорості походження лісопродукції та підвищує попит на надійну, прозору й верифіковану інформацію про джерела походження деревини.

Дистанційне зондування Землі / ДЗЗ (Remote sensing, Remote Earth Observation) – комплекс методів спостереження за земною поверхнею з космічних апаратів, літаків, БПЛА тощо (оптичні, радарні, гіперспектральні сенсори), які використовуються для моніторингу лісів, пожеж, змін земного покриву й пошкоджень.

LiDAR (Light Detection and Ranging) – технологія дистанційного зондування, що використовує лазерні імпульси для високоточного вимірювання висоти й структури лісів; застосовується для оцінювання запасів, висоти дерев і структури насаджень.

ГІС (GIS, Geographic Information System) – геоінформаційна система; програмні засоби для роботи з просторовими (картографічними) даними: зберігання, аналіз, візуалізація та поєднання різних геопросторових шарів.

Геопортал (Geoportals) – веб-платформа для доступу до геопросторових даних і карт, яка дає змогу переглядати, завантажувати й інтегрувати картографічну інформацію.

Офлайн-режим (Offline mode) – режим роботи мобільного застосунку без підключення до Інтернету з можливістю локального зберігання даних і подальшої синхронізації після появи зв'язку.

Журнал аудиту / журнал змін (Audit trail) – повний запис усіх важливих операцій із даними (хто, коли, що змінив і на якій підставі); забезпечує прозорість, можливість простежити історію даних і проводити аудити.

Простежуваність даних (Data traceability) – здатність відстежити шлях даних від початкових польових вимірювань до підсумкових показників і звітів, включно з усіма редагуваннями й експертними рішеннями.

Багаторівневий контроль якості (Multi-level quality control) – система верифікації даних, що включає:

- оперативний контроль у полі (мобільний застосунок);
- автоматизовану серверну перевірку й аналіз аномалій;
- експертний перегляд, вибіркові повторні обміри та документування рішень.

Інвентаризаційна ділянка (inventory plot, sample plot) – стандартизована за формою й розмірами ділянка (лісовий таксаційний майданчик), на якій під час національної інвентаризації здійснюються вимірювання та опис основних таксаційних показників і інших параметрів згідно з чинними методичними документами.