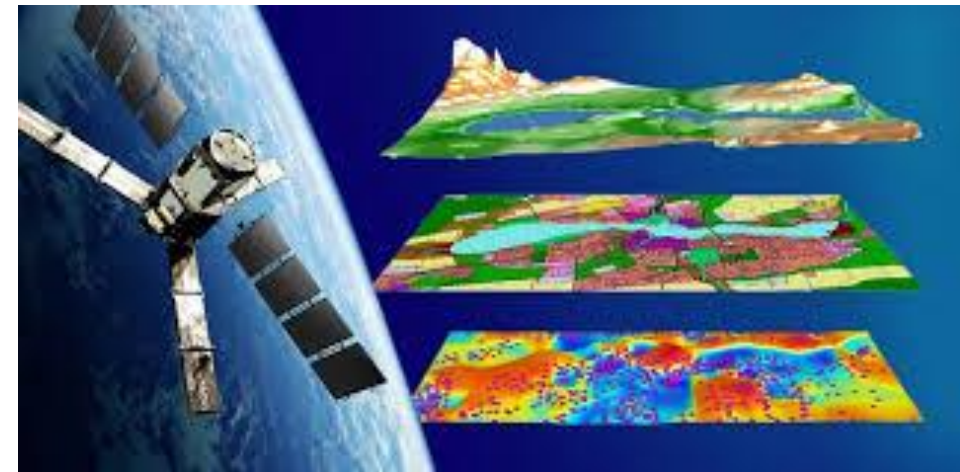


GIS та дистанційне зондування Землі для оцінки біорізноманіття

Оцінка та збереження біорізноманіття вимагає сучасних інструментів, здатних охопити великі території та виявити просторово-часові зміни екосистем. До таких інструментів належать **геоінформаційні системи (ГІС)** та **дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)** - технології, що поєднують картографію, екологію, інформатику та статистику.

Завдяки ГІС і супутниковим даним дослідники отримують можливість:

- ✓ проводити картування середовищ існування;
- ✓ відстежувати зміни ландшафтів у часі;
- ✓ моделювати ареали видів;
- ✓ оцінювати стан екосистем за біофізичними параметрами.

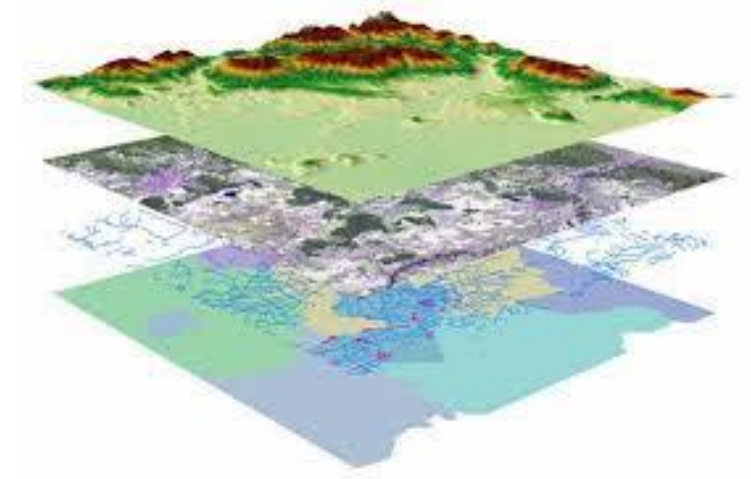


Геоінформаційна система (GIS) - це набір програмних і апаратних засобів для збору, збереження, аналізу та візуалізації просторових даних.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) - це спостереження за поверхнею планети із супутників або літаків, що дозволяє отримувати інформацію про структуру, стан і зміни екосистем без безпосереднього контакту.

Використання ГІС і ДЗЗ у екології:

- ✓ визначення меж природних територій;
- ✓ моніторинг деградації ландшафтів;
- ✓ моделювання середовищ існування;
- ✓ просторовий аналіз впливу антропогенних факторів.



Основні компоненти ГІС

- ✓ Дані (просторові та атрибутивні);
- ✓ Програмне забезпечення (ArcGIS, QGIS, GRASS GIS, Google Earth Engine);
- ✓ Обладнання (комп'ютери, GPS, дрони);
- ✓ Методи аналізу (просторове моделювання, геостатистика);
- ✓ Користувачі (екологи, географи, аналітики, менеджери ПЗФ).



Принципи роботи ГІС:

- ✓ об'єднання різних типів інформації (клімат, ґрунти, рослинність, рельєф);
- ✓ можливість візуалізації на карті;
- ✓ виконання просторових запитів («де?», «як змінюється?», «що впливає?»).

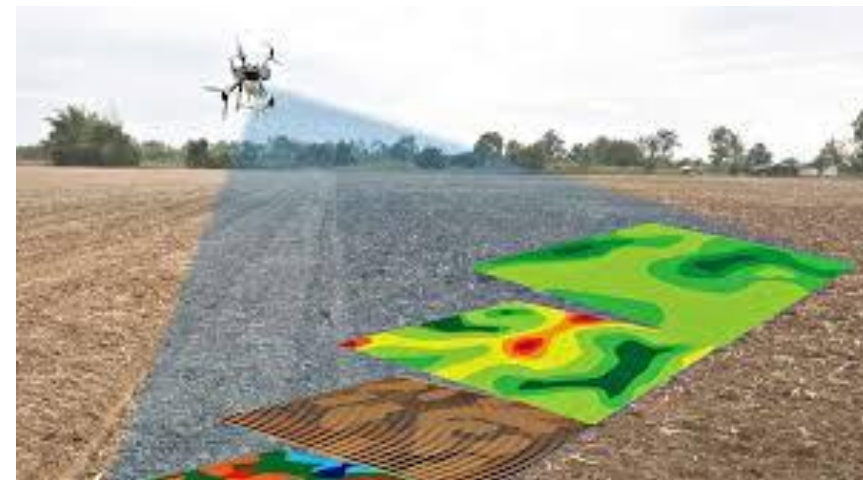
ДЗЗ - це отримання даних про об'єкти земної поверхні за допомогою супутників, літаків або безпілотників (UAV) без прямого контакту з ними.

Основні типи даних:

- ✓ Пасивні — вимірюють природне відбиття сонячного світла (Sentinel-2, Landsat).
- ✓ Активні — використовують штучний сигнал (радарні системи Sentinel-1, LiDAR).

Ключові переваги ДЗЗ:

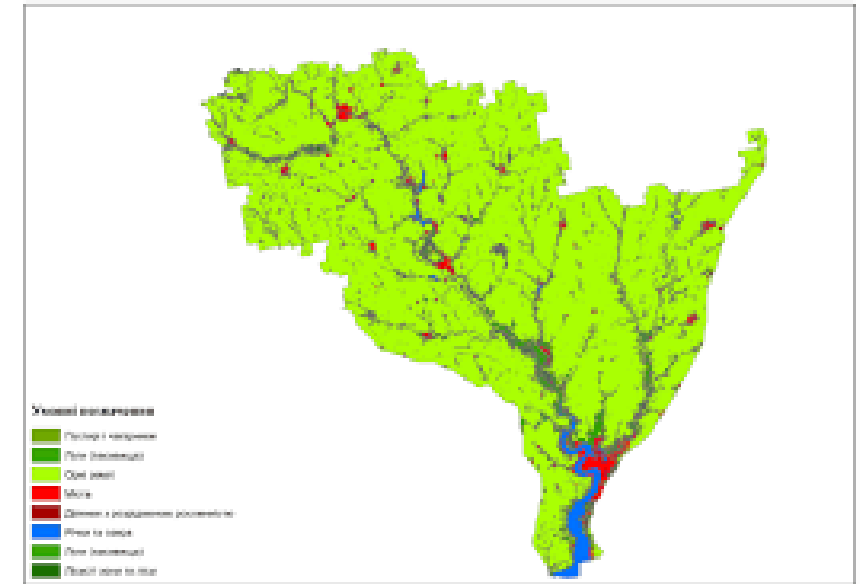
- ✓ великий охоплюваний простір;
- ✓ повторюваність спостережень у часі;
- ✓ об'єктивність і порівнянність даних;
- ✓ можливість отримання кількісних показників (NDVI, температури, вологості тощо).



КАРТУВАННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СЕРЕДОВИЩ ІСНУВАННЯ

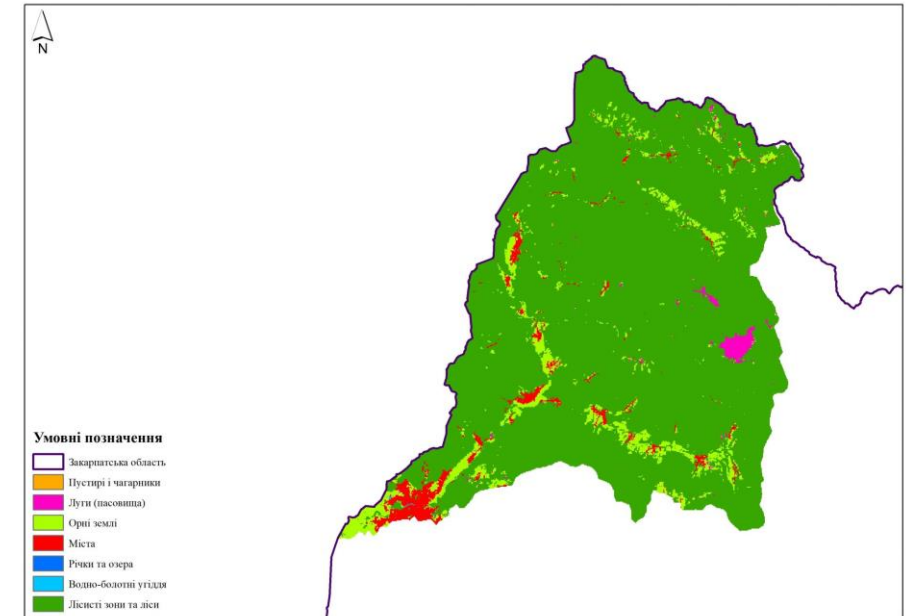
Картування середовищ існування - це створення просторових моделей, які показують, де саме знаходяться природні угруповання, типи рослинності, або конкретні біотопи видів.

Цей процес є базою для планування природоохоронних заходів, створення об'єктів ПЗФ і ведення кадастру біорізноманіття.



Етапи створення карт біотопів

- 1.Збір вихідних даних: супутникові знімки, топографічні карти, польові описи.
- 2.Обробка зображень: атмосферна корекція, мозаїкування, вирівнювання спектрів.
- 3.Вибір методу класифікації: автоматичний або напіваавтоматичний аналіз спектральних ознак.
- 4.Порівняння результатів із польовими даними для перевірки точності.
- 5.Побудова карти типів землекористування/біотопів.



Методи класифікації

- ✓ **Контрольована класифікація (supervised classification):**
потребує навчальної вибірки - наприклад, зразків пікселів лісу, луки, болота.

Використовуються алгоритми: *Maximum Likelihood*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Random Forest*.

- ✓ **Неконтрольована класифікація (unsupervised classification):**
автоматичне групування пікселів за спектральною подібністю без попереднього навчання.
Алгоритми: *k-means*, *ISODATA*.

ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ

Система	Просторова роздільність	Повторюваність	Особливості
Sentinel-2 (ESA)	10–20 м	5 днів	13 спектральних каналів, безкоштовно
Landsat 8–9 (NASA/USGS)	30 м	16 днів	40+ років архіву
MODIS (Terra/Aqua)	250–1000 м	1 день	Глобальний моніторинг
WorldView / PlanetScope	0,3–3 м	1 день	Висока деталізація (комерційні)

З їх допомогою можливо:

- ✓ ідентифікувати типи рослинності;
- ✓ аналізувати стан лісів;
- ✓ виявляти вирубки, пожежі, підтоплення;
- ✓ простежувати динаміку сезонних змін.



ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ АРЕАЛІВ ВИДІВ (SDM)

SDM (Species Distribution Modeling) - моделі, що прогнозують ймовірність присутності виду на території на основі екологічних змінних.

Основні етапи:

- 1.Збір польових даних - точки спостереження видів (GPS).
- 2.Збір екологічних шарів - клімат (температура, опади), рельєф, NDVI, тип ґрунтів.
- 3.Об'єднання даних у ГІС.
- 4.Побудова моделей поширення за допомогою алгоритмів (*MaxEnt*, *BIOCLIM*, *Random Forest*, *GAM*).
- 5.Валідація результатів (AUC, kappa, TSS).

Застосування SDM:

- ✓ прогнозування потенційного поширення рідкісних або інвазійних видів;
- ✓ оцінка впливу кліматичних змін на біоту;
- ✓ визначення пріоритетних територій для охорони.

МОНІТОРИНГ ДИНАМІКИ ЛАНДШАФТІВ ТА ФРАГМЕНТАЦІЇ

Завдяки порівнянню супутникових знімків різних років можна оцінювати:

- ✓ зміну площі лісів, болот, водних об'єктів;
- ✓ фрагментацію природних територій;
- ✓ інтенсивність урбанізації.

Методи оцінки:

- ✓ **Change Detection** - аналіз змін пікселів у часі;
- ✓ **NDVI time series** - моніторинг продуктивності рослинності;
- ✓ **Landscape metrics** - індекси ландшафтної екології (площа, край, компактність, ізоляція).

Фрагментація середовищ існування - процес роздрібнення суцільних природних ділянок на менші фрагменти, що призводить до ізоляції популяцій.



МОНІТОРИНГ ДИНАМІКИ ЛАНДШАФТІВ ТА ФРАГМЕНТАЦІЇ

Індекс	Показує	Інтерпретація
Patch Density (PD)	щільність фрагментів	висока фрагментація → деградація середовища
Edge Density (ED)	довжина меж	збільшення меж → порушення структури
Mean Patch Size (MPS)	середня площа ділянки	зменшення - свідчення роздробленості
CONNECT	ступінь зв'язності ділянок	низьке значення → ізоляція популяцій

ОЦІНКА БІОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І ІНДИКАТОРІВ ЗДОРОВ'Я ЕКОСИСТЕМ

Одним з найпоширеніших інструментів є **спектральні індекси**, розраховані з відбиття в різних діапазонах.

Індекс	Формула	Значення
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$	Біомаса, фотосинтетична активність
EVI (Enhanced Vegetation Index)	Похідний від NDVI, менше чутливий до атмосфери	Стан густих лісів
NBR (Normalized Burn Ratio)	$(\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$	Виявлення площ пожеж
NDWI (Normalized Difference Water Index)	$(\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$	Вологість рослинності
SAVI	$(1 + L)(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED} + L)$	Для зон із розрідженим покривом

Використовується для: аналізу стану рослинного покриву; виявлення вирубок, пожеж, засух; оцінки ефективності рекультиваційних заходів.

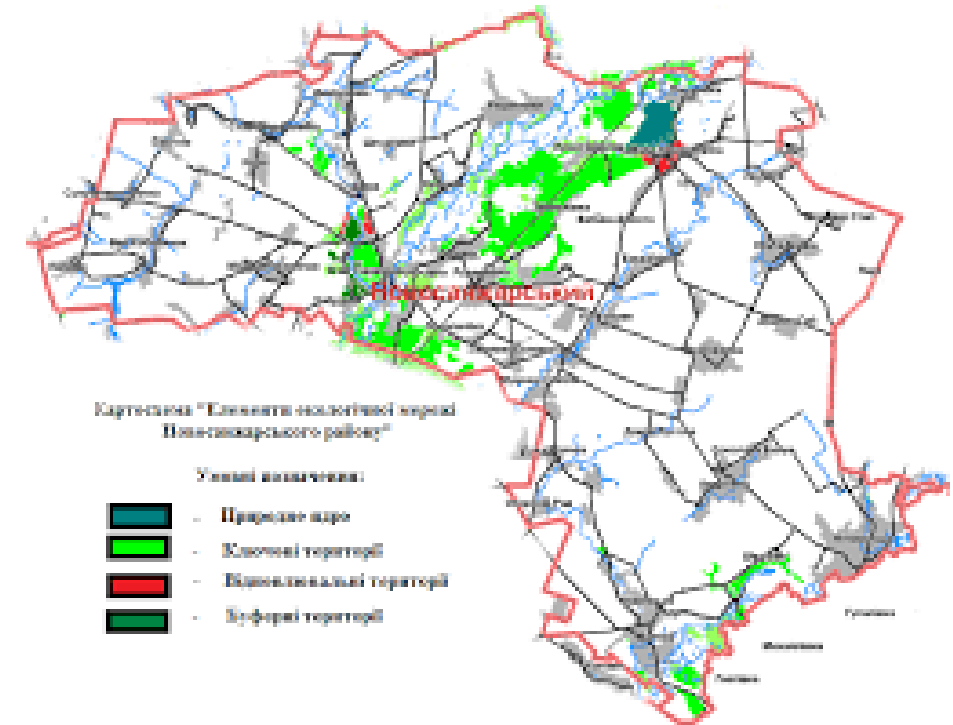
ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ПРИРОДООХОРОННИМИ ТЕРИТОРІЯМИ

Застосування ГІС:

- ✓ обґрунтування створення нових ПЗФ;
- ✓ аналіз буферних зон (вплив населених пунктів, доріг, промисловості);
- ✓ побудова екологічних коридорів для міграції видів;
- ✓ оцінка ефективності охорони (зміни в межах заповідних територій).

Приклади:

- ✓ створення карти екологічної мережі регіону;
- ✓ визначення ключових біотопів для включення до Смарагдової мережі;
- ✓ оцінка тиску антропогенних факторів на території заповідників.



GIS і ДЗЗ - ключові технології сучасної екології.

- ✓ Вони забезпечують масштабний, кількісний і регулярний аналіз біорізноманіття.
- ✓ Їх інтеграція з польовими методами дозволяє створювати комплексні системи біомоніторингу.
- ✓ Використання таких інструментів як Google Earth Engine, Copernicus Hub, MaxEnt, ArcGIS/QGIS робить можливим автоматизований екологічний аналіз.
- ✓ ГІС-технології мають величезне значення для планування природоохоронних територій, реагування на кліматичні зміни та управління ландшафтами.



https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_.pdf