

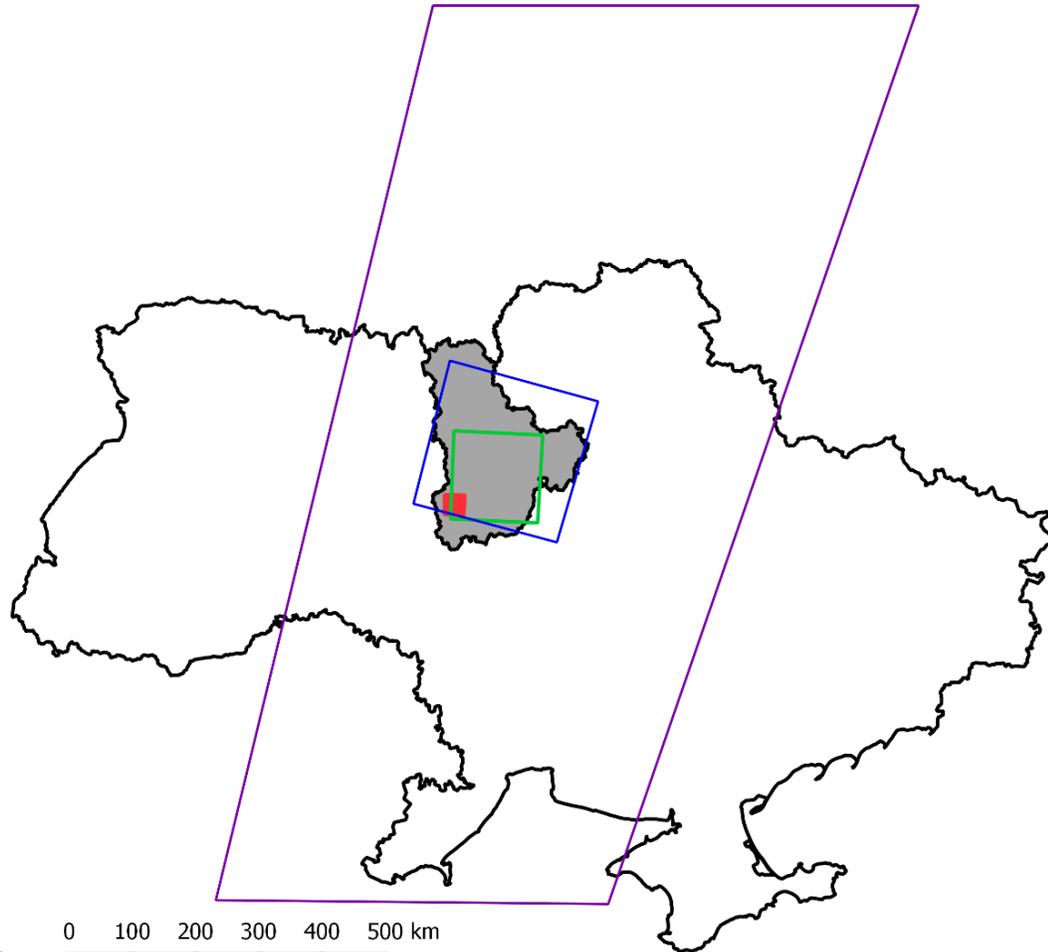
*Технологія глибинного навчання для задач  
супутникового моніторингу земного покриву  
та її використання для оцінки індикаторів  
цілей сталого розвитку*

Колотій А.В., Лавренюк М.С., Яйлимов Б.Я.

Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України

# Проблема великих об'ємів даних: програма Copernicus

- Ukraine
- Kiev\_region
- Proba-V
- Landsat-8
- Sentinel-2A
- RapidEye



## Radarsat-2:

- Розмір сцени – 50x50 км<sup>2</sup>
- **Ціна - більше 4000\$ за сцену**

## Sentinel-1:

- Розмір сцени – 250x250 км<sup>2</sup>
- Більше **500 сцен** в 2015 для території України
- **Ціна – безкоштовно**

## RapidEye:

- Ширина захвату – 77 км
- **Ціна – платно**

## Sentinel-2:

- Ширина захвату – 100 км
- **Ціна - безкоштовно**

## Landsat-8:

- Розмір сцени – 185x180 км<sup>2</sup>
- **Ціна - безкоштовно**

## Proba-V:

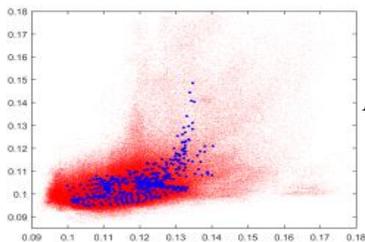
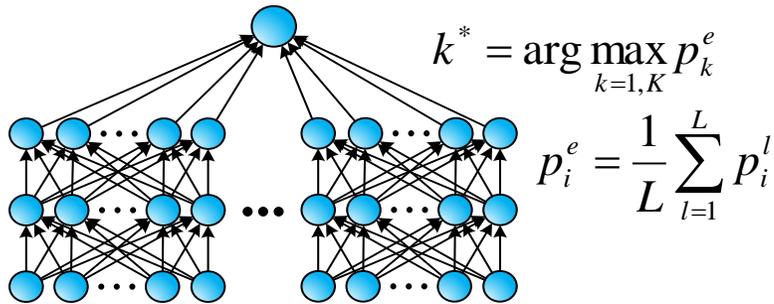
- Ширина захвату – 2250 км
- **Ціна - безкоштовно**

# Метод глибинного навчання для розв'язання проблеми великих даних

$$D(x, y) = \frac{\iint_{S_{gr}} C_{gr}(x, y) dx dy - \iint_{S_{cr}} C_{cr}(x, y) dx dy}{\iint_{S_{obl}} V_{obl}(x, y) dx dy}$$

$$Im_{res}(i, j) = \begin{cases} Im_1(i, j), & P(Im_1(i, j)) > P(Im_2(i, j)) \\ Im_2(i, j), & P(Im_1(i, j)) \leq P(Im_2(i, j)) \end{cases}$$

$$E(\mathbf{w}_1, \dots, \mathbf{w}_K) = -\ln p(\mathbf{T} | \mathbf{w}_1, \dots, \mathbf{w}_K) = -\sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K t_{nk} \ln y_{nk}$$



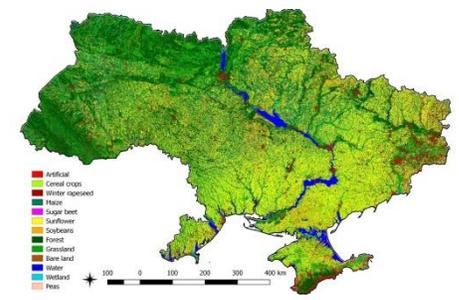
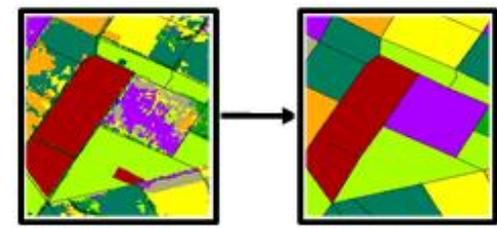
$$K = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^K n_{ii} - \sum_{i=1}^K n_{i+} \cdot n_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^K n_{i+} \cdot n_{+i}}$$

Геопросторовий аналіз ситуації (злиття інформації з карт класифікацій та векторних даних)

Фільтрація отриманих карт використовуючи зважений метод голосування з розділенням полігону на поля

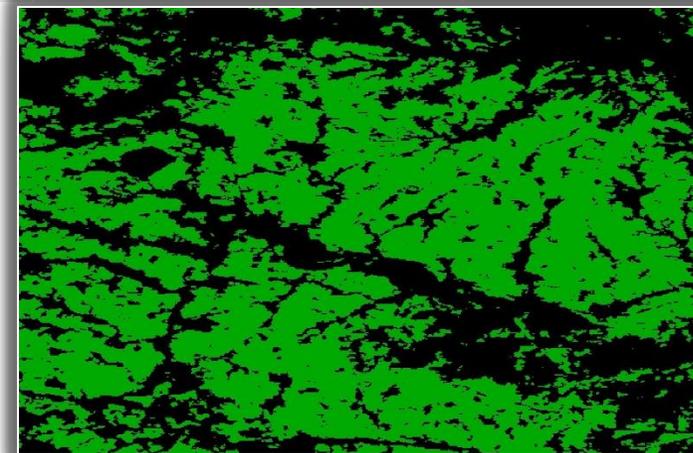
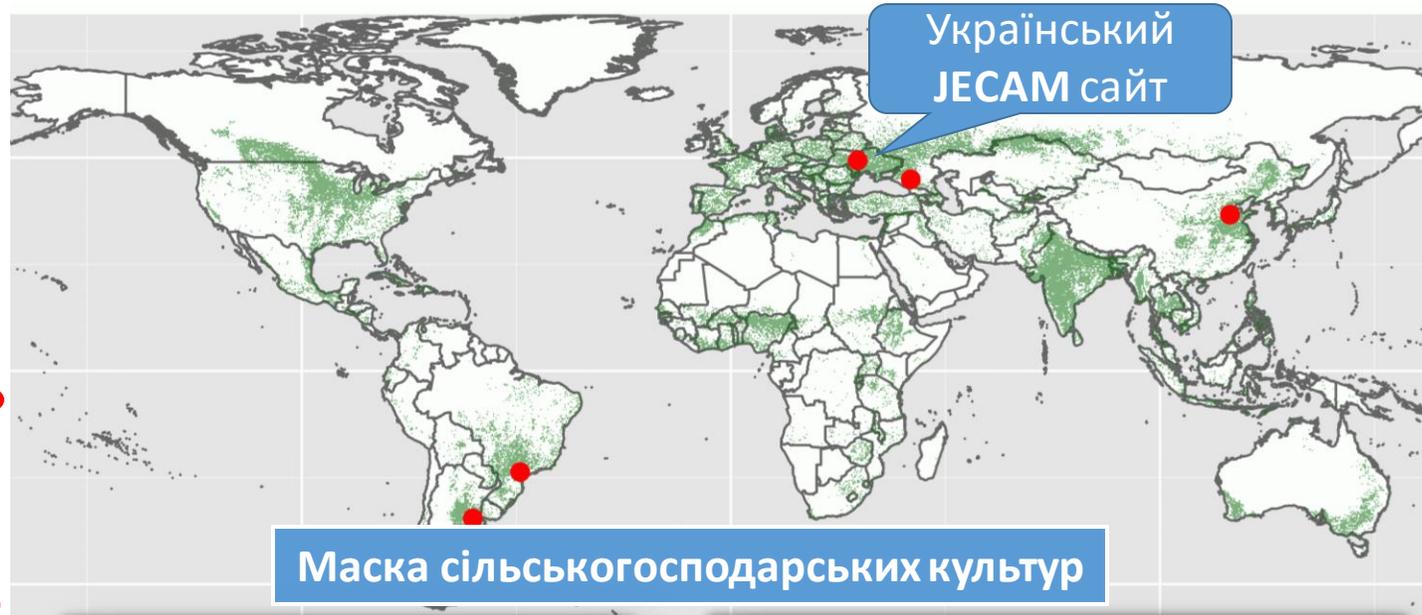
Універсальний метод машинного навчання для класифікації часових рядів супутникових даних на основі ансамблю нейронних мереж

Відновлення хмар на зображеннях (сегментація) за допомогою самоорганізуючих карт Кохонена

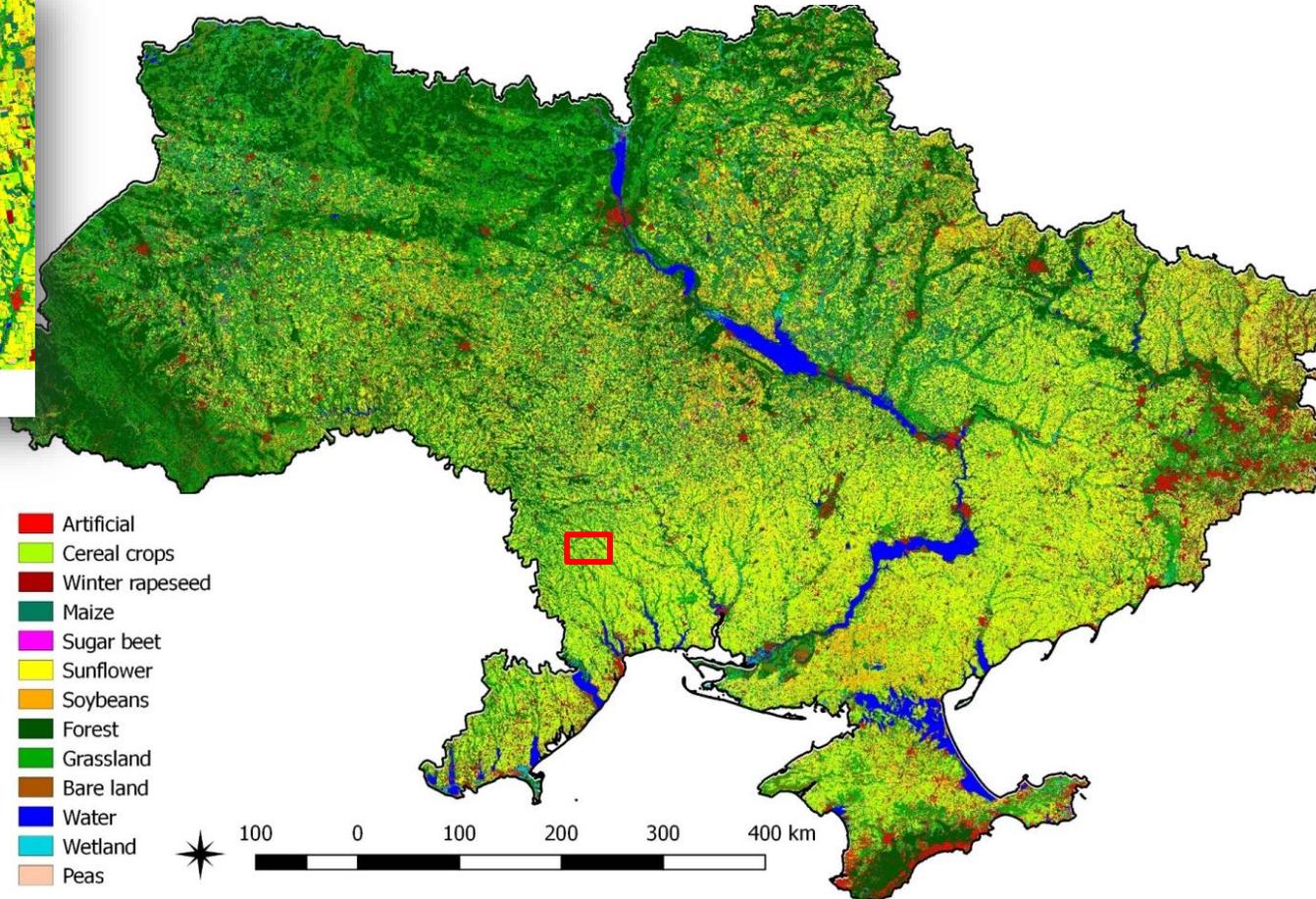
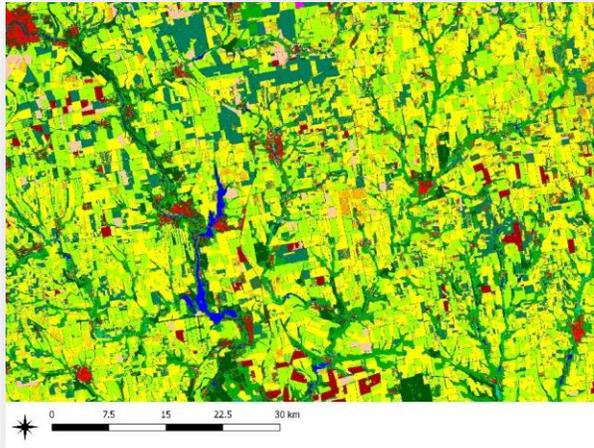


# Валідація розробленого методу класифікації

| site      | method | OA    |
|-----------|--------|-------|
| Ukraine   | iki    | 93.62 |
| Ukraine   | inta   | 96.58 |
| Ukraine   | radi   | 95.91 |
| Ukraine   | sri    | 98.04 |
| Ukraine   | ucl    | 97.58 |
| Argentina | iki    | 90.74 |
| Argentina | inta   | 92.66 |
| Argentina | radi   | 90.52 |
| Argentina | sri    | 95.49 |
| Argentina | ucl    | 85.33 |
| Brazil    | iki    | 90.26 |
| Brazil    | inta   | 89.54 |
| Brazil    | radi   | 84.45 |
| Brazil    | sri    | 91.60 |
| Brazil    | ucl    | 91.15 |
| China     | iki    | 90.58 |
| China     | inta   | 91.23 |
| China     | radi   | 90.58 |
| China     | sri    | 90.58 |
| China     | ucl    | 88.31 |
| Russia    | iki    | 98.19 |
| Russia    | inta   | 95.40 |
| Russia    | radi   | 94.48 |
| Russia    | sri    | 98.38 |
| Russia    | ucl    | 95.21 |



# Карта класифікації для України 2017



- Artificial
- Cereal crops
- Winter rapeseed
- Maize
- Sugar beet
- Sunflower
- Soybeans
- Forest
- Grassland
- Bare land
- Water
- Wetland
- Peas

| Class            | F1-score |
|------------------|----------|
| Artificial       | 63,9     |
| Cereal crops     | 95,7     |
| Winter rapeseed  | 96,6     |
| Maize            | 81,8     |
| Sugar beet       | 78,5     |
| Sunflower        | 94,4     |
| Soybeans         | 57,6     |
| Forest           | 96,9     |
| Grassland        | 59,2     |
| Bare land        | 49,3     |
| Water            | 98,2     |
| Wetland          | 70,7     |
| Peas             | 93,7     |
| Overall Accuracy | 89,7     |

# Оцінка досягнення цілей сталого розвитку

# Джерела даних

## Карти земного покриву:

- **Глобальні:**
  - ESA CCI Landcover (300 m)
- **Національні:**
  - Карти для території України (ІКД НАНУ-ДКАУ)
    - **30 m**(Landsat)
      - 1990, 2000, 2010
    - **10 m** (Sentinel)
      - 2016, 2017
  - Динаміки продуктивності (LPD, JRC)
  - Запас вуглецю(SOC)
    - Soil GRID
    - Національна карти (Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського»)

## Проекти та ініціативи

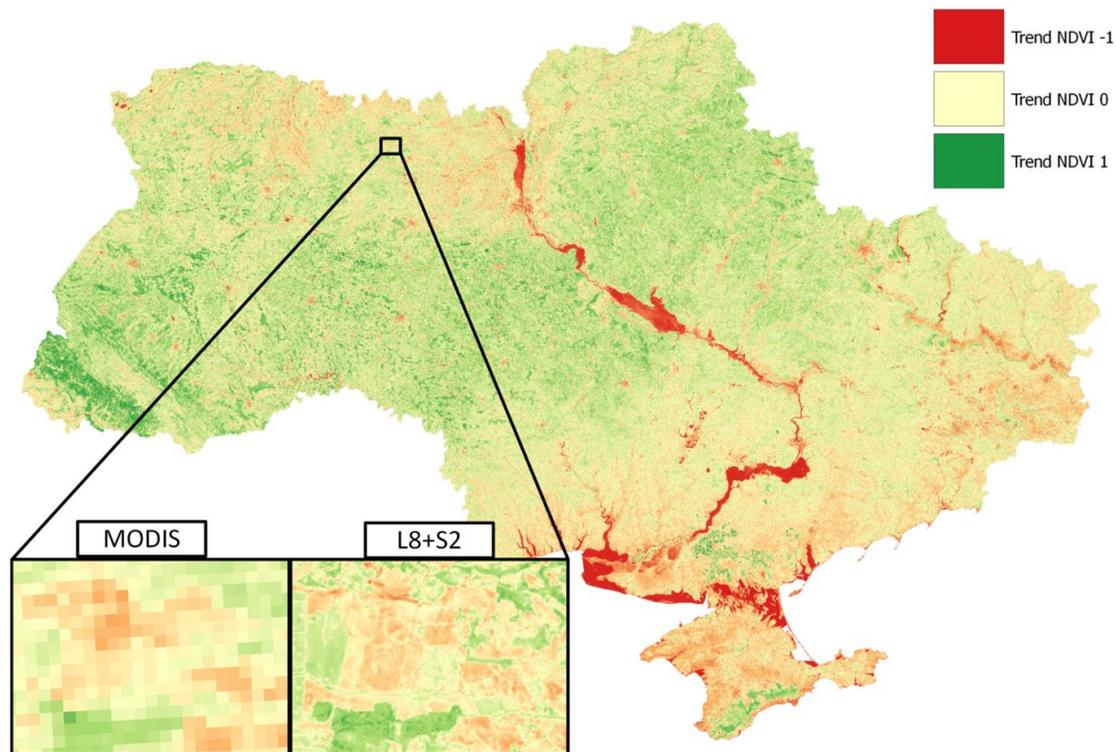


# Методологія

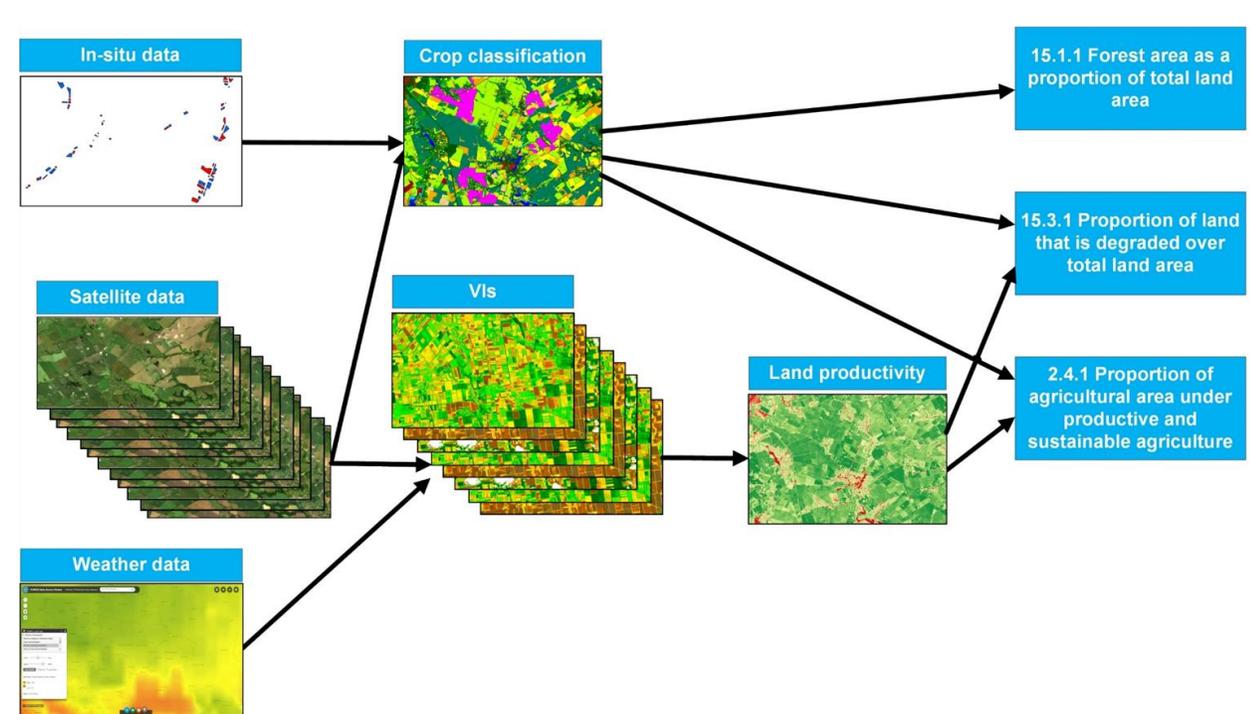
- Оцінка деградації землі - цілі сталого розвитку 15 «Життя на землі» та 2 «Без голоду»
- Sendai Framework індикатор - **15.3.1 “Відсоток деградованої землі до загальної площі”**. В основі правило “one out – all out” та спирається на три набори даних (карти земного покриття (LC), динаміку змін продуктивності та запас вуглецю в ґрунті).

# Методологія

## Productivity Map build by NDVI trend using Sentinel-2 and Landsat-8 satellite images



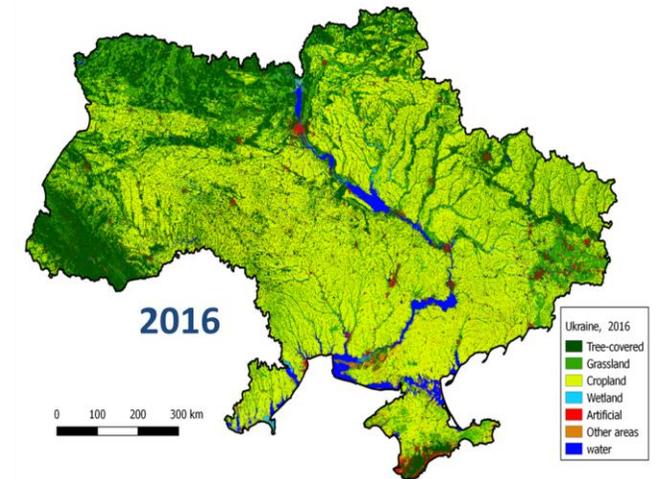
## Data Processing Chain for SDG's indicators 15.1.1, 15.3.1 and 2.4.1



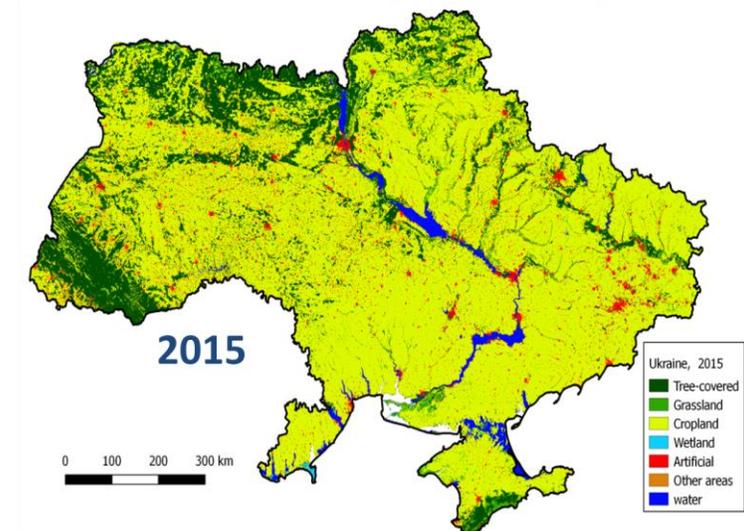
# Аналіз змін земного покриву

| Year            | Tree-covered areas   | Grassland | Cropland | Wetland | Artificial surfaces | Other areas | Water bodies |
|-----------------|----------------------|-----------|----------|---------|---------------------|-------------|--------------|
|                 | <b>Global data</b>   |           |          |         |                     |             |              |
| 2000            | 89454                | 15048     | 467170   | 633,69  | 14178               | 197,64      | 14146        |
| 2010            | 93629                | 14802     | 452650   | 690,66  | 24965               | 207,99      | 13888        |
| 2015            | 93868                | 14846     | 452130   | 696,96  | 25221               | 219,15      | 13850        |
| Net area change | 4414                 | -202      | -15040   | 63,27   | 11043               | 21,51       | -296         |
|                 | <b>National data</b> |           |          |         |                     |             |              |
| 2016            | 155740               | 117850    | 283470   | 7770,6  | 14800               | 7815,5      | 13022        |
| 2017            | 149130               | 115650    | 286480   | 7505,7  | 18497               | 9645,6      | 13584        |
| Net area change | -6610                | -2200     | 3010     | -264,9  | 3697                | 1830,1      | 562          |

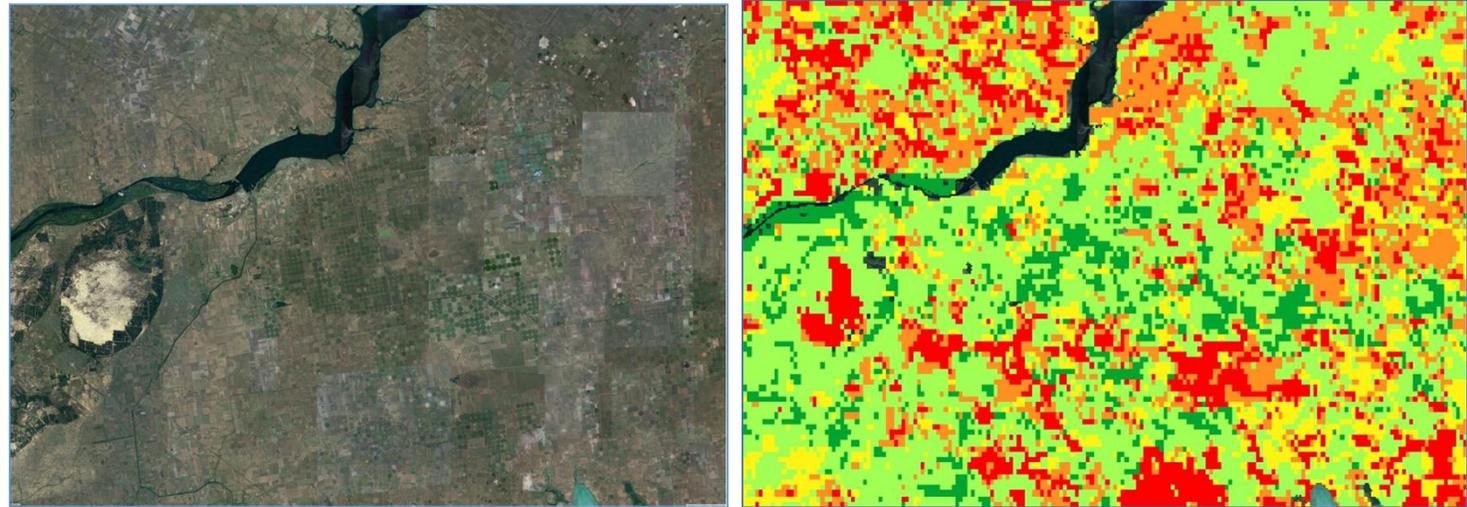
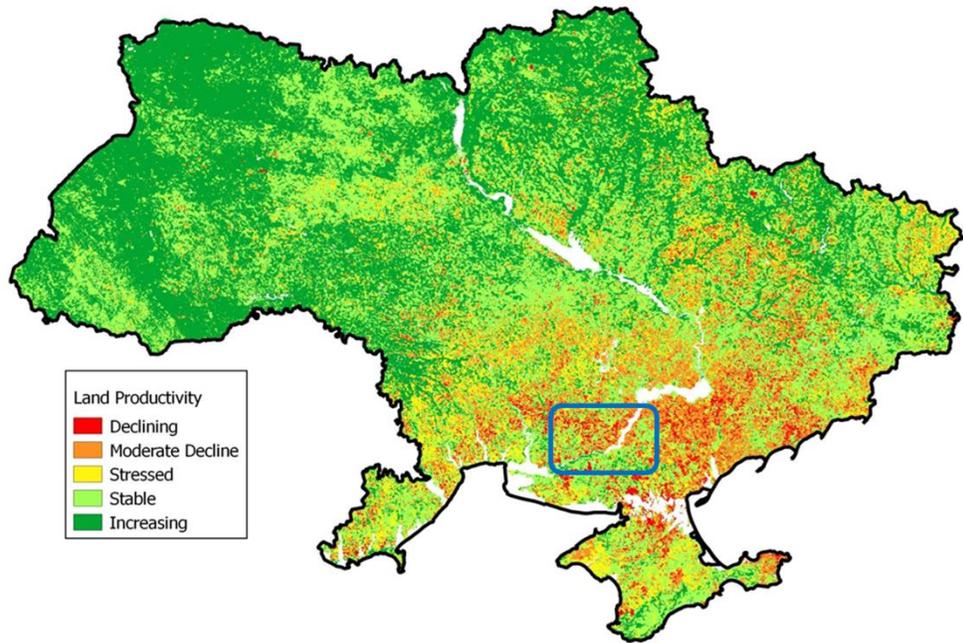
National land cover maps (SRI), 30 m



Global land cover maps (ESA CCI), 300 m



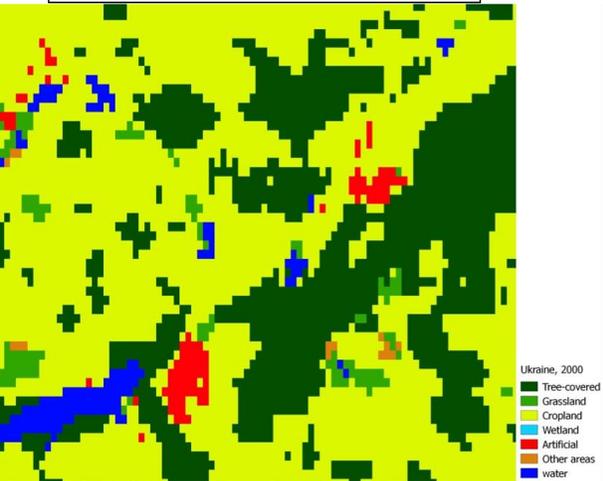
# Тренди продуктивності



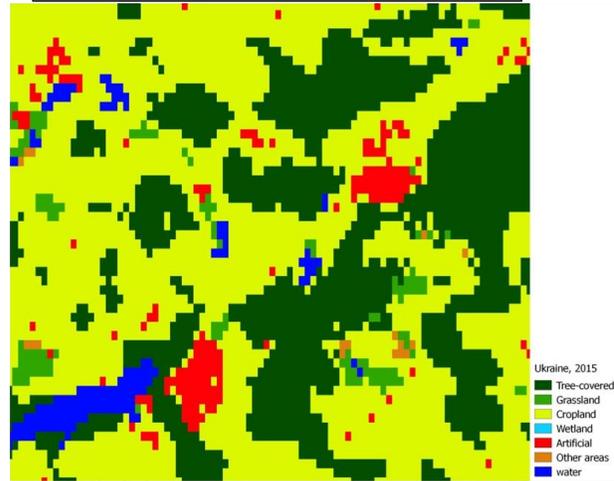
Zones of irrigated cropland

# Зміни земного покриву

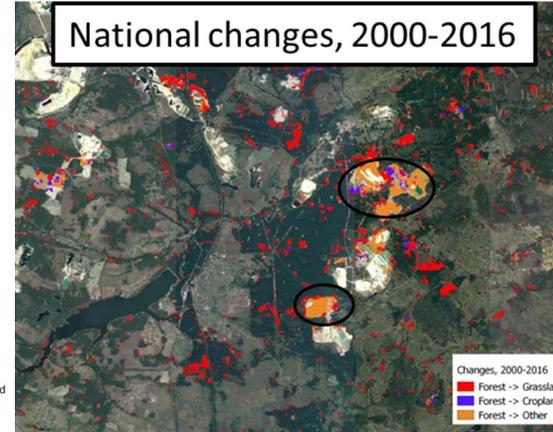
Global map, 2000



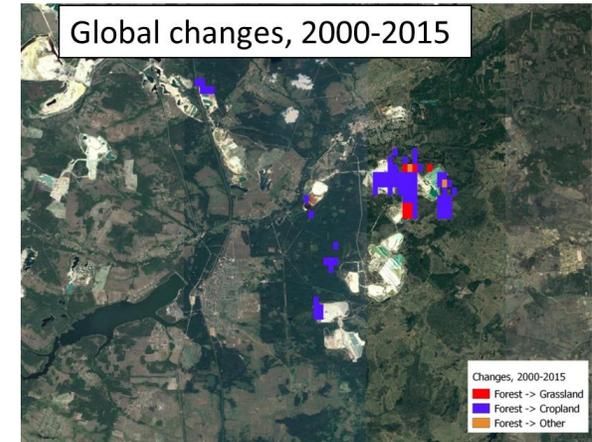
Global map, 2015



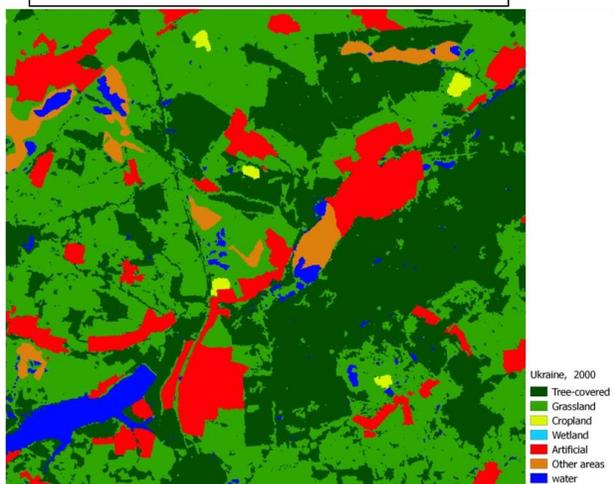
National changes, 2000-2016



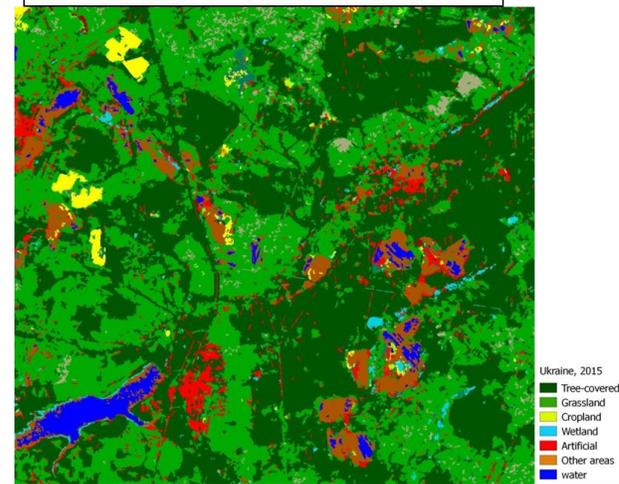
Global changes, 2000-2015



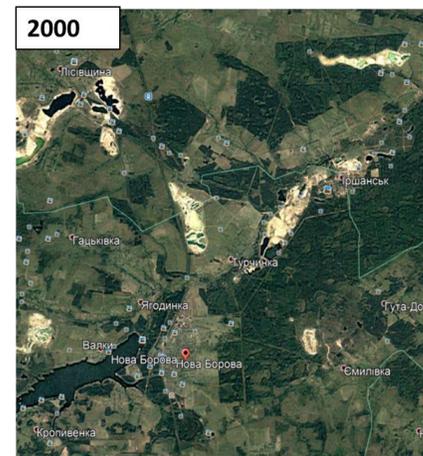
National map, 2000



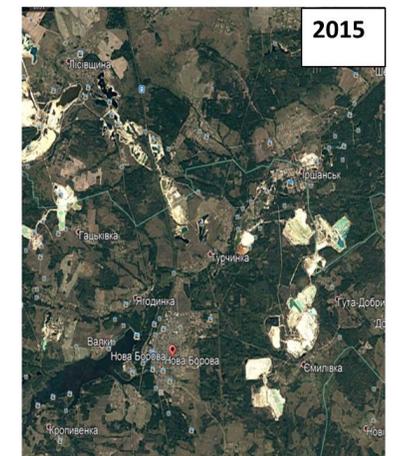
National map, 2016



2000



2015



# Результати

- Реалізовано для території України методику оцінки ступеня деградації землі відповідно до методики обчислення SDG 15.3.1
- Проведено порівняльний аналіз глобальних та національних наборів даних
- До 25% території України мають ознаки деградації
- Налагоджено співробітництво в Мін екології (меморандум про співпрацю від 7/03/18)– отримані результати використані у національному звітуванні 2000-2015
- Результати представлено на міжнародній конференції AGU (грудень, 2018, Вашингтон, США) - «Land Degradation Monitoring with Global and National Datasets - Ukrainian Use-case» Kolotii A., Kussul N., Lavreniuk M., Yailymov B., Rakoid O., Kolmaz Y.