

Київський національний університет будівництва і архітектури

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики та фотограмметрії

Атестаційна випускна робота

на тему:

Моделювання міських руйнувань Маріуполя за допомогою
дистанційного зондування та машинного навчання

Виконав:

Студент групи ГСТм-22

Мічкін Олександр Дмитрович

Керівник:

доц. Гебрин-Байди Лілія Василівна

Мета, завдання та предмет дослідження

Мета

Розробка методики ідентифікації та аналізу руйнувань в урбанізованих територіях на основі синтезу даних дистанційного зондування та алгоритмів машинного навчання.

Предмет дослідження

- 1) Методи та технології ДЗЗ (мультиспектральне сканування та радарні дані)
- 2) Алгоритми машинного навчання (Random Forest).

Завдання

- 1) Аналіз існуючих технік виявлення руйнувань
- 2) Розробка методології комбінування оптичних та радарних даних
- 3) Створення та навчання алгоритмів машинного навчання
- 4) Проведення валідації розробленої методики
- 5) Розробка рекомендацій для застосування розробленої методики

Об'єкт дослідження – Маріуполь



За даними UNOSAT, станом на середину 2022 року, **5647** будівель було пошкоджено з яких **315** було зруйновано.

Населення - 492 176 осіб. (2001)
Після припинення бойових дій населення міста скоротилось **в 4 рази**

Результати дослідження



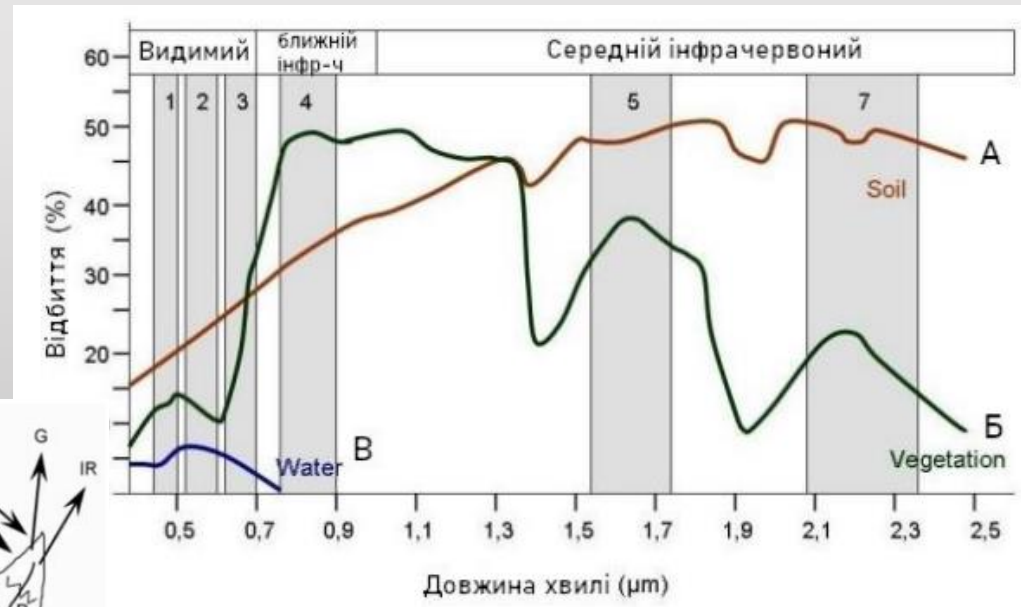
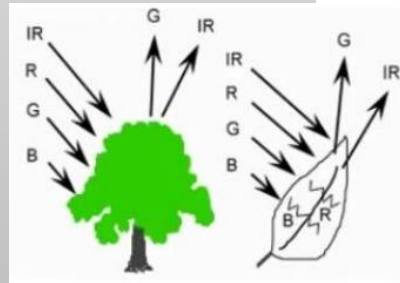
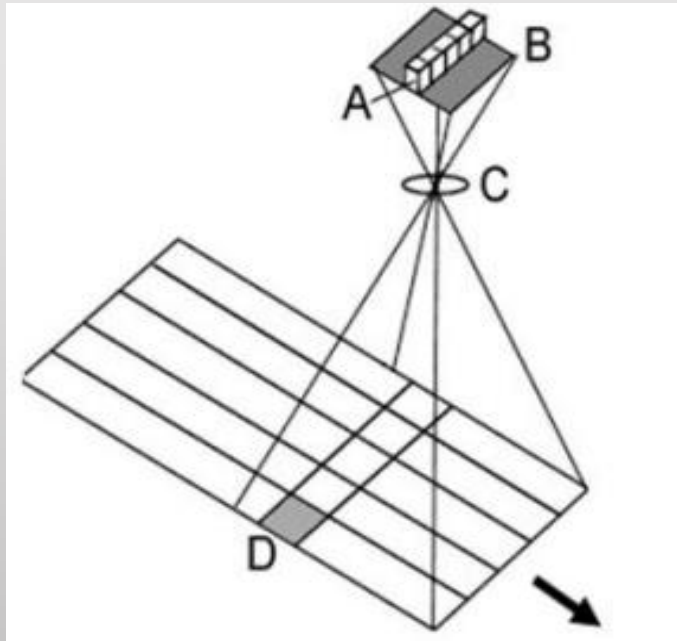
1. **Алгоритм** виконання класифікації земної поверхні на мові JavaScript у веб-сервісі Google Earth Engine;
2. **Модель** змін;
3. **Опис** змін у інфраструктурі Маріуполя по його районам

Розділ 1. Властивості даних ДЗЗ та їх застосування

Системи мультиспектрального сканування з лінійною розгорткою (push-broom) широко використовуються в оптичних супутниках таких як Sentinel, Landsat.

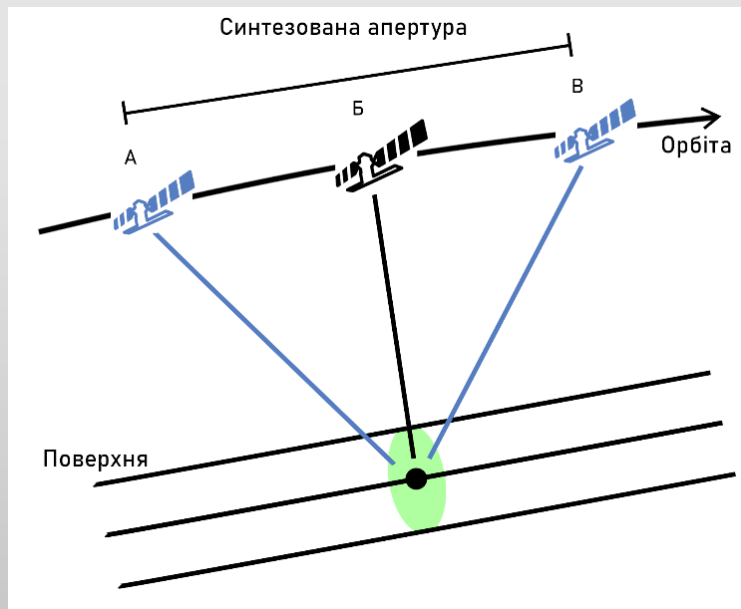
Оптичні сканери розпізнають:

- спектральні властивості
- хімічний склад
- матеріал поверхні



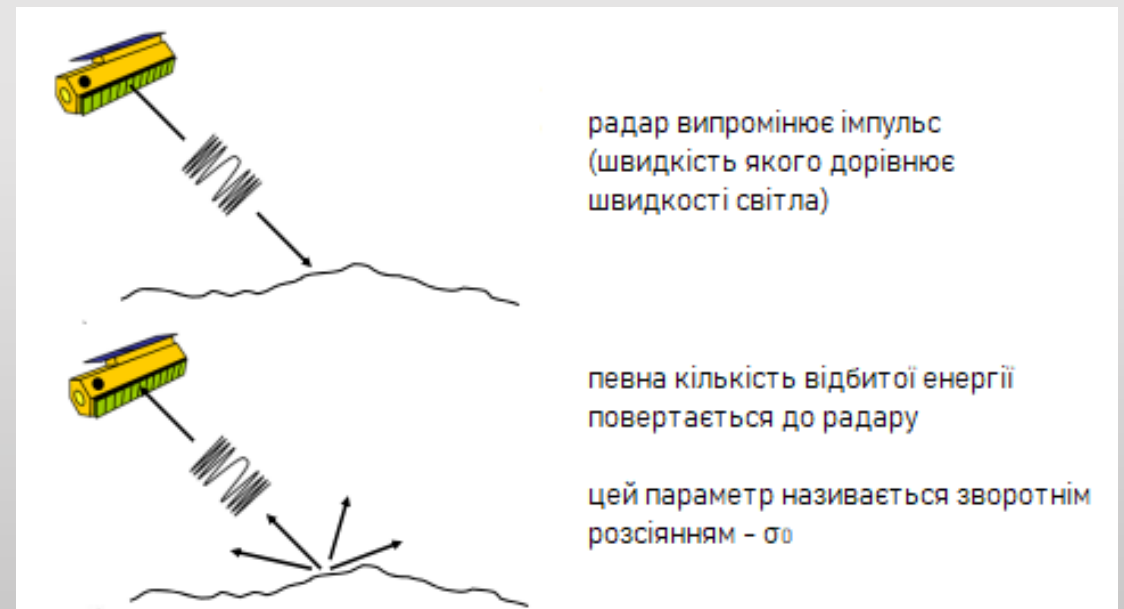
Розділ 1. Властивості даних ДЗЗ та їх застосування

Радар з синтезованою апертурою (SAR) – використовує відносно малу антену, але завдяки просунутим методам отримання та обробки даних, система імітує можливості більшої антени.



Радаром можна виміряти такі параметри як:

- відстань
- кут нахилу
- шорсткість
- електропровідність поверхні.



Розділ 1. Супутникові системи Sentinel

Sentinel-1 – радарна платформа для отримання GRD (Ground Range Detected) сцен.

- Роздільна здатність – 10м
- 4 поляризаційних каналів ['VV'], ['HH'], ['VV', 'VH'], ['HH', 'HV']
- Мінімальний вплив погодних умов

Sentinel-2 – оптична, мультиспектральна платформа для отримання кольорових знімків.

- Роздільна здатність – 10-60м.
- 12 спектральних каналів (у діапазоні від 443нм до 2190нм довжини хвилі)

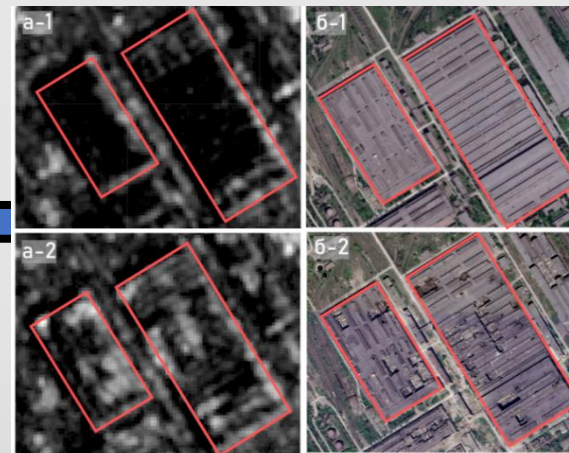


Розділ 2. Метод інтеграції даних

Оптичні дані Sentinel-2
Зміни у кольорі

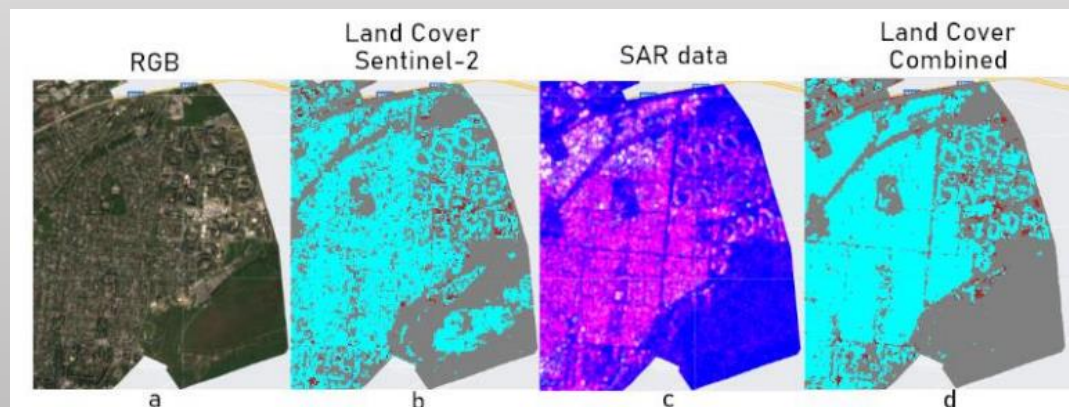


Радарні дані Sentinel-1
Зміни у структурі



Google Earth Engine

Інтеграція двох типів даних дозволить покращити точність алгоритму класифікації.



Розділ 2. Класифікатор Random Forest

Фрагмент коду класифікації оптичних даних з розрахованим індексом NDBI

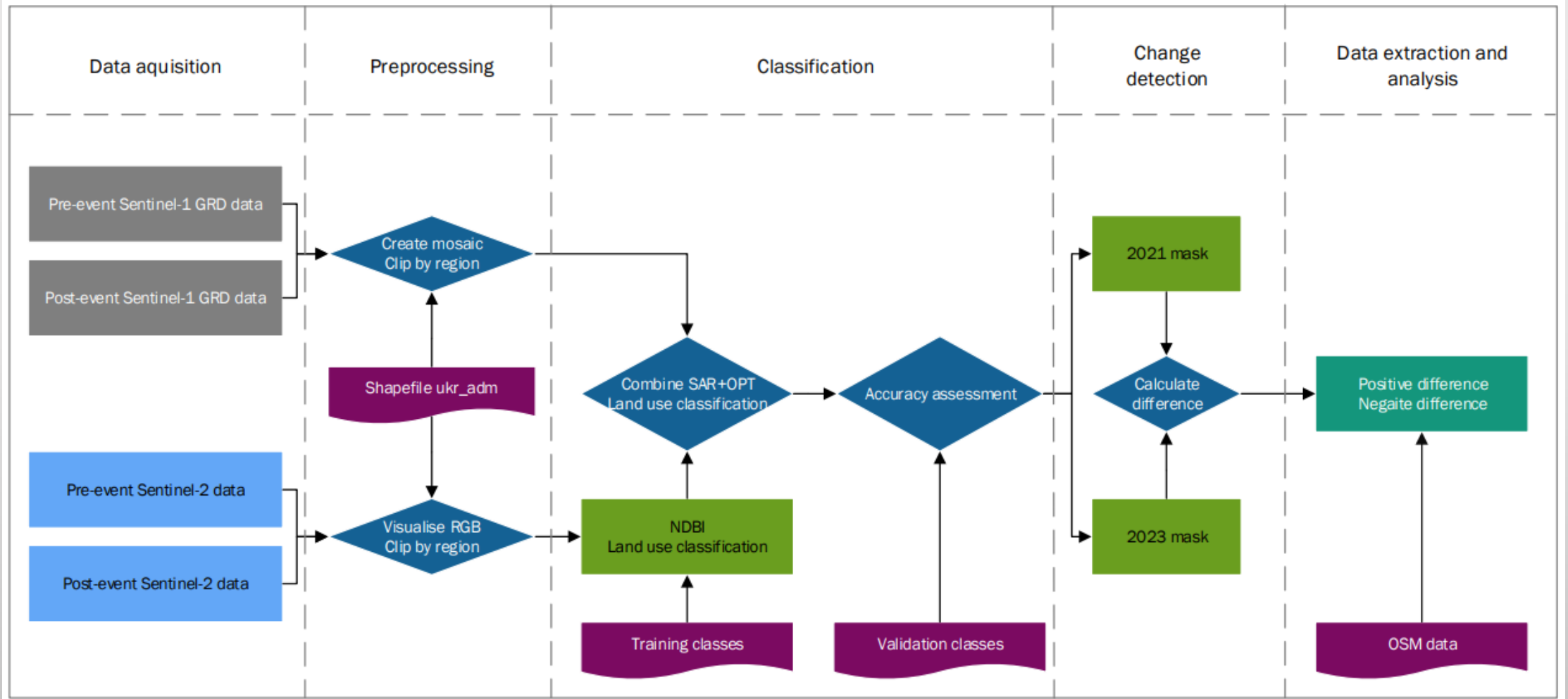
```
var bandsS2 = ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7', 'B8', 'NDBI'];
var trainS2 = ndbicompile.select(bandsS2).sampleRegions({
  collection: features,
  properties: ['landcover'],
  scale: 10
});
var classifierS2 = ee.Classifier.smileRandomForest(50).train({
  features: trainS2,
  classProperty: 'landcover',
  inputProperties: bandsS2
});
var classifiedS2 = ndbicompile.select(bandsS2).classify(classifierS2);
```

Для класифікації використаний **метод випадкових лісів (Random Forest)**.

Перевагами алгоритму випадкових лісів є:

- ефективність обробки даних із великою кількістю ознак,
- нечутливість до масштабування даних,
- багатопоточність,
- відсутність проблеми перенавчання
- простота застосування

Розділ 2. Концептуальна схема



Розділ 3. Вихідні дані

Параметри знімків які доступні у GEE:

Супутник	Назва	Тип даних	Опис
Sentinel-2	GENERATION_TIME	String	Дата зйомки у форматі YYYY-MM-DD
Sentinel-2	CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE	Double	Захмареність знімку у відсотках
Sentinel-1	resolution_meters	Double	Роздільна здатність у метрах
Sentinel-1	instrumentMode	String	Режим зйомки інструменту: [IW], [EW], [SM]
Sentinel-1	transmitterReceiverPolarisation	String_list	Тип поляризації: ['VV'], ['HH'], ['VV', 'VH'], ['HH', 'HV']

Оптичні

- 2021.07.27 та 2023.07.17
- Літній період року - низька хмарність
- Інтервал 720 днів.

Радарні

- 2021.11.16 та 2023.10.25
- Осінній період року – менше рослинності
- Інтервал 708 днів.
- Параметр орбіти - 'Descending' (з півночі на південь)

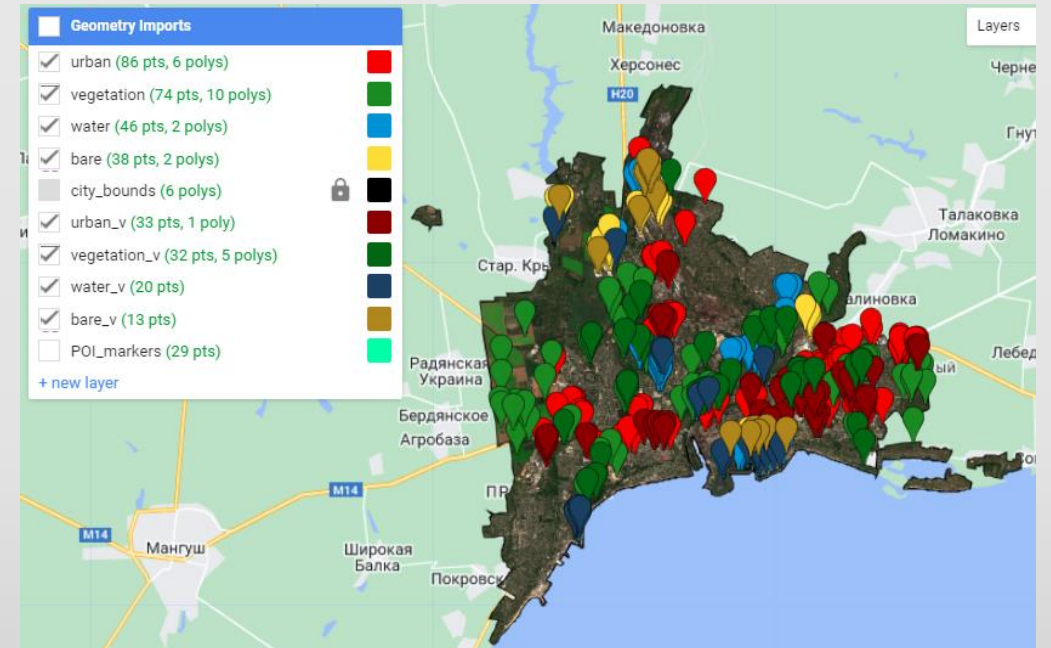
[!] Знімки Sentinel 1 та Sentinel 2 отримані через каталог GEE вже **попередньо оброблені**.

Розділ 3. Тренувальні та валідаційні класи

Поверхню поділено на 4 класи:

- будова
- вегетація
- водні поверхні
- відкриті гірські породи, ґрунти, піски

Класи	Назва	'landcover'	Кількість точок	Кількість полігонів
Тренувальні	Urban	1	86	6
	Vegetation	2	74	10
	Water	3	46	2
	Bare	4	38	2
Валідаційні	Urban_v	1	33	1
	Vegetation_v	2	32	-
	Water_v	3	20	-
	Bare_v	4	13	-



Обрані **незмінні** протягом часу точки, наприклад будівлі які вціліли, поля які не були забудовані тощо.

Використовується один набір класів для обох проміжків часу

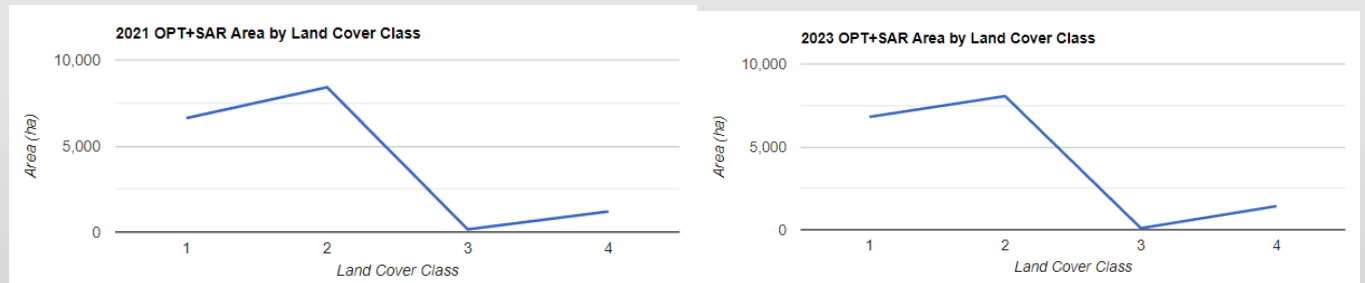
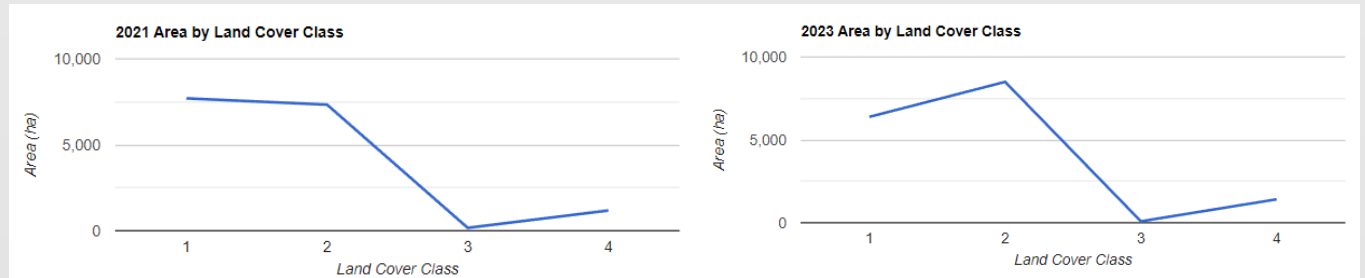
Розділ 3. Статистичний аналіз змін у забудові

Табл. 3.4 Sentinel-2

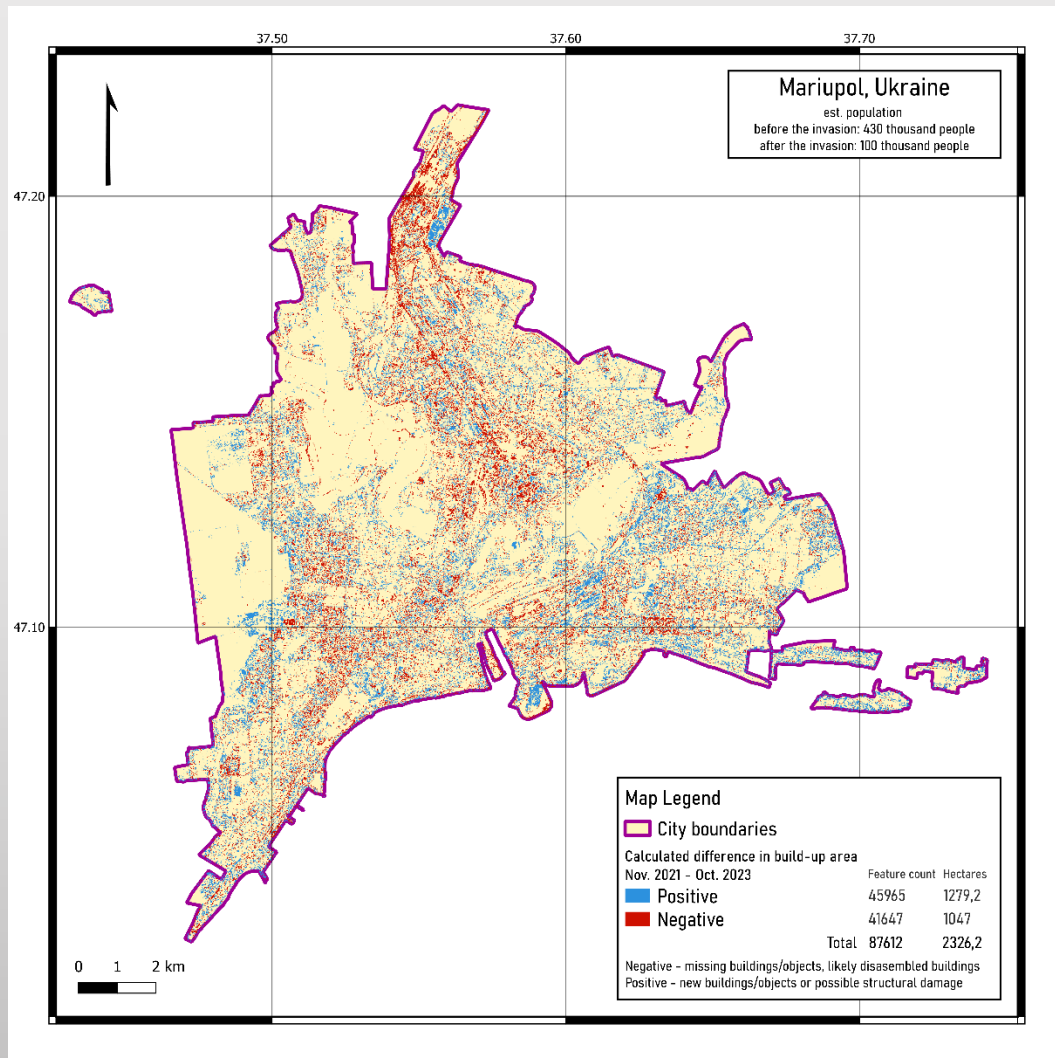
Клас	Площа на 2021, га	Площа на 2023, га	Різниця, га
urban	7703,4	6386,3	- 1317,1 (- 17,1 %)
vegetation	7335,8	8496,5	+ 1160,7 (+ 15,8 %)
water	164,7	85,2	- 79,5 (- 48,2 %)
bare	1176,2	1412,1	+ 235,9 (+ 20,1 %)

Табл. 3.5 Sentinel-1 + Sentinel-2

Клас	Площа на 2021, га	Площа на 2023, га	Різниця, га
urban	6621,4	6806,1	+ 184,7 (+ 2,8 %)
vegetation	8412,7	8059,6	- 353,1 (- 4,2 %)
water	153,9	91,2	- 62,7 (- 40,7 %)
bare	1192,0	1423,2	+ 231,2 (+ 19,4 %)

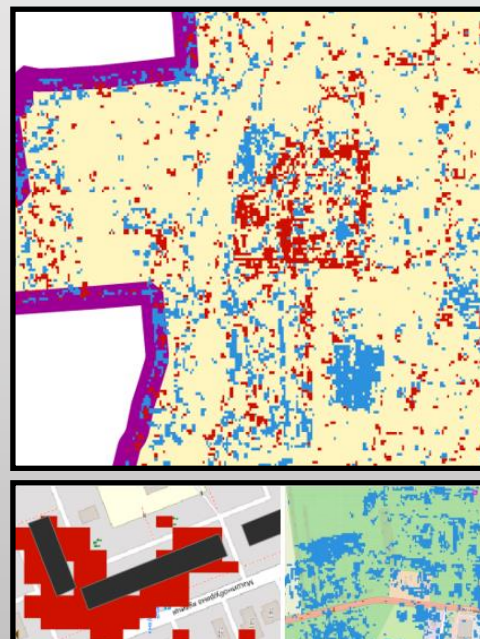


Розділ 4. Результати, модель змін



На моделі зафіксовані **позитивні** та **негативні** зміни.

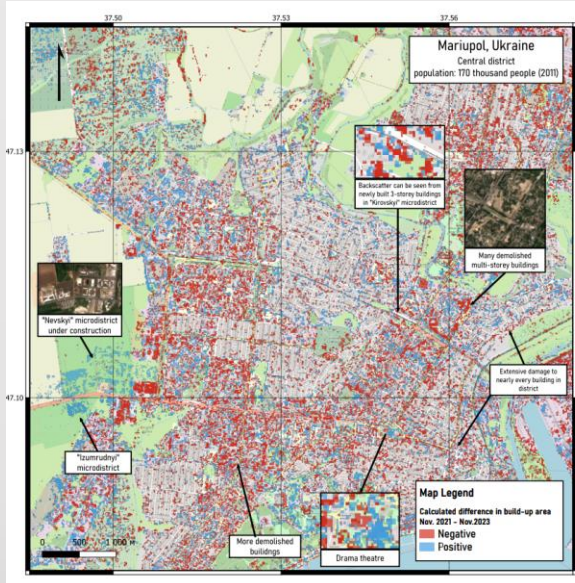
- зміни у інфраструктурі міста
- **знесені** та **новозбудовані** будинки
- пошкодженні секції будівель
- нові та відсутні об'єкти
- відбиття спровоковане невеликою зміною кута спостереження



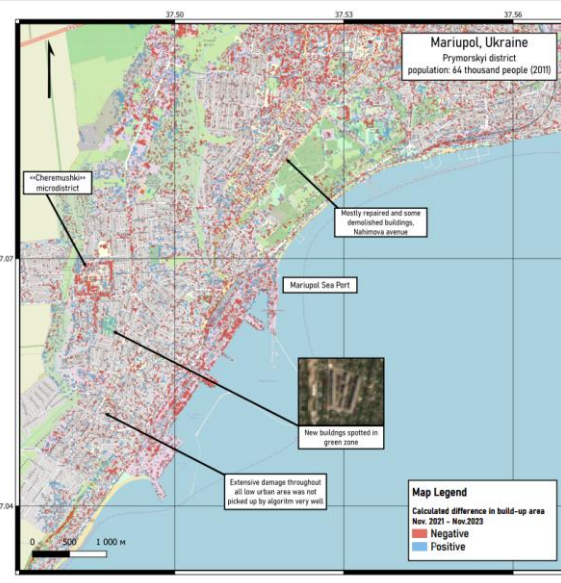
Всього було зафіксовано **82894** окремих змін, (45965 позитивних, 41647 негативних) на сумарну площу **2326,2 га**.

Зміни поза індустріальними зонами становлять:
681 га – негативних,
917 га – позитивних.

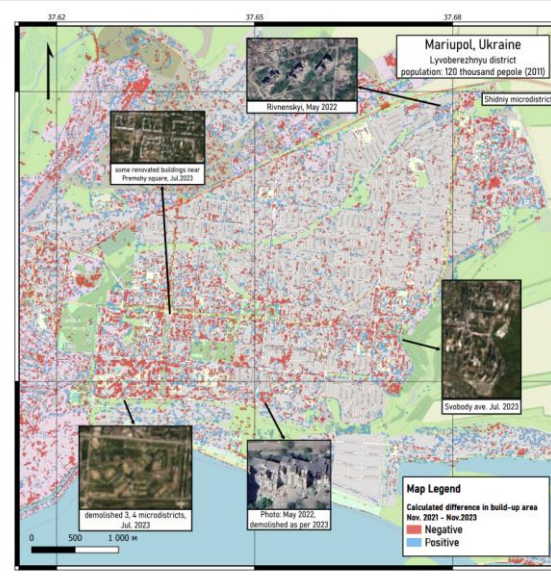
Розділ 4. Моніторинг результатів для окремих районів Маріуполя



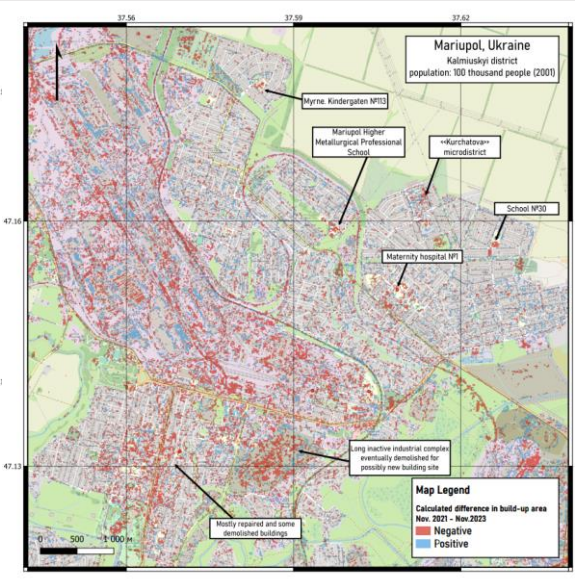
Центральний р-н



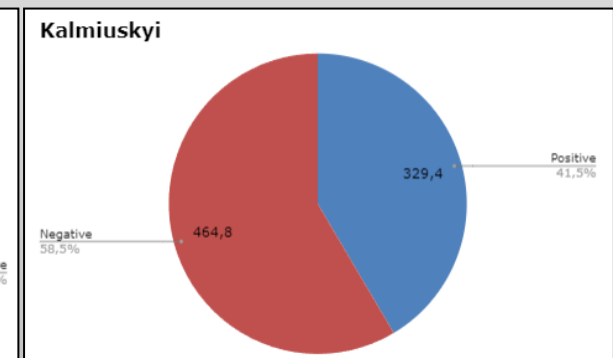
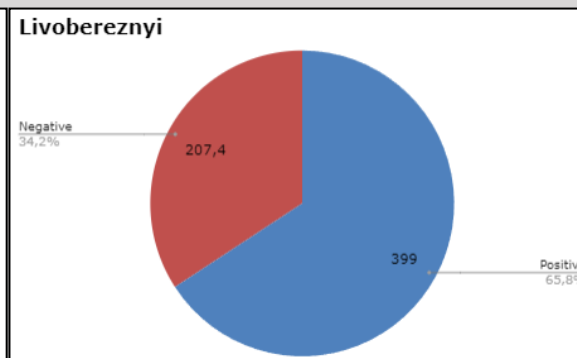
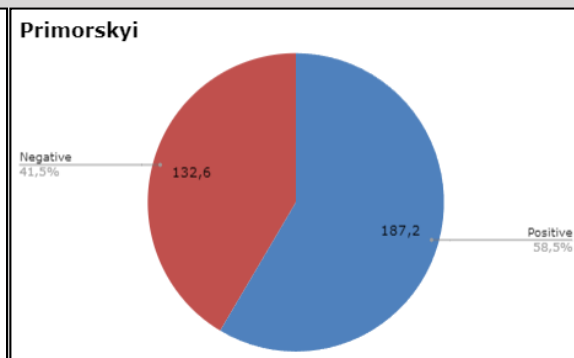
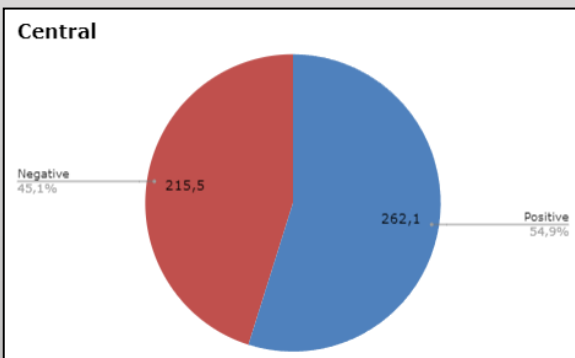
Приморський р-н



Лівобережний р-н



Кальміуський р-н



Розділ 4. Оцінка точності

Для оцінки точності використовувалась **матриця похибок** та **статистичне значення Каппа**.

```
var testErrorMatrix = validated.errorMatrix('landcover',  
'classification');  
var kappa = testErrorMatrix.kappa();
```

[!] Для оцінки точності використані **валідаційні класи**.

```
S2 2021 Validation error matrix: OPT SAR 2021 Validation error matrix:  
List (5 elements)                List (5 elements)  
  ▶0: [0,0,0,0,0]                 ▶0: [0,0,0,0,0]  
  ▶1: [0,468,37,0,11]             ▶1: [0,722,6,0,8]  
  ▶2: [0,344,11112,0,0]           ▶2: [0,0,16796,0,5]  
  ▶3: [0,2,0,18,0]                ▶3: [0,0,0,20,0]  
  ▶4: [0,1,0,0,12]                ▶4: [0,0,0,0,13]  
  
S2 2023 Validation error matrix: OPT SAR 2023 Validation error matrix:  
List (5 elements)                List (5 elements)  
  ▶0: [0,0,0,0,0]                 ▶0: [0,0,0,0,0]  
  ▶1: [0,438,64,0,14]             ▶1: [0,712,9,0,15]  
  ▶2: [0,32,11313,0,111]          ▶2: [0,2,16778,0,21]  
  ▶3: [0,2,0,18,0]                ▶3: [0,4,0,16,0]  
  ▶4: [0,1,0,0,12]                ▶4: [0,0,2,0,11]
```

Класифікатор	Загальна точність	Каппа
2021 Sentinel 2	0,97	0,70
2023 Sentinel 2	0,98	0,80
2021 Sentinel 1 + Sentinel 2	0.99	0.98
2023 Sentinel 1 + Sentinel 2	0.99	0.96

Інтеграція оптичних даних та радарних **ПОЗИТИВНО** відобразилась на точності класифікації земного покриву.

Висновки

- Створений алгоритм для аналізу супутникових зображень з метою ідентифікації змін у забудові міста
- Доведено що синтез двох типів даних позитивно впливає на точність класифікації поверхні
- Створена модель на якій ідентифіковано позитивні та негативні зміни у інфраструктурі Маріуполя
- Проаналізовані зміни у інфраструктурі міста