

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНОЇ ГЕОДЕЗІЇ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри,

д. ф. - м. н., професор

_____ Желєзняк О.О.

« ___ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»
ЗА ОПП «ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

Тема: «Космічний моніторинг забудови території міста Києва»

Виконавець: студентка групи ГС-208М Ільченко Катерина Володимирівна

Керівник: к. ф.-м. н., старший дослідник Великодський Юрій Іванович

Нормоконтролер: к. ф.-м. н., старший дослідник Великодський Ю.І.

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра аерокосмічної геодезії

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітньо-професійна програма «Геоінформаційні системи і технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. ф. - м. н., професор

_____ Желізняк О.О.

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Ільченко Катерини Володимирівни

1. Тема роботи: «Космічний моніторинг забудови території міста Києва» затверджена наказом ректора № 2499/ст від «25» жовтня 2019 р.
2. Термін виконання роботи: з «15» жовтня 2019 року по «29» грудня 2019 р.
3. Вихідні дані роботи: статистичні дані про екологічний стан міста Києва, дані про місця проблемної забудови території міста, дані сервісу Google Earth Engine, дані сервісу Google Earth Pro.
4. Зміст пояснювальної записки: проблематика забудови земель міста Києва; пошук оптимальних способів моніторингу забудови території міста Києва; аналіз масштабів забудови міста Києва з використанням можливостей сервісу Google Earth Engine.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Опрацювання літератури щодо проблематики забудови міста Києва	26.10.2019-31.10.2019	
2	Пошук оптимального способу моніторингу забудови території міста	02.11.2019-08.11.2019	
3	Написання теоретичної частини, підкріпленої графічним матеріалом	10.11.2019-19.11.2019	
4	Вивчення можливостей сервісу Google Earth Engine	20.11.2019-24.11.2019	
5	Підбір вхідних даних за конкретними критеріями	26.11.2019-29.11.2019	
6	Розроблення алгоритму програми класифікації знімків	01.12.2019-09.12.2019	
7	Побудова зображення масштабів забудови території міста Києва	10.12.2019-17.12.2019	
8	Опрацювання матеріалів за результатом виконання програм	18.12.2019-22.12.2019	
9	Написання вступу та висновків	24.12.2019	
10	Оформлення роботи	25.12.2019	
11	Розробка презентації	27.12.2019	
12	Написання доповіді	28.12.2019	

7. Дата видачі завдання: « ___ » _____ 2019 р.

Керівник дипломної роботи _____

(підпис керівника)

Великодський Ю.І.

Завдання прийняла до виконання _____

(підпис виконавця)

студентка Ільченко К.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Космічний моніторинг забудови території міста Києва»: 103 сторінки, 38 рисунків, 2 таблиці, 42 літературних джерел.

ЗАБУДОВА, ЗНИЩЕННЯ ЗЕЛЕНИХ ЗОН, МОНІТОРИНГ, КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, КЛАСИФІКАЦІЯ, СУПУТНИКОВІ ЗНІМКИ, GOOGLE EARTH ENGINE.

Об'єкт дослідження: територія міста Києва. Предметом є її зміна за рахунок забудови, в тому числі неспланованої та незаконної.

Мета дипломної роботи: визначення проблем та встановлення масштабів забудови території міста Києва за допомогою методів космічного моніторингу.

Методи дослідження: обробка літературних джерел, застосування методів класифікації для візуалізації масштабів забудови території міста Києва, використання платформи Google Earth Engine для виконання класифікації та порівняння її результатів, аналіз отриманих даних, виконання певних розрахунків на основі отриманих даних.

Результатом виконання роботи є створений алгоритм виконання класифікації знімків супутників Landsat 7 і Sentinel-2 за допомогою платформи Google Earth Engine, отримані зображення масштабів забудови території міста Києва за 2000 - 2019 роки та наочний аналіз отриманих результатів, обрахований відсоток зменшення площі зелених зон, і рослинності загалом, у місті Києві за період 2000-2019 років.

Дані, отримані у результаті виконання роботи, можна використовувати для аналізу забудови міста Києва та для впровадження необхідних заходів щодо запобігання виникненню непоправних наслідків безконтрольного містобудування.

Застосовані методи та технології рекомендується використовувати в наукових та організаційно-правових цілях, а також, для отримання більш точних результатів, визначений алгоритм класифікації слід виконати за допомогою супутникових знімків з більшою роздільною здатністю.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМАТИКА ЗАБУДОВИ ЗЕМЕЛЬ МІСТА КИЄВА.....	10
1.1. Історичні аспекти забудови території міста Києва.....	10
1.2. Забудова та руйнування пам'яток архітектури та містобудування.....	14
1.3. Проблеми знищення зелених зон міста Києва шляхом забудови.....	25
1.4. Екологічні наслідки забудови та можливі варіанти вирішення вказаної проблеми.....	32
РОЗДІЛ 2. ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ СПОСОБІВ МОНІТОРИНГУ ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЇ МІСТА КИЄВА.....	43
2.1. Моніторинг, види моніторингу.....	43
2.2. Способи аналізу космічного моніторингу.....	45
2.3. Класифікація, як один з кращих способів аналізу супутникових знімків при опрацюванні значних територій.....	48
2.4. Види та методи класифікації. Класифікація з учителем та без учителя.....	49
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ МАСШТАБІВ ЗАБУДОВИ МІСТА КИЄВА З ВИКОРИСТАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ СЕРВІСУ GOOGLE EARTH ENGINE.....	52
3.1. Можливості сервісу Google Earth Engine.....	52
3.2. Платформа Google Earth Engine	57
3.3. Класифікація в Google Earth Engine: можливості та алгоритм дії.....	59
3.3.1. Визначення критеріїв підбору супутникових знімків та безпосередній вибір знімків.....	60
3.3.2. Підбір оптимальної кількості класів для найкращої візуалізації даних.....	66
3.3.3. Виконання класифікації підбраного знімку.....	68
3.4. Побудова зображення масштабів забудови за період 2000-2019 років.....	75
3.4.1. Визначення алгоритму виконання.....	78

3.4.2. Аналіз отриманої інформації.....	81
3.4.3. Розрахунок скорочення площі рослинності за період 2000-2019 роки.....	86
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	91
ДОДАТОК А.....	96
ДОДАТОК Б.....	99
ДОДАТОК В.....	102

ВСТУП

З огляду на те, що в світі, і в Україні зокрема, процес урбанізації йде шаленими темпами, станом на сьогоднішній день вивчення забудови великих міст є важливим. З кожним роком кількість населення міст збільшується, «нові» містяни потребують житла, а тому і забудова розвивається, і є чи не одним з найприбутковіших видів бізнесу.

Проте, якщо розглядати велике місто, столицю нашої держави - місто Київ, то можна відзначити, що вільного місця для забудови не так і багато. Через це «нечесні» забудовники використовують не зовсім правомірні шляхи для зведення нових «висоток». Для прикладу, не рідко зустрічаються випадки знищення парків, скверів, лісів, водних об'єктів, а також будівель історико-культурного значення, на яких швидкими темпами з'являються нові будівлі. Але ж без зон рекреації значно погіршується якість життя і, як наслідок, здоров'я всіх мешканців міста.

А тому враховуючи викладене вище можна стверджувати, що вивчення забудови, в тому числі і масштабів забудови міста Києва, є надзвичайно актуальним. І дана дипломна робота охоплює питання, які мають практичне і важливе значення.

З розвитком науки і техніки з'явилась можливість тримати ситуацію із масштабами забудови під контролем. Саме для цього використовуються супутникові технології, дані дистанційного зондування Землі. Вони дозволяють, навіть в режимі реального часу, відслідковувати всі зміни з боку забудування певних територій, і реагувати належним чином на незаконне втручання.

Отже, в дипломній роботі був проведений ретельний аналіз забудови території міста Києва з використанням даних платформи Google Earth Engine. Використовувались знімки за різні часові періоди, що також є перевагою застосування супутникових технологій.

Так, метою дипломної роботи є визначення проблем та встановлення масштабів забудови території міста Києва за допомогою методів космічного моніторингу, а також аналіз отриманих результатів.

Завдання роботи полягає у опрацюванні історичних аспектів та визначення найбільших проблем забудови міста Києва, визначенні основних методів моніторингу забудови та вибір найоптимальнішого, виконанні класифікації супутникових знімків за різні часові періоди засобами Google Earth Engine, побудові та аналізі зображення масштабів забудови території міста Києва за 2000-2019 роки.

Об'єктом дослідження є територія міста Києва. Предметом є її зміна за рахунок забудови, в тому числі неспланованої та незаконної.

Дослідження проводилось за допомогою даних платформи Google Earth Engine, а саме: колекцій супутникових знімків супутників Landsat 7 і Sentinel-2, на основі яких і було побудовано класифікації, що використовувались для отримання масштабів забудови міста Києва.

В процесі виконання дипломної роботи було використано таке програмне забезпечення: для написання програми, що здійснювала класифікацію підібраних супутникових знімків, а також програми, що порівнювала класифікації і визначала масштаби забудови території міста Києва, використовувалась платформа Google Earth Engine, а саме її функціонал - Code Editor; для аналізу отриманих результатів та визначення коректності роботи написаних програм - використовувалось програмне забезпечення - Google Earth Pro.

В даній роботі описуються проблеми забудови території міста Києва, шляхи їх моніторингу, та способи аналізу результатів моніторингу. Роботою пропонується застосовувати метод класифікації для оцінки масштабів забудови, а саме: порівнювати класифікації супутникових знімків за різні часові періоди. Результатом зазначеного порівняння є певне зображення на якому візуально представлені забудовані території.

Результати виконання дипломної роботи можна використовувати для розробки заходів спрямованих на охорону зон рекреації, історико-культурних та природоохоронних зон. Вказані дані пропонуються для використання органами державної влади та місцевого самоврядування, правоохоронними органами, громадськими активістами та організаціями. Отримана інформація та зображення масштабів забудови території міста Києва є зрозумілим та простим у використанні, і,

водночас, змістовно наповненим та інформативним. Крім того отримані дані є актуальними. Також інформація супутникових знімків є доступною, тому має надзвичайно високий ступень застосування.

Варто відзначити ступінь новизни отриманих результатів. Спосіб виконання класифікації супутникових знімків за допомогою платформи Google Earth Engine, виконувався не одноразово і був представлений на широкий загал. Але у даній дипломній роботі він був вдосконалений та логічно продовжений з метою отримання не просто класифікації певної території, а також і інших практичних результатів. Крім того, метод отримання зображення масштабів забудови, а також метод розрахунку зменшення рослинного шару, були розроблені у процесі виконання дипломної роботи. І можуть використовуватись на далі із внесенням вдосконалень та інновацій.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМАТИКА ЗАБУДОВИ ЗЕМЕЛЬ МІСТА КИЄВА

1.1. Історичні аспекти забудови території міста Києва

Стратегія забудови Києва за минуле століття змінювалася щонайменше 4 рази. Перехід від капіталістичної забудови до конструктивізму у 20-х, який тривав десять років, відхід від конструктивізму та становлення сталінського ампіру у 30-х, постанова про архітектурні надмірності та «відлига» і звільнення від контролю забудови після розвалу СРСР. Ці архітектурні коливання залишили слід в містах та призвели до нинішньої ситуації.[1]

Під час забудови Києва у радянські часи були окремі випадки ігнорування історичного середовища, для прикладу споруда напроти театру опери. Забудова нових районів здійснювалась відповідно до планів, в яких розрахунки проводились до сантиметра. Звичайно, багато параметрів, таких як площа проживання на одного або кількість обслуговуючих закладів, були невідповідними. Тим часом оптимальними можна назвати норму озеленення та розстановку будинків.

Починаючи з 1936 року Київ живе документами, які планують розвиток міста на декілька десятків років. Їх створенням займалися державні проектні організації – Діпромiсто, Київпроект. Перший генплан розроблено 1936 року, другий – у 1946-47 роках, решта – 1966 та 1986 року. За часів незалежності було продовжено розробку генпланів. Генеральний план ідеально пристосований до командно-адміністративної економіки, при капіталізмі він втрачає сенс – місто постійно вносить зміни в план за вимогами забудовників. За допомогою генеральних планів Київ має нинішню структуру – великі житлові комплекси з поганим забезпеченням транспорту, мертві території промзон, транспортна схема централізована на метрополітені.

Декілька організацій здійснювали проектування Києва – здебільшого це були «Київпроект», «Діпромiсто» та «КиївЗНДЦЕП». Типове рішення масиву 60-х або 70-х років – основа забудови з багатосекційних п'яти- або дев'ятиповерхівок та акценти у вигляді крапкової вежі до 16 поверхів. На перших поверхах або у окремих комплексах

– декілька магазини, заклади побуту. В центрі масиву – парк з кінотеатром, палац піонерів, зазвичай – трамвайне кільце. За такими планами збудовані Воскресенка, Відрадний, Залізничний, Лісовий масиви, Русанівка, Березняки. Дещо пізніше та більше у розмірах – Оболонь, Борщагівка, Виноградар. У 80-х розпочали будівництво з вищою кількістю поверхів – найвищий становив 24 поверхи. Так збудовані Троєщина, Позняки, Осокорки, Біличі, Теремки-1 [1].



Рис. 1.1. Генеральний план Києва 1966 року [1]

Радянські архітектори залишали багато вільного місця у мікрорайонах тогочасних масивів. Ці місця резервувалися під громадські споруди – гуртки юних техніків, кіноконцертні зали, спорткомплекси. Занадто низький відсоток цих споруд таки з'явилися, а більшість резервних територій через економічні негаразди межі 80-х і 90-х залишилися пустирями.

Для того, щоб вирішити одвічне «житлове питання», спочатку за командно-адміністративної економіки зводили житло, а вже згодом зводилася інфраструктура і громадські споруди. В яких, на думку тогочасної влади, радянська людина не відчувала першочергову потребу.

Проект каскадного жилого
дома на базі серії Т в
жилон районі Оболонь
(Київ). Київпроект

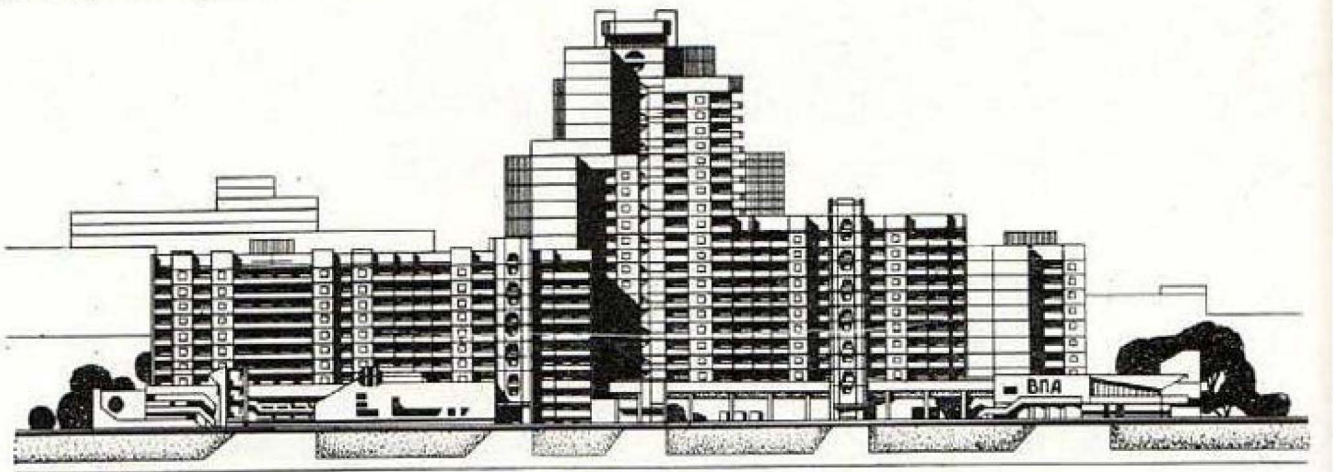


Рис. 1.2. Проект житлового будинку за «радянських» часів [1]

Громадські споруди та ступеневі панельні будинки мали постати на Оболонській набережній, на Мінській площі замість житлового комплексу мав з'явитися універмаг, на Виноградарі – концертний зал та алея-бульвар. Також територія університету у Голосієві мала бути значно більшою, але у 2000-х більшу частину вільного місця забудували житлом. На жаль, ця практика продовжується і зараз – на місці зарезервованих для шкіл майданчиків з'являються незаконні будівництва багатоповерхівок (на вулицях Драйзера і Булгакова). На думку сучасного бізнесу, житло - найбільш вигідний варіант забудови пустирів. На відміну від житла, громадські споруди не зможуть так швидко «відбити» кошти.

Території над підземними річками та колекторами також не залишилися осторонь. Впродовж 2000-х років повністю забудована долина Дарницького струмка між Харківським шосе і Празькою вулицею.

Законно збудоване житло теж не відрізняється підвищеною комфортабельністю. За останні роки багатоповерхові стіни з'явилися на Осокорках та Позняках. Ця забудова нехтує всіма нормами інсоляції приміщень та здоровим глуздом. Досить порівняти відкриті сонячним променям та краєвидами запропоновані у 80-х роках каскадні будинки на Оболоні і 25-поверхові стіни на Позняках.

За якістю різко перестало бути «елітним» нове житло наприкінці 2000-х років, перетворившись на 20-метрові комори, в той час як його презентація у якості елітного залишилась. З єдиною метою – втиснути якомога більше житла на якомога меншу ділянку, отримавши прибуток. Чим більша кількість поверхів і квадратних метрів, тим більший тиск на застарілу інфраструктуру, яку забудовники не розвивають. Забудовники заманюють інвесторів низькими цінами (менше \$1000) та немовби обладнаною територією – з парковкою (зазвичай, у подвірі, замість газонів) та дитячим майданчиком попід дорогою.

Якщо на окраїнах забудовувати можна лише вільні місця, що радянські архітектори залишили для споруд громадського значення, то у центрі міста простір для «творчості» значно ширший. Київські девелопери не грабують доведенням будинків (включаючи споруди зі статусом пам'яток) до аварійного стану, за для того, щоб потім знести їх та збудувати під виглядом «реконструкції» чергову висотку. Це, наприклад, численні новобудови на Подолі, бізнес-центр на Великій Васильківській на місці старовинного будинку, від якого лишився один фасад.

Перераховувати будівлі, на місці яких вже стоїть або може стояти черговий житловий комплекс можна довго. Старі будинки на Златоусівській та Дмитрівській, вже знесені будинки на Подолі, аварійний будинок зі зміями на Великий Житомирській. Нерідко зносяться промислові підприємства заради житлових будинків. В результаті у місті з'являється забудова з високою щільністю населення, але без належної транспортної і громадської інфраструктури. Адже розвиток транспорту і суспільної функції – не справа забудовника, йому важливіше отримати гроші від інвесторів.

Київ поступово втрачає історичну забудову, мешканцям міста залишається все менше місця для відпочинку, столиця все швидше втрачає вигляд європейського міста [1].

1.2. Забудова та руйнування пам'яток архітектури та містобудування

Містобудування та пам'ятки архітектури складають невід'ємну частину цілісного розвитку художньої культури українського народу на всіх етапах його соціального й духовного розвитку. Надбання культури кожного народу складається з цілого комплексу компонентів рухомого і нерухомого майна. Музейні колекції, які збираються століттями, книгозбірні та бібліотеки, архівні сховища - всі вони є носіями інформації щодо рухомих пам'яток історії, науки, культури, які відносяться за міжнародними конвенціями до культурних цінностей. Їх збереження має свої специфічні завдання і проблеми, пов'язані з захистом, відновленням і популяризацією. Нерухомі ж об'єкти представлені за сучасною класифікацією пам'ятками археології, історії, архітектури та містобудування, монументального мистецтва, які визначені у міжнародній практиці як культурна спадщина. Кожен з цих видів має цілком визначене місце у матеріальному оточенні міст, містечок, великих і малих поселень. Крім того, часто вони є саме тими об'єктами, де розміщуються та експонуються матеріальні цінності музеїв, бібліотек, архівів.

Серед цього розмаїття пам'яток суттєве місце займають пам'ятки архітектури та містобудування - архітектурні ансамблі і комплекси, історичні центри міст і містечок, квартали, площі, вулиці, залишки давнього планування й забудови міст та інших населених пунктів; споруди державної, воєнної, цивільної, сакральної архітектури, народного будівництва, а також пов'язані з ними твори монументального, декоративного, садово-паркового мистецтва, рукотворні ландшафти.

Кожний об'єкт культурної спадщини є унікальним, має індивідуальні особливості, що формують його історико-культурний потенціал, який є складовою національного багатства країни. Втрачений об'єкт культурної спадщини не може

бути відновлений, тому недооцінка, або несвоєчасна оцінка завдають значних матеріальних втрат для пам'ятки.

В багатьох країнах світу це вважається одним із тяжких злочинів перед суспільством. Об'єкти культурної спадщини представляють собою об'єкти нерухомого майна із зв'язаними з ними творами живопису, скульптури, декоративно-прикладного мистецтва, об'єктами науки й техніки, іншими предметами матеріальної культури, які виникли в результаті історичних подій і є свідками епох і цивілізацій, джерелами інформації про розвиток культури.

У відповідності з нормами міжнародного права кожний об'єкт культурної спадщини:

- представляє унікальну цінність для всього народу країни і є невід'ємною частиною всесвітньої культурної спадщини;
- має особливості, за якими об'єкт віднесений до культурної спадщини і які підлягають особливому збереженню;
- відзначається, як особливий вид нерухомого майна щодо якого встановлюються певні засоби реалізації права власності та використання;
- представляє об'єкт містобудівної діяльності особливого регулювання.

При цьому статус об'єкта культурної спадщини є підґрунтям для вживання заходів із забезпечення збереження об'єкта культурної спадщини при проектуванні і проведенні будівельних, меліоративних, господарських та інших робіт із землекористування.

На сьогодні в Києві досліджені, обстежені, описані, ідентифіковані, визначені 1749 пам'яток архітектури і містобудування, в т. ч. 741 об'єкт, які відносяться до типу комплексних пам'яток.

Таблиця 1.1.

Кількість пам'яток архітектури і містобудування, в т. ч. комплексних [2]

Вид пам'ятки	Кількість
Архітектури	1000
Містобудування	8
Всього	1008

Комплексні пам'ятки:	
архітектури та містобудування	3
архітектури, містобудування та історії	63
містобудування та історії	5
архітектури, містобудування, археології, історії та мистецтва	3
архітектури, містобудування, археології та історії	1
архітектури, містобудування, історії та мистецтва	2
архітектури, археології, історії, мистецтва	9
архітектури та археології	2
архітектури, археології та історії	1
архітектури і історії	563
архітектури, історії та мистецтва	51
архітектури та мистецтва	38
Всього	741
Разом	1749

Важливим критерієм історико-архітектурної цінності пам'ятки є відображення в ній найхарактерніших особливостей відповідної професійної школи чи окремих майстрів або певного стилістичного напрямку. За стилістичною класифікацією важливо керуватися загальноприйнятими у світовій науці визначеннями і враховувати особливості історичної долі української держави на різних етапах її розвитку.

Під час розгляду проблем збереження архітектурної та містобудівної спадщини міста виявляються об'єктивні протиріччя. Серед них можна назвати такі:

- між потребами благоустрою та необхідністю захисту пам'яток архітектури;
- між сучасними вимогами до якості інфраструктури і проблемами збереження пам'яток містобудування;
- між зростаючою кількістю автотранспорту та непристосованістю старої частини міста до цих потреб;

– між забрудненням довкілля й можливостями реставрації фасадів будинків, віднесених до архітектурних пам'яток;

– між необхідністю вдосконалення матеріальної бази приватизованих підприємств і необхідністю збереження пам'яток виробничої архітектури на їх територіях;

– між комерційними інтересами приватних власників і необхідністю дотримання ними умов збереження пам'яток архітектури.

Окрім неузгодженостей, що потребують вирішення на організаційному рівні, є й проблеми, які мають специфічний характер у самій системі збереження культурної спадщини міста. До них на наш погляд слід віднести:

– вразливість до впливів техногенного розвитку сучасних міст;

– невизначеність процедур із забезпечення охорони пам'яток, архітектурних ансамблів та визначних місць;

– слабе матеріально-технічне забезпечення ремонтно-реставраційних робіт щодо пам'яток архітектури в період стрімкого розвитку будівельної техніки і нових технологій;

– порушення заборони нового будівництва встановлених за законом територіях навколо пам'яток як зон охорони;

– відсутність концепції консервації пам'яток; а часто подають втрачену;

– нез'ясованість такої складової пам'ятки, як відстань часу, після якого споруда (будинки) може вважатися пам'яткою;

– нехтування такою якісною ознакою пам'ятки, як її автентичність;

– спотворення фасадів пам'яток архітектури рекламними вивісками, або частковою реконструкцією під потреби офісних центрів;

– відсутність чітких вимог до власників будинків, що веде до невиконання приватним власником вимог до забезпечення збереження архітектурних об'єктів;

– надмірне захоплення ідеями відбудови, відтворення зруйнованих пам'яток замість збереження існуючих;

– руйнування окремих пам'яток архітектури, які складають комплекс, що порушує значення історичної забудови;

– порушення новою висотною забудовою в центрі міста норм, які формують силует міста, що є невід’ємною складовою містоформуючого комплексу;

– несвоєчасне інформування громадськості про плани перспективної забудови, що свідчить про непрозорість вирішення містобудівних проблем та обмеження свободи слова в Києві.

Всі проблеми повинні вирішуватися комплексно на освітньому, мас-медійному, техніко-експлуатаційному, культурологічному і бізнесовому рівнях [2].

Управлінська діяльність у сфері охорони культурної спадщини здійснюється системою державних органів виконавчої влади, кожен з яких реалізує свою компетенцію на окремих напрямках своєї основної діяльності.

У сфері охорони культурної спадщини вищим державним органом виконавчої влади є Кабінет Міністрів України. Відповідно до статті 5 Закону України «Про охорону культурної спадщини», уповноваженим органом визначено єдиний центральний орган виконавчої влади, який повинен забезпечувати виконання покладених на нього законом повноважень (Міністерство культури, Управління охорони культурної спадщини). Однак відповідно до напрацьованої чинної нормативної бази передбачається здійснення повноважень з питань управління та контролю за збереженням, функціонуванням об’єктів культурної спадщини також і іншими відомствами.

Сучасна система державного управління в сфері охорони культурної спадщини та практика застосування пам’яткоохоронного законодавства потребують реформування системи державного менеджменту цієї галузі.

До системи органів виконавчої влади входить Державна екологічна інспекція України, створена для забезпечення реалізації державної політики із здійснення контролю у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів, додержання режиму територій та об’єктів природно-заповідного фонду, а також територій, що підлягають особливій охороні [3].

В Україні розроблені критерії оцінювання пам’яток містобудування та архітектури, всі категорії яких представлені в культурній спадщині міста Києва.

До пам'яток містобудування та ландшафтної культури відносяться: історичні міста, об'єкти садово-паркового мистецтва або їх частини, містобудівні комплекси — міські центри, монастирі, замки, садиби з їх оточенням та ін., а також окремі елементи міського планування та забудови — площі (майдани), вулиці, набережні, бульвари, квартали, окремі архітектурні ансамблі, залишки стародавнього планування, сади, парки з їх плануванням, забудовою, природними та штучними ландшафтами, які мають історико-містобудівну цінність.

При розгляді пам'яток містобудування слід визначити її цілісні у функціональному або архітектурно-планувальному відношенні частини — компоненти, з яких вони складаються. Ці компоненти, в свою чергу, містять у собі сучасну архітектуру, залишки історичного планування і різного типу забудову, тобто архітектурні та інженерні споруди. Наприклад, Києво-Печерська лавра, яка являє собою містобудівний комплекс, має такі компоненти, як територія верхньої Лаври, Дальні Печери, Ближні Печери, Гостиний двір та ін. Кожний з них на своїй території має ряд споруд (наземних, підземних), елементи історичного планування, озеленення, благоустрою, інженерного обладнання.

Пам'ятки архітектури, будь-то окремих будинок чи споруда, мають ряд специфічних ознак і відмінностей, які дозволяють їх класифікувати у певному порядку, розробленому згідно європейських стандартів. За визначеним порядком і відповідною функціональною ознакою до пам'яток архітектури належать:

- Житлові, адміністративні та громадські будинки.
- Промислово-виробничі, військово-оборонні, транспортні, інженерні споруди.
- Комунальні та складські, а також будови зв'язку, архітектурні монументи.
- Малі архітектурні форми.

Громадські споруди за спеціалізацією поділяються на:

- Лікувально-профілактичні заклади, що включають: лікарні, диспансери, санаторії, будинки санітарної освіти, ветеринарні корпуси тощо.
- Будови відпочинку та туризму: будинки відпочинку, спальні корпуси, туристські готелі, бази, мотелі, кемпінги.

– спортивні: стадіони, палаци спорту, манежи, басейни, іподроми, стрілецькі тири і т.п.

– Учбові: академії, інститути, університети, консерваторії, школи, колегіуми, семінарії, ліцеї, гімназії і т.п.

– Клубні: народні дома, палаци культури, курзали, будинки творчих спілок тощо.

– Музейні та виставкові: музеї, скансени (музеї просто неба), виставкові зали, павільйони, музеї народної архітектури тощо.

– Об'єкти побутового обслуговування: будинки побуту, мод, ательє, терми, лазні тощо.

– Торговельні об'єкти: магазини, крамниці, універсами, пасажі, ринки, аптеки, торгові ряди тощо.

– Об'єкти громадського харчування: ресторани, кафе, бари, їдальні, фабрики-кухні, трапезні, корчми, колиби тощо.

– Об'єкти науково-дослідних і проектних установ: науково-дослідні і проектні інститути, проектно-конструкторські і інженерно-лабораторні корпуси, обсерваторії.

– Об'єкти для людей похилого віку, інтернати [2].

До земель історико-культурного призначення належать землі, на яких розташовані пам'ятки культурної спадщини, їх комплекси (ансамблі), історико-культурні заповідники, історико-культурні заповідні території, археологічні території, що охороняються, музеї просто неба, меморіальні музеї-садиби. Статус і правовий режим цих земель визначається Земельним кодексом України, законами України «Про природно-заповідний фонд», «Про землеустрій», «Про охорону земель», «Про державний контроль за використанням та охороною земель». Ці землі підлягають особливій правовій охороні, на них забороняється будь-яка діяльність, що суперечить їх цільовому призначенню. Для забезпечення режиму пам'яток культурної спадщини повинні встановлюватися охоронні зони із заборонаю на землях цих зон діяльності, яка шкодить або може шкідливо вплинути на забезпечення дотримання режиму земель історико-культурного призначення. Загалом такі землі належать до природоохоронних територій і у структурі земельного фонду мають

незначну частку – 0,08% загальної площі країни, а серед земель природоохоронного призначення – 1,5%. Збереження та автентичність об'єктів культурної спадщини цілком залежить від стану навколишнього середовища і вжиття практичних заходів з охорони природи, що яскраво окреслюється в європейських ідеях нерозривності природного та історичного середовища.

Відсутність розпланувальних матеріалів і невизначеність на місцевості меж особливо цінних земель призводять до грубих порушень земельного законодавства при їх використанні. Насамперед це стосується незаконного відчуження земельних ділянок особливо цінних земель історико-культурного призначення, заповідників, цінних лісових масивів під будівництво, сільськогосподарське виробництво тощо.

Принципово важливим завданням при формуванні правових основ функціонування ринку землі стає нагальне питання надання спеціального статусу особливо цінним землям історико-культурного призначення – територіям, на яких розміщені невідновлювані об'єкти культурної спадщини – пам'ятки археології – кургани, городища, залишки стародавніх поселень, стоянок, укріплень, військових таборів, ділянки історичного культурного шару (поля давніх битв, а також пов'язані з ними рухомі предмети), що містяться під земною поверхнею і під водою і є невідтворюваним джерелом інформації про зародження та розвиток цивілізації.

З 1954 р. Україна є членом ЮНЕСКО. 2 жовтня 1988 р. Верховна рада України ратифікувала Конвенцію ЮНЕСКО «Про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини» (1972 р.), якою передбачається зобов'язання кожної країни – учасниці конвенції визначити і дбайливо зберігати об'єкти національної культурної і природної спадщини, які мають особливе значення під кутом розвитку загальнолюдської цивілізації та важливі для усього світу. Відповідно до положень конвенції створено Міжурядовий комітет з охорони всесвітньої культурної та природної спадщини - «Комітет всесвітньої спадщини» (ст. 8), передбачено укладання, поновлення і публікацію Списку всесвітньої спадщини (ст. 11).

Напередодні проголошення незалежності України в грудні 1990 р. Під час XIV сесії Міжнародного комітету ЮНЕСКО зі збереження всесвітньої культурної і природної спадщини до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО було внесені дві

визначні пам'ятки української історії та культури – Собор Святої Софії з прилеглими монастирськими спорудами і Києво-Печерська лавра (під одним номером).

Як показує досвід, в Україні виявилися недостатньо захищеними пам'ятки культури, внесені до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Зокрема, широкий суспільний резонанс викликали питання будівництва в охоронній зоні Національного історико-культурного заповідника «Софія Київська», що не лише спотворило історично-сформований вигляд міського середовища навколо визначної пам'ятки культури, але й загрожувало збереженню об'єктів, розташованих на її території [3].

Під час моніторингу охоронної зони довкола храму Святої Софії виявлено наступне: у безпосередній близькості до об'єкта наявні дисгармонійні, зокрема, висотні, будинки, які порушують традиційний історичний характер забудови і негативно впливають на візуальну цілісність об'єкту, а також несуть загрозу техногенного характеру. Унаслідок техногенного та антропогенного навантаження в небезпеці опинились окремі будівлі і цілі історичні квартали центральної частини Києва, у найсучасніших багатоповерхівках, поблизу Києво-Печерської Лаври та споруд заповідника «Софія Київська», весною або після дощу може з'явитися вода на підземному паркінгу або тріщини у стінах.

Навіть попри те, що громадськості вдалося обмежувати зупинити побудову житлового комплексу на Пейзажній алеї та «заморозити» добудову елітного комплексу на вул. Олесея Гончара – 17/23, протидіяти забудові історичний центрів дедалі важче. На території Києва, яка входить до буферної зони заповідника «Софія Київська», узгоджені понад 70 ділянок під забудову [4].

Тож це питання потребує додаткового регулювання в законодавстві України. Окрім того, на необхідність більш активної позиції України щодо внесення визначних пам'яток культури до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО справедливо вказують численні експерти [3].

Об'єкти садово-паркового мистецтва за галузевою спеціалізацією поділені на паркові інженерні споруди з визначенням по видах об'єктів: канали, ставки, каскади, фонтани; на малі архітектурні форми відповідно: альтанки, бельведери, брами,

ермітажі, канали, ротонди, паркові огорожі та скульптуру відповідно: скульптурні групи, стату, погруддя.

Цілісність садово-паркового й ландшафтного мистецтва складається в певних соціально-економічних умовах і включає, поряд із архітектурно-художніми засобами, дендрологічні, гідротехнічні, меліоративні, біологічні та інженерно-технологічні, які в сукупності формують стиль садово-паркового мистецтва. На територіях більшості парків розташовані архітектурні споруди, малі архітектурні форми, паркова скульптура, які в свою чергу є окремими пам'ятками архітектури, історії та культури.

Слід відмітити, що над більшістю старовинних парків нависла загроза знищення, пов'язана з причиною нераціонального використання та інтенсивної забудови внутрішніх та прилеглих територій. У такій ситуації важливе своєчасне вивчення об'єктів садово-паркового мистецтва з метою виявлення ціннісних характеристик цих комплексних пам'яток історії та культури [2].

Таким чином, аналіз сучасної нормативно-правової бази та практичної сфери збереження культурної спадщини дозволяє стверджувати, що ще не створена цілісна та взаємоузгоджена правова база, не набула системних ознак «державна система охорони культурної спадщини», існують проблеми, невирішення яких найближчим часом досягне ознак системної кризи у пам'яткоохоронній сфері. З ціллю відновлення повноцінного контролю держави над процесами в сфері охорони та збереження культурної спадщини, пропонується наступне:

1. Для реального зрушення справи збереження пам'яток культурної спадщини необхідне утворення єдиної продуманої системи взаємодії державних та наукових установ, громадських організацій, значне збільшення фінансування, розробка науково обґрунтованих програм, практичних заходів, створення системи спеціалізованої підготовки висококваліфікованих кадрів пам'яткоохоронної сфери.

2. Доцільно удосконалити діюче законодавство України в сфері охорони нерухомих об'єктів культурної спадщини в напрямку посилення їх захисту та збереження. При цьому важливо зберегти усталену за багато десятиліть основну структуру класифікації пам'яток культури за видами і типами, визначення їх значення

за ознаками національного і місцевого значення, що забезпечить спадковість розвитку нормативно-правової бази у цій сфері.

3. Необхідно здійснити інвентаризацію усіх зобов'язань України щодо рекомендацій ЮНЕСКО щодо збереження об'єктів, включених у Список всесвітньої культурної спадщини ЮНЕСКО і домогтися їх виконання в безумовному порядку. Існує нагальна потреба посилення українського законодавства та усієї нормативно-правової бази в цілому щодо посилення контролю за станом охорони збереження цих визначних пам'яток.

4. Доцільно в комплексі розглянути загальні питання підвищення ефективності та відповідальності державних служб охорони культурної спадщини за цю ділянку державної політики. Можливо, варто розглянути питання щодо здійснення окремого контролю за дотриманням пам'яткоохоронного законодавства і ефективності використання державних коштів спеціальним уповноваженим органом з контролю за цією ділянкою, який може мати повністю вертикально інтегровану і незалежну структуру від центру до обласного рівня, що забезпечувало об'єктивність його праці.

5. Актуальним вбачається питання щодо підвищення статусу громадських організацій в сфері охорони пам'яток, зокрема, повернення в діюче українське законодавство норм, які б вимагали погодження усіх рішень стосовно виключення з державних реєстрів, проектів ремонтів, реставрацій та реконструкцій пам'яток культури, їх передачу у використання з авторитетними пам'яткоохоронними організаціями, зокрема з Українським товариством охорони пам'яток історії та культури, як це було зафіксовано в законодавстві, яке діяло до 2000 р.

6. Доцільно розробити і затвердити концепцію Загальнодержавної програми охорони культурної спадщини, яка має мати системний характер і відображувати усі складові охорони культурної спадщини України – тобто завдання з їх виявлення, наукового обстеження та вивчення, класифікації, державної реєстрації, робіт по консервації та реставрації, музеєфікації, заходів з належного утримання та використання пам'яток. При формуванні такої програми слід окремо звернути увагу на першочергові заходи по консервації найбільш визначних пам'яток культури, які б забезпечили їх збереження до проведення масштабних ремонтно-реставраційних

робіт (покриття та захист від затікання води, в разі необхідності укріплення фундаментів та несучих конструкцій тощо).

7. Необхідно розглянути заходи щоб прискорити вирішення питань паспортизації та грошової оцінки нерухомих пам'яток культури, залучення недержавних коштів на виконання реставраційно-ремонтних робіт і утримання пам'яток, комплексного їх збереження [3].

1.3. Проблеми знищення зелених зон міста Києва шляхом забудови

Столиця України - це місто великих будівель. Щоденно засоби масової інформації повідомляють про нові розробки і забудови. На жаль, так складається, що коли влада хоче щось побудувати, то, як правило, порушуються закони і від цього страждають не тільки люди, але й зелені зони міста! [6]

Київ, який справедливо називали «зеленою столицею Європи», через активну забудову, та скорочення території парків і скверів втратив свій статус. За останні роки склалася стійка тенденція до вирубки дерев, та забудови парків та скверів, в результаті, як наслідок, відсоток зелених зон на одного киянина значно менший, ніж того вимагають українські та європейські норми [5]. Наприклад, подивитися за даними статистики, у 1968 року на одну людину в Києві приходилося 24 м² зелених насаджень. Нині ця цифра знизилася до 16-18 м² [6]. До того ж, як стверджують громадські організації, здійснення ухваленої Київською міською радою Програми розвитку зеленої зони Києва знищуються чимало міських парків і скверів.

Програмою передбачається зменшення на 230 гектарів площ зелених зон міста, до того ж велика кількість зелених зон, які не втрачені, змінюють свій статус, і змінюють на гірший. Іншими словами: сьогодні це ще парки, бульвари, сквери, а завтра, згідно з цією програмою, їх просто не буде. І коли ми сьогодні ще стоїмо на зеленій траві під зеленими деревами в парку, а насправді ту парку вже нема. Якщо хтось захоче будувати і ми скажемо: «Зачекайте, це парк!» – нам забудовники

покажуть плани, рішення і скажуть: «Вибачте, тут буде будинок для жителів міста!»[5].

Як правило, трава знищується, дерева та чагарники вирубуються, натомість з'являються нові будинки, розважальні центри, магазини, та інші заклади, і нерідко, з порушенням норм закону. Нажаль не рідко від цього страждають не тільки зелені насадження, але і люди з дітьми.

Так наприклад, в 2016 році, забудовники намагалися знищити територію парку Інтернаціональний, який знаходиться в Святошинському районі. Місцеві мешканці, які роками жили та самі вирощували ці дерева, звісно вийшли захищати територію парку. Упродовж багатомісячної боротьби проти влади, активісти та місцеві відстояли парк і його територію [6].

Водночас, станом на сьогоднішній день здійснюється активна забудова парків та скверів міста Києва, зокрема, значно скоротились площі парку «Крістова гірка» (рис. 1.3) та скверу «В сел. Чапаєвка» (рис. 1.4).



Рис. 1.3. Знищення частини парку «Крістова гірка»: а) - супутниковий знімок станом на 2011 рік, б) - супутниковий знімок станом на 2019 рік





Рис. 1.4. Сучасний стан зруйнованої частини парку «Крістова гірка»



Рис. 1.5. Хронологія забудови скверу «В сел. Чапасівка» (межі встановлені відповідно до Програми розвитку зеленої зони міста Києва): а) - супутниковий знімок станом на 2005 рік, б) - супутниковий знімок станом на 2011 рік, в) - супутниковий знімок станом на 2019 рік

Знищення насаджень в різних районах столиці призводить до постійних екологічних акцій протесту в Києві. Натомість в КМДА заспокоюють: мовляв, забудовники якщо і вирубали дерева, то платять місту за висадку нових, у мегаполісі постійно проводяться роботи з озеленення і є понад 300 парків та скверів. І взагалі, Київ зі своїми майже сорока гектарами (!) зелених насаджень не найменш зелене місто Європи. Це такі собі ігри зі статистикою, вважають екологи [9].

Генеральним планом розвитку міста передбачається збільшення площі насаджень загального користування на 2318,6 га, з них на нових сельбищних територіях 738,1 га. Проте, розширення мережі озелених територій загального користування відбудеться, в основному, за рахунок зменшення захисних насаджень на схилах та навколо водоймищ, а також території в районах нового житлового будівництва.

Площа озелених територій загального користування зростає з 5289,4 га, згідно даних станом на 2001 р., до 7608,0 га у 2020 р., а показник забезпеченості зростає, відповідно, до 28,7м²/чол [7].

Відповідно до Генерального плану, у Києві не заплановано знищення жодної зеленої зони до 2020 року, адже парків у місті й так недостатньо. Разом з тим, у період з 2002 року і до сьогодні Київрада віддала під забудову чимало зелених зон: приблизно 400 гектарів парків і скверів, а також 4000 га міських лісів, серед яких багато заповідних територій, наприклад, ділянки на островах, передусім – на Жуковому острові.

Як не дивно, але економічна криза в країні, зменшення потоку інвестицій, та падіння попиту сприяли тому, що не всі заплановані території були забудовані. Залишається реальна можливість повернути їх в статус зелених зон, за умови скасування всіх рішень Київради про надання ділянок, яких лише впродовж одного пленарного дня 1 жовтня 2007 року було 663! [8]

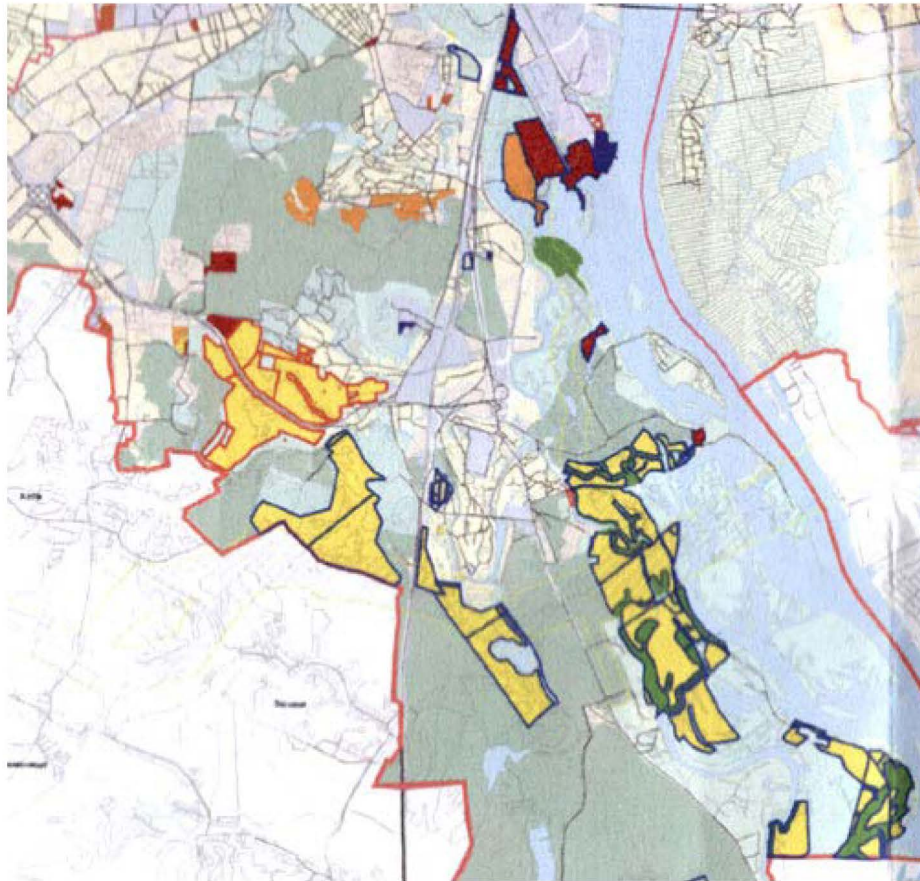


Рис. 1.6. Фрагмент схеми зміни цільового призначення землі в Києві [8]

У більшості таких рішень чітко сказано «внести зміни в Генеральний план Києва...», «вилучити ділянки загальною площею... зі складу зелених насаджень... та перевести до категорії...».

Як наслідок, з кожним прийняттям подібних рішень Київради, столиця лише накопичувала кількість порушень Генплану, адже прийняті рішення, які суперечать Генплану, є апріорі незаконними.

КМДА для вирішення цієї некомфортної ситуації 19 липня 2007 року затвердила «Комплексну програму розвитку зеленої зони Києва на період до 2010 року». Цей документ мав би бути деталізацією 4 тому Генплану Києва, який присвячений зеленим зонам і рекреації. Згодом, програму продовжили до 31 грудня 2019 року. Як спробу реалізувати програму в повному обсязі у період до 2019 року [8].

Прийняття рішень які віддають зелені зони міста під забудову та суперечать Генеральному плану неодноразово оскаржувалися, починаючи з 2008 року, прокуратурою Києва. На жаль більшість рішень, що прийняті в розвиток прийнятих програм розвитку чи підтримки, незважаючи на суттєвий вплив на погіршення екосистеми міста, залишилися чинними.

Головним аргументом прокуратури проти рішень Київради є Генеральний план.

Для повернення в «правове поле» Київрада прийняла рішення про розробку нового Генплану– до 2025 року. Однією із основних причин, для чого розробляють Генплан до 2025 року замість Генплану до 2020 року, на думку експертів, є намагання узаконити порушення зроблені при прийнятті рішень по попередньому Генплану. Для узаконення, як зазначається, необхідно лише пройти формальну процедуру розробки Генплану, що включає в себе підготовку – опорної схеми – карти реальної ситуації, з якою працюють архітектори, розробляючи Генплан.

За основу беруться рішення які прийняті Київрадою. Тобто все, що приймалось всупереч старому Генплану, автоматично стає основою для розробки нового Генплану. Порівнюючи карти діючого Генплану Києва і проекту Генплану нового, знаходимо принципову різницю лише в тому, що частина паркових зон тепер зафарбована іншими кольорами, а не зеленим, як у попередній версії [8].



Рис. 1.7. Карта дерибану в генплані до 2025 року (світлозеленим) [8]

Новий проект Генерального плану розвитку міста суттєво відрізняється від прийнятих у 1936, 1947, 1966, 1982 і 2002 роках, які істотно розвивали місто, розширювали його межі, планували освоєння території пустирів тощо та інших невдоб. Запропонований проект нового Генплану до 2025 року не змінюючи меж міста суттєво ущільнює забудову. Як наслідок, якщо все закладене в проекті Генплану, буде реалізовано, то кожен 9-й квадратний метр парків Києва зникне назавжди [8].

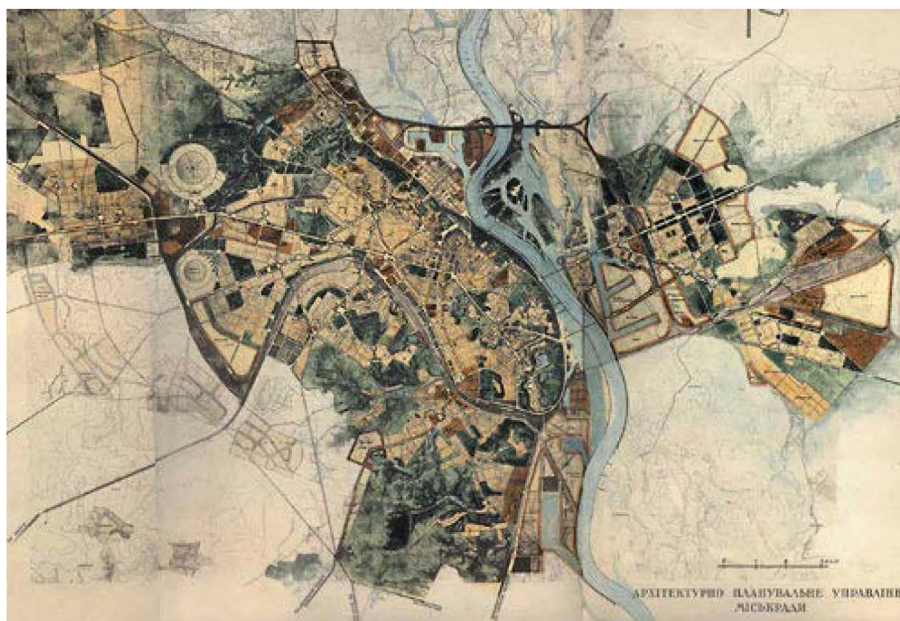


Рис. 1.8. Генеральний план міста Києва за 1936 р. [8]

1.4. Екологічні наслідки забудови та можливі варіанти вирішення вказаної проблеми

Поняття - екологічної безпеки міста охоплює ціле коло питань з безпеки природного середовища міста, безпеки людини та безпеки антропогенного середовища міста в процесі його розвитку та функціонування.

Головним об'єктом безпеки в місті є людина. Критерієм для всіх видів безпеки є здатність забезпечення безпеки особистості. Саме поняття «безпека» - можна трактувати як стан захищеності життєво важливих інтересів. Об'єктами безпеки є: держава, суспільство чи особистість які потребують захисту від реальних чи потенційних, зовнішніх чи внутрішніх небезпек, а саме: політичних, економічних, військових, інформаційних, енергетичних, екологічних тощо. Так екологічна безпека це такий стан навколишнього середовища, коли гарантується запобігання погіршення екологічної ситуації які несуть небезпеку для здоров'я людини [10].

Вплив діяльності людини на довкілля, розвиток небезпечних явищ природного чи техногенного характеру неминуче веде до порушення або ймовірності порушення екологічної безпеки території та екологічно безпечних умов проживання населення. Будь-яка господарська діяльність людини наносить шкідливий вплив на екосистему, результатом чого стає виникнення несприятливих наслідків для навколишнього середовища та самої людини. Найбільше від цього потерпає міське населення [11].

Як відомо, екологічний стан міст, не зважаючи на їх величину, чи то великих, чи середніх, чи малих, по всьому світу, в тому числі і в Україні, характеризується як незадовільний. За останні півстоліття відбувається погіршення екологічних умов проживання міського населення.

Першопричиною погіршення екологічного стану міст є недоліки в плануванні міст, пов'язані в першу чергу з розміщенням у житловій зоні промислових підприємств, недосконалістю транспортних розв'язок, через що відбувається забруднення повітря викидами як стаціонарних, так і пересувних джерел, а також низький відсоток зелених насаджень, шумове, електромагнітне забруднення, забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод. Під впливом антропогенних чинників у містах збільшується захворюваність населення.

Потребують системного підходу оцінки та аналіз ризиків, щодо взаємодії людини з природою для забезпечення гарантій безпеки її існування, а також впливу її на стан природного середовища. Головним завданням аналізу ризику стосовно екологічної безпеки є вивчення взаємодії різноманітних антропогенних факторів з елементами біосфери та наслідків цього впливу для виявлення та визначення їх

характеристик, а також можливості проведення кількісної оцінки негативного впливу. Результати аналізу ризику потрібні для визначення оптимізації взаємодії людини з природою [10].

Розглядаючи місто як цілісну екосистему, в літературі виділяють три фактори, що впливають на екологічну безпеку міського населення: це забруднення атмосфери підприємствами й транспортом, низька якість питної води, невідповідність продуктів харчування необхідним нормам. І якщо споживання питної води, або продуктів харчування припускає можливість щодо контролю чи управлінню якістю, оскільки людина може вибирати, що їй вживати, то екологічний стан атмосфери в сучасному місті продовжує погіршуватись під тиском збільшення транспорту та інших техногенних навантажень, які вкрай обмежують можливості управління ситуацією [12].

З метою реалізації функцій управління станом екосистеми пропонується створення відповідної структури з управління станом екосистеми. Створення її можливе у вигляді групи оперативного управління міською екосистемою при міськвиконкомі. До функцій цієї структури повинна відноситись координація діяльності всіх структур, які мають відношення до екологічної безпеки міста, а саме:

- міської та районних санепідемстанцій щодо забруднення атмосфери, водних ресурсів, зелених насаджень та території міста;
- міського відділу охорони здоров'я відносно проявів окремих захворювань мешканців міста;
- диспетчерські служби підприємств і закладів, які можуть бути потенціальними забруднювачами природного середовища міста;
- комунальні підприємства міста (колишні ЖЕКИ) щодо технічних неполадок та аварійних ситуацій в житлово-комунальному господарстві мікрорайонів міста;
- інші служби оперативного контролю та реагування (ДСНС, підрозділи МВС, та ін..)

Ця структура з допомогою телефонного зв'язку та комп'ютерних мереж, а також міських структур регулярно збирає інформацію про екологічну ситуацію в місті, аналізує її та готує оцінку загроз і проекти управлінських рішень щодо

ліквідації екологічних небезпек у місті. Для підготовки таких матеріалів група використовує також інформацію від окремих мешканців міста, які сповіщають про окремі порушення екологічної ситуації у місті [13].

Однією із проблем сьогодення виявляється правове забезпечення екологічної безпеки у здійсненні планування та забудови міст України, тобто мінімізація ризику для життя і здоров'я людей, які проживають або тимчасово перебувають на міській території, що є необхідною умовою для реалізації конституційного права кожного громадянина жити в безпечному для життя та здоров'я довкіллі. Вітчизняним екологічним та містобудівним законодавством фактично не враховується пріоритетність в діяльності з метою збереження життя та здоров'я людини, а питання цінності та специфіки людини як об'єкта правовідносин екологічної безпеки в цій галузі залишається недостатньо дослідженим.

У чинному законодавстві України, еколого - правовій доктрині та у правовій практиці немає єдиного підходу до розуміння юридичної природи екологічної безпеки у плануванні та забудові міст України. Правове регулювання екологічних аспектів містобудування є недосконалим та внутрішньо суперечливим, що значно ускладнює реалізацію екологоправових норм на практиці [10].

Проте уникнути екологічної катастрофи у місті Києві, зокрема, можна використовуючи різноманітні способи реорганізації території та перепланування міста за рахунок інших територій.

Для більшості великих історичних міст характерне здебільшого хаотичне розміщення промислових підприємств, яке історично формувалося впродовж великого проміжку часу. Безпланова забудова призвела до низки проблем, які постають в теперішній час перед нами та пов'язані із протиріччями у планувальній структурі міста, серед яких є: чергування промислових, транспортних і житлових територій; погіршення санітарно-гігієнічних умов у житлових районах; надмірна концентрація промислових підприємств у центральному планувальному районі міста; розміщення промислових підприємств на берегах річок і водойм, що ізолює місто та унеможлиблює доступу до водних об'єктів; низька архітектурна якість промислової забудови; непродумана логістика та ін. [14].

Головними екологічними вимогами до реконструкції промислових територій мають бути:

- 1) зменшення негативного впливу на довкілля;
- 2) збільшення відсотку і ефективності використання ландшафтних територій;
- 3) застосування енергозберігаючих технологій;
- 4) підвищення художньо-архітектурної виразності забудови;
- 5) соціально-економічна зумовленість архітектурно-містобудівельних рішень
- 6) забезпечення умов для комфортного та безпечного проживання населення

[15].

Аналіз наукових досліджень провідних фахівців галузі, в поєднанні з набутим практичним вітчизняним й зарубіжним досвідом дає можливість зробити висновок, що усі промислові підприємства у складі міста можна розділити на два види – ефективно працюючі та малоефективні. Для кожного з них має бути розроблена своя специфічна методика реконструкції і оновлення. Тож, подальший розвиток промислових територій можливий за двома напрямками:

- 1) Комплексна реконструкція території економічно ефективного промислового підприємства, що передбачає оновлення і ущільнення забудови, модернізацію і репрофілювання окремих підприємств, створення нових транспортних, інженерних і природоохоронних інфраструктур, комплексний благоустрій території. Тобто, реконструкція промислового підприємства спрямовується, насамперед, на його «екологізацію» і частково на «естетизацію».

- 2) Реорганізація території малоефективного промислового підприємства, збереження функції якого несумісне з містобудівельними, екологічними і санітарно-гігієнічними вимогами або економічно недоцільне шляхом винесення його на інші території, де мінімізується рівень загроз, або проводиться його ліквідація.

Комплексна реконструкція територій економічно ефективних промислових підприємств покликана адаптувати їх до нових соціально-економічних умов, покращити естетичні й екологічні характеристики. Як зазначалося вище, головними завданнями під час комплексної реконструкції економічно ефективного промислового підприємства є його модернізація, «екологізація» й «естетизація».

Модернізація технологічного процесу, обладнання й устаткування – це впровадження нових виробничих технологій і забезпечення сучасним технічним оснащенням, покликані знизити шкідливий вплив підприємства на довкілля й підвищити виробничі потужності, економічну ефективність та конкурентоспроможність, а також покращити умови праці робітників (ергономічність обладнання й устаткування, комфортність відпочинку). Екологізація, тобто зменшення негативного впливу промислового підприємства на довкілля, досягається завдяки модернізації технологічного процесу і збільшенню ефективності ландшафтної складової території (збільшення кількості фітоактивних рослин). Естетизація промислового підприємства – це дизайн його архітектурного середовища, тобто покращення зовнішніх і внутрішніх архітектурно-художніх характеристик будівель і споруд, а також оновлення й удосконалення внутрішніх рекреаційних просторів і прилеглих ландшафтних територій [15].

В теперішній час появляється все більше проектів з ревіталізації, тобто відновлення занедбаних переважно старих промислових споруд та просторів, індустріальних районів у містах, так званих «мертвих» територій колишніх промзон які розміщені практично у центрі міст і на їх місці облаштовуються нові багатофункціональні райони, які стають новими громадськими центрами.

«Іржаві пояси» у містах – історичний результат промислових революцій та сплесків економічного зростання і розширення міських територій. Яскравий приклад – іржавий пояс в Детройті (США), де прибираються цілі квартали колишніх виробництв автомобільної техніки. Якщо подивитися на Київ, можна побачити старі промзони на Подолі, Куренівці (з припортовою спеціалізацією), Печерську (з військовою спеціалізацією), яким вже кілька століть, а також промзони на Лук'янівці, Деміївці, що виникли у другій половині XIX століття. Пізніше промислові території стали з'являтися ще далі від центру на великих ділянках вздовж залізничного кільця, в тому числі, в районі Гавані; великі території хімічних та інших, екологічно небезпечних виробництв у Дарниці.

Сучасний бізнес швидко реагує на зміни у технологіях, ринкову ситуацію, попит. Великі транснаціональні компанії оперативно переводять свої виробничі

потужності з одних місць та розміщують нові потужності враховуючи близькість до сировинних запасів, наявність та вартість робочої сили, зручність логістики, близькість ринків збуту, пільги в податковому законодавстві і таке інше. Чимало європейських міст вже пережили спорожнення велетенських заводів, закриття міських електростанцій, перетворення портових територій на арт-кластери. Змінюються й потреби промисловості: вимоги до будівель, комунікацій, логістики. Сучасним підприємствам не потрібні такі велетенські території, багато процесів автоматизовано, та й не дуже зручно вести виробництво у центральних районах міста через завантаженість транспортних шляхів.

Як наслідок, найбільш занедбаний вигляд мають території ближчі до центру міста. Так складалося, що проммайданчики, що освоювалися свого часу на околиці міста, з часом, завдяки урбанізації опинялися посеред міст і ставали не такими зручними для виробничої діяльності. При закритті виробництва після нього лишається не лише територія, а й прокладені комунікації, створена дорожня мережа, відкривається вихід до водоемів та інше яке значно полегшує та здешевлює проведення заходів для ревіталізації.

Натомість індустріальних районів в даний час створюють не просто житлові квартали чи офісні центри. Проведення робіт по ревілітації промислових територій, що розміщувалися в центральній частині міста на багатофункціональні райони – це створення унікальної можливості для міста зменшити маятникові міграції у робочі дні, оскільки разом з створенням нового житла тут відкриваються новостворені заклади торгівлі, розміщуються офісні площі різноманітних компаній, розвивається мережа закладів соціально- культурного та побутового призначення. Важливим є створення нових робочих місць. Разом з тим створюються нові сквери, пішохідні алеї, рекреаційні зони, та зони для зайняття фізичною культурою та спортом. Такі трансформації, до речі, поліпшують і якість життя сусідніх житлових кварталів, адже всі перелічені нові об'єкти зазвичай кращі сусіди, ніж виробничі підприємства. Багатофункціональність – це й запорука еволюційного та постійного розвитку, при якому скорочення однієї з функцій району не означає його загальний занепад, є передумовою для стійкого розвитку.

Впродовж останніх століть у містах складалася, як правило, багатофункціональна забудова. Складалася стійка тенденція коли невеличкі майстерні та магазинчики, що облаштовувалися в підвалах та на нижніх поверхах, а на верхніх, над ними, і це було дуже зручно, жили власники та наймані працівники. Це створювало можливості для швидкого, зручного і надзвичайно дешевого, оскільки не було потреби доїзжати до роботи, способу життя. Відповідно, не було великої потреби і у приватному транспорті, і більшість переміщень здійснювалась пішки.

З часом індустріалізація й масовий розвиток доступного транспорту сприяли міст розвитку замських територій. Для того, щоб дістатися роботи й дому, люди почали витратити все більше часу. Поділ міста на промислові, житлові і ділові райони спричинив шалений попит на транспорт.

Житлова забудівля забезпечує усталеність життя району: завдяки мешканцям які там проживають вулиці завжди людні, це надає більшої впевненості в собі, відчутті захиженості та спонукає до зменшення всіляких небезпечних проявів та зменшує злочинність. Тож і людська поведінка тісно переплітається з міським плануванням. Звісно, простіше забудувати територію будівлями одного призначення, ніж робити багато функцій, простіше збудувати та здати в оренду один великий торговельний центр, аніж десятки невеликих магазинчиків на перших поверхах.

В літературі є і приклади поєднання «старих» та «нових» функцій. Наприклад, у кварталі Кедбюен у Копенгагені, де традиційно розташовувалися скотобійні, після реновації у 2000-х роках розмістились переважно галереї, клуби, ресторани, однак зранку тут виходять на роботу й м'ясники. Район розташований поблизу гавані, яку визнали придатною для купання, а у колишніх перебудованих фабричних будівлях тепер дорогі квартири з чудовими краєвидами.

Загальна світова тенденція трансформації індустріальних територій відповідно трансформується й у київських генеральних планах – як у чинному Генплані-2020, так й у проекті нового Генплану-2025. Ось як приклад, у проекті Генплану-2025 вже відображено зміну цільового призначення низки промислових територій, то у попередньому Генплані-2020 ревіталізація закладена «м'якше»: території були зазначені, як промислово-комунальні, але в текстовій частині та поясненнях до схем

вже зазначається тенденція про мультифункціональність територій, і вноситься думка про перенесення промислових об'єктів від води та за межі центральних районів.

«З метою реабілітації природного комплексу передбачається винесення промислових підприємств за межі прибережних захисних смуг р. Дніпро та інших об'єктів водного фонду міста – виробництв Подільсько-Куренівського промрайону, промрайонів Теличка, Пирогово, з острова Водників. Вивільнення ділянок для нового житлового будівництва рекомендовано у промислово-комунальних зонах, які можуть органічно бути включені в сельбищні райони й розміщені без порушення санітарно-гігієнічних нормативів.

Для поліфункціонального використання запропонована реорганізація окремих частин промрайону Теличка, окремі промислові утворення центральної планувальної зони, південна та центральна частина Подільсько-Куренівського промрайону, промрайон Жовтневий, ділянки підприємств хімічної промисловості промрайону Дніпровський, Київського м'ясокомбінату, ділянки будіндустрії в промрайонах Корчувате і Пирогово».

Підтвердженням, цього є зображення на графічних матеріалах, так на прикладі Подільсько-Куренівської промзони, де центральна та південна частина позначені рожевим кольором – «Рекомендовані напрямки використання промислово-комунальних територій – поліфункціональне, без збереження пріоритету існуючих функцій». Висновок тут як на долоні - промисловість на цій території навіть не в пріоритеті [17].

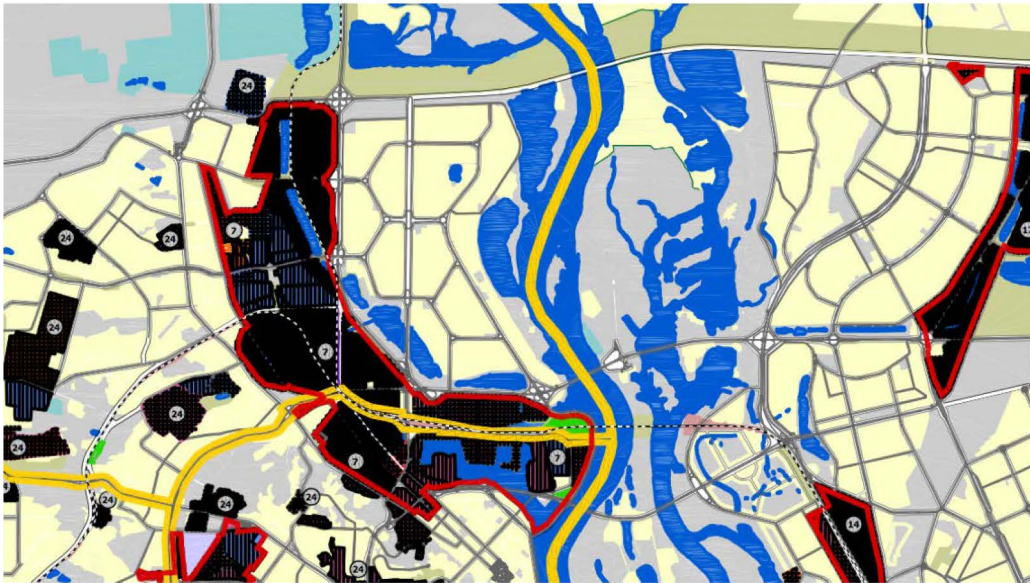


Рис. 1.9. Графічні матеріали Подільсько-Куренівської промзони [17]

Генеральним планом визначено. реабілітацію природного комплексу, і аналізуючи наведені графічні матеріали в ревіталізації Гавані, як частини Подолу, зайнятої портовими об'єктами, так і Рибальського острова. Тому для цих територій цілком органічною є рекомендоване Генпланом-2020 здійснення житлової забудови та здійснення інтеграції з сусідніми житловими районами.

Другою важливою складовою Генплану-2020 було розроблення схеми розвитку громадських центрів, які тісно пов'язані з ревіталізацією промислових зон. Власне, громадський центр – це не просто скупчення офісних будівель чи торговельних центрів, а – багатофункціональні райони, які внаслідок сучасного планування та архітектури стали б справжніми громадськими центрами й окрасою міста.

Київська міська рада своїм рішенням у вересні 2016 року затвердила детальний план території Рибальського острова, який передбачає перетворення занедбаної промзони на багатофункціональні квартали, з житловими будинками, магазинами на перших поверхах, освітнім комплексом, водними каналами, бульварами і театром.

Разом з тим, не всі поділяють таке бачення. Бізнесові та політичні чинники вносять свої корективи в бачення розвитку міста. Так на тлі заяв про збереження промислового потенціалу міста і військового заводу та реалізації задумів деяких архітекторів збудувати на цій ділянці діловий район з офісних хмарочосів, нещодавно Окружний господарський суд м. Києва скасував ухвалений у 2016 році детальний план території. Час звичайно розставить всі крапки, і в наступному звичайно буде

визначено якийсь тимчасовий консенсус, а згодом світовий еволюційний процес, та світові тенденції розвитку внесуть значні і безумовно нові та кращі корективи.

Проте трансформація району закладена у Генеральному плані-2020, і таким шляхом йде чимало міст світу. Як приклад завод «Кузня на Рибальському» й досі виконує військові замовлення, проте це вже не таке велике підприємство. Якщо раніше тут працювало більше 6000 співробітників, зараз біля 350. Півстоліття тому тут виробляли морські траулери, зараз лише невеликі бронекатери. Разом з тим, великі замовлення, як наприклад ремонт флагмана ВМС України фрегату «Гетьман Сагайдачний» власники перенесли на нову площадку підприємства у Чорноморську, потрібен де є вихід в море, а згадані бронекатери, до речі, проходять випробування в Одесі.

Отже, за детальним планом розвитку території завод «Кузня на Рибальському» в перспективі має бути перетворений на багатофункціональні квартали. Сучасне міське планування – це різноманітні сценарії, тож з часом цілком можливо, що на сучасній території заводу виростуть багатофункціональні квартали з вулицями, скверами, каналами. Це буде екологічно чисте та безпечне місце, Тут будуть гратися діти і сюди спеціально будуть приїжджати туристи, щоб відпочити та помилуватися окрасами в прибережній зоні величного Дніпра.

Головне, аби величезні території колишніх промислових гігантів не лишалися через амбіції та чвари довгий час порожніми, не були «випаленою землею» посеред міського простору, а отримували нове справжнє життя [17].

ВИСНОВОК: Питання екологічної безпеки для населення, що проживає в місті Києві є надзвичайно актуальним, моніторинг забудови, зокрема, незаконної забудови, є надзвичайно важливим . Вирішення вказаного питання потребуватиме впровадження нових технологій та знаходження нових рішень.

РОЗДІЛ 2

ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ СПОСОБІВ МОНІТОРИНГУ ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЇ МІСТА КИЄВА

2.1. Види моніторингу

Методом спостереження є спосіб пізнання, що засновано на відносно тривалому цілеспрямованому та планомірному баченні предметів та явищ дійсності, що оточує. Він застосовується різними видами наукової та практичної діяльності людини з давніх часів [32].

Людина, беручи до уваги результати руйнівної дії води, вітру, землетрусів, снігових лавин, з давніх часів реалізовувала елементи моніторингу, створюючи досвід прогнозу погоди та стихійних явищ.

В період 20 століття з'явився термін «моніторинг», що позначав систему спостереження за одним або декількома елементами довколишнього середовища в просторі і часі.

Отже, систематичне спостереження за станом об'єктів, явищ, процесів з метою їх оцінки, контролю або прогнозу, яке було спеціально організовано, називають моніторингом [33].

Природні, антропогенні або природно-антропогенні екосистеми можуть виступати об'єктами моніторингу.

Предметом моніторингу є комплекс об'єктів довколишнього середовища, які мають схильність до природним динамічних змін і до змін з боку людини.

До основної метивідносять попередження наслідків, що несуть негативні аспекти, що зв'язані з діяльністю людства.

Виділяють такі основні вимоги до спостережень:

- мають містити комплексний характер (визначається сукупна кількість природних об'єктів, а також факторів, що впливають на них);
- спостереження повинні бути систематичними (визначається за станом оточення та швидкістю отримання даних);

– репрезентативність (при визначенні об'єктів потрібно враховувати типовість (або унікальність) зовнішніх умов, масштаби антропогенного впливу на різних рівнях) [42].

Нижче представлений основний перелік документів у яких викладені положення про моніторинг

- закон України «Про охорону навколишнього середовища»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 391 від 30.03.1998 року «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 343 від 09.03.1999 року «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 815 від 20.07.1996 року «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 661 від 20.08.1993 року «Про затвердження Положення про моніторинг земель»;
- постанова Кабінету Міністрів України № 51 від 26.02.2004 року «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення».

Також важливо виокремити стадії моніторингу та їх послідовність: вимір, аналіз, опис, моделювання, оптимізація.

Крім того, необхідно використовувати дані про оптимальність умов життя для раціонального природокористування [34].

Залежно від об'єкту спостереження виокремлюють такий моніторинг:

- атмосферний,
- повітряний,
- водний,
- ґрунтовий,
- кліматичний,
- рослинності,
- здоров'я населення і т.д.

Також моніторинг поділяється за територіальною ознакою:

- локальний – спостереження здійснюються безпосередньо на місцях;
- регіональний – спостереження здійснюються для окремих регіонів, що вирізняються певною спільною проблемою;
- глобальний (біосферний) – спостереження здійснюється за світовими процесами, також здійснюється прогнозування можливих змін;
- базовий – спостереження здійснюються на території заповідників природи як найдалі від промислових зон.

Залежно від використання методу виділяють такі види моніторингу:

- наземний;
- авіаційний;
- космічний.

Моніторинг поділяється на хімічний, біологічний, фізичний та інші залежно від методу дослідження.

Окрім зазначених, також моніторинг можливо класифікувати за факторами, джерелами та масштабами впливу та інші [42].

2.2. Способи аналізу космічного моніторингу

На сьогоднішній день в програмах моніторингу, крім традиційного «ручного» відбору, акцент ставиться на збір даних з використанням електронно-вимірних пристроїв дистанційного спостереження в режимі реального часу.

Дистанційне зондування середовища з використанням літальних апаратів та супутників широко задіяне у програмах моніторингу .

Відповідно до світової практики, яка засвідчує те, що найефективнішим засобом інформаційного забезпечення у разі вирішення даних проблем є аерокосмічні системи дистанційного зондування Землі.

Одночасно охоплювати великі за площею території, забезпечити оперативність та визначення великої кількості параметрів земної поверхні та рослинності, здійснювати моніторинг, значно зменшуючи при цьому кількість складних та

трудомістких хімічних аналізів, що спрощує і знижує собівартість досліджень, дають змогу дистанційні методи зондування земної поверхні.

Геоінформаційні системи з кожним днем набувають все більшого й більшого поширення на різні галузі, в тому числі й сільське господарство.

Для робіт з картографічними матеріалами використовуються геоінформаційні системи, бази геоінформаційних даних, їх поєднання, аналіз, візуалізація, моделювання та оформлення і подання просторової інформації у вигляді цифрових карт, діаграм, тривимірних моделей місцевості для задач екологічного моніторингу [36].

Результативних досліджень характеристик Землі і процесів, які відбуваються на земній поверхні, за результатами дистанційного зондування Землі можна досягнути під час сукупної обробки даних, одержаних у різний період часу, різними системами, з різних аерокосмічних апаратів та у різних діапазонах.

Результати класифікацій космознімків територій за допомогою таких програм як ENVI, ERDAS IMAGINE використовують для уточнення геометричних параметрів ряду об'єктів моніторингу [42].

ERDAS IMAGINE – програмний продукт та растровий графічний редактор, призначений для обробки даних дистанційного зондування (дані ДЗЗ). Цей продукт призначений для робіт з растровими даними. Він дає змогу обробити, вивести на екран монітора і готувати для подальшої обробки в програмних додатках ГІС і САПР різні картографічні зображення. ERDAS IMAGINE може працювати в режимі інструментального засобу (Toolbox), що дозволяє виробляти численні перетворення растрових картографічних зображень і одночасно здатного забезпечувати їх географічною інформацією [39].

Для всіх користувачів ArcGIS призначена геообробка [38]. Головна ціль геообробки це надання інструментів та основ виконання геоінформаційного аналізу та управління географічними даними. ArcGIS повноцінна геоінформаційна система [35]. Геообробка включає в себе велику кількість інструментів для вирішення геоінформаційних задач, починаючи від простої побудови буфера та накладення полігонів до комплексного регресійного аналізу та класифікації зображень.

Всі інструменти геообробки виконують невелику, але важливу операцію з географічними даними. Стандартні інструменти геообробки здійснюють операції з набором даних ArcGIS та створюють новий набір даних як результат роботи інструменту.

Додаток Geostatistical Analyst в ArcGIS пропонує набір інструментів, для створення моделі, ці інструменти використовують просторові координати, дані моделі можуть бути застосовані в широкому ряді різних сценаріїв, зазвичай, їх використовують для інтерполяції значень позаопорних місцях розташування та вимірювання невизначеності цієї інтерполяції.

ArcGIS Geostatistical Analyst моделює поверхні з використанням двох (детермінований та геостатистичний) методів. Дані інструменти дозволяють фахівцям створювати моделі інтерполяції та проводити оцінку їх якості до використання в подальшому аналізі [42].

В моделях ModelBuilder та Python надалі використовуються поверхні, відображаються та аналізуються за допомогою інших додаткових модулів ArcGIS, таких як ArcGIS Spatial Analyst та ArcGIS 3D Analyst.

Крім того, середовище ArcGIS надає можливість будувати різноманітні карти, в тому числі і інтерактивні. За допомогою ArcMap можна відображати різноманітну класифікацію, варіацію та інше. Отже за допомогою програмних засобів ArcGIS можливо відображати результати моніторингу. Але оскільки на даний час ще не створена статистична інформація щодо забудови території міста Києва, і відсутні дані на основі яких можливо будувати майбутні карти у ArcGIS, тому доцільно розглянути ще один спосіб аналізу космічного моніторингу - а саме: сервіс Google Earth Engine.

Google Earth Engine поєднує каталог супутникових знімків та геопросторових наборів даних із можливостями аналізу планетарних масштабів та робить його доступним для вчених, дослідників та розробників для виявлення змін, відображення тенденцій та кількісної оцінки відмінностей на земній поверхні [40].

Google Earth Engine дозволила вперше в історії швидко та точно обробити величезну кількість супутникових знімків, визначивши, де і коли відбулася зміна з високою роздільною здатністю.

Беручи до уваги всі переваги сервісу Google Earth Engine, саме цей спосіб буде використано при аналізі масштабів забудови території міста Києва. Для того щоб можна було відслідкувати часові зміни, потрібно буде порівняти знімки за різні часові проміжки. Але щоб їх порівняти, необхідно використати спосіб уніфікації масивів територій до різних класів, щоб можна було візуально побачити відмінність. Тому доцільно буде використати спосіб класифікації.

2.3. Класифікація, як один з кращих способів аналізу супутникових знімків при опрацюванні значних територій

Логічну операцію, при якій вся множина предметів при дослідженні розподіляється за виявленими подібностями на окремі групи або підпорядковані множини, або класи - називають класифікацією [41].

При проведенні класифікації здійснюється розподіл певних предметів за найбільш істотними ознаками на взаємопов'язані класи, які притаманні предметам цього виду, і які відрізняють їх від предметів іншого виду. При цьому кожний клас займає в утвореній системі певне постійне місце і, у свою чергу, поділяється на підкласи.

Основним завданням класифікації є виявлення спільних властивостей для об'єктів дослідження. Проводячи класифікацію, ми об'єднуємо в одну групу об'єкти, що мають однакову будову або однакову поведінку. Оригінальна для даного виду досліджень класифікація відображає закономірності розвитку об'єктів, що класифікуються, та максимально визначає всі можливі зв'язки між досліджуваними об'єктами і допомагає зорієнтуватися в найскладніших ситуаціях, є основою для проведення узагальнюючих висновків та надання прогнозів.

Правильно складена для класифікації система дозволяє об'єднати об'єкти за певними ознаками та визначити певні класи (групи), які мають спільні властивості. Відповідні класи поєднують об'єкти з аналогічними характеристиками (значеннями), для зручності в роботі їм присвоюють однаковий символ. На підставі цього можливо побачити розподіл об'єктів з подібними значеннями та визначити, які об'єкти до

якого класу належать, і це, у свою чергу, визначає вигляд карти. Відповідно за допомогою одних і тих самих вихідних даних виявляється можливість створювати різноманітні карти, здійснюючи заміну класів (критеріїв відбору).

2.4. Види та методи класифікації. Класифікація з учителем та без учителя

За своєю структурою класифікація може бути таких видів:

- проста, що створена на основі одного критерію;
- складна, що створена на основі декількох критеріїв.

Програмне забезпечення ГІС підтримує різні методи класифікацій. ArcView пропонує п'ять методів класифікації:

- природних інтервалів – всі об'єкти поділяють на класи;
- квантилів – кожному класу призначається числове значення об'єктів з певного набору;
- метод рівноплощинний – надає змогу класифікувати лише полігони за інтервалами в дійсних значеннях атрибутів так, щоб загальна площа полігонів у всіх класах становила одну й ту ж величину;
- рівних інтервалів – значення атрибутів поділяються на рівні підгрупи;
- стандартних відхилень – показує різницю значення атрибута порівняно із середнім значенням всіх величин [41].

Водночас, оскільки класифікація буде виконуватись машинним способом, варто вказати види машинного навчання.

Основна маса завдань, що вирішуються за допомогою методів машинного навчання, відноситься до двох різних видів: навчання з учителем (supervised learning) або без нього (unsupervised learning). Однак цим учителем зовсім не обов'язково є сам програміст, який стоїть над комп'ютером і контролює кожну дію в програмі. «Учитель» в термінах машинного навчання - це саме втручання людини в процес обробки інформації. В обох видах навчання машині надаються вихідні дані, які їй належить проаналізувати і знайти закономірності. Різниця лише в тому, що при

навчанні з учителем є ряд гіпотез, які необхідно спростувати або підтвердити. Цю різницю легко зрозуміти на прикладах.

Машинне навчання з учителем

Припустимо, в нашому розпорядженні виявилися відомості про десять тисяч київських квартир: площа, поверх, район, наявність або відсутність парковки біля будинку, відстань від метро, ціна квартири і т. д. Нам необхідно створити модель, що пророкує ринкову вартість квартири по її параметрам. Це ідеальний приклад машинного навчання з учителем: у нас є вихідні дані (кількість квартир і їх властивості, які називаються ознаками) і готову відповідь по кожній з квартир - її вартість. Програмі належить вирішити задачу регресії.

Ще приклад з практики: підтвердити або спростувати наявність раку у пацієнта, знаючи всі його медичні показники. З'ясувати, чи є вхідний лист спамом, проаналізувавши його текст. Це все завдання на класифікацію.

Машинне навчання без учителя

У разі навчання без учителя, коли готових «правильних відповідей» системі не надано, все йде ще цікавіше. Наприклад, у нас є інформація про вагу і зростання якоїсь кількості людей, і ці дані потрібно розподілити по трьом групам, для кожної з яких належить пошити сорочки відповідних розмірів. Це завдання кластеризації. В цьому випадку належить розділити всі дані на 3 кластера (але, як правило, такого суворого і єдино можливого поділу немає).

Якщо взяти іншу ситуацію, коли кожен з об'єктів у вибірці має сотню різних ознак, то основною складністю буде графічне відображення такої вибірки. Тому кількість ознак зменшують до двох або трьох, і стає можливим візуалізувати їх на площині або в 3D.

Отже класифікацію можливо виконувати двома методами: класифікація з учителем та класифікація без учителя. Для виконання класифікації території міста Києва класифікація з учителем є більш оптимальною, оскільки необхідно задавати кількість класів і суб'єктивно визначити для них певні значення пікселів, тому саме її використано в процесі виконання дипломної роботи.

ВИСНОВОК: Розглянувши різні способи моніторингу забудови території міста Києва, було визначено, що найоптимальнішим є саме космічний моніторинг, оскільки його дані можна опрацьовувати автоматичним способом і різними методами. Крім того, визначено, що для того щоб оцінити саме масштаби забудови міста Києва доцільно використати метод класифікації знімків.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ МАСШТАБІВ ЗАБУДОВИ МІСТА КИЄВА З ВИКОРИСТАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ СЕРВІСУ GOOGLE EARTH ENGINE

3.1. Можливості сервісу Google Earth Engine

Поширення суперкомп'ютерів та високоефективних обчислювальних систем набувають значних масштабів, і великі хмарні обчислення широко доступні як товар. У той же час архіви даних дистанційного зондування у масштабах петабайти даних стали вільно доступними у багатьох урядових установ США, включаючи NASA, Геологічну службу США та NOAA, а також Європейське космічне агентство. Крім того розроблено широкий спектр інструментів для полегшення широкомасштабної обробки геопросторових даних, включаючи TerraLib, Nadoop, GeoSpark та GeoMesa [20, 21, 25,].

На жаль, повне використання цих ресурсів все ще потребує значних технічних знань та зусиль. Одна велика перешкода полягає в базовому управлінні інформаційними технологіями (ІТ): збирання та зберігання даних; розбір незрозумілих форматів файлів; управління базами даних, розподілом машин, робочими місцями та чергами завдань, процесорами, графічними процесорами та мережами; і використання будь-якої з безлічі структур обробки геопросторових даних.

Цей тягар може поставити ці інструменти поза досяжністю багатьох дослідників та оперативних користувачів, обмеживши доступ до інформації, що міститься в багатьох великих наборах даних дистанційного зондування, експертам дистанційного зондування із спеціальним доступом до високоефективних обчислювальних ресурсів.

Google Earth Engine - це хмарна платформа, яка дозволяє легко отримати доступ до високоефективних обчислювальних ресурсів для обробки дуже великих геопросторових наборів даних. Окрім того, і не так як відомі суперкомп'ютерні

центри, Earth Engine також створений для того, щоб допомогти дослідникам легко поширювати свої результати серед інших дослідників, політиків, неурядових організацій, працівників на місцях і навіть широкої громадськості. Після того, як алгоритм був розроблений на Earth Engine, користувачі можуть виробляти систематизовані продукти даних або розгортати інтерактивні програми, підкріплені ресурсами Earth Engine, без необхідності бути експертом у розробці додатків, веб-програмуванні чи HTML.

Earth Engine складається з готового каталогу даних, готовий до багатопотужного аналізу, сумісного з високоефективним, внутрішньо паралельним сервісом обчислень. Доступ до нього та керування здійснюється через доступний для Інтернету інтерфейс програмування програм (API) та пов'язане з ним веб-інтерактивне середовище розробки (IDE), що дозволяє швидко прототипувати та візуалізувати результати.

У каталозі даних розміщено велике сховище загальнодоступних наборів геопросторових даних, включаючи спостереження з різних супутникових та повітряних систем візуалізації, як оптичної, так і неоптичної довжини хвиль, змінних довкілля, прогнозів погоди та клімату та перешкод, наземного покриву, топографічних та соціально-економічні набори даних. Усі ці дані попередньо обробляються до готової до використання форми, яка зберігає інформацію, що дозволяє ефективно отримувати доступ та усуває багато бар'єрів, пов'язаних з управлінням даними.

Користувачі можуть отримувати доступ та аналізувати дані з загальнодоступного каталогу, а також свої власні приватні дані, використовуючи бібліотеку операторів, надану API Earth Engine. Ці оператори реалізовані у великій паралельній системі обробки, яка автоматично підрозділяє і розподіляє обчислення, забезпечуючи можливості аналізу високої пропускну здатності. Користувачі отримують доступ до API через тонку бібліотеку клієнтів або через інтерактивне середовище розробки на базі aweb, побудоване поверх цієї бібліотеки клієнтів (Рис. 3.1). Користувачі можуть зареєструватися для доступу на домашній сторінці Earth Engine <https://earthengine.google.com> та отримати доступ до інтерфейсу

користувача, а також до керівництва користувача, підручників, прикладів, навчальних відео, посилання на функції та навчальні програми. Досвід роботи з ГІС, дистанційним зондуванням та сценаріями полегшує розпочаття роботи, вони не є строго необхідними, а керівництво користувача орієнтоване на новачків домену. Облікові записи мають квоту для завантаження особистих даних та збереження проміжних продуктів, а будь-які вхідні дані чи результати можна завантажувати для офлайн-використання.

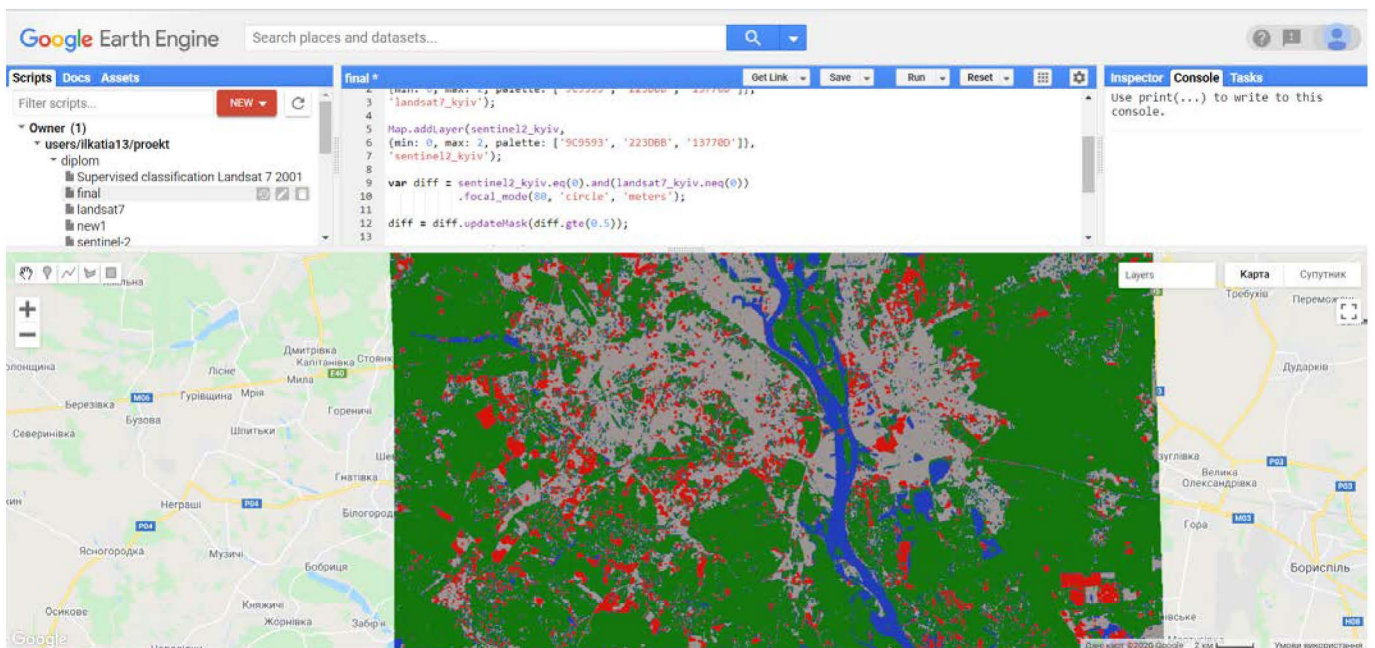


Рис. 3.1. Інтерактивне середовище розробки Earth Engine

Каталог загальнодоступних даних Earth Engine - це колекція, де широко використовуються геопросторові набори даних. Основну частину каталогу складають зображення дистанційного зондування, що спостерігають за Землею, включаючи весь архів Landsat, також повноцінний архів даних Sentinel-1 та Sentinel-2, але він також включає прогнози клімату, дані про покриття земель та багато інших екологічних, геофізичних та соціально-економічних наборів даних (Таблиця 3.1). Каталог постійно оновлюється зі швидкістю майже 6000 сцен на день від активних місій, із типовою затримкою близько 24 год від часу отримання сцени. Користувачі можуть вимагати додавання нових наборів даних у загальнодоступний каталог, або вони можуть

завантажувати власні приватні дані через інтерфейс REST, використовуючи інструменти на основі браузера або командного рядка та ділитися з іншими користувачами чи групами за бажанням.

Таблиця 3.1.

Найчастіше використовувані набори даних у каталозі даних Earth Engine [31]

Набір даних	Номинальна роздільна здатність	Часова грануляція	Часове покриття	Просторове покриття
Landsat				
Landsat 8 OLI/TIRS	30 m	16 day	2013–Now	Global
Landsat 7 ETM+	30 m	16 day	2000–Now	Global
Landsat 5 TM	30 m	16 day	1984–2012	Global
Landsat 4–8 surface reflectance	30 m	16 day	1984–Now	Global
Sentinel				
Sentinel 1 A/B ground range detected	10 m	6 day	2014–Now	Global
Sentinel 2A MSI	10/20 m	10 day	2015–Now	Global
MODIS				
MOD08 atmosphere	1°	Daily	2000–Now	Global
MOD09 surface reflectance	500 m	1 day/8 day	2000–Now	Global
MOD10 snow cover	500 m	1 day	2000–Now	Global
MOD11 temperature and emissivity	1000 m	1 day/8 day	2000–Now	Global
MCD12 Land cover	500 m	Annual	2000–Now	Global
MOD13 Vegetation indices	500/250 m	16 day	2000–Now	Global
MOD14 Thermal anomalies & fire	1000 m	8 day	2000–Now	Global
MCD15 Leaf area index/FPAR	500 m	4 day	2000–Now	Global
MOD17 Gross primary productivity	500 m	8 day	2000–Now	Global
MCD43 BRDF-adjusted reflectance	1000/500 m	8 day/16 day	2000–Now	Global
MOD44 veg. cover conversion	250 m	Annual	2000–Now	Global
MCD45 thermal anomalies and fire	500 m	30 day	2000–Now	Global
ASTER				
L1 T radiance	15/30/90 m	1 day	2000–Now	Global
Global emissivity	100 m	Once	2000–2010	Global
Other imagery				
PROBA-V top of canopy reflectance	100/300 m	2 day	2013–Now	Global
EO-1 hyperion hyperspectral radiance	30 m	Targeted	2001–Now	Global
DMSF-OLS nighttime lights	1 km	Annual	1992–2013	Global
USDA NAIP aerial imagery	1 m	Sub-annual	2003–2015	CONUS
Topography				
Shuttle Radar Topography Mission	30 m	Single	2000	60°N–54°S
USGS National Elevation Dataset	10 m	Single	Multiple	United States
USGS GMTED2010	7.5"	Single	Multiple	83°N–57°S
GTOPO30	30"	Single	Multiple	Global
ETOPO1	1'	Single	Multiple	Global
Landcover				
GlobCover	300 m	Non-periodic	2009	90°N–65°S
USGS National Landcover Database	30 m	Non-periodic	1992–2011	CONUS
UMD global forest change	30 m	Annual	2000–2014	80°N–57°S
JRC global surface water	30 m	Monthly	1984–2015	78°N–60°S
GLCF tree cover	30 m	5 year	2000–2010	Global
USDA NASS cropland data layer	30 m	Annual	1997–2015	CONUS
Weather, precipitation & atmosphere				
Global precipitation measurement	6'	3 h	2014–Now	Global
TRMM 3B42 precipitation	15'	3 h	1998–2015	50°N–50°S
CHIRPS precipitation	3'	5 day	1981–Now	50°N–50°S
NLDAS-2	7.5'	1 h	1979–Now	North America
GLDAS-2	15'	3 h	1948–2010	Global
NCEP reanalysis	2.5°	6 h	1948–Now	Global
ORNL DAYMET weather	1 km	Annual	1980–Now	North America
GRIDMET	4 km	1 day	1979–Now	CONUS
NCEP global forecast system	15'	6 h	2015–Now	Global
NCEP climate forecast system	12'	6 h	1979–Now	Global
WorldClim	30"	12 images	1960–1990	Global
NEX downscaled climate projections	1 km	1 day	1950–2099	North America
Population				
WorldPop	100 m	5 year	Multiple	2010–2015
GPWv4	30"	5 year	2000–2020	85°N–60°S

Earth Engine використовує просту і дуже загальну модель даних, засновану на 2D-растрових растрових смугах у легкому контейнері з зображенням. Пікселі в

окремому діапазоні повинні бути однорідними за типом даних, роздільною здатністю та проекцією. Однак зображення можуть містити будь-яку кількість смуг, і смуги у зображенні не повинні мати уніфіковані типи даних або проекції. Кожне зображення також може мати асоційований ключ/цінні дані, що містять інформацію, таку як місцезнаходження, час придбання та умови, за яких зображення було зібране чи оброблене.

Пов'язані зображення, такі як усі зображення, що створюються одним датчиком, групуються і представляються як «колекція». Колекції забезпечують можливість швидкої фільтрації та сортування, що полегшує користувачам пошук за мільйонами окремих зображень для вибору даних, що відповідають певним просторовим, часовим або іншим критеріям. Наприклад, користувач може легко вибирати денні зображення з супутника Landsat 7, які охоплюють будь-яку частину штату Айова, зібрану в 80 -104 день року, з 2010 по 2012 рік, з менш ніж 70 % хмарного покриття.

Зображення, що потрапляють у Earth Engine, попередньо обробляються для полегшення швидкого та ефективного доступу. По-перше, зображення нарізаються плитками в оригінальній проекції та роздільній здатності зображення і зберігаються в ефективній та копіюваній базі даних плиток. Розмір плитки 256×256 був обраний як практичний компроміс між завантаженням непотрібних даних та накладними витратами на додаткове читання. На відміну від звичайних систем «куб даних», цей процес прийому даних є збереженням інформації: дані завжди підтримуються в їх первісному проектуванні, роздільній здатності та бітовій глибині, уникаючи деградації даних, яка була б притаманна перекомполяції всіх даних у фіксовану сітку що може бути або не підходить для будь-якої конкретної програми.

Крім того, для забезпечення швидкої візуалізації під час розробки алгоритму створюється піраміда плиток із зменшеною роздільною здатністю для кожного зображення та зберігається в базі даних плиток. Кожен рівень піраміди створюється шляхом зменшення попереднього рівня на коефіцієнт два, поки все зображення не впишеться в одну плитку. При понижувальному моделюванні діапазони безперервної оцінки, як правило, усереднюються, тоді як дискретно оцінені діапазони, такі як

класифікаційні мітки, відбираються з використанням однієї з `min`, `mode`, `max` або фіксованої вибірки. Коли частина даних із зображення запитується для обчислення зі зменшеною роздільною здатністю, з бази даних плиток потрібно отримати лише відповідні плитки з найбільш відповідного рівня піраміди. Ця потужність у двох масштабах дозволяє зменшити масштабність даних у різних масштабах, не вводячи значних накладних витрат, а також узгоджується із загальними моделями використання в веб-базуванні.

3.2. Платформа Google Earth Engine Code Editor

Earth Engine можна використовувати прямо з вашого веб-браузера через Google Earth Engine Code Editor. Це дозволяє набагато швидше обробити дані та можливість негайно візуалізувати ваші дані. Щойно ви отримали підтвердження електронною поштою, відкрийте редактор коду у своєму браузері.

Редактор коду Earth Engine за адресою `code.earthengine.google.com` - це веб-IDE для API JavaScript Engine Engine. Увійти можливо за допомогою облікового запису Google, увімкненого для доступу до Earth Engine. Функції редактора коду створені для того, щоб швидко та легко розвивати складні геопросторові робочі процеси.

Редактор коду розділений на 4 різні модулі: Менеджер, Редактор коду, Консоль та Карта:

- Менеджер (угорі зліва) може розглядатися як елементарна файлова система для Earth Engine. Менеджер розділений на 3 різні підмодулі:
 - Сценарії (де зберігаються ваші сценарії на додаток до прикладів, наданих Google)
 - Документи (документація для Earth Engine)
 - Активи (куди можна завантажувати локальні файли в Earth Engine).
- Редактор коду (верхній центр) - це місце, де можна писати та виконувати сценарії, написані на JavaScript. Цей редактор відформатує ваш код, підкреслить код із проблемами, автоматично заповнить і запропонує підказки

щодо виконання функцій Earth Engine. Кнопки для запуску / скидання / збереження сценаріїв знаходяться над самим редактором коду.

- Консоль (у верхньому правому куті) розділена на 3 різні підмодулі: Інспектор, Консоль та Завдання. Інспектор дозволяє вам інтерактивно запитувати карту, натискаючи аспекти на карті. На консолі буде надруковано будь-який текст із операторів print () у ваших сценаріях - як правило, для отримання метаданих із файлів, які використовуються у вашому сценарії. Підмодуль Завдання використовується для перегляду поданих вами завдань / завдань, на виконання яких знадобиться велика кількість часу.
- Карта (внизу) - це місце, де будь-який візуальний вихід із вашого сценарію буде присутнім і переглянеться поверх 15-метрового базового зображення Землі.

Code Editor має такі елементи (проілюстровані на рисунку 3.2):

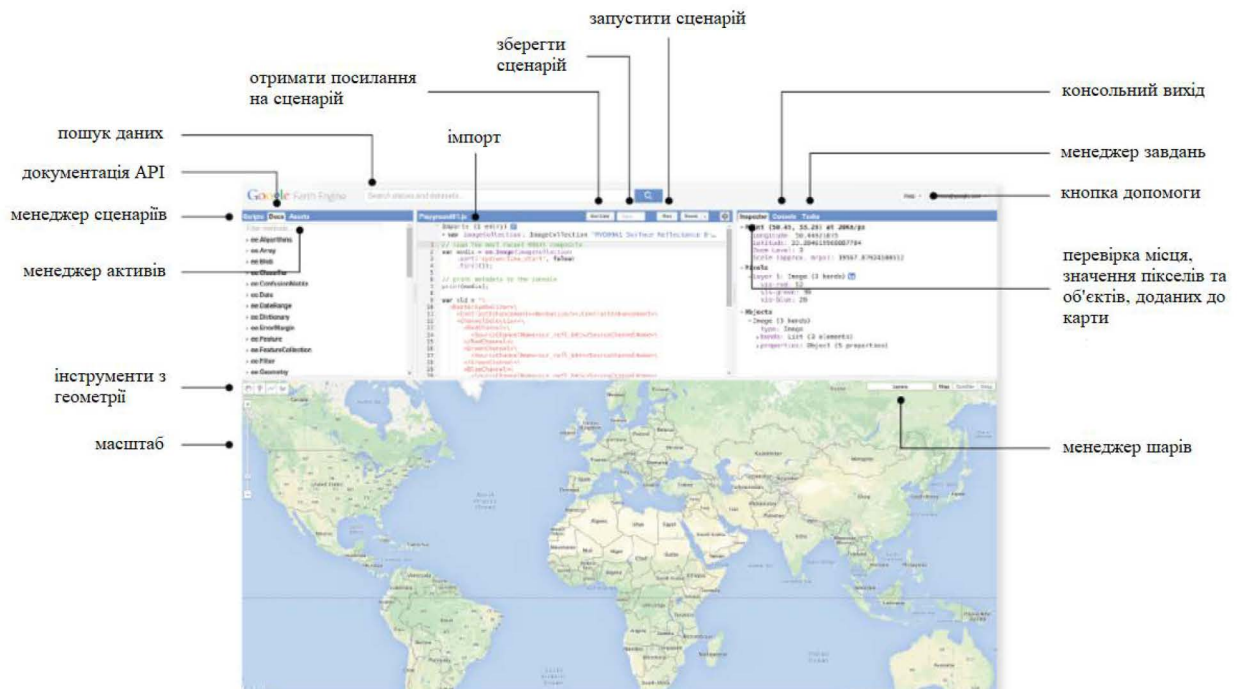


Рис. 3.2. Елементи Google Earth Engine Code Editor

3.3. Класифікація в Google Earth Engine: можливості та алгоритм дії

Пакет Classifier проводить класифікацію традиційними алгоритмами ML, що працюють в Earth Engine. Ці класифікатори включають CART, Random Forest, NaiveBayes та SVM.

Загальний робочий процес для класифікації можна скласти наступним чином:

- Збір даних про навчання. Зберіть елементи, які мають подібні властивості, що зберігає відому мітку класу та властивості, що зберігають числові значення для предикторів.
- Моментальна класифікація. При необхідності встановіть його параметри.
- Тренування класифікатора, при цьому використовуючи дані навчання.
- Класифікація зображення або колекції зображень.
- Оцінення помилки класифікації за допомогою незалежних даних перевірки.

Дані про навчання - це властивість FeatureCollection, що зберігає мітку класу та властивості, що зберігають змінні передбачувача. Мітки класів повинні бути послідовними, цілі числа починаючи з 0. При необхідності використовуйте remap() для перетворення значень класу в послідовних цілих чисел. Прогнози повинні бути числовими.

Дані про навчання та / або валідацію можуть надходити з різних джерел. Для інтерактивного збирання навчальних даних у програмі Earth Engine можна використовувати інструменти для малювання геометрії. Крім того, можливо імпортувати заздалегідь задані навчальні дані з активу таблиці Earth Engine. Класифікатор можливо отримати від одного з конструкторів у ee.Classifier. Також тренування класифікатора здійснюється за допомогою classifier.train(). Класифікацію Image або FeatureCollection здійснюють використовуючи classify().

В нашому випадку значення в таблиці зберігатимуть лише мітку класу. Варто зауважити, що властивість навчання «landcover» зберігає послідовні цілі числа, починаючи з 0. Також слід звернути увагу на використання image.sampleRegions () для отримання прогнозів в таблицю та створення навчального набору даних. Для підготовки класифікатора вкажимо назву властивості ярлика класу та список

властивостей у навчальній таблиці, який класифікатор повинен використовувати для прогнозів. Кількість та порядок смуг на зображенні, які підлягають класифікації, повинні точно відповідати порядку списку властивостей, наданого `classifier.train ()`.

3.3.1. Визначення критеріїв підбору супутникових знімків та безпосередній вибір знімків

Отже, класифікацію знімків варто розпочати з вибору супутників, дані яких придатні саме для нашого регіону - місто Київ. Платформа Google Earth Engine для можливість роботи з чотирма видами супутникових даних:

Landsat. Landsat, спільна програма USGS та NASA, постійно спостерігав за Землею з 1972 року по сьогодні. Сьогодні супутники Landsat зображають всю поверхню Землі в 30-метровій роздільній здатності приблизно раз на два тижні, включаючи багатоспектральні та теплові дані.

Sentinel. Програма Коперника - це амбітна ініціатива, яку очолює Європейська Комісія у партнерстві з Європейським космічним агентством (ESA). До Sentinels належать радіолокаційні зображення погоди від Sentinel-1A та -1B, оптичні зображення високої роздільної здатності від Sentinel 2A та 2B, а також дані океану та суходолу, придатні для моніторингу навколишнього середовища та клімату від Sentinel 3.

MODIS. Датчики спектрорадіометрів помірної роздільної здатності (MODIS) на супутниках Terra та Aqua NASA отримують зображення Землі щодня з 1999 року, включаючи щоденні знімки, відбиття поверхні, відрегульовану 16-денним BRDF, та отримані продукти, такі як індекси рослинності та сніговий покрив.

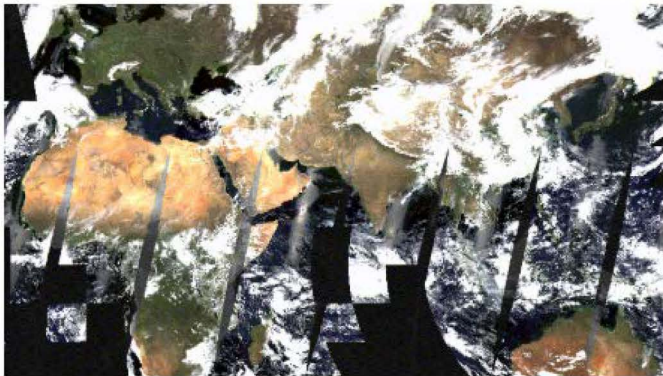
High-Resolution Imagery. Зображення з високою роздільною здатністю фіксують тонші деталі пейзажів та міського середовища. Національна програма зображень сільського господарства США (NAIP) пропонує дані повітряних знімків США з однометровою роздільною здатністю, включаючи майже повне охоплення кожні кілька років з 2003 року.



Landsat



Sentinel



MODIS



High-Resolution Imagery

Рис. 3.3. Приклади знімків різних супутників

Так, найкращу роздільну здатність мають знімки супутника Sentinel, проте дані супутника наявні лише з 2014 року, а оскільки для глобального аналізу потрібні дані хоча б за 15 років, тому крім Sentinel ми будемо використовувати ще дані супутника Landsat. Він хоч і має гіршу роздільну здатність, але даний супутник почав свою роботу з 1972.

Супутник MODIS нам не підходить у зв'язку з тим, що має низьку роздільну здатність, а супутник High-Resolution Imagery містить тільки супутники, що покривають територію США.

Отже, до обраних супутників ще потрібно висунути додатковий критерій. Необхідно щоб в них були приблизно схожі канали. А також щоб у вказаних колекціях був врахований коефіцієнт SR (surface reflectance, коефіцієнт відбиття поверхні).

Тому було обрано вказані колекції:

– USGS Landsat 7 Surface Reflectance Tier 2/

Цей набір даних є атмосферно відкоригованим відбиттям поверхні від датчика Landsat 7 ETM +. Ці зображення містять 4 видимі та близькі до інфрачервоного діапазону (VNIR) смуги та 2 короткохвильові інфрачервоні (SWIR) смуги, оброблені до орторектифікованого відбиття поверхні, та одну термічну інфрачервону смугу (TIR), оброблену до орторектифікованої температури яскравості. Діапазони VNIR та SWIR мають роздільну здатність 30 м / піксель. Діапазон TIR, спочатку зібраний з роздільною здатністю 120м / піксель (60м / піксель для Landsat 7), був перекомпонований з використанням кубічної конвертії до 30м.

Ці дані були скореговані атмосферно за допомогою LEDAPS і включають маску для хмари, тіні, води та снігу, виготовлену за допомогою CFMASK, а також маску насичення на піксель.

Смуги зібраних даних упаковуються в «сцени», що перекриваються приблизно 170 км x 183 км за допомогою стандартизованої контрольної сітки.

SR може вироблятися лише для активів Landsat, оброблених до рівня L1TP

Примітки постачальника даних:

SR не запускається для сцени з кутом сонячного zenіту більше 76 °;

Користувачів застерігають уникати використання SR для даних, отриманих на великих широтах (> 65 °);

Панхроматична смуга (ETM + Band 7, OLI Band 8) не обробляється до поверхового відбиття.

Ефективність корекції SR буде ймовірно знижена в районах, де на атмосферну корекцію впливають несприятливі умови:

Гіперзасушливі або засніжені регіони;

Умови низького сонячного кута;

Прибережні регіони, де площа суші невелика щодо сусідньої води;

Області з великим забрудненням хмар.

– Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A.

Sentinel-2 - це широкопалубна місія мультиспектральної візуалізації, яка підтримує дослідження моніторингу земель Коперника, включаючи моніторинг

рослинності, ґрунтового та водного покриву, а також спостереження за внутрішніми водними шляхами та прибережними районами. Дані Sentinel-2 L2 завантажуються з COPERNICUS. Вони були обчислені за допомогою sen2cor. В активах міститься 12 спектральних смуг UINT16, що представляють SR, масштабовану на 10000 (на відміну від даних L1, B10 немає). Існує також ще декілька діапазонів, характерних для L2. Крім того, присутні три діапазони QA, де одна (QA60) - діапазон бітових масок з інформацією про хмарні маски. Ідентифікатори активів EE для активів Sentinel-2 L2 мають такий формат: COPERNICUS / S2_SR / 20151128T002653_20151128T102149_T56MNN. Тут перша числова частина представляє дату та час зондування, друга числова частина представляє дату та час генерації продукту, а остаточно 6-символьна рядок - це унікальний ідентифікатор гранул, що вказує на його посилання на сітку UTM.

Роботу варто почати з підбору дати знімання. Оскільки дані супутника Landsat 7 починаються з 1999 року, тому перша класифікація буде проводитись на основі знімку за 2000 рік, червень місяць (оскільки потрібно якнайбільше зелені). Друга ж класифікація буде на основі сучасних даних - червень місяць 2019 року.

Перш ніж додати знімок, потрібно додати фільтр хмар, щоб отримати якісну основу для класифікації:

```
var cloudMaskL457 = function(image1) {
  var qa = image1.select('pixel_qa');
  // If the cloud bit (5) is set and the cloud confidence (7) is high
  // or the cloud shadow bit is set (3), then it's a bad pixel.
  var cloud = qa.bitwiseAnd(1 << 5)
    .and(qa.bitwiseAnd(1 << 7))
    .or(qa.bitwiseAnd(1 << 3));
  // Remove edge pixels that don't occur in all bands
  var mask2 = image1.mask().reduce(ee.Reducer.min());
  return image1.updateMask(cloud.not()).updateMask(mask2);
};
```

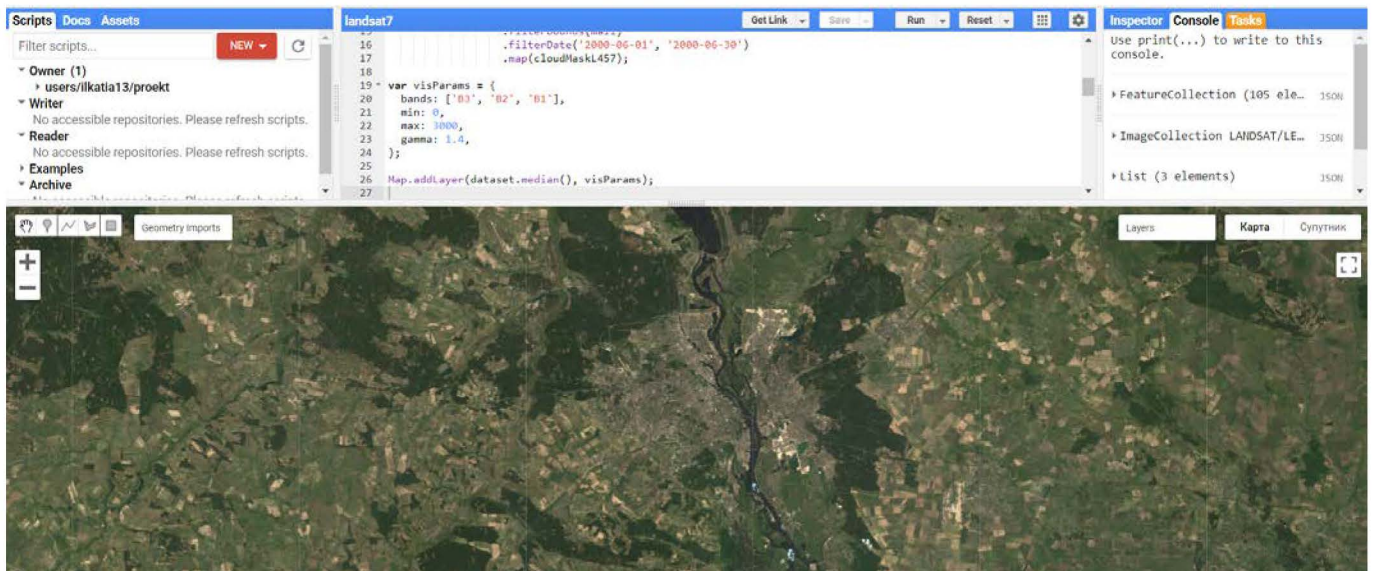


Рис. 3.4. Знімок Landsat 7 за червень 2000 року

Потім додаємо вибрану колекцію і відображаємо знімок на екрані:

```
var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C01/T1_SR')
    .filterBounds(mall)
    .filterDate('2000-06-01', '2000-06-30')
    .map(cloudMaskL457);
var visParams = {
  bands: ['B3', 'B2', 'B1'],
  min: 0,
  max: 3000,
  gamma: 1.4,
};
Map.addLayer(dataset.median(), visParams);
```

Подібну операцію виконуємо для колекції супутникових знімків Sentinel-2, проте з іншим алгоритмом відсіювання знімків з хмарами:

```
function maskS2clouds(image1) {
  var qa = image1.select('QA60');

  // Bits 10 and 11 are clouds and cirrus, respectively.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;
```



```

// Both flags should be set to zero, indicating clear conditions.
var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

return image1.updateMask(mask).divide(10000);
}

// Map the function over one year of data and take the median.
// Load Sentinel-2 TOA reflectance data.
var dataset = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
    .filterBounds(mall)
    .filterDate('2019-06-15', '2019-06-30')
    // Pre-filter to get less cloudy granules.
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))
    .map(maskS2clouds);

var rgbVis = {
  min: 0.0,
  max: 0.3,
  bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
};

Map.addLayer(dataset.median(), rgbVis, 'RGB');

```

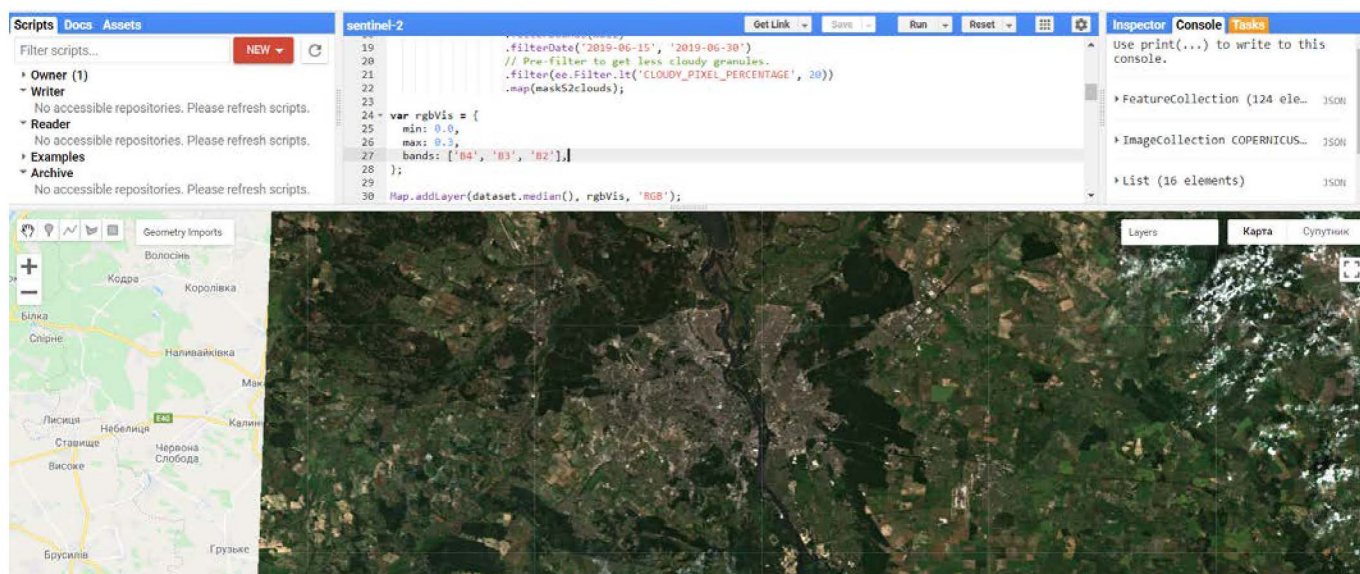


Рис. 3.5. Знімок Sentinel-2 за червень 2019 року

3.3.2. Підбір оптимальної кількості класів для найкращої візуалізації

даних

Наступним кроком у виконанні поставленої задачі буде підбір кількості класів та проставлення маркерів за допомогою яких і буде виконуватись безпосередньо класифікація.

Використовуючи зображення в якості гіда, потрібно навести курсор миші на поле «Geometry Import»s поруч із інструментами малювання геометрії та натисніть «+ new layer». Кожен новий шар представляє один клас у навчальних даних. Нехай перший новий шар позначає «urban».

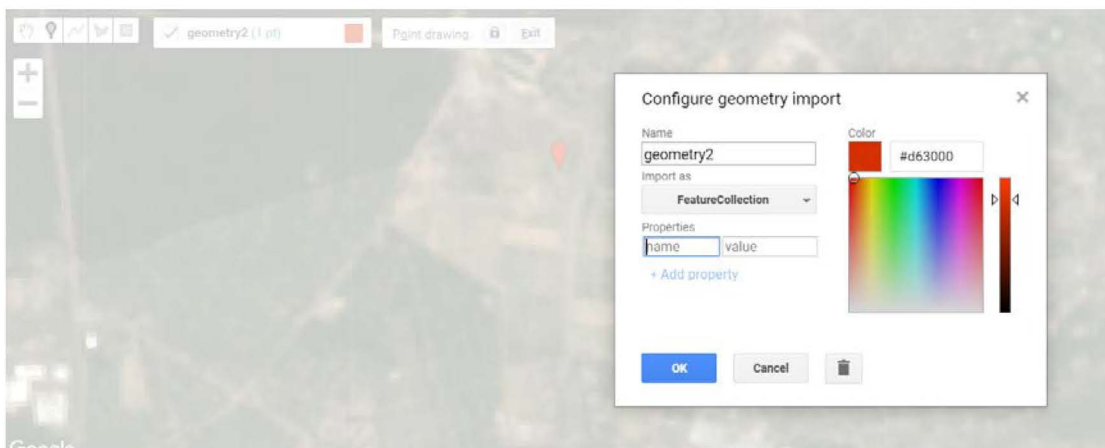


Рис. 3.6. Приклад встановлення властивостей міток класифікації

Знайшли точки в новому шарі в міських або забудованих районах (будівлі, дороги, стоянки тощо). Закінчивши проставляння міток, натиснули «Exit» та налаштуйте імпорт (у верхній частині скрипта) наступним чином. Назвемо шар «urban» та натиснемо на значок, щоб налаштувати його. «import as» FeatureCollection. Натиснемо «Add property» в якій в полі пропишемо landcover та встановить її значення 0. (Наступні класи будуть 1 для води, 2 для лісу тощо), коли робота завершена, натиснемо «OK».



Рис. 3.7. Приклад проставлених міток шару «рослинність»

Отже спершу створимо 5 класів - будівлі, поля, ліси, дороги, вода, кожному з яких буде встановлено властивість `landcover` від 0 до 4. Після закінчення вказаної роботи, готові `FeatureCollection` для кожного класу (всього 5), можна об'єднати в один `FeatureCollection`, використовуючи `featureCollection.merge()`. Це перетворить їх в одну колекцію, в якій властивість `landcover` має значення, яке є класом (0, 1, 2, 3, 4).

```
var newfc = buildings.merge(fields).merge(forest).merge(roads).merge(water);  
print(newfc);
```

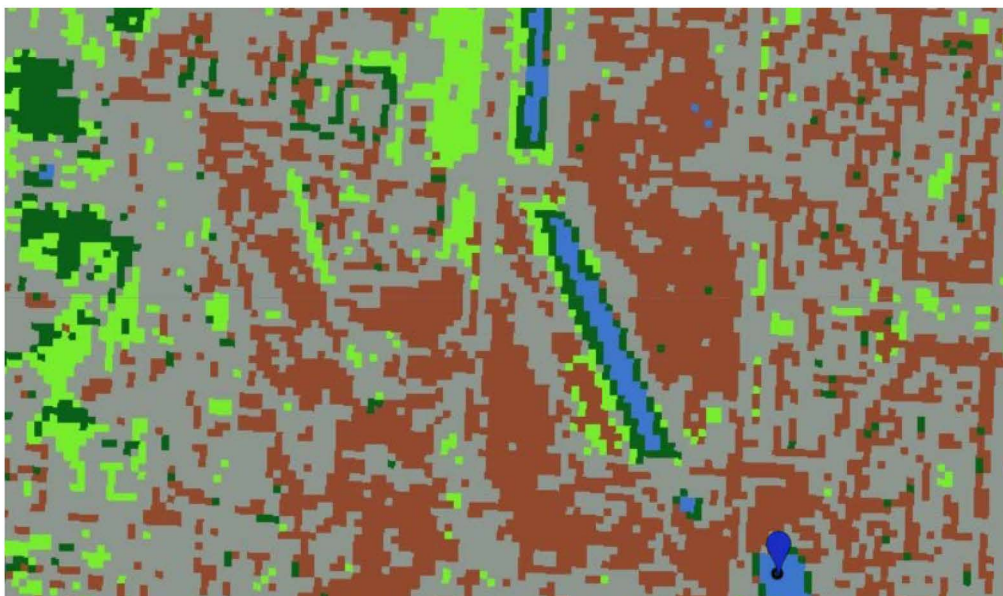


Рис. 3.8. Приклад використання для класифікації 5 класів: де коричневий - будівлі, світло-зелений - поля, зелений - ліси, сірий - дороги, блакитний - вода.

В результаті виконання процесу класифікації отримано класифіковане зображення, що вище.

Проаналізувавши отримане зображення можна зробити висновок, що такий підбір класів є недосконалим, оскільки такі класи як будівлі та дороги мають приблизно однакові спектральні характеристики. Тому вони в класифікації змішались. З огляду на викладене, доцільно об'єднати їх в один клас, який назовемо - «urban», тобто міський. Також, подібну схожість мають класи - поля і ліси. Тому їх також об'єднаємо в клас - «vegetation», тобто рослинність.

Отже в результаті отримуємо що для виконання вказаної роботи, а також для виконання класифікації саме міста Києва найкраще використовувати 3 класи - «urban», «vegetation» і «water».

3.3.3. Виконання класифікації підбраного знімку

Так, вибравши оптимальну кількість класів та підбравши відповідні супутникові знімки можна переходити до безпосередньої виконання класифікації.

Проставляємо мітки за розисаним вище алгоритмом, зазначивши для поля landcover значення 0, 1, 2.

Далі потрібно зробити вибірку зображення Landsat 7 за допомогою `image.sampleRegions ()`. Ця команда дозволить отримати коефіцієнт відбиття у визначених діапазонах для кожного із створених точок. Концептуальна схема цього показана на зображенні нижче. Ми будемо використовувати коефіцієнт відбиття від оптичних, NIR та SWIR діапазонів (для Landsat 7 - це B1, B2, B3, B4, B5, B7).



Рис. 3.9. Схема отримання коефіцієнту відбиття [19]

```

var bands = ['B1', 'B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B7'];

var training_all = ee.FeatureCollection([]);

var count = image_collection.size();
var imageSetCollection = image_collection.toList(count)

print(imageSetCollection)
ee.List.sequence(0, ee.Number(count.subtract(1))).getInfo()
.map(function(img) {
  var image = ee.Image(imageSetCollection.get(img))

  var training = image.select(bands).sampleRegions({
    collection: newfc,
    properties: ['landcover'],
    scale: 30
  });
  training_all = training_all.merge(training);
})
print(training_all);

```

Для отримання точніших результатів ми використовували для класифікації не один знімок, а певну колекцію знімків, які підходили нам за підібраними параметрами і були зроблені в червні 2000 року. Процес їх об'єднання вказаний у частині скрипта що вище.

FeatureCollection, що називається training_all, має значення відбиття від кожної смуги, що зберігається для кожного навчального пункту, а також мітку його класу.

Тепер ми будемо інстанціювати класифікатор за допомогою ee.Classifier.cart() та навчати його на навчальних даних із зазначенням особливостей використання (навчання), категорій наземних обкладинок як classProperty, на який ми хочемо класифікувати зображення, та відбиття у B1 - B5, B7 зображень Landsat як вхідних властивостей.

```

var classifier = ee.Classifier.cart().train({
  features: training_all,
  classProperty: 'landcover',
  inputProperties: bands
});

```

Надалі використовуємо новий класифікатор, щоб класифікувати решту зображення.

```
var classified = image_collection.first().select(bands).classify(classifier);
```

```
Map.centerObject(newfc);  
Map.addLayer(classified,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'classification');
```

Отже виконуємо класифікація, встановивши палетку за допомогою HTML color codes (<https://htmlcolorcodes.com/>). Для класу «urban» - зелений ('9C9593'), «vegetation» - зелений ('13770D'), «water» - блакитний ('223DBB').

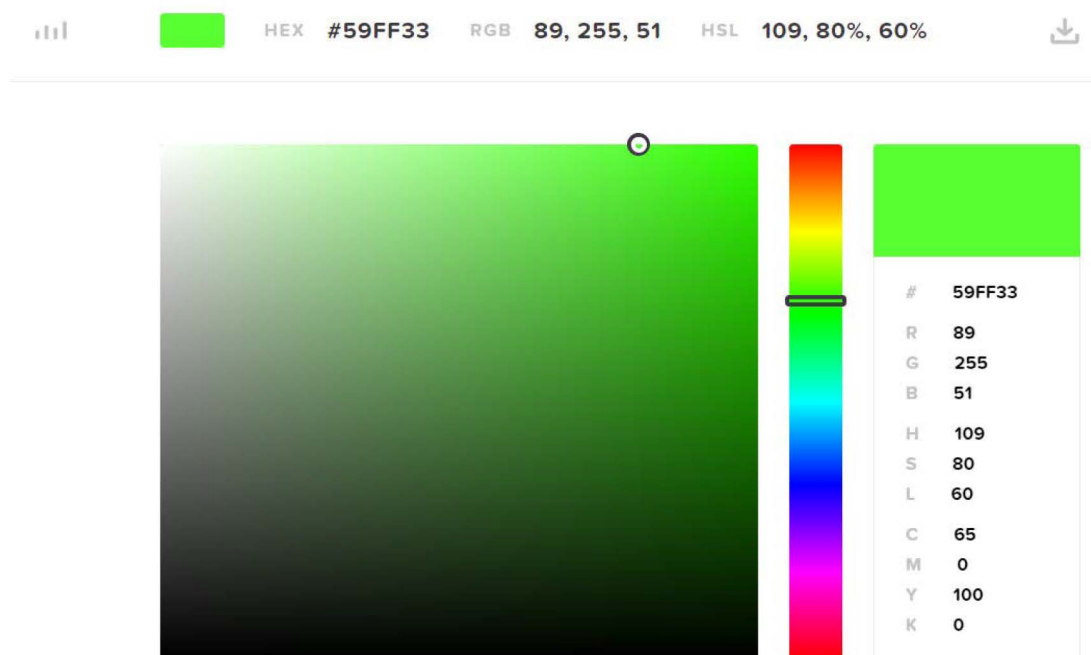


Рис. 3.10. Функціонал вибору кольору за допомогою HTML color codes

Запустивши програму ми отримуємо класифікацію, зокрема і території міста Києва в якій виділено 3 класи.

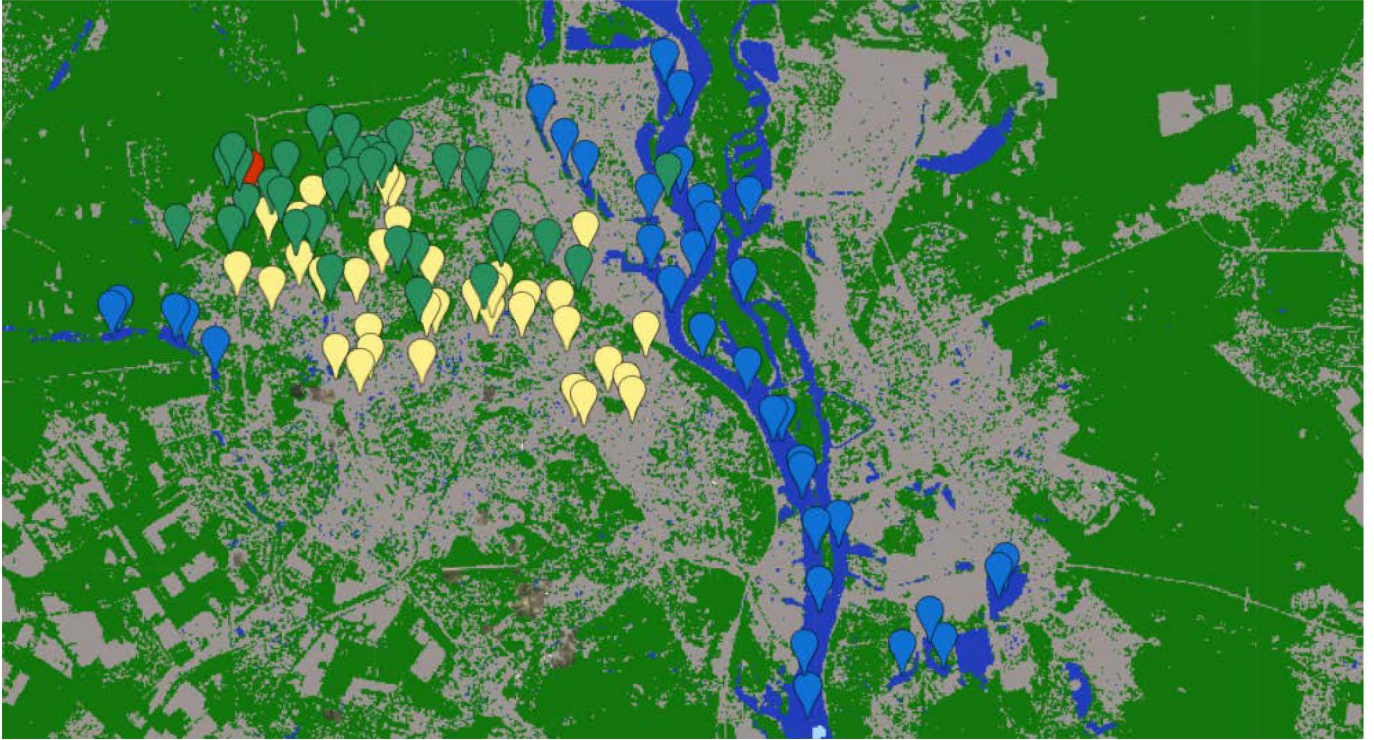


Рис. 3.11. Класифікація території міста Києва за 2000 рік



Рис. 3.12. Приблизження зображення класифікація території міста Києва за 2000 рік

Приблизивши отриману класифікацію (рис. 3.12.) можна помітити окремі пікселі, які виділяються серед основної картини, це наприклад, або окремі дерева серед забудови, або будівля, серед лісу, або ж, можливо, і певна погрішність за

рахунок в принципі низької роздільної здатності знімку. Тому для виконання наступного етапу роботи потрібно якби «згладити» класифікацію, а також прибрати випадкові пікселі. Для цього використаємо морфологічну операцію `focal_mode()`. Тобто вирахуємо моду для кожного пікселя із певними параметрами.

```
var classified_mode = classified.focal_mode(60, 'circle', 'meters')
```

Тобто вказаним рядком ми для виконаної класифікації вираховуємо моду на відстані 60 метрів від центру у формі кола.

```
Map.addLayer(classified_mode,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'classified_mode');
```

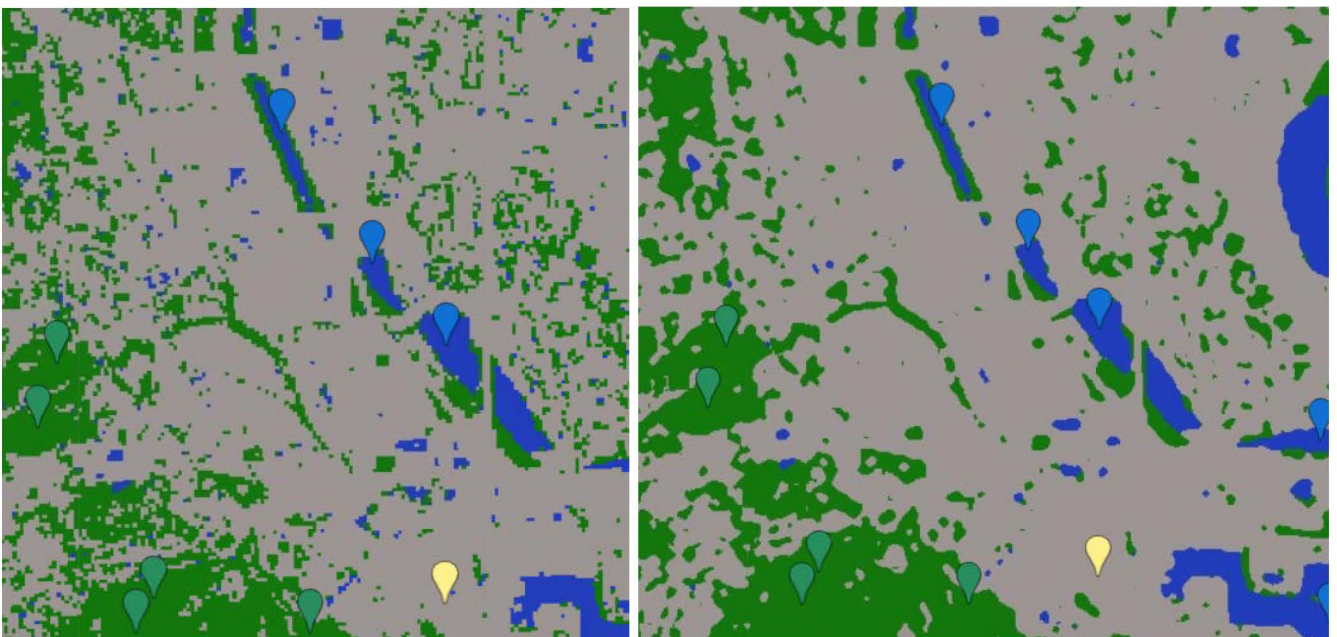


Рис. 3.13. Класифікація території міста Києва за 2000 рік без та з використанням моди

Порівнявши вказані вище зображення можна зробити висновок, що використання моди надає значні результати і значно полегшує подальше виконання роботи.

Подібні дії виконуємо і для класифікації супутникових знімків Sentinel-2 за червень 2019 року. Використовуємо для цього канали B2, B3, B4, B8, B11, B12.

```
var newfc = urban.merge(water).merge(vegetation);
print(newfc);

var image_collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
  .filterBounds(mall)
  .filterDate('2019-06-01', '2019-08-30')
  // Pre-filter to get less cloudy granules.
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 1))
  .map(maskS2clouds);

print(image_collection);

var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B11', 'B12'];

var training_all = ee.FeatureCollection([]);

var count = image_collection.size();
var imageSetCollection = image_collection.toList(count)

print(imageSetCollection)

ee.List.sequence(0, ee.Number(count.subtract(1))).getInfo()
.map(function(img){
  var image = ee.Image(imageSetCollection.get(img))

  //Map.addLayer(image, rgbVis);
  var training = image.select(bands).sampleRegions({
    collection: newfc,
    properties: ['landcover'],
    scale: 30
  });
  training_all = training_all.merge(training);
})
print(training_all);

var classifier = ee.Classifier.cart().train({
  features: training_all,
  classProperty: 'landcover',
  inputProperties: bands
```

```
});
```

```
var classified = image_collection.median().select(bands).classify(classifier);
```

```
var classified_mode = classified.focal_mode(60, 'circle', 'meters');
```

```
Map.centerObject(newfc);
```

```
Map.addLayer(classified,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'classification');
```

```
Map.addLayer(classified_mode,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'classified_mode');
```

В результаті отримаємо класифікацію території міста Києва за червень 2019 року. Певне «згладжування» отриманого результату дозволяє урівняти роздільну здатність отриманих класифікацій, яка відрізнялась у 3 рази.



Рис. 3.14. Класифікація території міста Києва за 2019 рік

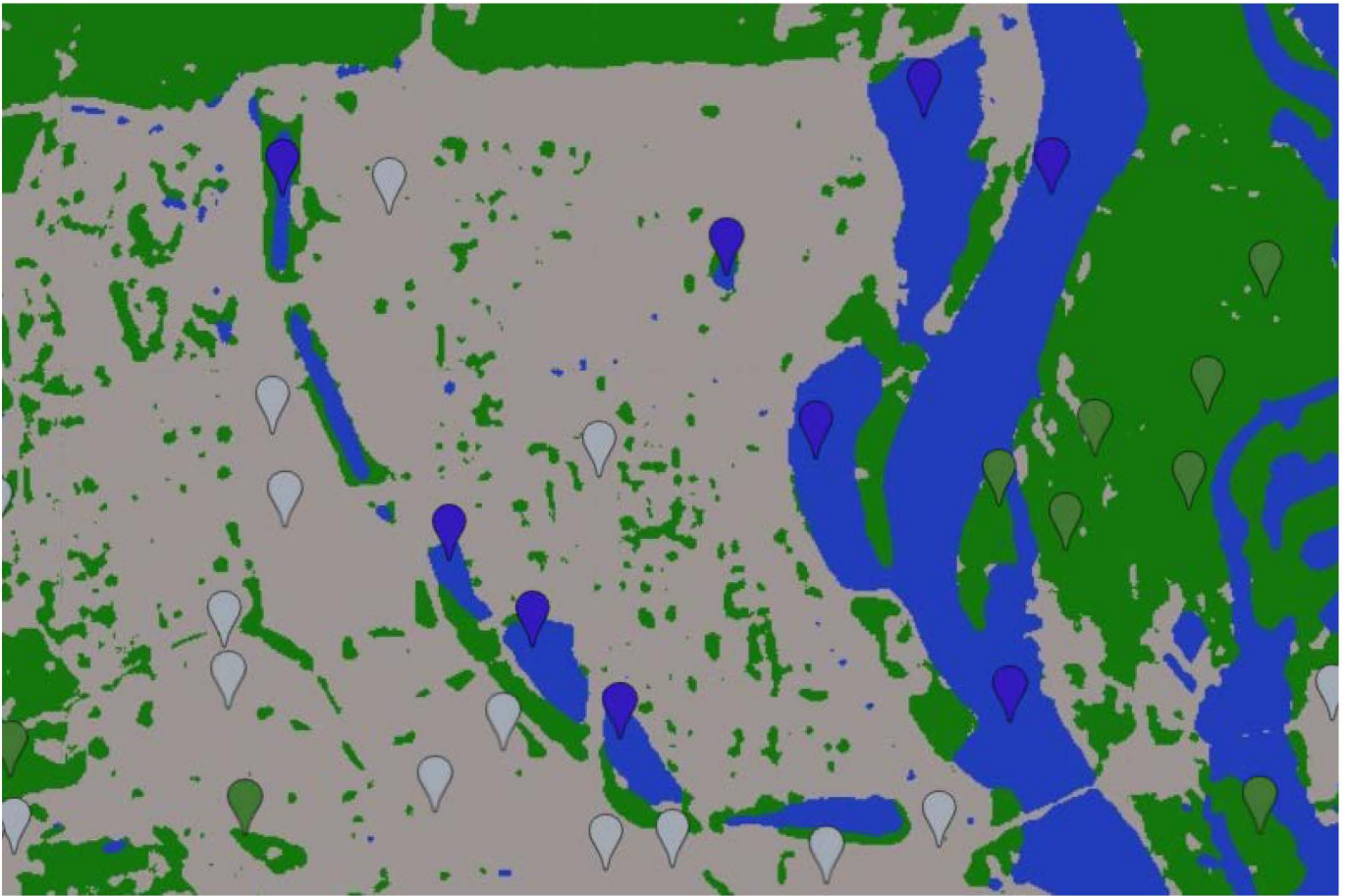


Рис. 3.15. Приближення зображення класифікація території міста Києва за 2019 рік

3.4. Побудова зображення масштабів забудови за період 2000-2019 років

Наступним кроком у виконанні дипломної роботи буде побудова зображення масштабів забудови території міста Києва. У якості вхідних даних використаємо класифікації за 2000 та 2019 роки, які ми отримали у попередньому підрозділі. Тому, перш за все, потрібно відокремити частину вказаних класифікацій, обмежуючи їх територією міста Києва. Для цього потрібно побудувати певний геометричний об'єкт, якнайкраще для цього підійде саме межа міста Київ.

Створення полігону в Google Earth Engine Code Editor здійснюється подібним чином, як створювали точкові об'єкти. Але замість «Додати позначку» вибираємо «Накреслити фігуру». Далі проставляємо точки по межі міста Києва, і отримуємо показаний нижче полігон.

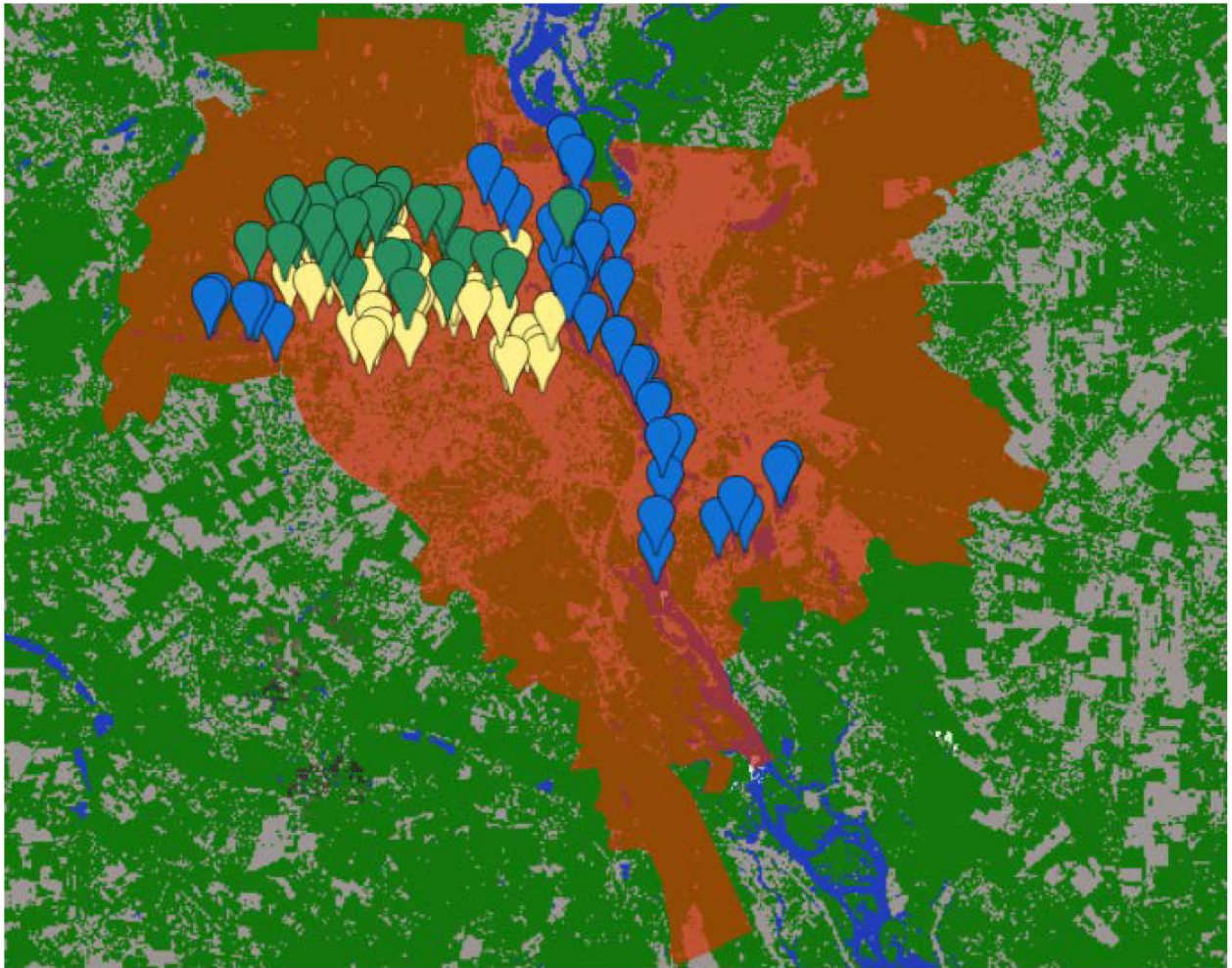


Рис. 3.16. Створений полігон, що охоплює територію міста Києва

Надалі ми використаємо вказаний полігон для експортування зображення. Тобто ми екпортуємо класифікації в розділ Assets. Для цього додамо в нашу програму такий скрипт.

```
// Export the image, specifying scale and region.  
Export.image.toAsset({  
  image: classified_mode,  
  description: 'landsat7',  
  assetId: 'landsat7',  
  scale: 10,  
  region: geometry  
});
```

Подібну операцію повторюємо і для класифікації Sentinel-2.

```
// Export the image, specifying scale and region.
Export.image.toAsset({
  image: classified_mode,
  description: 'sentinel-2',
  assetId: 'sentinel-2',
  scale: 10,
  region: geometry
});
```

В результаті в розділі Assets ми маємо експортовані класифікації Landsat 7 за червень 2000 року та Sentinel-2 за червень 2019 року, що обмежуються територією міста Києва.

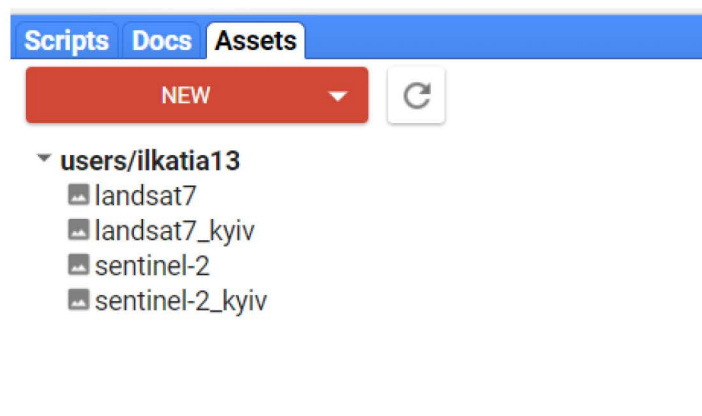


Рис. 3.17. Розділ Assets з експортованими зображеннями

Для кращого візуального сприйняття обріжемо отримані класифікації полігоном - територією міста Києва.

```
var kyiv_clip_landsat = landsat7_kyiv.clip(geometry);

Map.addLayer(kyiv_clip_landsat,
  {min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},
  'kyiv_clip_landsat');

var kyiv_clip_sentinel = sentinel2_kyiv.clip(geometry);

Map.addLayer(kyiv_clip_sentinel,
  {min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},
  'kyiv_clip_sentinel');
```

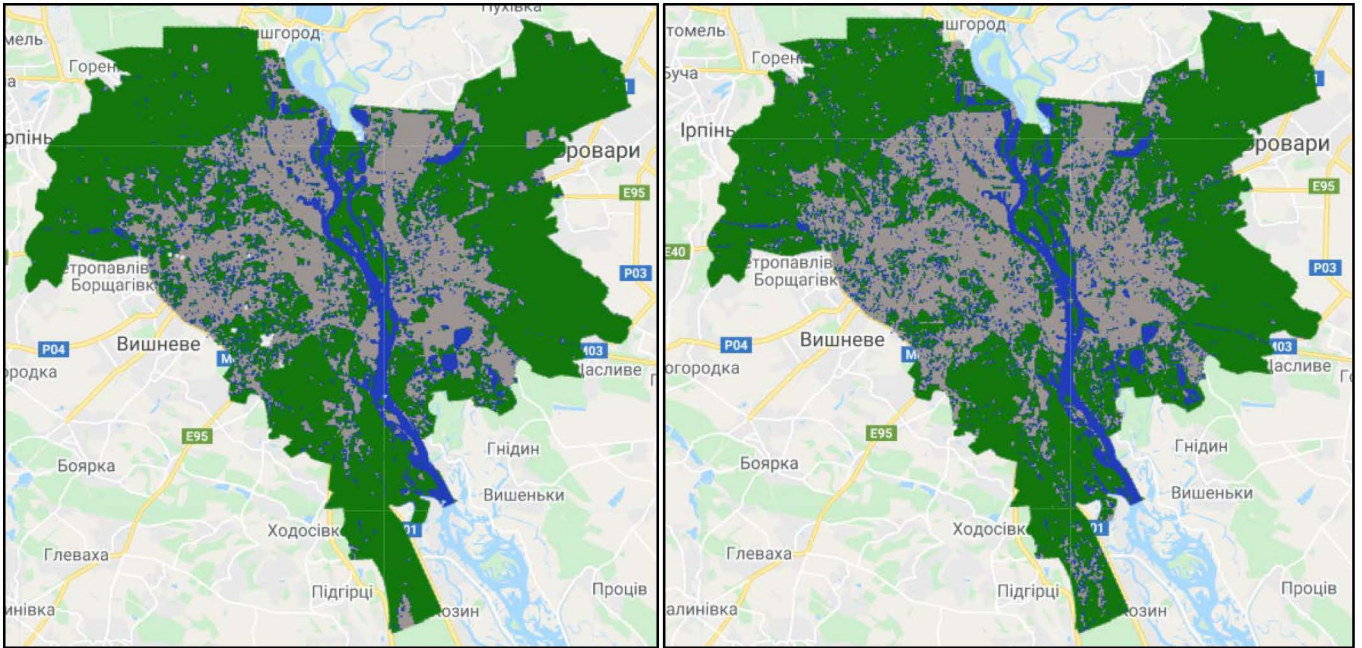


Рис. 3.18. Класифікації за 2000 та за 2019 роки в межах міста Києва

3.4.1. Визначення алгоритму виконання

Після того як ми отримали можливість імпортувати зображення класифікації у нову програму, можна переходити до безпосередньої побудови зображення масштабів забудови. Для цього ми порівнюємо описані вище класифікації, і місця де території «vegetation» та «water» змінились за 19 років на «urban», тобто були забудовані, ми підсвітемо червоним кольором.

```
Map.addLayer(landsat7_kyiv,
  {min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},
  'landsat7_kyiv');
```

```
Map.addLayer(sentinel2_kyiv,
  {min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},
  'sentinel2_kyiv');
```

```
var diff = sentinel2_kyiv.eq(0).and(landsat7_kyiv.neq(0))
  .focal_mode(80, 'circle', 'meters');
```

```
diff = diff.updateMask(diff.gte(0.5));
```

```
Map.centerObject(diff);
```

```
Map.addLayer(diff,  
{min: 0, max: 1, palette: ['39d60b', 'd6140b']},  
'diff');
```

При виконанні вищевказаної програми для територій «зміни» ми також застосували моду з метою відсіювання випадково отриманих пікселів, які могли виникнути за рахунок все ж таки порівняно низької роздільної здатності.

А також наклали маску, щоб території де зміни відбулись підсвічувались, а території де змін не було залишилися прозорими.

Отже, після запуску опиманої програми ми отримали інтерактивне зображення, яке дозволяє визначати місця забудови, що з'явилися за 19 років у м. Києві. Для наглядності, в якості підкладки використовуємо шар Супутник Google.

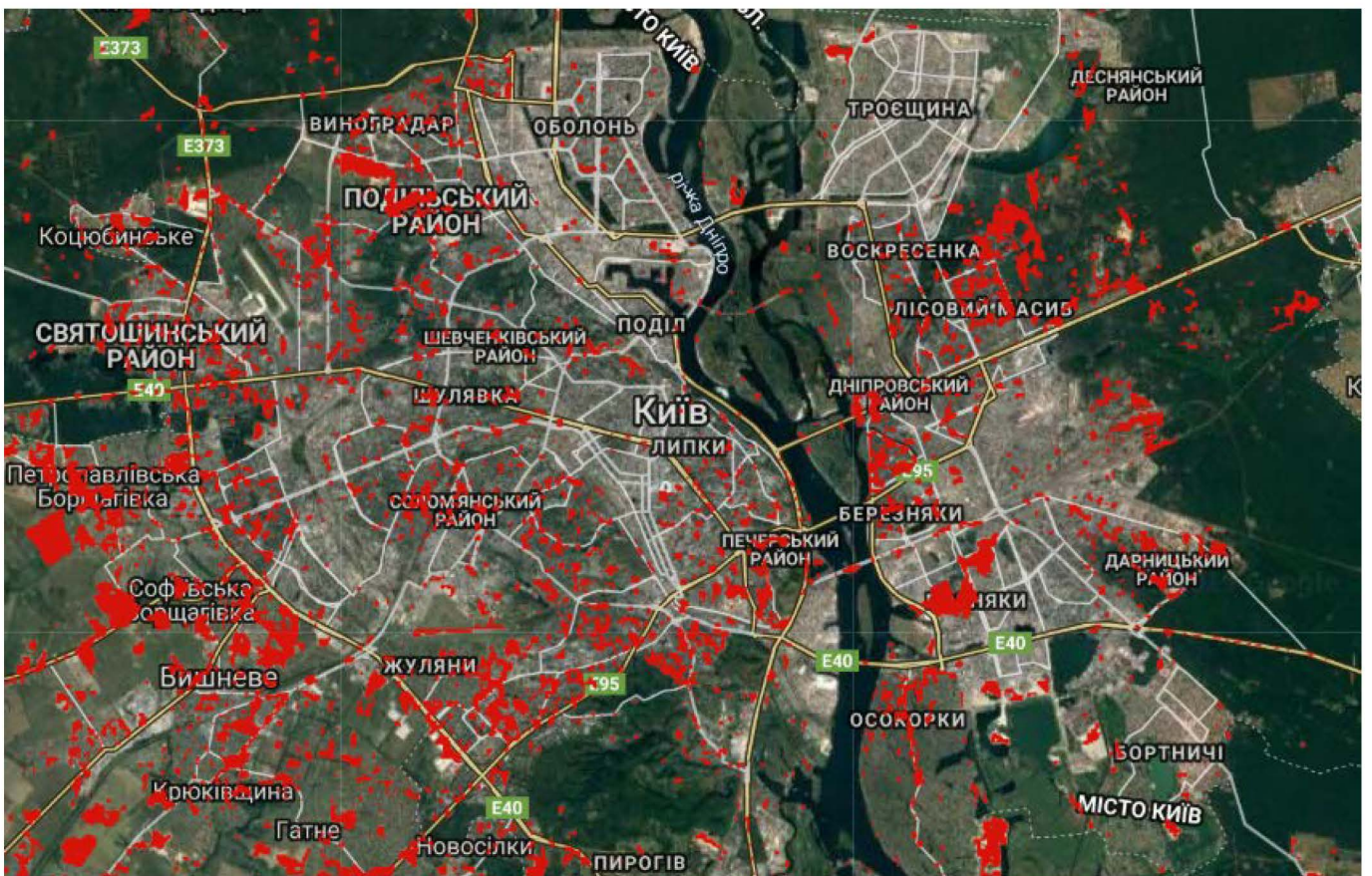


Рис. 3.19. Зображення масштабів забудови території міста Києва

Для кращого візуального сприйняття обріжемо отримане зображення масштабів забудови полігоном - територією міста Києва.

```
var kyiv_clip_diff = diff.clip(geometry);
```

```
Map.addLayer(kyiv_clip_diff,  
{min: 0, max: 1, palette: ['39d60b', 'd6140b']},  
'kyiv_clip_diff');
```

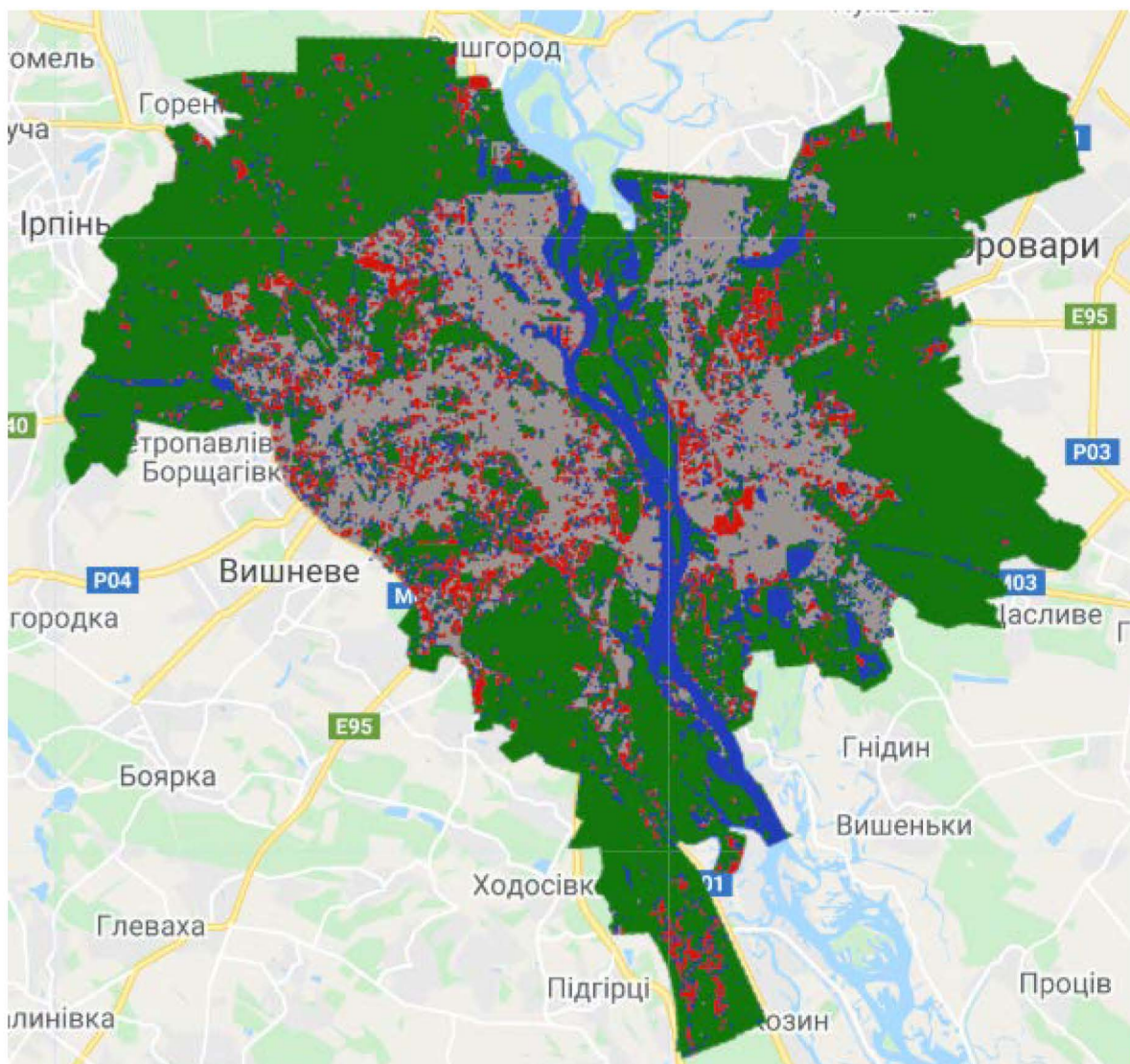


Рис. 3.20. Зображення масштабів забудови в межах міста Києва

3.4.2. Аналіз отриманої інформації

Аналіз отриманого зображення варто розпочати з визначення основних недоліків, до них можна віднести в першу чергу низьку якість вхідних матеріалів, а саме супутникових знімків Landsat 7 та Sentinel-2. За рахунок цього можливі промахи у отриманому результаті. Тому варто проінспектувати конкретні виділені території.

Для цієї роботи також використаємо програмний продукт компанії Google - Google Earth Pro. Дана програма дозволяє відслідковувати зміни, використовуючи повзунок дати, що відображає усі наявні архівні знімки Google. Дані знімки мають високу роздільну здатність, проте їх неможливо аналізувати в автоматичному режимі, тому ми їх і не використовували для основної задачі дипломної роботи.

Отже, знайдемо на зображенні масштабів забудови певний об'єкти значних розмірів. Його величина з більшою ймовірністю може свідчити про достовірність інформації.

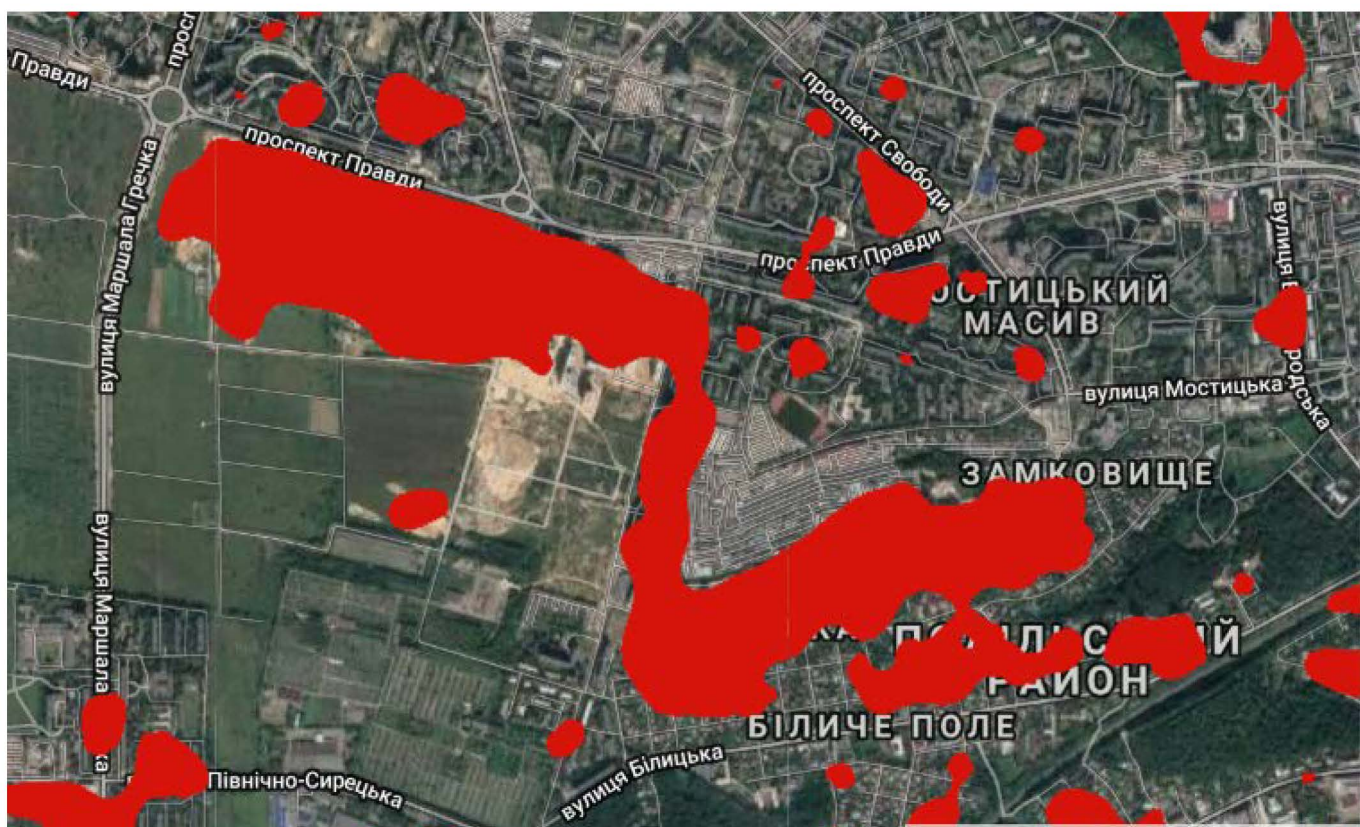


Рис. 3.21. Масивний об'єкт забудови рослинності

Наприклад, досить масштабні розміри має об'єкт в межах проспекту Правди та вулиць Маршала Гречка та Білицької.



Рис. 3.22. Знімки Google Earth Pro

Проаналізувавши вказані супутникові знімки за 26.10.2001 (вище) та за 22.09.2018 (нижче) можна дійсно помітити, що вказані території забудовано. А саме: замість полів побудовано житлові будівлі.

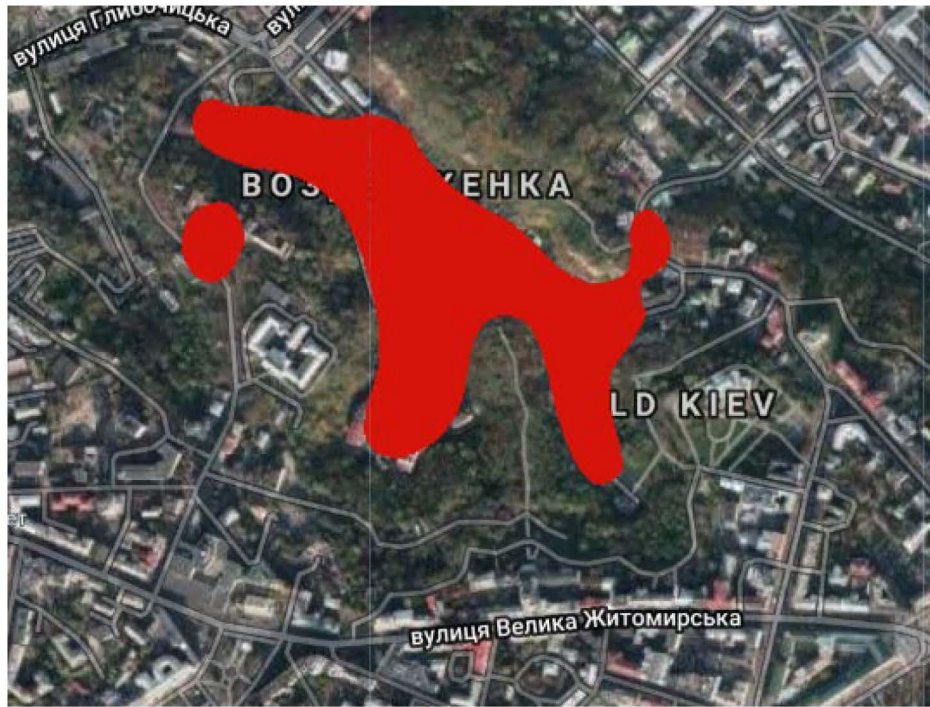


Рис. 3.23. Масивний об'єкт забудови рослинності



Рис. 3.24. Забудова житлового масиву Воздвиженка



Рис. 3.25. Приклад забудови



Рис. 3.26. Приклад забудови



Рис. 3.27. Забудова мікрорайону Жуляни

Отже вище представлені приклади вдалої роботи програми, яка дійсно визначає місця де змінились умови рослинності або води на забудову. Проте унаслідок недосконалості роздільної здатності вхідних знімків, в програмі наявні і промахи.



Рис. 3.28. Промах в роботі програми (вул. Олени Теліги)

Вказаний вище промах відбувся, можливо, через те, що за період 19 років у вказаному місці дерева були зрубані, або ж асфальт замінив газон, в наслідок цього зменшився відсоток «рослинності» даної території, тому за рахунок використання моди, вся територія вираховувалась як забудова. Або ж ще великий внесок може виконувати тінь, яка значно спотворює початкову яскравість пікселя.

3.4.2. Розрахунок скорочення площі рослинності за період 2000-2019 роки

Крім того, за допомогою отриманих вище даних можливо проводити додаткові обрахунки та аналізувати різноманітні аспекти.

Наприклад, розрахуємо скорочення площі рослинності території міста Києва за період 2000 - 2019 роки. Для цього, спершу, виокремимо шар «рослинність» («vegetation»).

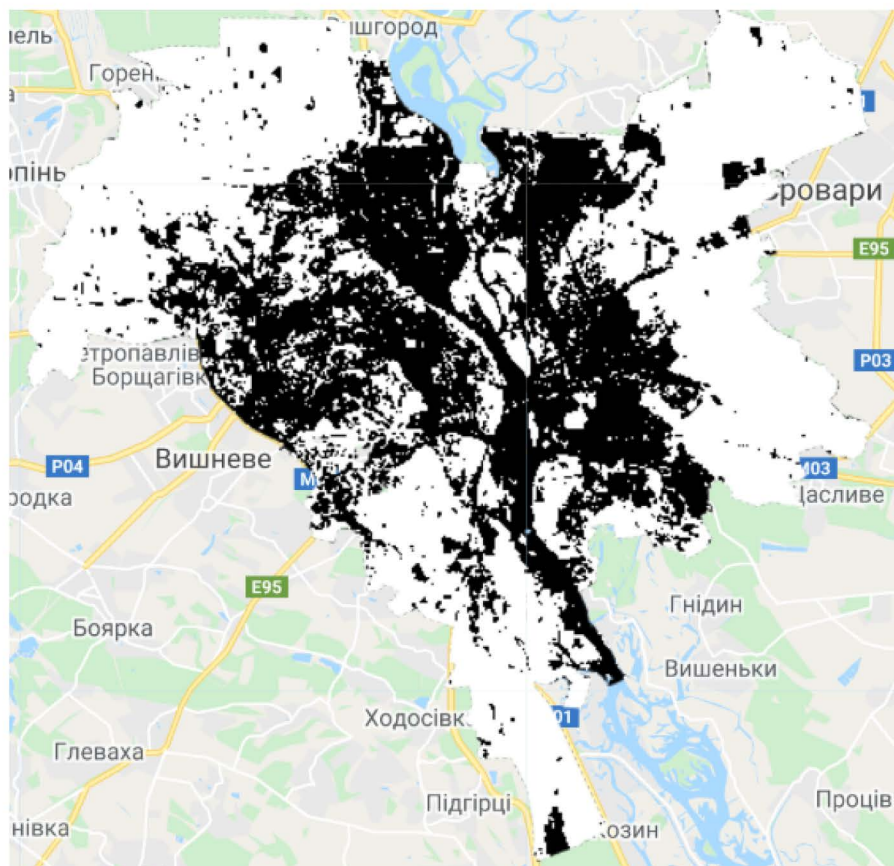


Рис. 3.29. Зображення на якому «рослинність» виділено білим, решта шарів - чорним

```
var vegetationArea = kyiv_clip_landsat.eq(2)
Map.addLayer(vegetationArea, {}, 'vegetationArea');
```

Далі порахуємо кількість пікселів шару «vegetation» для двох зображень (за 2000 і 2019 роки) і переведемо вказані числа у відповідності до масштабу у квадратні кілометри (км²).

```
var vegetationArea_2000 = kyiv_clip_landsat.eq(2).
multiply(ee.Image.pixelArea()).divide(1000000)
print(vegetationArea_2000)
```

```
var sumDictionary_2000 = vegetationArea_2000.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: geometry,
  // scale: 30,
  maxPixels: 1e9
});
print(sumDictionary_2000)
```

```
var vegetationArea_2019 = kyiv_clip_sentinel.eq(2).
multiply(ee.Image.pixelArea()).divide(1000000)
print(vegetationArea_2019)
```

```
var sumDictionary_2019 = vegetationArea_2019.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: geometry,
  // scale: 30,
  maxPixels: 1e9
});
print(sumDictionary_2019)
```

У результаті отримуємо такі значення:

- площа шару «рослинність» («vegetation») зображення за 2000 рік - 531.1667 км²;
- площа шару «рослинність» («vegetation») зображення за 2019 рік - 503.9276 км²;

Далі розрахуємо площу вирубки за 19 років:

площа «vegetation» за 2001 - площа «vegetation» за 2019 = 531.1667 - 503.9276 = 27.2391 км².

Після цього можемо розрахувати відсоток зменшення площі «рослинності».
Для цього площу вирубки поділимо на початкову площу «рослинність».
 $27.2391 / 531.167 = 0.0512$.

Отже, площа рослинності на території міста Києва за період 2000 - 2019 років скоротилась на 5 %.

ВИСНОВОК: В результаті виконання роботи було вдосконалено алгоритм виконання автоматичної класифікації «з учителем» в Google Earth Engine по якому побудовані класифікації території міста Києва за даними супутника Landsat 7 за період червня 2000 року та супутника Sentinel-2 за червень 2019. Вказані класифікації дають можливість якісного моніторингу ситуації безконтрольної та неспланованої забудови. Також використовуючи вищеописані класифікації було побудовано інтерактивне зображення масштабів забудови території міста Києва, на якому відображено території на яких за 19 останніх років рослинність і вода були забудовані, та розраховано відсоток скорочення площі рослинного шару у м. Києві.

ВИСНОВКИ

Екологічна безпека, а також здоров'я та добробут громадян, в тому числі і мешканців великих міст, які вже є заручниками надмірного рівня загазованості повітря, має стояти в перших рядах нагальних та важливих питань місцевої влади та відповідальних осіб.

Тому проведення моніторингу забудови території міста, за рахунок якої зменшуються площі рекреації, є надзвичайно важливим. Дані моніторингу потрібно обробити з метою їх подальшого використання. Визначивши переваги різних методів моніторингу, встановлено що саме космічний моніторинг надає актуальні та оперативні дані.

В дипломній роботі були виконані операції розроблення способів визначення масштабів забудови міста Києва, а також аналізу та оцінки отриманих результатів.

В результаті виконання роботи було вдосконалено алгоритм виконання автоматичної класифікації «з учителем» в Google Earth Engine по якому побудовані класифікації території міста Києва за даними супутника Landsat 7 за період червня 2000 року та супутника Sentinel-2 за червень 2019. Вказані класифікації дають можливість якісного моніторингу ситуації безконтрольної та неспланованої забудови.

Також використовуючи вищеописані класифікації було побудовано інтерактивне зображення масштабів забудови території міста Києва, на якому відображено території на яких за 19 останніх років рослинність і вода були забудовані. Цей спосіб надає можливість здійснення додаткового контролю за містобудівною ситуацією столиці, а також дозволяє визначати незаконні втручання в ландшафт міста.

Крім того, використовуючи отримані дані про масштаби забудови міста Києва, були проведені операції та розрахунки з метою отримання відсотку зменшення площі рослинного шару. В результаті було розраховано, що площа рослинності на території міста Києва за період 2000 - 2019 років скоротилась на 27.2391 км², або на 5 %. Саме на таке значення зменшились парки, сквери, ліси, бульвари та інші зелені зони в місті Києві за період 2000-2019 років.

Отже, виконання цієї роботи дало змогу покращити рівень подання даних про масштаби забудови території міста Києва. Способи опрацювання даних, які використовувались в дипломній роботі, допомагають визначати основні проблеми та здійснювати необхідні заходи щодо покращення екологічної ситуації в столиці, збереження історико-культурних та природо-заповідних територій, як з боку громадськості, так і з боку органів державної влади і місцевого самоврядування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Місто має розвиватись: як Київ руйнують хаотичною житловою забудовою [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Хмарочос, 2019. – Режим доступу: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/10/05/misto-maye-rozvivatis-yak-kiyiv-ruynuyut-haotichnoyu-zhitlovoyu-zabudovoyu/> (дата звернення 30.11.2019) – Назва з екрана.
2. Проблеми збереження історико-культурної спадщини Києва – К.: Інститут історії України НАН України, 2009. –розділи: «Історико-культурна спадщина національних меншин у Києві» – С. 165–199; «Проблеми збереження пам'яток архітектури та містобудування» – С. 200–236.
3. Про стан збереження культурної спадщини України (Інформаційно-аналітичні матеріали до парламентських слухань «Стан, проблеми та перспективи охорони культурної спадщини в Україні» 18 квітня 2018 р.) – К., 2018.
4. «Іде війна під час війни»: забудовою знищується історична спадщина [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Радіо Свобода, 2019. – Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/29140491.html> (дата звернення 01.12.2019) – Назва з екрана.
5. «Знищення зеленої зони у Києві та навколо міста. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Радіо Свобода, 2019. – Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/941123.html> (дата звернення 08.12.2019) – Назва з екрана.
6. Знищення зелених зон Києва: страшна статистика [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Надзвичайні новини, 2015. – Режим доступу: https://nnovosti.info/news/znischennja_zelenih_zon_kijeva_strashna_statistika-11922.html (дата звернення 08.12.2019) – Назва з екрана.
7. Генеральний план міста Києва на період до 2020 р. Основні положення - Акціонерне товариство «Київпроект» Інститут «Київгенплан» – К., 2001.
8. Зелені зони Києва поглинає імітація [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Українська правда - Київ, 2008-2018. – Режим доступу:

- <https://kiev.pravda.com.ua/columns/4f0c24f4de278/> (дата звернення 08.12.2019) – Назва з екрана.
9. Вирубка дерев чи озеленення: ігри зі статистикою в КМДА [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Deutsche Welle, 2019. – Режим доступу:
<https://www.dw.com/uk/%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%BA%D0%B0-%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2-%D1%87%D0%B8-%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%96%D0%B3%D1%80%D0%B8-%D0%B7%D1%96-%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%8E-%D0%B2-%D0%BA%D0%BC%D0%B4%D0%B0-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%BE/a-46317125> (дата звернення 08.12.2019) – Назва з екрана.
10. Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві» - В.: ІРВЦ ВНТУ, 2013. – розділ: «Екологічна безпека міської забудови» – С. 88–94.
11. Андрейцев В. І. Екологія і законодавство України: У 2 кн. / В. І. Андрейцев. – К.: Юрінком Інтер, 1997.
12. Білявський Г. О. Про класифікацію основних напрямів сучасної екології // Г. О. Білявський, В. М. Бровдій / Рідна природа. – 1995. – № 2. – С. 4-7.
13. Білявський Г. О. Основи екології: Теорія та практикум / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навроцький. – К.: Лібра, 2002.
14. Алексашина В. В. Экологические основы архитектурного формирования производственной среды города // Промышленное и гражданское строительство. — 2006. — №2.— С.23 – 25.
15. Колясников В. А. На пути к экологической гармонизации города // Известия вузов. Строительство. — 1997. — № 10. — С. 113 – 120.
16. Цигичко С. П. Екологія в архітектурі і містобудуванні : навч. посібник / С. П. Цигичко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х : ХНАМГ, 2012. – 146 с.

- 17.Ревіталізація промзон: шанс для Києва стати містом для людей [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Хмарочос, 2019. – Режим доступу: <https://hmarochos.kiev.ua/2018/02/28/revitalizatsiya-promzon-shans-dlya-kiyeva-stati-mistom-dlya-lyudey/> (дата звернення 08.12.2019) – Назва з екрана.
- 18.Катренко Л.А., Кіт Ю.В., Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. – 496 с.
- 19.Supervised Classification of Satellite Imagery [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Geohackweek, 2016. – Режим доступу: <https://geohackweek.github.io/GoogleEarthEngine/05-classify-imagery/> (дата звернення 14.12.2019) – Назва з екрана.
- 20.Cossu, R., Petitdidier, M., Linford, J., Badoux, V., Fusco, L., Gotab, B., Hluchy, L., et al., 2010. A roadmap for a dedicated earth science grid platform. *Earth Sci. Inf.* 3 (3).
- 21.Nemani, R., Votava, P., Michaelis, A., Melton, F., Milesi, C., 2011. Collaborative supercomputing for global change science. *EOS Trans. Am. Geophys. Union* 92 (13), 109–110.
- 22.Woodcock, C.E., Allen, A.A., Anderson, M., Belward, A.S., Bindschadler, R., Cohen, W.B., et al., 2008. Free access to Landsat imagery. *Science* 320, 1011.
- 23.Loveland, T.R., Dwyer, J.L., 2012. Landsat: Building a strong future. *Remote Sens. Environ.* 122, 22–29.
- 24.Copernicus Data Access Policy, 2016. <http://www.copernicus.eu/main/data-access> (accessed June 30, 2016).
- 25.Câmara, G., Souza, R., Pedrosa, B., Vinhas, L., Monteiro, A.M.V., Paiva, et al., 2000. TerraLib: technology in support of GIS innovation. *Proc. II Brazilian Symposium on GeoInformatics. GeoInfo2000.* 2, pp. 1–8.
- 26.Whitman, R.T., Park, M.B., Ambrose, S.M., Hoel, E.G., 2014. Spatial indexing and analytics on hadoop. *Proc. 22 ACM SIGSPATIAL.* pp. 73–82.
- 27.Yu, J., Wu, J., Sarwat, M., 2015. Geospark: a cluster computing framework for processing large-scale spatial data. *Proc. 23 SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems* (p. 70). ACM.

28. Hughes, J.N., Annex, A., Eichelberger, C.N., Fox, A., Hulbert, A., Ronquest, M., 2015. GeoMesa: a distributed architecture for spatio-temporal fusion. SPIE Defense+Security (pp. 94730F–94730F). Int. Soc. Optics Photonics.
29. Introduction to the Google Earth Engine code editor [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – EARTH LAB, 2020. – Режим доступу: <https://www.earthdatascience.org/tutorials/intro-google-earth-engine-ide/> (дата звернення 26.01.2020) – Назва з екрана.
30. Google Earth Engine [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Google Earth Engine, 2020. – Режим доступу: <https://earthengine.google.com/platform/> (дата звернення 26.01.2020) – Назва з екрана.
31. Gorelick, N., Hancher, M., Dixonb, M., Ilyushchenko, S., Thaub, D., Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment. Remote Sensing of Environment 202. pp.18–27.
32. Творошенко І. С. Конспект лекцій з дисципліни «Геоінформаційні системи в управлінні територіями» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей 7.08010105 – Геоінформаційні системи та технології, 8.08010105 – Геоінформаційні системи та технології та студентів 6 курсу заочної форми навчання спеціальності 7.08010105 – Геоінформаційні системи та технології) / І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 87 с.
33. Методичні вказівки для виконання практичних, розрахунково-графічної та самостійної робіт з навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» (для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. І. С. Творошенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 91 с.
34. Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни «Геоінформаційні системи в управлінні територіями» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальностей 7.08010105 –

- Геоінформаційні системи та технології, 8.08010105 – Геоінформаційні системи та технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : І. С. Творошенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 115 с.
35. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем / В. Д. Шипулін. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.
36. Шипулін В. Д. Планування і управління проектами ГІС : навч. посібник ХНАМГ / В. Д. Шипулін, Е. І. Кучеренко. – Харків : ХНАМГ, ХНУРЕ, 2009. – 158 с.
37. Світличний О. О. Основи геоінформатики : навч. посібник / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
38. Светличный А. А. Географические информационные системы : учеб. для вузов / А. А. Светличный, В. Н. Андерсон, С. В. Плотницкий. – М. : Недра, 1996. – 122 с.
39. ERDAS Imagine [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Wikipedia, 2020. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/ERDAS_Imagine (дата звернення 26.01.2020) – Назва з екрана.
40. Google Earth Engine [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Google Earth Engine, 2020. – Режим доступу: <https://earthengine.google.com/> (дата звернення 26.01.2020) – Назва з екрана.
41. Бурачек В. Г., Железняк О. О., Зацерковний В. І. Геоінформаційний аналіз просторових даних : монографія. – Ніжин : ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2011. – 440 с.
42. Творошенко І. С. Конспект лекцій з дисципліни «Геоінформаційні системи в задачах моніторингу» для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій спеціалізації (освітньої програми) «Геоінформаційні системи і технології» / І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 55 с.

**Текст програми, що виконує класифікацію супутникового знімку Landsat 7 за
червень 2000 року**

```
var cloudMaskL457 = function(image1) {
  var qa = image1.select('pixel_qa');
  // If the cloud bit (5) is set and the cloud confidence (7) is high
  // or the cloud shadow bit is set (3), then it's a bad pixel.
  var cloud = qa.bitwiseAnd(1 << 5)
    .and(qa.bitwiseAnd(1 << 7))
    .or(qa.bitwiseAnd(1 << 3));
  // Remove edge pixels that don't occur in all bands
  var mask2 = image1.mask().reduce(ee.Reducer.min());
  return image1.updateMask(cloud.not()).updateMask(mask2);
};

var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C01/T1_SR')
  .filterBounds(mall)
  .filterDate('2000-06-01', '2000-06-30')
  .map(cloudMaskL457);

var visParams = {
  bands: ['B3', 'B2', 'B1'],
  min: 0,
  max: 3000,
  gamma: 1.4,
};

Map.addLayer(dataset.median(), visParams);

var newfc = urban.merge(water).merge(vegetation);
print(newfc);

var image_collection = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C01/T1_SR')
  .filterBounds(mall)
  .filterDate('2000-06-01', '2000-06-30')
  .map(cloudMaskL457);

print(image_collection);

var bands = ['B1', 'B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B7'];
```



```

var training_all = ee.FeatureCollection([]);

var count = image_collection.size();
var imageSetCollection = image_collection.toList(count)

print(imageSetCollection)

ee.List.sequence(0,ee.Number(count.subtract(1))).getInfo()
.map(function(img){
  var image = ee.Image(imageSetCollection.get(img))

  //Map.addLayer(image, visParams);
  var training = image.select(bands).sampleRegions({
    collection: newfc,
    properties: ['landcover'],
    scale: 30
  });
  training_all = training_all.merge(training);
})
print(training_all);

var classifier = ee.Classifier.cart().train({
  features: training_all,
  classProperty: 'landcover',
  inputProperties: bands
});

var classified = image_collection.first().select(bands).classify(classifier);
var classified_mode = classified.focal_mode(60, 'circle', 'meters')

Map.centerObject(newfc);
Map.addLayer(classified,
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},
'classification');
Map.addLayer(classified_mode,
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},
'classified_mode');
//Map.addLayer(newfc);

// Export the image, specifying scale and region.
Export.image.toAsset({
  image: classified_mode,

```

```
description: 'landsat7',  
assetId: 'landsat7',  
scale: 10,  
region: geometry  
});
```

**Текст програми, що виконує класифікацію супутникового знімку Sentinel-2
за червень 2019 року**

```
function maskS2clouds(image1) {
  var qa = image1.select('QA60');

  // Bits 10 and 11 are clouds and cirrus, respectively.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;

  // Both flags should be set to zero, indicating clear conditions.
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

  return image1.updateMask(mask).divide(10000);
}

// Map the function over one year of data and take the median.
// Load Sentinel-2 TOA reflectance data.
var dataset = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
  .filterBounds(mall)
  .filterDate('2019-06-15', '2019-06-30')
  // Pre-filter to get less cloudy granules.
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))
  .map(maskS2clouds);

var rgbVis = {
  min: 0.0,
  max: 0.3,
  bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
};

Map.addLayer(dataset.median(), rgbVis, 'RGB');

var newfc = urban.merge(water).merge(vegetation);
print(newfc);

var image_collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
  .filterBounds(mall)
  .filterDate('2019-06-01', '2019-08-30')
```

```

        // Pre-filter to get less cloudy granules.
        .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 1))
        .map(maskS2clouds);

print(image_collection);

var bands = ['B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B11', 'B12'];

var training_all = ee.FeatureCollection([]);

var count = image_collection.size();
var imageSetCollection = image_collection.toList(count)

print(imageSetCollection)

ee.List.sequence(0, ee.Number(count.subtract(1))).getInfo()
.map(function(img){
  var image = ee.Image(imageSetCollection.get(img))

  //Map.addLayer(image, rgbVis);
  var training = image.select(bands).sampleRegions({
    collection: newfc,
    properties: ['landcover'],
    scale: 30
  });
  training_all = training_all.merge(training);
})
print(training_all);

var classifier = ee.Classifier.cart().train({
  features: training_all,
  classProperty: 'landcover',
  inputProperties: bands
});

var classified = image_collection.median().select(bands).classify(classifier);

var classified_mode = classified.focal_mode(60, 'circle', 'meters');

Map.centerObject(newfc);
Map.addLayer(classified,
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},
'classification');
Map.addLayer(classified_mode,

```

```
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'classified_mode');  
//Map.addLayer(newfc);
```

```
// Export the image, specifying scale and region.
```

```
Export.image.toAsset({  
  image: classified_mode,  
  description: 'sentinel-2',  
  assetId: 'sentinel-2',  
  scale: 10,  
  region: geometry  
});
```

**Текст програми для створення зображення масштабів забудови території
міста Києва**

```
Map.addLayer(landsat7_kyiv,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'landsat7_kyiv');
```

```
Map.addLayer(sentinel2_kyiv,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'sentinel2_kyiv');
```

```
var diff = sentinel2_kyiv.eq(0).and(landsat7_kyiv.neq(0))  
    .focal_mode(80, 'circle', 'meters');
```

```
diff = diff.updateMask(diff.gte(0.5));
```

```
Map.centerObject(diff);
```

```
Map.addLayer(diff,  
{min: 0, max: 1, palette: ['39d60b', 'd6140b']},  
'diff');  
var kyiv_clip_landsat = landsat7_kyiv.clip(geometry);
```

```
Map.addLayer(kyiv_clip_landsat,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'kyiv_clip_landsat');
```

```
var kyiv_clip_sentinel = sentinel2_kyiv.clip(geometry);
```

```
Map.addLayer(kyiv_clip_sentinel,  
{min: 0, max: 2, palette: ['9C9593', '223DBB', '13770D']},  
'kyiv_clip_sentinel');
```

```
var kyiv_clip_diff = diff.clip(geometry);
```

```
Map.addLayer(kyiv_clip_diff,  
{min: 0, max: 1, palette: ['39d60b', 'd6140b']},  
'kyiv_clip_diff');
```

```
var vegetationArea = kyiv_clip_landsat.eq(2)
```

```
Map.addLayer(vegetationArea, {}, 'vegetationArea');

var vegetationArea_2000 = kyiv_clip_landsat.eq(2).
multiply(ee.Image.pixelArea()).divide(1000000)
print(vegetationArea_2000)

var sumDictionary_2000 = vegetationArea_2000.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: geometry,
  // scale: 30,
  maxPixels: 1e9
});
print(sumDictionary_2000)

var vegetationArea_2019 = kyiv_clip_sentinel.eq(2).
multiply(ee.Image.pixelArea()).divide(1000000)
print(vegetationArea_2019)

var sumDictionary_2019 = vegetationArea_2019.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: geometry,
  // scale: 30,
  maxPixels: 1e9
});
print(sumDictionary_2019)
```