

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій  
імені С.З. Гжицького

Відділ заочного навчання Центру перепідготовки та підвищення кваліфікації

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: **“ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ КАРТОГРАФУВАННЯ В МАСШТАБІ 1:10000  
ЗА МАТЕРІАЛАМИ КОСМІЧНИХ ЗНІМАНЬ НАДВИСОКОГО ПРОСТОРОВОГО  
РОЗРІЗНЕННЯ”**

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконав: студент гр. ЗВ-41з

І.Г. Корчинський  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: І.З. Колб  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025





**Дослідження методики картографування в масштабі 1:10000 за матеріалами космічних знімків надвисокого просторового розрізнення.** Корчинський І. Г. Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії і геоінформатики. – Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького, 2025, – 57 с. текстової частини, 4 таблиці, 25 рисунків, 26 літературних джерел.

В роботі приведено аналіз сучасних космічних знімків надвисокого просторового розрізнення та методик їхнього опрацювання для створення великомасштабних топографічних карт і оновлення баз геоданих. Опрацьовано космічний знімок з супутника Pleiades-1 для створення топографічної карти на територію Східницької територіальної громади у Львівській області. Використано методику дешифрування картографічних об'єктів засобами геоінформаційних технологій й автоматизованого опрацювання зображень.

Розглянуті питання охорони довкілля та охорони праці.

Приведено висновки та рекомендації.

**Ключові слова:** Космічні знімки надвисокого розрізнення, великомасштабне картографування, картографічна основа територіальних громад, автоматизація дешифрування та оцифрування знімків дистанційного зондування Землі

## Зміст

Вступ....стор.6

1. Картографічне застосування оптико-електронних космічних знімків.

1.1. Характеристики сучасних космічних оптико-електронних знімальних систем..... стор.7

1.2.Обґрунтування можливості картографування у великих масштабах за матеріалами космічного знімання.... стор.16

2. Методика великомасштабного картографування території за космічними знімками.

2.1.Порядок підготовки математичної основи створюваної карти і задача трансформування космічних зображень.... стор.22

2.2.Порядок збору топографічної інформації за космічними знімками.... стор.29

3. Застосування космічних знімків для картографування.

3.1.Територія картографування.... стор.32

3.2.Вхідні дані та матеріали.... стор.34

3.3.Методика складання топографічної карти масштабу 1:10000 на територію дослідження.... стор.36

4. Охорона довкілля.... стор.48

5. Охорона праці.... стор.52

Висновки та пропозиції.... стор.54

Бібліографічний список.... стор.55

## Вступ

Створення та актуалізація топографічних карт масштабу 1:10000 є актуальним завданням в Україні, адже ці карти позиціонуються як державні. Крім того, органи місцевого самоуправління мають потребу в створенні картографічних основ в цьому масштабі для розроблення схеми планування території громад. В обох випадках картографування здійснюється на актуальних матеріалах знімачів місцевості, в державній системі координат УСК-2000, у цифровій формі як набори геопросторових даних та згідно з спеціально розробленими класифікаторами картографічної інформації.

Складний і тривалий процес створення цифрових карт в сучасних умовах здійснюють з залученням даних дистанційного зондування Землі, зокрема матеріалів аерознімання, а в останні роки – космічних знімків надвисокого (менше 1м) просторового розрізнення. В кваліфікаційній роботі поставлено завдання дослідити методику опрацювання космічних знімків, а саме отриманих з супутника Pleiades для створення топографічної карти на територію Східницької територіальної громади у Львівській області. Для вирішення цього завдання серед інших технологічних прийомів буде задіяно програмні інструменти штучного інтелекту, які включені до геоінформаційної системи QGIS. Цей підхід дозволяє значно скоритити час інтерпритації і векторизації знімків.

## Розділ 1. Картографічне застосування оптико-електронних космічних знімків

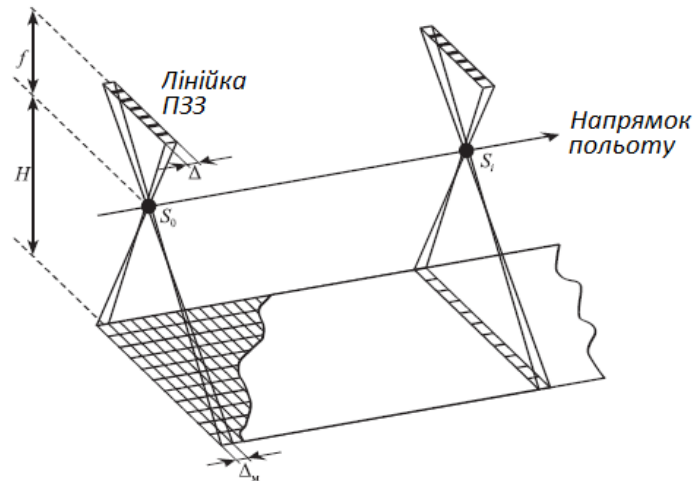
### 1.1 Характеристики сучасних космічних оптико-електронних знімальних систем

В умовах сучасності оптико-електронні знімальні системи найбільш широко застосовуються для вирішення задач топографічного картографування в масштабах 1 : 50000 і більших. Оптичні знімки отримують з супутників дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), оснащених оптико-електронною знімальною апаратурою, яка реєструє електромагнітне випромінення в оптичному діапазоні довжин електромагнітних хвиль. В залежності від спектрального розрізнення оптико-електронна знімальна апаратура поділяється на панхроматичну і мультиспектральну для отримання відповідно панхроматичних і мультиспектральних космічних знімків. Панхроматичні знімки отримують при зніманні у всьому видимому діапазоні спектра. Мультиспектральні знімки - при зніманні ділянки землі з роздільною фіксацією зображень в різних спектральних каналах [21,24].

Величина, яка характеризує розмір найменших об'єктів що їх можна розрізнити на космічному знімку називається *просторове розрізнення* і фактично є розміром проекції пікселя знімальної системи на місцевість. Оптичні космічні знімки поділяють на знімки з надвисоким розрізненням (менше 1 м), високим (1-2,5 м), середнім (2,5-10 м) і низьким (понад 10 м) просторовим розрізненням.

Космічні знімки низького і середнього просторового розрізнення широко застосовують в природничих, екологічних, ресурсних, метеорологічних дослідженнях. В сучасних умовах існує декілька супутникових угруповань як правило національних (NASA, JAXA, ESA) космічних агенств що постачають часто на безоплатній основі такі знімки для застосування в таких сферах діяльності як землекористування, сільське і лісове господарство, зміни в оточуючому середовищі, стихійні і техногенні катастрофи тощо.

Оптико-електронні сканери конструюються із застосуванням лінійок і матриць ПЗЗ (пристрій із зарядовим зв'язком) які формують одномоментно частину (фрагмент) зображення. На рисунку 1.1. показано принцип сканування місцевості з допомогою космічної оптико-електронної знімальної системи.



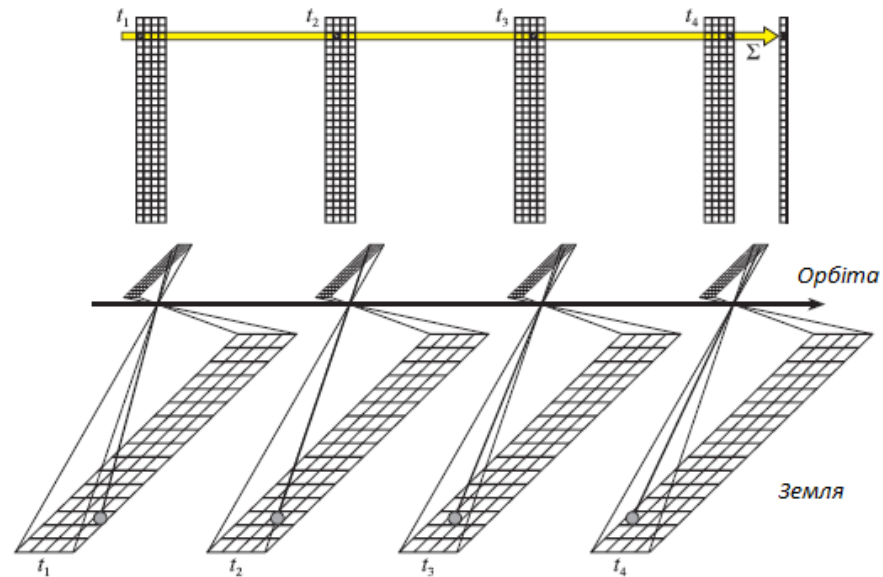
*Рис.1.1. Принцип сканування місцевості з допомогою космічної оптико-електронної знімальної системи*

На рис.1.1:  $\Delta$  – розмір пікселя лінійки ПЗЗ,  $\Delta_m$  – його розмір на місцевості,  $S$  – центри проектування для формування рядка зображення,  $f$  – фокусна відстань об'єктива. Лінійка ПЗЗ розташовується в фокальній площині об'єктива. Зображення формується за рахунок переміщення по орбіті самого носія апаратури – штучного супутника Землі. В результаті отримують неперервне зображення ділянки місцевості з множини рядків пікселів. В межах одного рядка зображення формується за геометричним законом центральної проекції зі певними унікальними елементами зовнішнього орієнтування. Ці елементи фіксуються інструментально під час знімання, що є необхідною умовою для виконання коректного фотограмметричного опрацювання зображень. В деяких космічних сканерних системах в якості сенсора замість лінійок ПЗЗ використовуються матриці ПЗЗ (рис.1.2). Таке рішення дозволяє зменшити змаз зображення. В деяких сканерних знімальних системах у фокальній площині знаходиться відразу декілька матриць ПЗЗ в шаховому порядку.

Повний кут сканування поперек маршрута називається кутом огляду, а відповідна величина на поверхні Землі — шириною смуги знімання. Частина



поток даних із супутника називається сценою. Схеми нарізки потоків на сцени та їхні розміри індивідуальні для різних супутників.



*Рис.1.2. Принцип застосування в космічних сканерних системах матриць ПЗЗ замість лінійок ПЗЗ*

Заряд, накопичений пікселями строки зображення, переноситься на пікселі сусідньої строки синхронно з переміщенням зображення в площині матриці і тким же чином далі до наступної строки протягом всього часу експозиції. Пікселі кожної строки продовжують накопичувати заряд освітлюючись променями від тих же самих точок об'єкта. Таке рішення дозволяє зберігати працездатність системи при низьких рівнях освітлення ландшафту і уникати змазу зображень.

Система координат сканерів з однією чи декількома лінійками (матрицею) ПЗЗ показана на рис.1.3. Початок відліку координат системи координат сканера  $S_{xyz}$  співпадає з центром проєкції  $S$ ; вісь  $z$  проходить через центр проєкції перпендикулярно до лінійки (матриці) ПЗЗ; вісь  $y$  паралельна лінійці чи рядкам матриці ПЗЗ; вісь  $x$  – доповнює систему координат до правої і співпадає з напрямком польоту штучного супутника Землі.

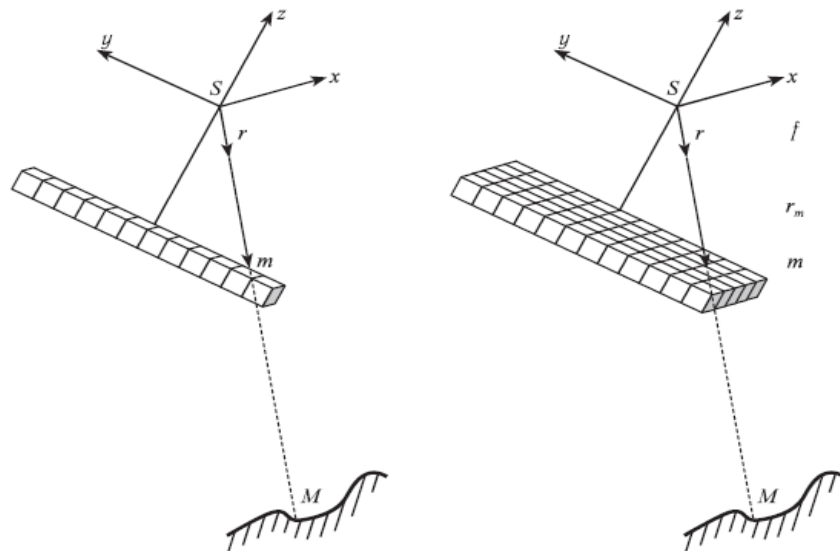


Рис.1.3. Просторова система координат сканерів з однією лінійкою ПЗЗ (ліворуч) та матрицею ПЗЗ (праворуч)

Система координат сканерного зображення (рис.1.4): вісь  $y_c$  - співпадає з однією із строк зображення; початок системи координат  $O$  знаходиться в середині строки, вісь  $x_c$  – доповнює систему до правої.

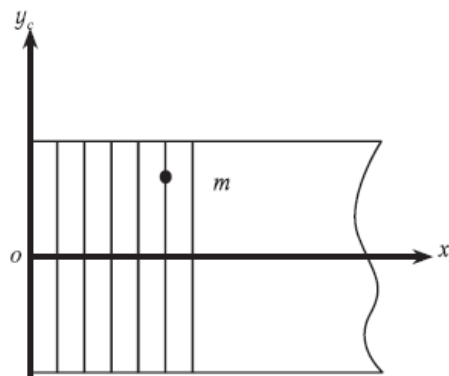


Рис.1.4. Прямокутна система координат сканерного зображення

За виміряною координатою  $x_c$  точки зображення  $m(x_c, y_c)$  можна визначити в якій строці знаходиться дана точка, а отже і час формування цієї строки і її елементи зовнішнього орієнтування. Вимірявши координату  $y_c$  можна відновити положення в просторі проєктуючого променя на точку місцевості  $r_m$  в системі координат сканера:

$$r_m = \begin{pmatrix} x_c - x_0 \\ y_c - y_0 \\ -f \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

де  $x_0$   $y_0$  – координати головної точки сканерної знімальної системи в системі координат сканера;  $x_i$  – абсциса останньої строки матриці ПЗЗ в системі координат сканера, в якій закінчується формування строки зображення;  $i$  – номер матриці (парна, непарна). В одній строці залежно від  $y_c$  будуть пікселі з різними  $x_i$  так як строка формується з різних матриць із зміщенням по осі  $x$ .

Значення параметрів  $y_0$  і  $x_0$  визначають в результаті калібрування сканерної знімальної системи. Для систем з однією лінійкою ПЗЗ  $x_0 = 0$ .

Координати відповідного одиничного вектора  $r$  можна визначити за формулою:

$$r = \begin{pmatrix} \frac{x_i - x_0}{|r_m|} \\ \frac{y_c - y_0}{|r_m|} \\ -f \\ |r_m| \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (1.2)$$

$$\text{де } |r_m| = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_c - y_0)^2 + f^2}.$$

Дані космічних зніманих приймаються засобами радіозв'язку від космічного апарату наземним комплексом і є «сирим» інформаційним продуктом, який піддається багаторівневому опрацюванню в одному з центрів наземної космічної інфраструктури [25]. Вид створюваного інформаційного продукта задається в заявці споживача у відповідності до переліку рівнів опрацювання (Таблиця 1.1):

Таблиця 1.1. Міжнародна класифікація стандартних рівнів опрацювання і надання користувачам даних дистанційного зондування Землі з космосу

Стандартний рівень	Опис	Формат зображення	Формат метаданих
0	Абсолютно «сирі» дані, які містять інформацію з ПЗЗ-датчиків отриману в процесі знімання без жодних перетворень. Інформація може мати стиснення. Даний рівень є базовим для формування більш високих рівнів опрацювання. Як правило, агентства не поширюють дані цього рівня. Ці дані застосовуються виключно з метою вивчення роботи знімальних систем.	Не визначено	Не визначено

1A	<p>Передбачена радіометрична корекція спотворень, спричинених різницею в чутливості окремих ПЗЗ датчиків скануючої системи. Ніякі геометричні виправлення для зображень цього рівня не виконуються, тому вони залишаються практично неопрацьованими або «сирими». Надаються коефіцієнти абсолютного радіометричного калібрування. Матеріали цього рівня рекомендовані для наступного фотограмметричного опрацювання строгими методами.</p>	RAW, TIFF	CEOS, XML
1B	<p>Зображення піддаються радіометричній корекції аналогічно як з рівнем опрацювання 1A. Також виконується геометрична корекція для усунення систематичних помилок ПЗЗ-датчиків скануючої системи, в тому числі панорамні спотворення, спричинені обертанням і кривизною поверхні Землі, коливанням висоти орбіти супутника. Застосована абсолютне радіометричне калібрування. Зображення рівня 1B також називають «path-oriented». Можливе також постачання файлів з коефіцієнтами раціонального многочлена (RPC), що апроксимують геометрію зображення. Матеріали можуть бути використані для подальшого їх фотограмметричного опрацювання як строгими так і апроксимаційними методами.</p>	RAW, TIFF	CEOS, XML, ASCII
2A	<p>Зображення приведені до стандартної картографічної проекції без застосування наземних опорних точок. Трансформування зображення виконується на середню площину або з використанням глобальної цифрової моделі рельєфу (DEM) з кроком на місцевості 1км. Можливе також постачання файлів з коефіцієнтами раціонального многочлена (RPC), що апроксимують геометрію зображення.</p>	GeoTIFF	XML, ASCII

2В	Зображення рівня опрацювання 2В приведені до стандартної картографічної проекції з застосуванням наземних опорних точок. Трансформування зображення виконується на середню площину або з використанням глобальної цифрової моделі рельєфу (DEM) з кроком на місцевості 1км. Можливе також постачання файлів з коефіцієнтами раціонального многочлена (RPC), що апроксимують геометрію зображення.	GeoTIFF	XML, ASCII
3А	Додатково до опрацювання рівня 2В, зображення рівня 3А проєктуються в задану картографічну проекцію з використанням геометричної моделі знімка, мережі опорних наземних точок і цифрової моделі рельєфу місцевості. Таким чином отримані зображення є ортотрансформованими і нарізаються на стандартні картографічні листи.	GeoTIFF	XML, ASCII
3В	Рівень 3В передбачає об'єднання зображень рівня 3А в єдину безшовну растрову мозаїку, яка покриває великі території.	GeoTIFF	XML, ASCII

На високих рівнях опрацювання в комплект поставки продукта ДЗЗ, окрім самого зображення входять RPC (Rational Polynomial Coefficients або Rapid Positioning Capability), які є коефіцієнтами поліномів раціональних функцій, що пов'язують координати точок місцевості з координатами їхніх зображень на растрі. Значення цих коефіцієнтів розраховуються постачальником даних строгим методом з використанням геометричної моделі сенсора, бортових і телеметричних вимірів елементів зовнішнього орієнтування, а в деяких випадках і наземних опорних точок. Оскільки RPC є апроксимацією строгої моделі, її застосування теоретично забезпечує отримання просторових моделей найвищої точності, співмірній просторовому розрізненню знімків (при умові використання якісної мережі опорних точок).

Одним з найбільш поширених ресурсів даних космічних знімків надвисокого розрізнення є французькі супутники серії Piadelés [25].

Супутники ДЗЗ надвисокого просторового розрізнення Piadelés 1А та Pléiades 1В мають ідентичні технічні характеристики і функціонують на одній і

тій же орбіті і розведені на  $180^\circ$  відносно один одного. Супутники мають унікальні можливості маневровості і перенацілювання знімальної сканерної системи. Для продовження місії Pleiades компанія Airbus Defence and Space запустила іще чотири оптичних супутника надвисокої роздільної здатності в 2020-2021 роках. У порівнянні з нині діючими супутниками значно поліпшені технічні характеристики, щоб відповідати зростаючим вимогам ринку, забезпечуючи вирішення нових завдань для бізнесу та аналітики.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики знімків Pleiades

Дата запусків	17 грудня 2011 року (Pleiades-1A), 2 грудня 2012 року (Pleiades-1B)
Стартовий майданчик	космодром Куру (Французька Гвіана)
Розробник	EADS Astrium Satellites (Франція)
Оператор	Airbus Defence and Space
Маса	1015 кг
Тип орбіти	Сонячно-синхронна. Період обертання 98.79 хв.
Висота орбіти	705 км (694 км для нових супутників)
Нахил орбіти	97,9 град.
Панхроматичний діапазон, мкм	0,48-0,83
Мультиспектральний діапазон, мкм	0,43-0,55 (синій) 0,49-0,61 (зелений) 0,60- 0,72 (червоний) 0,79-0,95 (ближній ІЧ)
Просторова роздільна здатність (в надирі), панхроматичний, м	0,7 (після обробки - 0,5)
Просторова роздільна здатність (в надирі), мультиспектральний, м	2,8 (після обробки - 2,0)
Максимальне відхилення від надира, град	50
Точність геопозиціонування, м	- SE90= 4,5м без наземних опорних точок; - SE90 менше 1м із застосуванням наземних опорних точок.
Радіометрична роздільна здатність, біт/піксель	12
Ширина смуги зйомки в надирі, км	20
Продуктивність зйомки, млн. кв. км / добу	більше 1 для кожного із супутників
Періодичність знімань, діб	В залежності від географічної широти області зйомки. Повторне відвідування заданої точки на географічній широті $40^0$ : для $30^0$ відхилення від надира - 1.3 доби, для $40^0$ відхилення від надира – щоденне знімання.

Дані постачаються Astrium GEO-Information Services. Для замовників доступна мінімальна площа замовлення нової зйомки - 100 км<sup>2</sup>, архів — 25 км<sup>2</sup>. Дані постачаються у форматах JPEG 2000 або TIFF з розрядністю 8 або 16 біт на піксель. Продукти постачаються в таких спектральних варіантах:

- **Panchromatic** - 1 панхроматичний канал;
- **Multispectral** - 4 мультиспектральних канали;
- **Pan-sharpened** – натуральні кольори;
- **Pan-sharpened** – псевдо кольори;
- **Pan-sharpened** - з 4-ма мультиспектральними каналами;
- **Bundle** - всі канали подаються окремими зображеннями.

Замовник може обирати один из трьох режимів нового знімання:

- Автоматичне встановлення завдань — доступне для невеликих територій інтересу (макс. 20 км на схід-захід і 40 км на північ-південь) зі стандартними параметрами збору до 15% хмарності та кутом огляду не більше 30°. Ця послуга надає приблизний час збору на основі запитуваної географічної зони: приблизно 60 днів у легких районах із низькою конкуренцією/гарною погодою та 120 днів у складних районах із високою конкуренцією/поганою погодою. Менші терміни збору (30 днів) доступні для легких районів.
- Індивідуальне виконання завдань — оптимальне рішення для ширших, складніших сфер інтересів, часто з певними параметрами (зменшена хмарність, обмежений кут огляду, стерео, тристерео, багаторазове захоплення в одному місці тощо), або для клієнтів які віддають перевагу роботі зі спеціальним власним експертом при доступі до всіх рівнів обслуговування: стандартний, пріоритетний і екстрений.
- Миттєве формування завдань — для клієнтів, яким потрібні зображення в надзвичайних ситуаціях. Коли виникає криза або коли потрібна інформація негайно, клієнт переходить на сайт [www.geostore.com](http://www.geostore.com), вводить свою зону інтересу (обмежену зоною 20 x 20 км) і вибирає наступні супутникові проходи (Pléiades або SPOT). Запит клієнта передається безпосередньо на супутник з максимальним рівнем пріоритету. Зображення отримується, створюється та

доставляється якнайшвидше, без зобов'язань щодо хмарного покриття. Це повністю автоматизована послуга 24/7, яка використовує найвищу реакцію угруповання з чотирьох супутників (Pléiades 1A та 1B, SPOT 6 та 7) та чотирьох супутників Pleyades–NEO.

## **1.2. Обґрунтування можливості картографування у великих масштабах за матеріалами космічного знімання**

### **1.2.1. Загальні положення.**

За визначенням, цифрова топографічна карта (ЦТК) — це цифрова модель місцевості, записана на машинний носій у встановленій структурі і кодах, в прийнятій для карти проекції, розграфці, системі координат і висот, по точності і за змістом відповідна топографічній карті певного масштабу. ЦТК створюються в масштабах від 1:10000 до 1:1000000 і формуються в виді масивів цифрової картографічної інформації (множини об'єктів ЦТК) на ділянки території, обмежені рамками листів відповідних топографічних карт того ж масштабу [11-16].

Основне завдання процесу створення чи оновлення ЦТК — це отримання картографічної продукції, максимально відповідної дійсному стану місцевості, створеній у відповідності з діючими нормативно-технічними документами і технічним завданням.

Космічний знімок – це сукупність даних дистанційного зондування Землі з космосу певного рівня опрацювання, отриманих з одного космічного апарата однією чи декількома знімальними системами в єдиній геометрії знімання на одну дату і час і представлене зображенням відповідної ділянки на земній поверхні. Космічні знімки високого і надвисокого просторового розрізнення часто застосовуються:

- як джерело даних для здійснення топографічного моніторингу, виявлення кількості змін при оновленні цифрових (електронних) топографічних карт і для актуалізації наборів просторових даних;



- як універсальне і достовірне джерело даних для створення нових і оновлення вже існуючих топографічних і тематичних карт. Ці знімки піддаються опрацюванню за спеціальними процедурами для забезпечення якісного і достовірного виявлення об'єктів, вимірювання їхнього положення і геометричних параметрів в просторі тощо [10].

Для забезпечення якості картографування слід враховувати особливості стандартизації космічних зображень. Ряд міжнародних організацій (International Organization for Standardization — ISO, Committee of Earth Observation Satellites — CEOS та інші) займаються розробленням та впровадженням в практику документів щодо стандартизації видової супутникової інформації і способів її отримання [ ]. Міжнародні стандарти визначають формати для подання зображень, встановлені нормативні вимоги до якості космічних знімків (ISO-19113, ISO-19114, ISO-19138 та інші.), узгоджені рівні опрацювання зображень і їхній змістовний опис, стандартизовані метадані (ISO-19115 та інші), створений класифікатор бортових сенсорів (ISO-19130, ISO-57 2003) і т. д. В Україні Державне космічне агентство веде розробку державних стандартів, а саме:

- ДСТУ 4220:2003. Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять;
- ДСТУ 4758:2007. Дистанційне зондування Землі з космосу. Оброблення даних. Терміни та визначення понять;
- ДСТУ 7894:2015. Дистанційне зондування Землі з космосу. Методика оброблення даних. Порядок розроблення.

Космічні знімки повинні мати зображувальні властивості, достатні для візуального та автоматичного розпізнавання об'єктів інтересу за їхніми текстурними, структурними і яскравісними дешифрувальними ознаками, мати широку зону охоплення, мати географічну прив'язку і допустимий для вирішення рівень хмарності і геометричних спотворень. Головною вимогою є забезпечення можливості повного або часткового цифрового опису об'єктів цифрової карти - технологічного процесу створення формалізованого представлення геометричних та смислових даних про об'єкти карти.

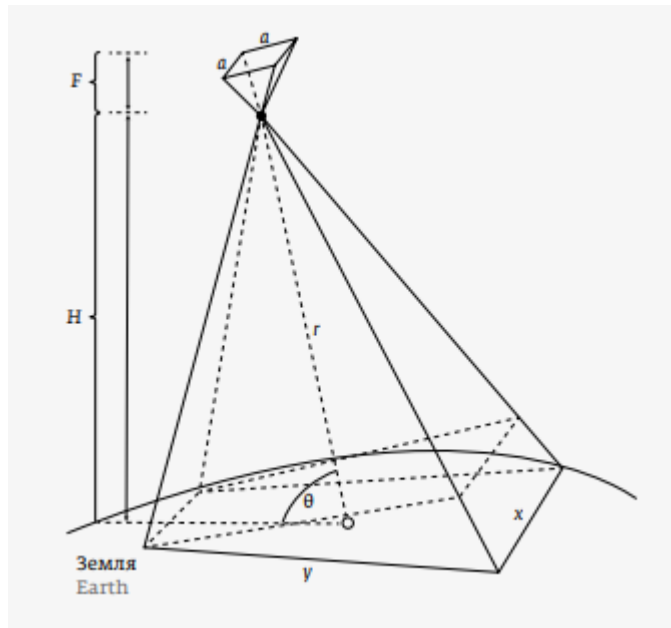


Рис.1.5 Зв'язок параметрів космічного знімання

Визначальними параметрами є, згідно з рис.1.5 та 1.6:

- просторове розрізнення знімка або проекція пікселя на Землю  $GSD_{x,y}$ , (м)

$$GSD_{x,y} = \frac{a \cdot H}{F \cdot \cos \theta} \quad (1.3)$$

де  $F$  – фокусна відстань об'єктива, м;  $H$  – висота орбіти (м);  $a$  – ширина пікселя (м);  $\theta$  – кут візування (град.).

- ширина смуги захоплення, (км)

$$S = N \cdot x, \quad (1.4)$$

де  $N$  – кількість пікселів в строці ПЗЗ-матриці або ПЗЗ-лінійці;  $x$  – ширина пікселя на Землі (м).

- рівень «The National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS, Національна шкала оцінки інтерпретованості зображень)»:

$$NIIRS = c_0 + c_1 \cdot \log(GSD) + c_2 \cdot \log_{10}(RER) + c_3 \cdot (G/SDNR) + c_4 \cdot Hg, \quad (1.5)$$

де  $c_0, c_1, c_2, c_3, c_4$  – добавочні коефіцієнти, значення яких приведені в довідниках [6];  $RER$  – середнє геометричне значення величини перехідної функції зображення різкого краю (рис. 1.6);  $G$  – підсилення шуму при фільтрації зображення;  $SDNR$  – відношення сигнал/шум;  $Hg$  – перевищення висоти різкого краю при фільтрації зображення.

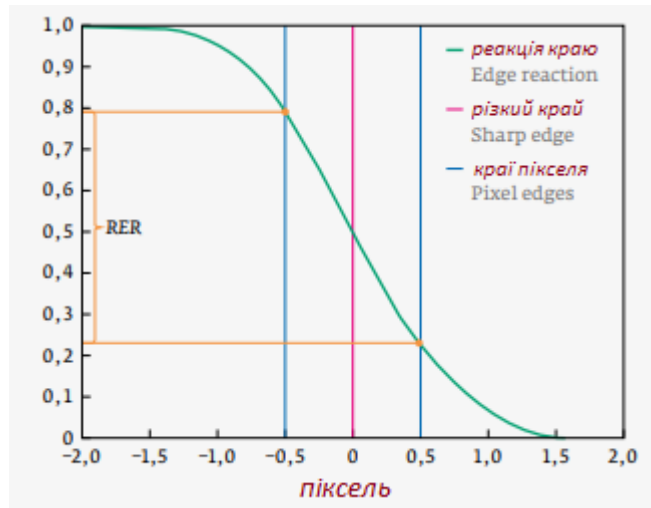


Рис.1.6 Функція розсіювання краю

### 1.2.2. Вимоги до планової точності космічних знімків.

Найбільш відомими представниками класу космічних апаратів надвисокого розрізнення є Ikonos, QuickBird, GeoEye, WorldView, Pleiades, EROS-B. Дані від сучасних оптико-електронних супутників надвисокого просторового розрізнення (від 0,3 м до 0,9 м) є основою для створення і оновлення картографічної продукції масштабів 1:5000 - 1:25000. Типові значення допустимого просторового розрізнення космічних знімків для створення карт великих масштабів (табл.1.3):

- 1:5000 - розрізнення знімка 0,25м;
- 1:10000 - розрізнення знімка 0,5м;
- 1:25000 - розрізнення знімка 1,25м.

Таблиця 1.3. Характеристики знімальних систем надвисокого розрізнення

Назва космічного апарата	Розрізнення, м/піксель	Ширина смуги захоплення, км	Висота орбіти, км
WorldView-1,2 (США)	0,5		
WorldView - 3 (США)	0,31	13,1	617
GeoEye-1 (США)	0,5	15	681
КАМPSAT-3 (Корея)	0,5	16	685

SPOT-6 (Франція)	1.5	60	694
Pleyades -1,2(Франція)	0.5	20	704
Pleyades–NEO(Франція)	0.31	14	630

Кращі зразки знімків від операторів космічного знімання характеризуються точністю орбітальної геоприв'язки без використання наземних опорних точок, яка складає 1,5–2,5 м (за параметром середньої квадратичної помилки визначення планових координат, СКП) або до 3,5 м (за критерієм SE90).

### ***1.2.3. Вимоги до точності цифрового моделювання рельєфу.***

Космічні матеріали повинні відповідати вимогам діючих нормативних правил цифрового опису рельєфу в базах картографічних даних. Висотну частину великомасштабних карт можна отримати фотограмметричним або інтерферометричним способами на основі стереопар оптичних або радарних знімків. Постачальники космічних даних пропонують на комерційній основі цифрові моделі рельєфу і поверхні, типовими прикладами яких можна назвати такі растрові моделі:

- WorldDEM (компанія Airbus D&S) з розміром комірки від 5 до 24 м і вертикальною точністю до 1,6 м;
- МАХАR 3D (компанія МАХАR) з розміром комірки від 0,5 - 5 м і вертикальною точністю до 1,8 м;
- NextMap (компанія InterMap) - з розміром комірки від 1-10 м і вертикальною точністю до 1 м.

Для визначення координати  $Z$  придатні тільки стереопари зображень. Точність визначення висот точок за стереопарами ( $dZ$ ) напряму залежить від кута засічки ( $C$ ) між зображеннями і від помилки вимірювання на них відповідних точок ( $dE$ ):

$$dZ = \frac{dE}{2tg\frac{C}{2}} \quad (1.1)$$

При застосуванні автоматичних алгоритмів точність вимірювання відповідних точок на знімках стереопари може перевищувати розмір одного пікселя.

Сандарти більшості комерційних операторів ДЗЗ передбачають виконання стереознімання з кутами засічки від 15 до 30 градусів. Точність визначення висот точок за такими стереопарами в більшості випадків складає 2–3 пікселя вхідних зображень. Так, наприклад, якщо просторове розрізнення знімків стереопари - 0,5 м/піксель, а точність вимірювання відповідних точок на них – 1 піксель, то точність визначення висот складе 1–1,5 м [4, 22].

Як висновок до вище наведеного констатуємо наступне:

- матеріали космічного знімання можуть бути застосовані для створення або оновлення контурної частини карт масштабу 1:10000 і в деяких окремих випадках - масштабу 1:5000;
- матеріали космічного знімання обмежено можуть застосовуватись для топографічного моделювання рельєфу з перетином горизонталями менше 5 м;
- для створення ортофотопланів масштабу 1:10000 вимагається наявність цифрової моделі рельєфу, отриманої з інших, більш точних і надійних джерел.

## **Розділ 2. Методика великомасштабного картографування територій за космічними знімками.**

### **2.1. Порядок підготовки математичної основи створюваної карти і задача трансформування космічних зображень**

#### **2.1.1. Проект математичної основи картографування в масштабі 1:10000 території Східницької територіальної громади.**

Виготовлення картографічної основи масштабу 1:10000 на територію Східницької селищної територіальної громади здійснюється для розроблення комплексного плану просторового розвитку. Картографічні основи як і державні топографічні карти масштабу 1:10000 створюються з такими параметрами математичної основи:

- використовується Державна геодезична референсна система координат УСК-2000 та зв'язані з нею місцеві системи координат (для Львівської області – МСК46) та Балтійська система висот 1977 року, з 1 січня 2026 р. - у Європейській вертикальній референційній системі (EVRS) (згідно з [Постановою КМ № 590 від 09.06.2023](#)). Для використання в комп'ютерних інформаційних системах використовується опис МСК-46 в спеціалізованому форматі файлу PRJ:

```
PROJCS["UA_UCS_2000_LCS_46",GEOGCS["GCS_Ukraine_2000",DATUM["D_Ukraine2000",SPHEROID["Krasovsky_1940",6378245.0,298.3]],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],PROJECTION["Gauss_Kruger"],PARAMETER["False_Easting",300000.0],PARAMETER["False_Northing",0.0],PARAMETER["Central_Meridian",24.0],PARAMETER["Scale_Factor",1.0],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],UNIT["Meter",1.0]]
```

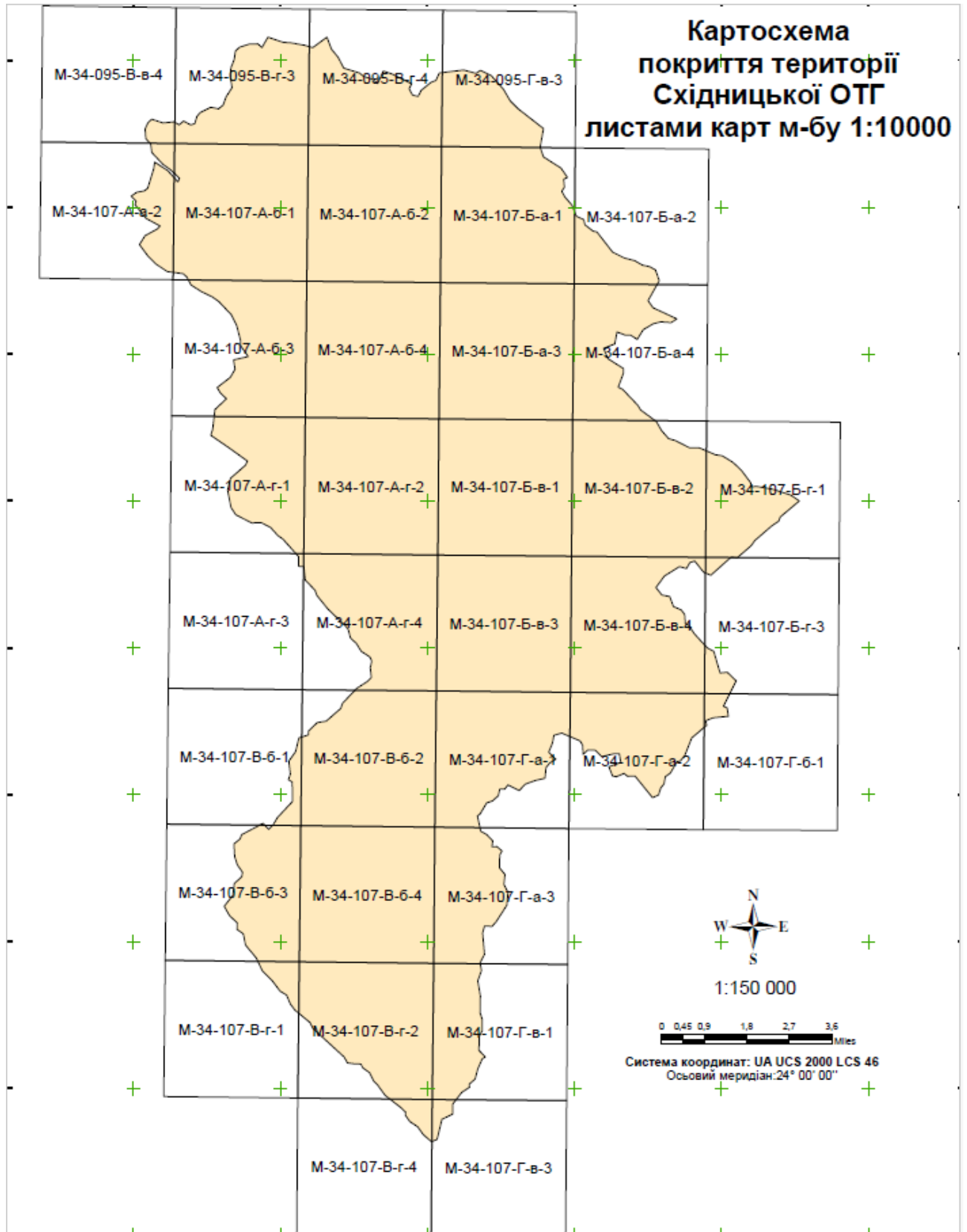
- використовується картографічна проекція Гаусса-Крюгера в шестиградусних зонах. Початком плоских прямокутних координат у кожній зоні є перетин осьового меридіана зони з екватором, значення абсциси приймається за нуль метрів, а значення ординати на осьовому меридіані - 500000 метрів. Масштаб карти зберігається на осьовому меридіані кожної зони. У напрямку від

осьового меридіана до крайніх меж зони спотворення масштабу зростає, але не перевищує графічної точності карти;

- Основою розграфлення топографічних карт масштабу 1:10000, є лист М-34 за міжнародним розграфленням аркушів карти масштабу 1:1000000 розміром 4° за широтою та 6° за довготою. Картоschema покриття території картографування листами карт масштабу 1:10000 приведена на рис.2.1. Всього територію громад повністю або частково покривають 36 листів, параметри яких приведено в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1. Параметри листів карт масштабу 1:10000 на територію Східницької ОТГ

ІД	Відсоток заповнення	повна площа трапеції	Периметр	Площа
М-34-095-В-в-4	3,44	21054491,2	3341,98	723019,05
М-34-095-В-г-3	52,49	21055215,87	15543,58	11045905,92
М-34-095-В-г-4	54,94	21055961,86	17023,78	11561436,99
М-34-095-Г-в-3	32,2	21056729,17	10830	6775551,75
М-34-107-А-а-2	17,69	21072137,46	12844,39	3726783,23
М-34-107-А-б-1	99,39	21072863,97	18618,35	20934453,15
М-34-107-А-б-2	100	21073611,85	18358,16	21061874,02
М-34-107-А-б-3	59,88	21090500,58	18223,79	12622724,89
М-34-107-А-б-4	100	21091250,36	18365,76	21079482,37
М-34-107-А-г-1	47,59	21108125,69	14854,43	10039733,22
М-34-107-А-г-2	100	21108877,37	18373,35	21097079,57
М-34-107-А-г-3	0,38	21125739,29	1359,59	81217,33
М-34-107-А-г-4	73,91	21126492,87	17757,22	15605208,45
М-34-107-Б-а-1	94,8	21074381,11	17829,49	19966190,79
М-34-107-Б-а-2	16,81	21075171,76	9388,82	3541274,14
М-34-107-Б-а-3	100	21092021,57	18365,65	21079225,59
М-34-107-Б-а-4	46,24	21092814,22	18652,09	9747721,05
М-34-107-Б-в-1	100	21109650,54	18373,24	21096821,59
М-34-107-Б-в-2	94,28	21110445,19	17756,35	19890116,38
М-34-107-Б-в-3	100	21127268	18380,83	21114407,14
М-34-107-Б-в-4	88,14	21128064,66	20961,41	18610941,29
М-34-107-Б-г-1	31,58	21111261,34	11387,51	6661889,95
М-34-107-Б-г-3	6,29	21128882,87	7415,08	1328962,13
М-34-107-Б-б-1	5,77	21143341,38	7919,14	1219776,12
М-34-107-Б-б-2	92,43	21144096,86	17536,13	19532708,67
М-34-107-Б-б-3	45,65	21160931,94	13385,19	9655976,02
М-34-107-Б-б-4	100	21161689,33	18396,1	21149801,98
М-34-107-В-г-1	6,13	21178510,97	5459,99	1297505,11
М-34-107-В-г-2	78,36	21179270,27	16827,13	16586393,4
М-34-107-В-г-4	4,89	21196839,66	4988,08	1036906,94
М-34-107-Г-а-1	75,06	21144873,94	18015,99	15861402,49
М-34-107-Г-а-2	51,42	21145672,62	15459,51	10866025,52
М-34-107-Г-а-3	45,33	21162468,37	13443,37	9587790,92
М-34-107-Г-б-1	3,12	21146492,9	3994,5	659041,58
М-34-107-Г-в-1	33,4	21180051,27	12206,32	7069274,18
М-34-107-Г-в-3	2,98	21197622,63	4070,11	630499,12



*Рис.2.1 Картосхема покриття території картографування листами карт масштабу 1:10000*



Геодезичною основою топографічних карт є пункти Державної геодезичної мережі [8, 17]:

- у плановому положенні - пункти геодезичної (планової) і нівелірної (висотної) мереж, геодезичних мереж згущення і точки знімальної мережі, плоскі координати яких обчислені в проекції Гаусса-Крюгера у шестиградусних зонах у Державній геодезичній референцній системі координат УСК-2000;
- у висотному положенні - пункти геодезичної (планової) і нівелірної (висотної) мережі, геодезичних мереж згущення і точки знімальної мережі, висоти яких визначені у Балтійській системі висот 1977 року, з 1 січня 2026 р. - у Європейській вертикальній референцній системі (EVRS).

Зміст та наповнення цифрових топографічних карт повинні відповідати вимогам Основних положень створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000 і іншим чинним нормативним документам, з визначеною точністю і детальністю відображається:

- пункти державної геодезичної мережі планової та висотної основи;
- визначні будівлі і споруди та їх характеристики;
- промислові об'єкти;
- транспортна мережа та об'єкти транспорту;
- гідрографія - річки, озера, водосховища та ін.;
- об'єкти гідротехнічні та водного транспорту;
- об'єкти водопостачання;
- рельєф;
- рослинність;
- державний кордон та межі адміністративно-територіальних утворень;
- власні назви населених пунктів, вулиць, залізничних станцій, пристаней, озер, річок, перевалів, долин, ярів та інших географічних об'єктів.

Додатково можуть відображатись об'єкти соціально-культурного та промислового призначення з обов'язковим зазначенням пояснювального підпису.

Інформаційна структура змісту цифрових даних (базу геоданих) розробляється на основі Класифікатора інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10000... [5,13,14].

### 2.1.2. Ортокорекція космічних знімків із використанням RPC.

**Ортотрансформування**, або **ортокорекція** зображення (знімка) – математично строге перетворення вхідного зображення (знімка) на ортогональну проекцію та усунення спотворень, викликаних рельєфом, умовами зйомки та типом камери. Іноді також вживають термін «**орторектифікація**», який передбачає крім ортотрансформування іще додаткове трансформування зображення в задану картографічну проекцію.

В процесі ортотрансформування відбувається процес геометричної корекції зображень, у якому усуваються перспективні спотворення, розвороти, спотворення викликані дисторсією об'єктива та інші. Зображення при цьому наводиться до планової проекції, тобто такої, коли кожна точка місцевості спостерігається строго вертикально, в надир. Щоб здійснити таке перетворення, необхідно усунути спотворення, викликані рельєфом. Отже, для трансформації потрібна модель рельєфу, потрібно знати висоту місцевості кожної точки знімка [20].



Рис.2.2. Перерозподіл пікселів на зображенні внаслідок ортокорекції

Виконувати ортокорекцію космічних знімків необхідно, хоч КА здійснюють зйомку з дуже великої висоти (сотні кілометрів) і отже знімки мають мінімальні спотворення. Проте КА не може весь час знімати в надир, інакше довелося б чекати дуже багато часу, коли він пройде над заданою точкою, адже смуга захоплення апаратури спостереження не перевищує 20 км, а тривалість повного покриття між виткового інтервалу смугами захоплення може перевищувати 100 діб. Для усунення цього недоліку КА "перенацілюють" і тому більшість кадрів виходять перспективними. Слід зазначити, що кути зйомки можуть досягати 45 градусів, і це призводить до значних спотворень знімків [22].

Для проведення ортокорекції космічного знімка необхідна інформація про рельєф у вигляді цифрової моделі (Digital Elevation Model). Файли рельєфу у растровому вигляді (DEM, Digital elevation model) можуть бути отримані в результаті наземних вимірювань, за допомогою карт горизонталей, за допомогою стереозйомки, за радарними даними або загальнодоступних грубих ЦМР таких SRTM (роздільна здатність 30-90 м) і ASTER GDEM (роздільна здатність (15-90 м)).

Другим необхідним набором даних є дані RPC, які як правило входять в комплект поставки продукції оператором супутникової системи. Вони необхідні для реконструкції геометрії датчика в момент реєстрації кожного рядка зображення. Модель камери супутника у вигляді узагальнених апроксимуючих функцій (раціональних поліномів) виражає відношення між географічними координатами об'єкта та координатами його зображення за допомогою коефіцієнтів багаточленів. Ці коефіцієнти називаються коефіцієнтами раціонального многочлена (RPC – Rational Polynomial Coefficients).

Дані RPC обчислюються із застосуванням суворої моделі сенсора. При використанні файлу RPC можна обчислити нормалізовану колонку  $c_n$  та рядок  $r_n$  у зображенні як коефіцієнти багаточленів нормалізованої геодезичної широти, довготи та висоти  $P$ ,  $L$ ,  $H$ . Тому для кожної комбінації можна обчислити, який піксел (вибірку, рядок) слід розглядати. Для цих обчислень застосовуються такі вирази:

$$r_n = \frac{\sum_{i=1}^{20} LineNumCoef_i * \rho_i(P, L, H)}{\sum_{i=1}^{20} LineDenCoef_i * p_i(P, L, H)} \quad (2.1)$$

$$c_n = \frac{\sum_{i=1}^{20} SamNumCoef_i * \rho_i(P, L, H)}{\sum_{i=1}^{20} SamDenCoef_i * p_i(P, L, H)}$$

де  $n, C_n, P, L, H$  - нормалізовані значення географічних координат:

$$P = \frac{(Latitude - LatOff)}{LatScale}$$

$$L = \frac{(Longitude - LonOff)}{LonScale}$$

$$H = \frac{(Height - HgtOff)}{HgtScale} \quad (2.2)$$

$$r_n = \frac{(Row - LinOff)}{LinScale}$$

$$C_n = \frac{(Column - SamOff)}{SamScale}$$

та:

*LineNumCoef* - список 20 коефіцієнтів для багаточлена чисельника рядка;

*LineDenCoef* – список 20 коефіцієнтів для багаточлена знаменника рядка;

*SamNumCoef* - список 20 коефіцієнтів для багаточлена чисельника колонки;

*SamDenCoef* – список 20 коефіцієнтів для багаточлена знаменника колонки;

*LatOff* - зсув широти у градусах у десятковому форматі;

*LonOff* - зсув довготи у градусах у десятковому форматі;

*LinOff* – зсув рядка пікселів в пікселях;

*SamOff* – зсув колонки пікселів в пікселях;

*HgtOff* – зсув висоти в метрах;

*LinScale* - нормалізуючий коефіцієнт для рядка пікселів;

*SamScale* – нормалізуючий коефіцієнт для колонки пікселів;

*LatScale* – нормалізуючий коефіцієнт для широти;

*LonScale* – нормалізуючий коефіцієнт для довготи;

*HgtScale* – нормалізуючий коефіцієнт для висоти.

Чисельник і знаменник раціональної функції поліноміального рівняння є сумою 20-ти кубічних поліноміальних функцій і можуть бути представлені в наступному вигляді:

$$\sum_{i=1}^{20} C_i * \rho_i(P, L, H) = C_1 + C_6 * L * H + C_{11} * P * L * H + C_{16} * P^3 + C_2 * L + C_7 * P * H + C_{12} * L^3 + C_{17} * P * H^2 + C_3 * P + C_8 * L^2 + C_{13} * L * P^2 + C_{18} * L^2 * H + C_4 * H + C_9 * P^2 + C_{14} * L * H^2 + C_{19} * P^2 * H + C_5 * L * P + C_{10} * H^2 * C_{15} * L^2 * P + C_{20} * H^3 \quad (2.3)$$

## 2.2. Порядок збору топографічної інформації за космічними знімками.

Дамо перелік характеристик дешифрувальних властивостей космічних знімків надвисокого просторового розрізнення для різних типів об'єктів [19,21].

*Геодезична основа.* Пункти ДГМ, точки знімальних мереж і ґрунтові репери нівелірних мереж розпізнаються не тільки при наявності фізичного маркування на місцевості.

*Рельєф суші.* У цей клас картографічних об'єктів крім основних елементів рельєфу (горизонталей, позначок висот) потрапляють різні форми порушення рельєфу, як природні (яри, промоїни, урвища), так і штучні (ями, укоси). На одиночних знімках різні форми порушення рельєфу може бути дешифровані переважно за формою тіні. При переході від одиночного знімка до стереопари розпізнаваність різко збільшується - практично всі об'єкти впевнено виявляються оператором візуально.

*Гідрографія.* Об'єкти природного і штучного походження, які стосуються цього шару, зазвичай дешифруються впевнено за прямими ознаками. Типові розміри об'єктів гідрографії значно перевищують величину просторового розрізнення знімків. Пограно розпізнаються об'єкти, приховані рослинністю. Основні проблеми виникають при дешифруванні штучних споруд: різні типи колодязів та колонок мають невеликі розміри та практично не піддаються

дешифруванню. Усі точкові елементи шару гідрографії вимагають додаткових матеріалів для уточнення розташування та призначення.

*Населені пункти.* Роздільна здатність знімків дозволяє виявляти окремі будівлі навіть невеликих розмірів, тому всі типи населених пунктів по знімку дешифруються впевнено, також впевнено дешифруються квартали в населених пунктах будь-якого типу та садові ділянки. Труднощі викликає визначення вогнестійкості будівель та споруд.

*Соціально-економічні об'єкти.* Шар містить будівлі та споруди нежитлового призначення (промислові та сільськогосподарські підприємства, соціально-культурні та релігійні об'єкти) а також вежі, вишки, стовпи та опори, лінії зв'язку та електропередач, трубопроводи, паркани та огорожі. Більшість цих об'єктів має значні (стосовно роздільної здатності знімальної системи) розміри і може бути відносно легко дешифровано. Стовпи і опори мають невеликі розміри в горизонтальній площині, зустрічаються труднощі в дешифруванні розташування основи об'єктів, навіть по тінях, що виразно читаються. Основні проблеми виникають при конкретизації класу об'єкта: так, важко без додаткових матеріалів визначити матеріал та форму опори чи огороження, робочу напругу лінії електропередач, призначення промислового підприємства тощо.

*Дорожні мережі і дорожні споруди.* До цього шару відносяться об'єкти транспортної інфраструктури, а також деякі пов'язані з ними об'єкти (насипи, мости та тунелі, опори контактної мережі залізничного транспорту тощо), наземні споруди забезпечення, а також пішохідні доріжки. Лінійні протяжні об'єкти цього шару піддаються найкращому дешифруванню – це понад 2/3 об'єктів. Проблеми при дешифруванні навіть за наявності додаткового матеріалу становлять точкові та малопротяжні лінійні об'єкти: труби під дорогами та деякі тротуари (часто приховані зеленими насадженнями). Виявлення таких об'єктів може бути полегшене використанням стереорежиму та додаткового матеріалу [23].

*Рослинний покрив та ґрунти.* У цьому шарі об'єднана вся рослинність як природного так і штучного походження. Більшість площ, зайнятих

рослинністю, легко дешифрується за кольором та/або фототоном. Проблемою, як правило, є віднесення її до конкретного виду.

При створенні топографічних карт масштабу 1:10000 основні труднощі виникають у виявленні і відображенні таких об'єктів:

- геодезичні пункти (тільки з використанням додаткового матеріалу);
- спорудження точкової локалізації (тільки з використанням додаткового матеріалу або за наявності стереознімків);
- опори та стовпи ЛЕП;
- деякі ділянки гідрографії (складно виключити рослинність);
- гідротехнічні об'єкти (тільки з використанням додаткового матеріалу);
- мости, шляхопроводи, переправи (тільки з використанням додаткового матеріалу);
- рельєф місцевості та мікроформи земної поверхні;
- рослинність (розділення за типами).

Узагальнюючи отримані відомості, можна сказати, що за наявності додаткової інформації та матеріалів польового обстеження дешифрувальні властивості космічних знімків Pleiades дозволяють виконувати оновлення та створення топографічних карт масштабу 1:10000 на міжселену територію з переважною наявністю протяжних лінійних та площинних об'єктів. При польовому обстеженні буде потрібне виявлення і координування всіх точкових об'єктів [10].

## **Розділ 3. Застосування космічних знімків для картографування.**

### **3.1. Територія картографування.**

Топографічне картографування в масштабі 1:10000 стосується території Східницької селищної територіальної громади Дрогобицького району Львівської області — територіальна громада в Україні, в Дрогобицькому районі Львівської області. Адміністративний центр — селище Східниця ,82391 ([49.20486 23.31740](#) [49.24793 23.38219](#)). Площа громади — 420 км<sup>2</sup>, населення — 16 489 мешканців (2020). До складу громади входять 20 сіл та 2 селища. Відстань до обласного центру м.Львів становить 102 кілометри, до міст Борислав та Дрогобич — відповідно 14 та 25 кілометрів.

Середня висота над рівнем моря: 623 м (мінімальна висота: 487 м, максимальна висота: 810 м). Східниця розташована у розлогій долині на березі невеликої гірської річки Східничанка, на висоті 520—650 м над рівнем моря, за 21 км від районного центру міста Дрогобич. Гори навколо селища сягають висоти 828 м (г. Масловець). Громада славиться хвойними лісами, різнотрав'ям гірських лугов — полонин, цілющим повітрям гірської місцевості, величними буковими лісами і велетенськими смереками. Але найбільшим скарбом місцевості є мінеральні лікувальні води. Перша згадка про Східницю датована XIV століттям, ще за часів Галицько-Волинського князівства. Найбільшу славу Східниці приніс у 60-х роках її житель Омелян Стоцький. Завдяки йому, першовідкривачу родовища мінеральних вод, Східниця отримала право на застосування цих вод з лікувальною метою. Сьогодні функціонує 38 джерел та 17 свердловин з різним хімічним складом мінеральної води.



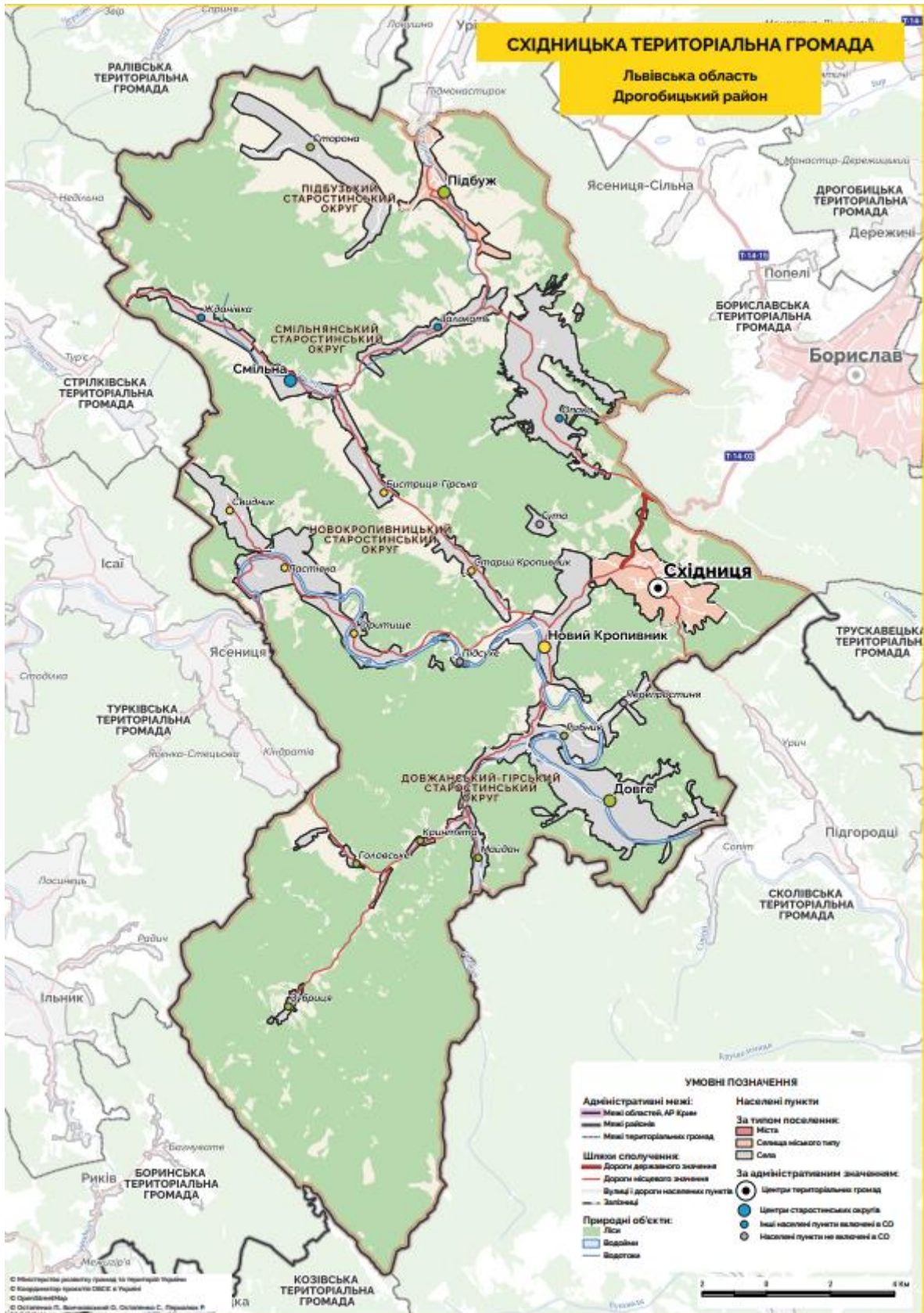


Рис.3.1. Картохема розміщення Східницької територіальної громади

### 3.2. Вхідні дані та матеріали.

У відповідності до положень нормативних документів [31] актуалізовані картографічні основи повинні створюватись у регіональній місцевій системі координат, що має зв'язок з державною системою координат УСК-2000, у цифровій формі як базові набори геопросторових даних [3]. Вихідним масштабом картографічної основи для розроблення схеми планування території є масштаб М 1:10 000.

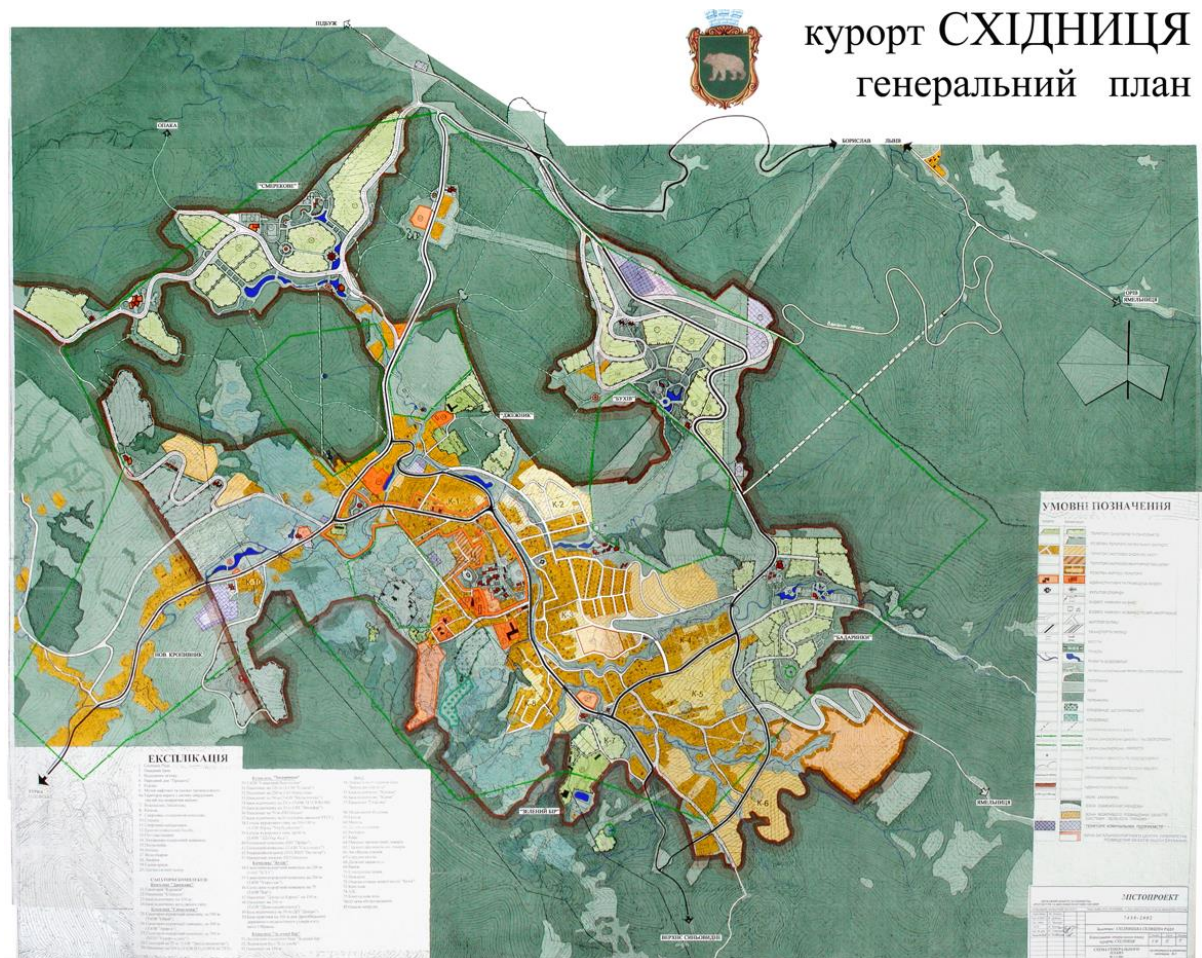
На територію картографування наявні 6 листів топографічних карт масштабу 1:10000 1989-1991 років видання, які представлені як склейка в растровому вигляді (рис.3.2) з геоприв'язкою в системі координат СК42.



*Рис.3.2. Склейка архівних карт масштабу М 1:10 000 на територію картографування*

Також наявні відскановані копії основних креслень Генеральних планів селищ Східниця і Підбуж в масштабі 1:5 000, розроблених ДП Містопроект у 2002 році.

В межах територій більшості населених пунктів громади існують цифрові топографічні плани масштабу 1:2000, створені протягом 2000х років в різних організаціях засобами програмного пакету Digital в системах координат СК42 та СК63.



*Рис.3.3. Скан-копія основного креслення Генерального плану селища Східниця в масштабі М 1:5 000*

Ці картографічні матеріали разом з даними, опублікованими в мережі Інтернет картографічними сервісами планується використовувати як довідкові. Також доступний каталог координат характерних точок с.Східниця у системі WGS-84 UTM 34N, що містить 165 точок отриманих за допомогою ГНСС знімання.

Основним джерелом даних для створення топографічної карти в масштабі 1:10000 є космічний знімок надвисокого розрізнення з штучного супутника Землі Pleiades 1A, який покриває площу 25,752км<sup>2</sup>. Знімок є 3-х каналним композитом у натуральних кольорах, подається в системі координат WGS-84, супроводжується файлом RPC (модель з 20 параметрами) для уточненої геоприв'язки.



*Рис.3.4. Покриття території картографування космічним знімком Pleiades 1A*

Знімок частково покриває площу двох листів карти масштабу 1:10000: М-34-107-Б-г-1 та М-34-107-Б-в-2.

### **3.3.Методика складання топографічної карти масштабу 1:10000 на територію дослідження.**

Для вирішення завдання кваліфікаційної роботи ми здійснюємо автоматичне оцифрування зображень за допомогою QGIS, геоінформаційної системи (ГІС) з відкритим вихідним кодом , постійно розвивається за допомогою

безлічі плагінів, які розширюють її можливості. Серед них були розроблені спеціалізовані та налаштовані плагіни, такі як Mapflow, які вдосконалюють процес автоматичного оцифрування QGIS [ ].

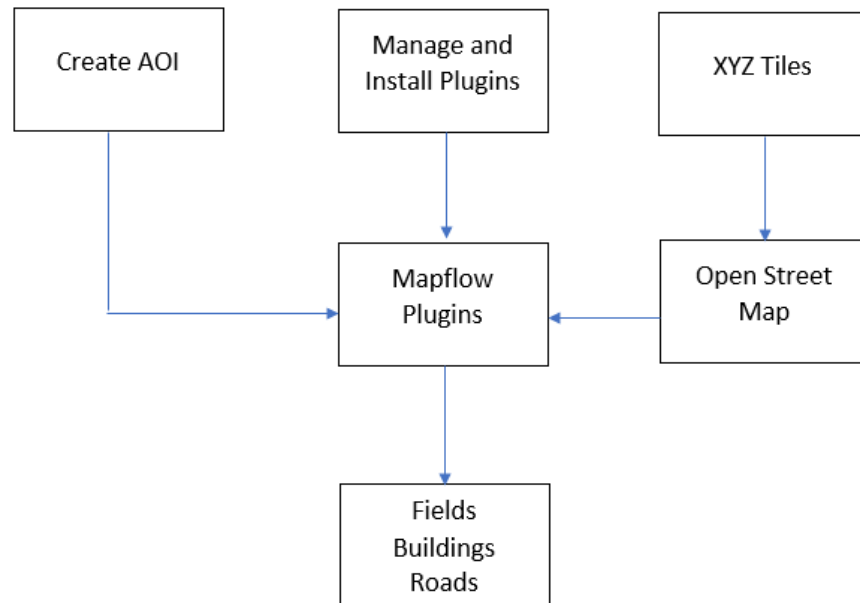
Mapflow — це плагін (програмне розширення функціоналу) QGIS, розроблений для задоволення складних вимог автономної цифровізації. Цей плагін надає складний набір інструментів і функцій, призначених для прискорення перетворення растрових даних у точні векторні геометрії. Хоча QGIS має стандартні для ГІС інструменти для оцифрування та перетворення растру у вектор, Mapflow вирізняється тим, що додає додаткові можливості автоматизації та налаштування.

Автоматичне оцифрування за своєю суттю, полягає в перетворенні растрової інформації, такої як супутникові зображення або скановані карти, у векторизовані зображення, які складаються з точок, ліній та багатокутників. Цей процес перетворення має вирішальне значення в різних галузях, зокрема в картографії, міському плануванні та дослідженнях навколишнього середовища. Mapflow дозволяє користувачам пришвидшити й оптимізувати функції оцифрування, мінімізуючи ручну роботу і зберігаючи при цьому точність і надійність.

Плагін Mapflow для ефективного читання растрових даних використовує алгоритми та інтелектуальні методи розпізнавання образів. Mapflow визначає та генерує векторні геометрії шляхом аналізу значень зображення, розпізнавання країв і виділення функцій, зменшуючи потребу в тривалому введенні вручну. Крім того, Mapflow включає функції перевірки та вдосконалення на додаток до автоматизованих операцій. Користувачі можуть перевіряти та змінювати створені вектори в QGIS після оцифрування, щоб забезпечити точність і повноту. Ця ітераційна техніка, яка поєднує автоматизацію з ручним втручанням, коли це необхідно, підвищує надійність оцифрованого продукту.

Опишемо далі геопросторові методи, які використовуються щоб окреслити як додати дані OpenStreetMap як базову карту та автоматично

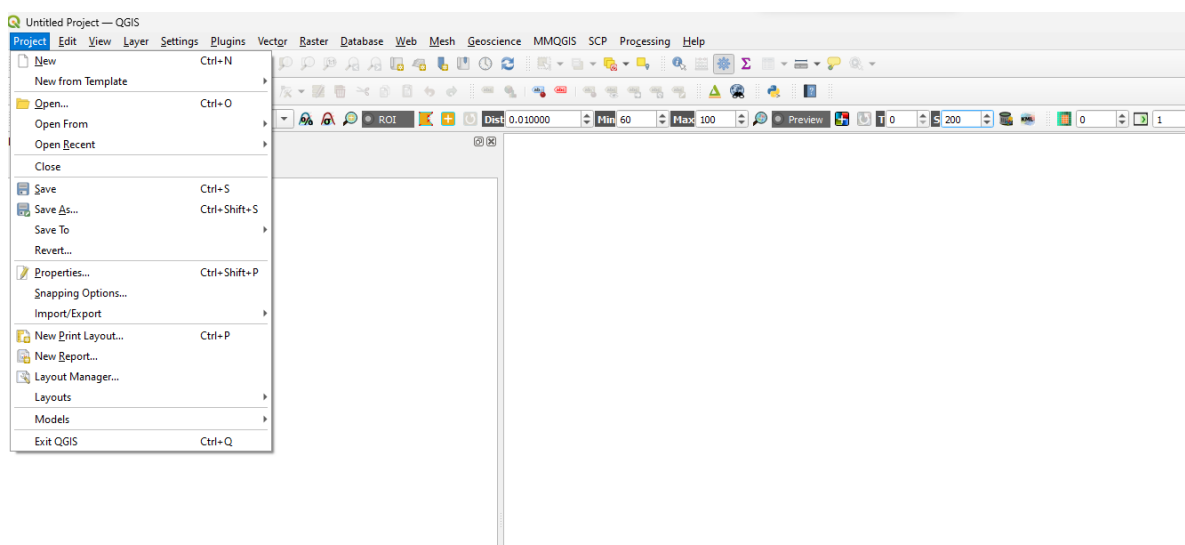
оцифрувати топографічні об'єкти, такі як дороги, сільськогосподарські поля та будівлі.



*Рис.3.5. Технологічна схема методу, що демонструє геопросторовий підхід, який використовується для автоматичного оцифрування у QGIS*

## Створення нового проекту та додавання фрагментів карти OpenStreet

1. В програмі QGIS послідовно вибираємо «Проект» - «Новий» на панелі меню. Зазначаємо назву та місце розташування проекту і зберігаємо його на диску ЕОМ командою «Save»



*Рис.3.6. Створення та збереження проекту в QGIS*

Щоб додати OpenStreetMap як базовий шар у QGIS слід виконати такі дії:

Спочатку переконуємось, що панель браузера увімкнено, клацнувши правою кнопкою миші будь-яку частину панелі інструментів і в контекстному меню перевіряємо увімкнення панелі браузера.

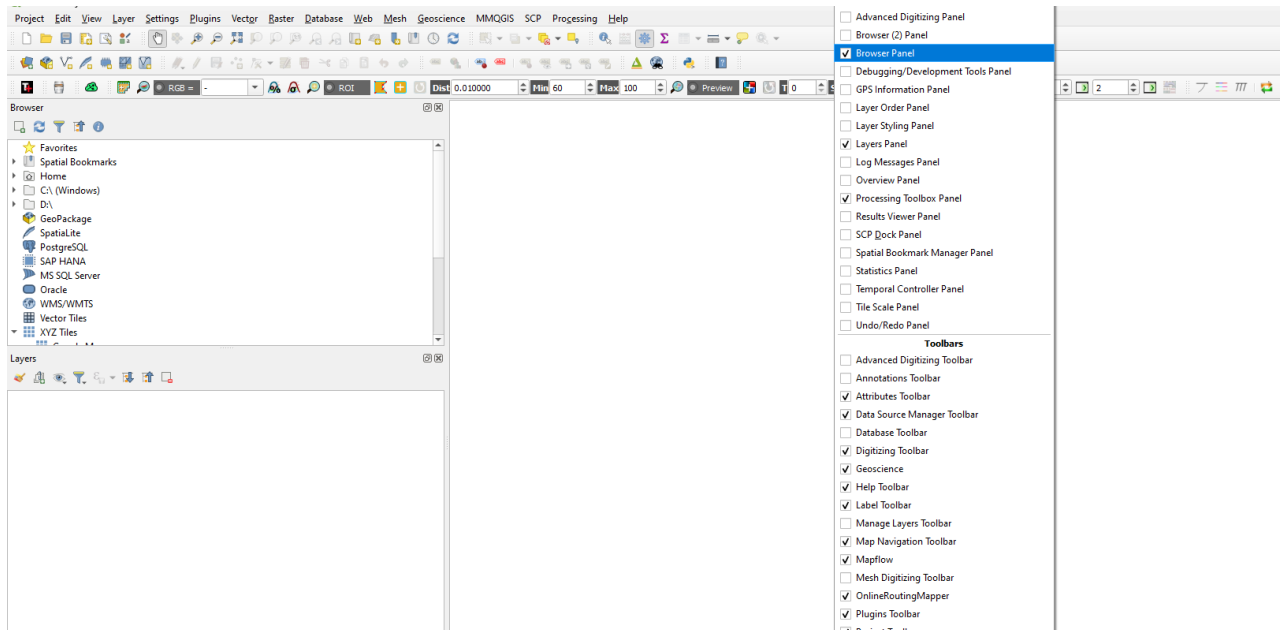
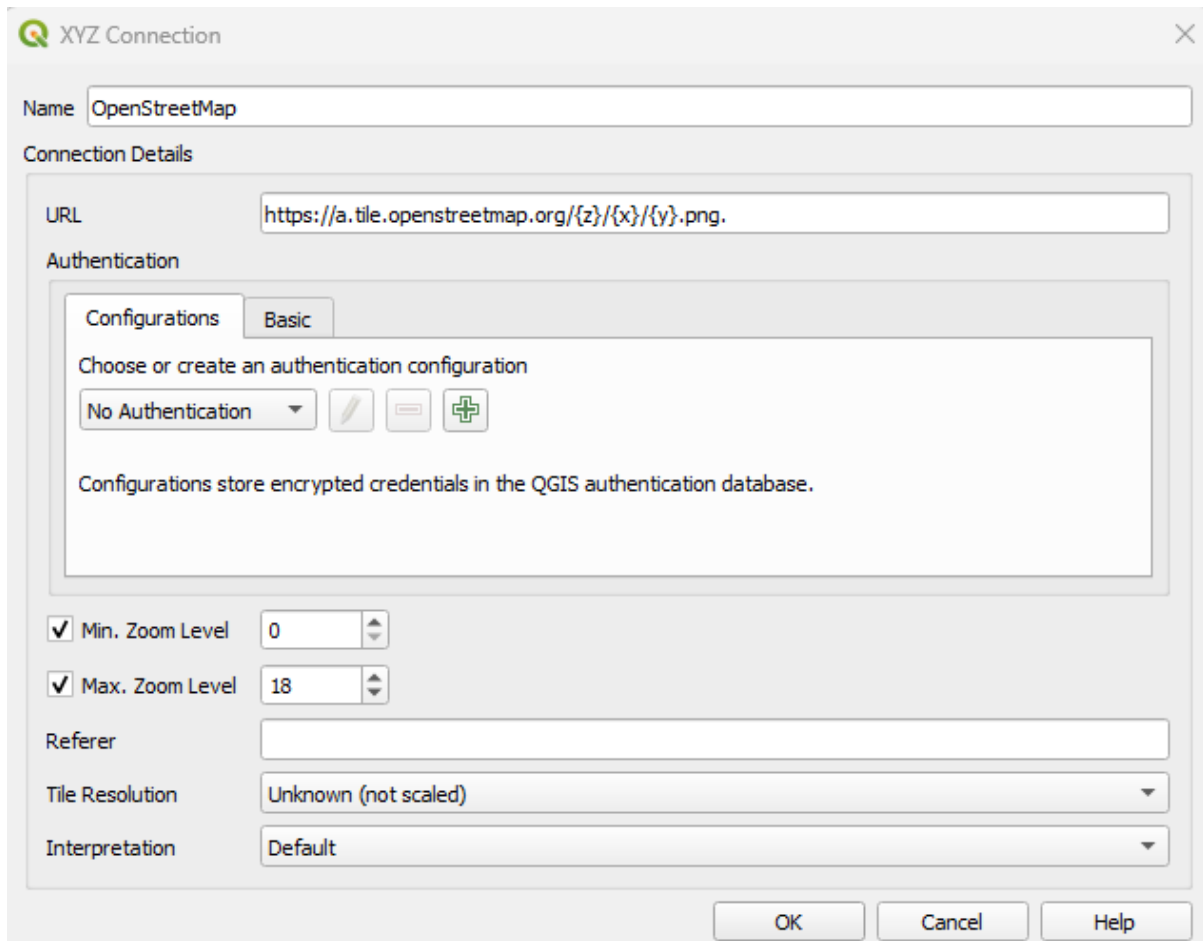


Рис.3.7. Увімкнення панелі браузера в QGIS

Після увімкнення клацнемо правою кнопкою миші «плитки XYZ» на панелі браузера та вибираємо опцію «Нове підключення», встановлюємо назву «OpenStreet Map» та URL-адресу <https://a.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png>. Натиснемо кнопку ОК. Докладно порядок додавання базових карт (карти Google, супутник Google, гібридний супутник Google і глобальний рельєф) як растрові шари подається на інтернет-ресурсі: [Як додати шар Google Map/Terrain/Satellite у QGIS 3](#).



*Рис.3.8. Створення нового з'єднання тайлів XYZ у QGIS*

Після того, як переконаємось, що панель інструментів «Браузер 2» увімкнено, клацнувши правою кнопкою миші на панелі меню та встановивши прапорець «Браузер 2», у вікні браузера 2 двічі клацнемо «тайли XYZ» і додаємо карту Openstreet на полотно карти.

### **Додавання плагіна Mapflow до QGIS**

Плагін Mapflow дозволяє користувачам QGIS або відповідного інтернет-сервісу використовувати моделі штучного інтелекту (ШІ) для автоматичного виділення об'єктів із супутникових зображень. Щоб отримати плагін Mapflow, слід відвідати репозиторій плагінів Mapflow — QGIS Python. Вибираємо постачальника веб-зображень або завантажте власне зображення, оберіть тип об'єктів, які ви хочете отримати, і область інтересів, а Mapflow зробить все інше. На даний момент ми можемо отримати:

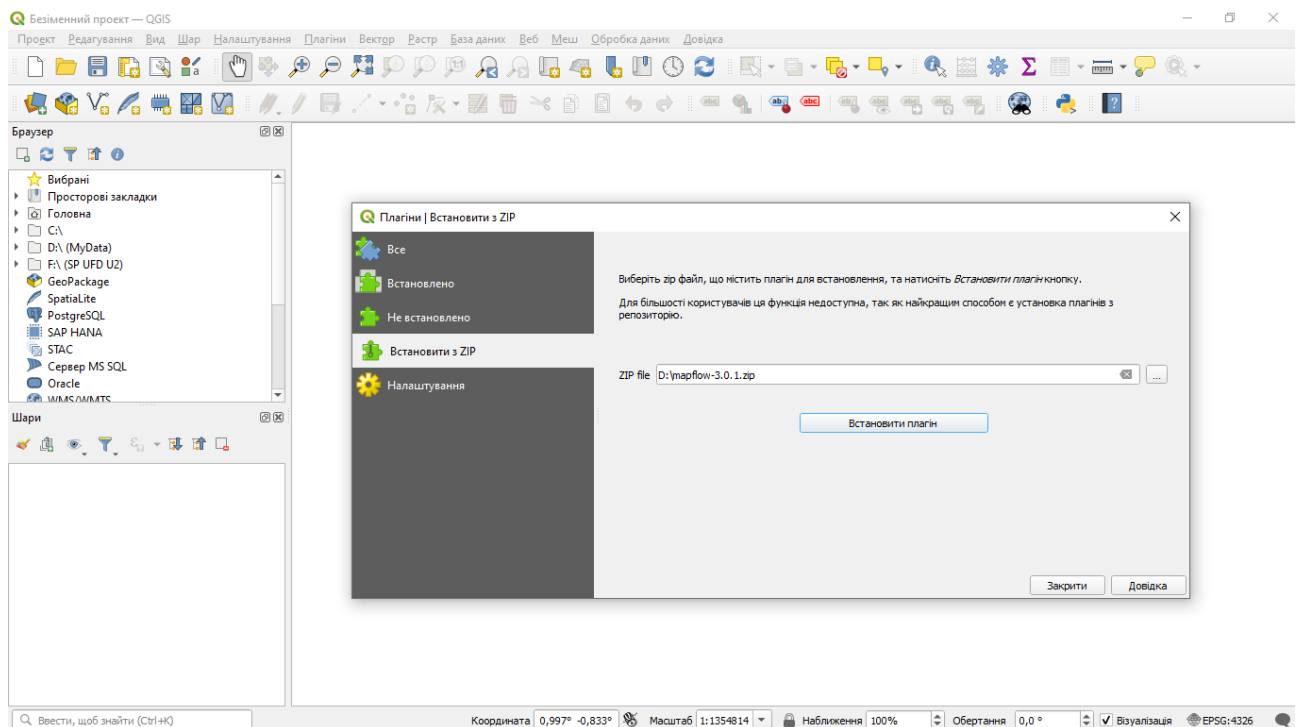
- будівлі;



- сільськогосподарські угіддя;
- ліс (опційно - з висотою);
- дороги;
- будівельні майданчики.

Щоб імпортувати плагін у QGIS для використання слід виконати такі дії:

1. Виберіть «Керування та встановлення плагінів» у вкладці плагінів на панелі меню.
2. У вікні плагінів виберіть «Встановити з Zip».
3. Клацніть три крапки біля області пошуку файлу Zip, щоб перейти до розташування файлу плагіна Mapflow.
4. Натисніть Установити плагін.



*Рис.3. 9. Імпорт плагіна Mapflow у QGIS*

Безпосередньо робота з плагіном передбачає авторизацію користувача.

**Автоматичне оцифрування доріг, полів і будівель із зображень.**

Щоб автоматично оцифрувати об'єкти в QGIS за допомогою плагіна Mapflow, визначте область інтересу (AOI) за допомогою:

1. Виберіть «Створити шар» на вкладці «Шар».
2. Виберіть «Новий шар шейп-файлу».

3. Встановіть для імені файлу потрібне ім'я та розташування АОІ.
4. Встановіть тип геометрії на багатокутник.
5. Натисніть ОК
6. Виділіть новий створений шейп-файл на панелі «Шари», вибравши його.
7. Клацніть піктограму, схожу на олівець, у наборі піктограм на панелі інструментів Оцифрування. Переконайтеся, що панель інструментів «Оцифрування» увімкнено.
8. Перейдіть до цікавого місця на карті QGIS і визначте АОІ.  
Після визначення АОІ виконайте наведені кроки, щоб автоматично оцифрувати деякі топографічні об'єкти в АОІ:
  - Виберіть плагін Mapflow, який відображається у вигляді червоної райдужної піктограми.
  - Натисніть «Зареєструватися на mapflow.ai».
  - Відкриється веб-сторінка Mapflow. Виберіть «Спробувати безкоштовно» для обмеженого використання плагіна.

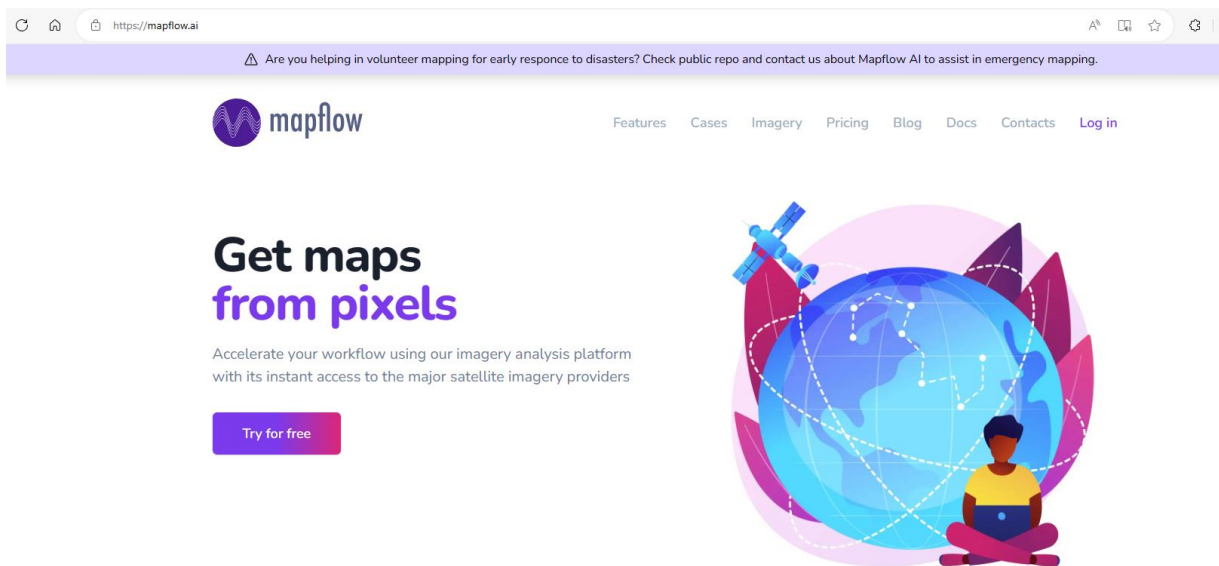


Рис.3.10 Веб-сайт Mapflow

12. Виберіть Зареєструватися.
13. Введіть особисті дані та виберіть «Зареєструватися».
14. На вказану електронну адресу буде надіслано посилання для активації та подальшої настройки.

15. На вкладці API виберіть «Скинути API», щоб створити код API для використання в QGIS.

16. Скопіюйте код і введіть дані для входу і натисніть Увійти.

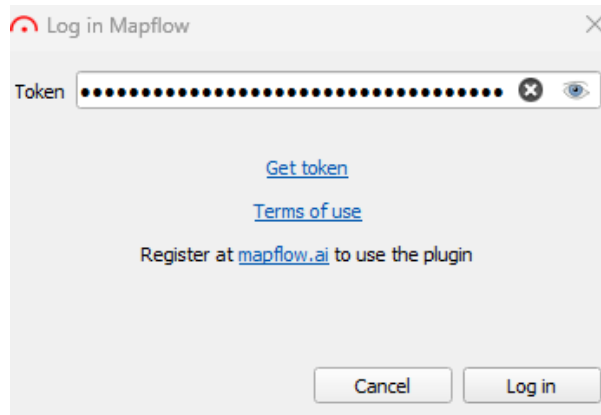


Рис.3.11 Вхід у Mapflow (QGIS)

18. Встановіть бажане ім'я.

19. Установіть для області оцифрований АОІ.

Крім того, опція знака «плюс» для визначення АОІ відповідно до масштабу відображення карти.

20. Встановіть джерело даних на Марбох.

21. Визначте модель ШІ як будівлі.

22. Натисніть Почати обробку.

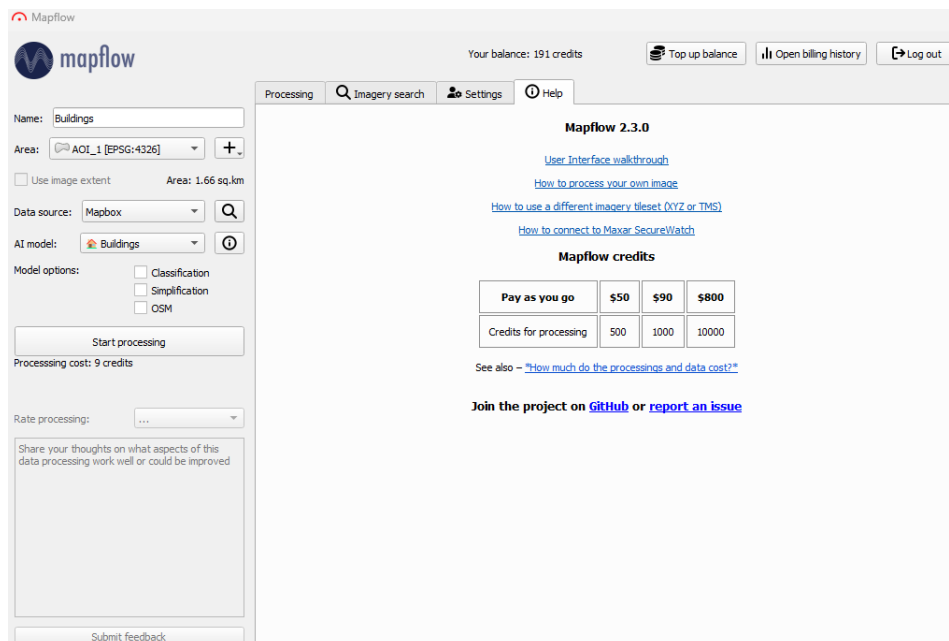


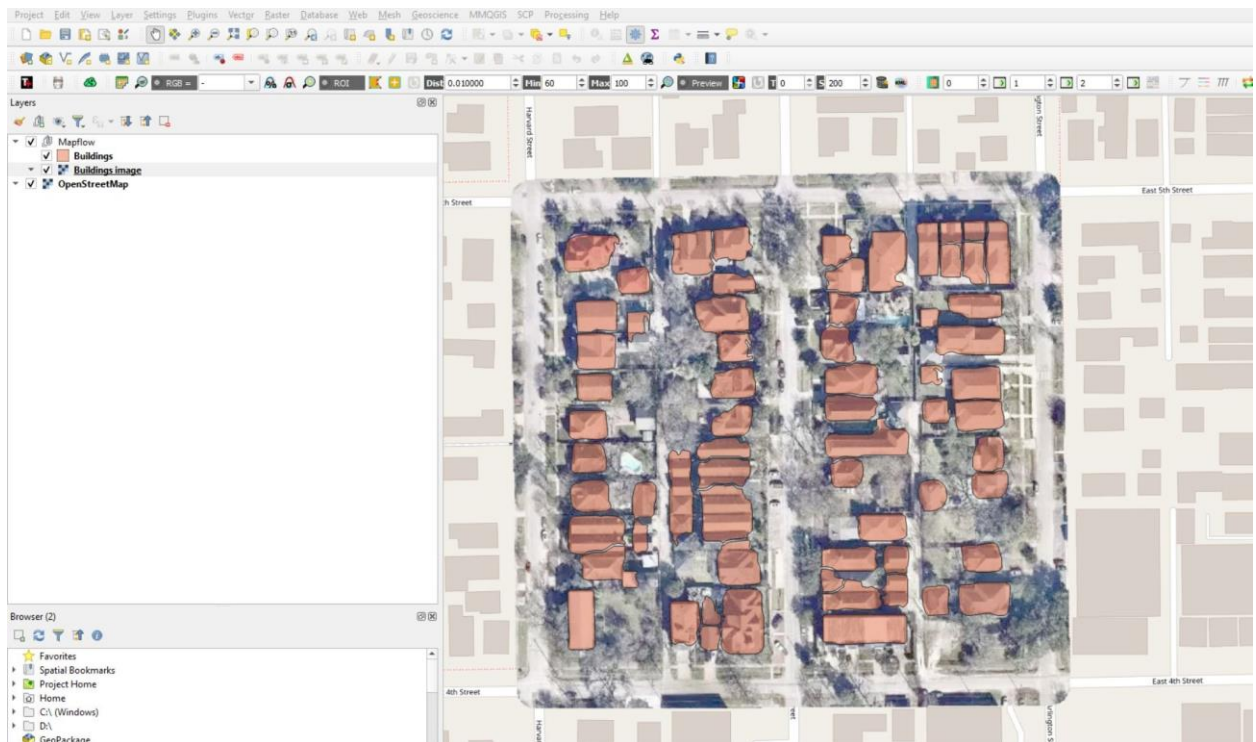
Рис.3. 12 Інтерфейс Mapflow для автоматичного оцифрування

Майте на увазі, що хоча безкоштовні кредити пропонуються для процесу оцифрування після реєстрації, за допомогою безкоштовної версії Mapflow одночасно можна обробити лише територію площею до 25 квадратних кілометрів.

Щоб автоматично оцифрувати сільськогосподарські поля, ліси, дороги та будівельні майданчики, налаштуйте модель ШІ відповідно.

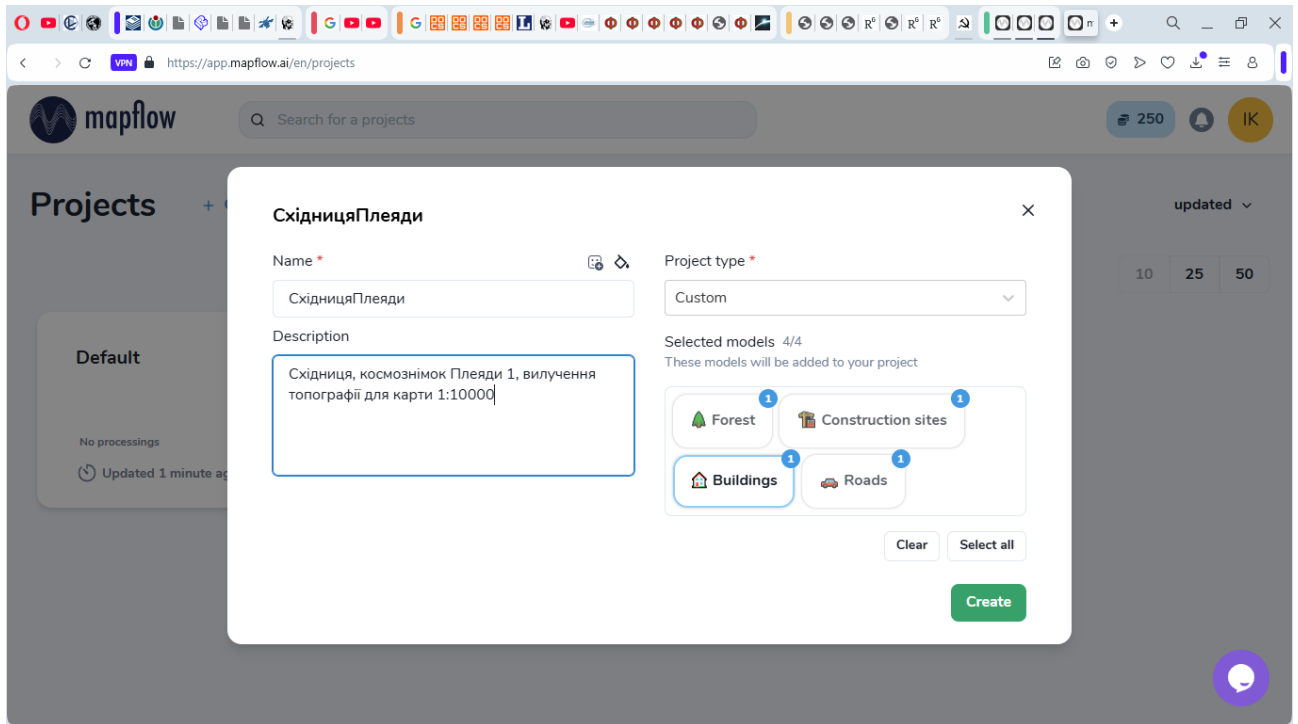
Приклад того, що можна автоматично оцифрувати із зображень

### [OpenStreetMap:](#)

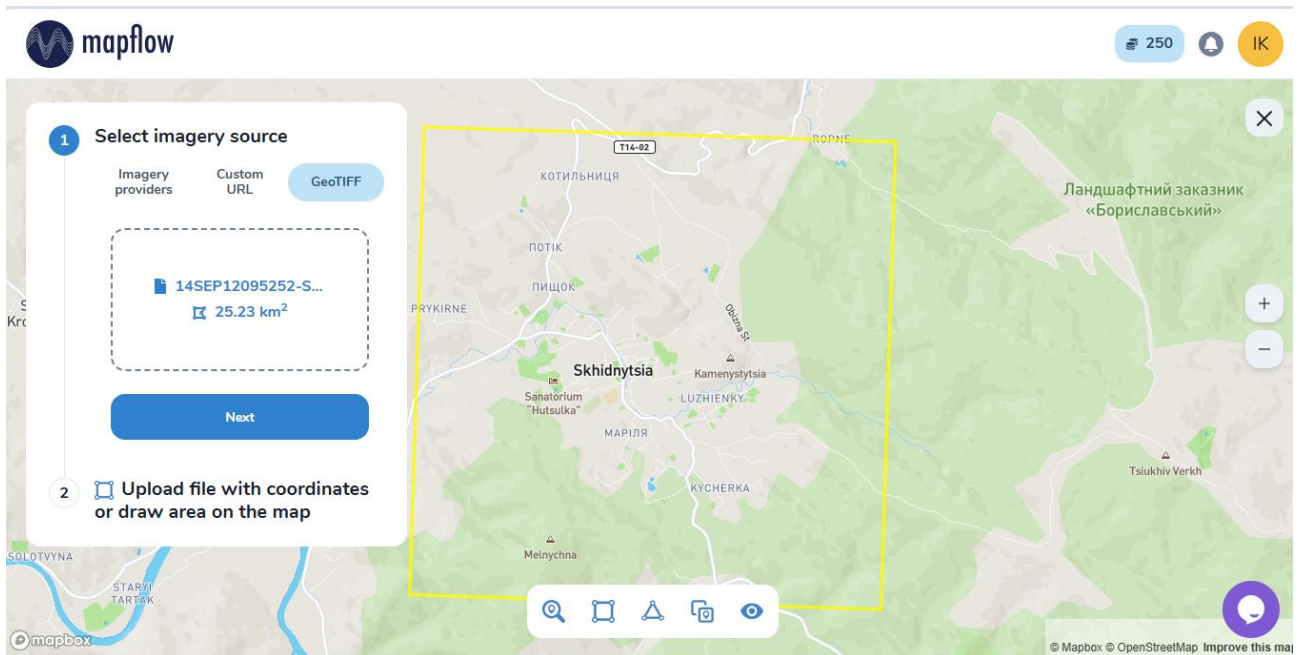


*Рис.3.13. Автоматично оцифровані контури будівель у QGIS за допомогою плагіна Mapflow*

Описані дії ми здійснили й через інтернет-сервіс плагіна Mapflow. Першим кроком створюємо проект:



Як джерело даних встановлюємо посилання на файл космічного знімка *Pleiades 1A*



Далі слід послідовно запускати процес розпізнавання і векторизації доріг, будинків, будівельних майданчиків, лісових масивів:

mapflow 250 IK

My Projects > СхідницяПляди

1. Data Source: Mapbox Satellite 21.07 km<sup>2</sup>

2. AI Model \*single option: Roads 5

3. Post-processing \*optional: No available options

4. Run project: faraway-supermarket

Processing History

Run processing

Clear selection

106

mapflow 144 IK

My Projects > СхідницяПляди

1. Data Source: Mapbox Satellite 21.07 km<sup>2</sup>

2. AI Model \*single option: Buildings 5

3. Post-processing \*optional: Classification 0, Polygonization 3, Align with roads 0, Merge with Openstreetmap 0

4. Run project: abandoned-goal

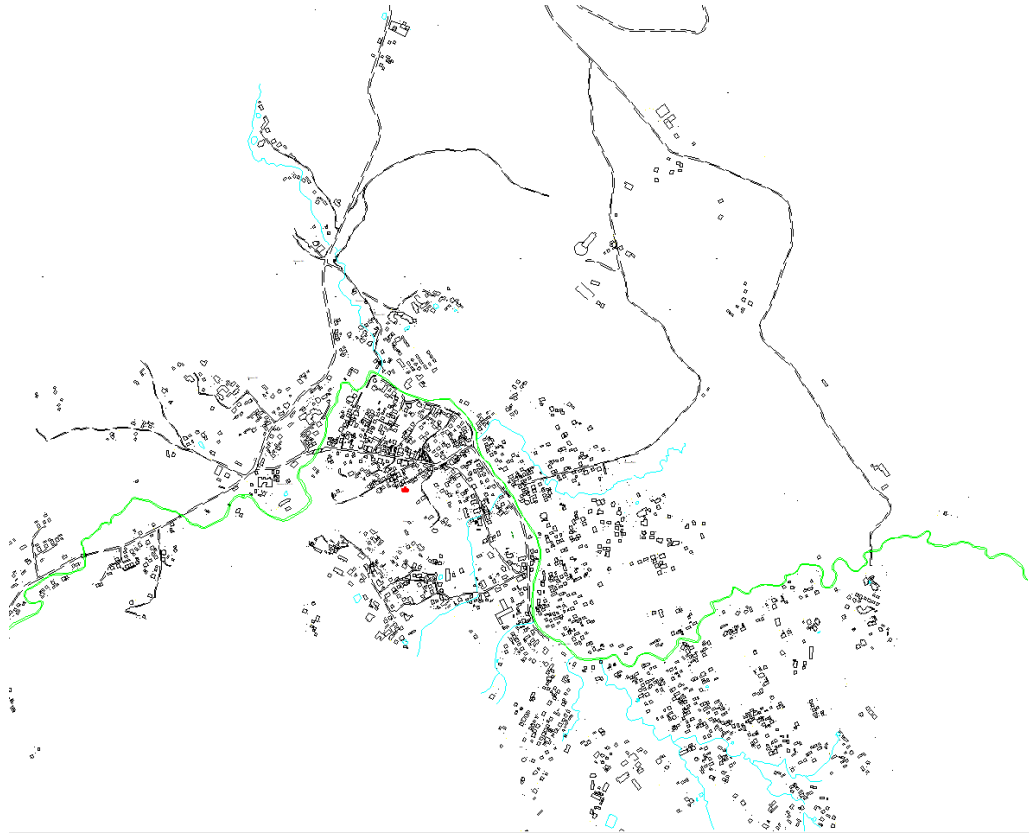
Processing History: faraway-supermarket Roads OK 25-03-01 13:15

Run processing

Clear selection

169

Результати автоматичного виділення будинків та доріг показано на рисунку:



*Рис.3.14. Результати автоматичного виділення будинків та доріг*

## **Охорона довкілля**

Середовище будь-якого поселення є складною системою що поєднує соціально-економічну, антропогенну та природну складові. Зміна кількості мешканців, розвиток чи занепад промисловості, торгівлі та сільського господарства, зміни в інфраструктурі призводять до активізації техногенного впливу на навколишнє середовище і, як наслідок, зниження якості складових екосистеми таких як: повітря, підземні та поверхневі води, ґрунтовий шар, тваринний та рослинний світ. Зміни в площі з забудови територій та не належний рівень ведення господарства з використанням надр, рослинності тощо призводить до зміни напруженого стану літогенної основи, що може зумовити процеси просідання, підняття, зсуви ґрунтів чи іншої деформації певних ділянок та споруд.

Управління територією та моніторинг стану довкілля гмади, міста, селища чи села є одним з першочергових завдань місцевої влади. Об'єкти державних та регіональних інтересів, розміщення яких на території детального планування визначено Генеральною схемою планування території України, схемами планування території на регіональному рівні На виконання вимог чинного законодавства Східницькою селищною радою ведеться розроблення Комплексного плану просторового розвитку території Східницької селищної



територіальної громади (Рішення від 06.10.2023 року № 1368). Комплексний план просторового розвитку території територіальної громади є одночасно містобудівною документацією на місцевому рівні та документацією із землеустрою, що визначає планувальну організацію, функціональне призначення території, основні принципи і напрями формування єдиної системи громадського обслуговування населення, дорожньої мережі, інженерно-транспортної інфраструктури, інженерної підготовки і благоустрою, цивільного захисту території та населення від небезпечних природних і техногенних процесів, охорони земель та інших компонентів навколишнього природного середовища, формування екомережі, охорони і збереження культурної спадщини та традиційного характеру середовища населених пунктів, а також послідовність реалізації рішень, у тому числі етапність освоєння території [7]. Склад, зміст та порядок розроблення Комплексного плану визначається Порядком розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації (затверджено Постановою КМУ від 1.09.2021 р. № 926).

Особливо важливою частиною містобудівної документації місцевого рівня є детальні плани території, яка визначає функціональне призначення, параметри забудови земельної ділянки з метою розміщення об'єкту будівництва, формування принципів планувальної організації забудови, визначення планувальних обмежень використання території згідно з державними будівельними та санітарно-гігієнічними нормами із дотриманням вимог містобудівного, санітарного, екологічного, природоохоронного, протипожежного та іншого законодавства, з метою залучення інвестицій згідно інтересів територіальної громади, заходів щодо реалізації містобудівної політики розвитку території, визначення містобудівних умов та обмежень забудови проєктованої території. Кожен детальний план містить розділ стратегічної екологічної оцінки.

Типовими для території Східницької ОТГ обмеженнями у використанні земель, що можуть встановлюватися комплексним планом просторового розвитку території територіальної громади, генеральними планами населених

пунктів, детальними планами території відповідно до нормативних розмірів, визначених законами, підзаконними актами, державними будівельними нормами та санітарними правилами щодо:

- охоронної зони навколо (уздовж) об'єктів енергетичної системи;
- охоронної зони навколо (уздовж) об'єктів транспорту;
- водоохоронні санітарно-захисні зони.

До існуючих планувальних обмежень [7] на території опрацювання можна віднести прибережні захисні смуги річок Стрий, Східничанка та інших малих річок, які встановлені відповідно до ст.79 Водного кодексу України. Річка Стрий відноситься до середніх річок. Прибережна захисна смуга визначається ст.88 Водного кодексу України і встановлюється по берегах річок та навколо водойм уздовж урізу води (у меженний період) шириною 50 метрів для середніх річок, водосховищ на них та ставків площею більше 3 гектарів.

*На території водоохоронних зон забороняється:*

- 1) використання стійких та сильнодіючих пестицидів;
- 2) влаштування кладовищ, скотомогильників, звалищ, полів фільтрації;
- 3) скидання неочищених стічних вод, використовуючи рельєф місцевості (балки, пониззя, кар'єри тощо), а також у потічки. Згідно ст.89 Водного Кодексу України прибережні захисні смуги є природоохоронною територією з режимом обмеженої господарської діяльності.

*У прибережних захисних смугах уздовж річок, навколо водойм та на островах забороняється:*

- 1) розорювання земель (крім підготовки ґрунту для залуження і залісення), а також садівництво та городництво;
- 2) зберігання та застосування пестицидів і добрив;
- 3) влаштування літніх таборів для худоби;
- 4) будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, навігаційного призначення, гідрометричних та лінійних, а також інженерно-технічних і фортифікаційних споруд, огорож, прикордонних знаків, прикордонних просік, комунікацій), у тому числі баз відпочинку, дач, гаражів та стоянок автомобілів;

- 5) миття та обслуговування транспортних засобів і техніки;
- 6) влаштування звалищ сміття, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації тощо;
- 7) випалювання сухої рослинності або її залишків з порушенням порядку, встановленого центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища.

Також існуючими обмеженнями використання в межах розроблення детального плану території є охоронні зони та нормативні відстані від інженерних мереж та споруд (згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 1455 від 27 грудня 2022 р.). В охоронних зонах повітряних і кабельних ліній, трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів і пристроїв забороняється виконувати будь-які дії, що можуть порушити нормальну роботу електричних мереж, спричинити їх пошкодження або нещасні випадки, а саме:

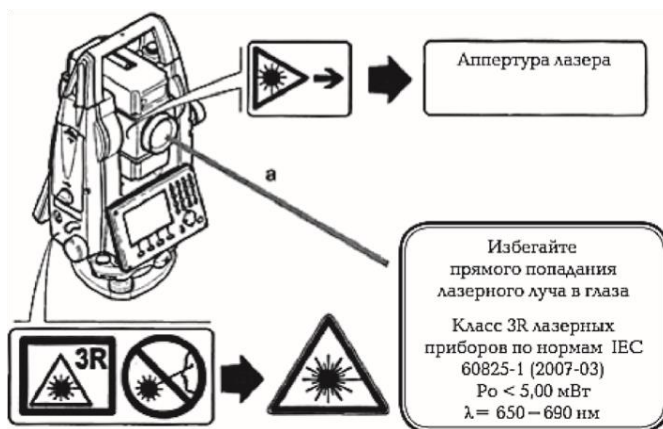
- перебувати стороннім особам на території і в приміщеннях трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів і пристроїв, відчиняти двері і люки цих споруд, здійснювати самовільне переключення електричних апаратів та підмикання до електричних мереж;
- будувати житлові, громадські та дачні будинки;
- влаштовувати звалища;
- складати добрива, корми, торф, соломку, дрова, інші матеріали;
- розпалювати вогнища;
- розташовувати автозаправні станції або інші сховища паливно-мастильних матеріалів;
- накидати на струмопровідні частини об'єктів електричних мереж і наближати до них сторонні предмети, підніматися на опори повітряних ліній електропередачі, електрообладнання трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів і пристроїв, демонтувати їх елементи;
- саджати дерева та інші багаторічні насадження;

- влаштовувати спортивні майданчики для ігор, стадіони, ринки, зупинки громадського транспорту, проводити будь-які заходи, пов'язані з великим скупченням людей, не зайнятих виконанням дозволених у встановленому порядку робіт;
- будівництво, реконструкція, капітальний ремонт, знесення будівель і споруд тощо.

Сучасний рівень управління господарством неможливий без геоінформаційних технологій, на базі яких побудована вся просторова інформація про даний населений пункт, розпочинаючи від картографічного забезпечення містобудівного кадастру, зображення генерального плану поселення, та завершуючи базами даних підприємств, у тому числі комунальних.

## Охорона праці.

Організація безпечного виконання геодезичних робіт із застосування сучасних геодезичних інструментів здійснюється на основі суворого дотримання норм, правил та інструкцій. Відповідальна особа має пройти відповідне навчання і інструктаж з безпечного застосування того чи іншого приладу. Часто прилади такі як електронні тахеометри та інші є агрегатами різних оптичних, механічних, електричних пристроїв і складових. Тому крім публікації інструкцій з безпечної експлуатації виробник обладнання маркує безпосередньо на приладі потенційно небезпечні його частини. Зокрема



інструкція і наклейка на приладі нагадують про необхідність уникати наведення зорової труби на сонце, оскільки вона працює як збільшувальна лінза і може пошкодити очі спостерігача і вивести з ладу сам тахеометр.

Недостатнє забезпечення мір безпеки на місці проведення робіт може привести до небезпечних ситуацій, наприклад в умовах інтенсивного руху транспорту, на будівельних і промислових майданчиках тощо. Також вплив на членів геодезичних бригад мають несприятливі погодні умови та фізичне перевантаження. Транспортування і складування обладнання допускається при повністю розряджених акумуляторах. Сильні механічні впливи, висока температура здатні привести до порушення герметичності акумуляторів, їх загоряння або вибуху. Коротке замикання між полюсами батареї може привести до їх надмірного нагріву і загоряння з ризиком нанесення травм – тому заборонене перенесення їх в кишенях одягу, піднесення металічних предметів. При неправильній експлуатації обладнання можливе виникнення таких небезпек: загоряння полімерних компонентів з виділенням отруйних або вибухонебезпечних газів. Механічне пошкодження або сильний нагрів

аккумуляторів здатні призвести до їх вибуху і бути причиною отруєнь, опіків і забруднення оточуючого середовища.

Віддалемірний модуль, вбудований в тахеометр, використовує лазерний промінь видимого діапазону, який виходить з об'єктива зорової труби і відноситься до класу 1 згідно із стандартами ІЕС 60825-1(2007-03): «Безпека лазерних приладів» та EN 60825-1(2007-10):«Безпека лазерних приладів». Лазери класу 1 є безпечними при дотриманні розумних умов їхньої експлуатації і не створюють загроз для зору. Лазерні пристрої класу 1, класу 2 і класу 3R не вимагають залучення експерта з лазерної безпеки, застосування захисного одягу і окулярів, встановлення попереджувальних знаків в зоні виконання вимірювань. Лазерні пристрої класу 2 або класу 3R можуть спричинювати короткочасне осліплення і залишкове зображення на сітчатці ока, особливо при низькому рівні фонового освітлення. Потенційні ризики крім самих лазерних променів також пов'язані з відбиттями променів лазера від відбивачів, вікон, дзеркал, металічних предметів тощо.

При застосуванні комп'ютерів і радіостанцій слід звернути увагу на інформацію про їхню електромагнітну сумісність, яку повинен надати виробник. Перешкоди, які створюють електромагнітне випромінювання, можуть приводити до перевищення допустимих меж помилок вимірів. Та штатний режим роботи іншого обладнання, зокрема медичного і промислового обладнання такого як кардіоситимулятори, слухові апарати. Нормальна робота може порушуватись інтенсивним електромагнітним випромінюванням поблизу радіопередавачів, рацій, дизельних електрогенераторів, кабелів високої напруги. Під час роботи з тахеометром кабелі з'єднання з зовнішніми аккумуляторами чи комп'ютером повинні бути підключені з обох кінців. Електромагнітне випромінювання може мати шкідливий вплив на самопочуття людей і тривожити тварин. Тому члени геодезичних бригад при необхідності повинні вміти надавати першу допомогу.

## Висновки та пропозиції

В кваліфікаційній роботі розглянуто теоретичні та технологічні аспекти створення та актуалізації топографічних карт масштабу 1:10000 шляхом опрацювання космічних знімків, зокрема отриманих з супутника Pleiades для створення топографічної карти на територію Східницької територіальної громади у Львівській області. Розроблено проект картографування території громади згідно з вимогами щодо застосування державної системи координат УСК-2000, у цифровій формі як набори геопросторових даних згідно з спеціально розробленими класифікаторами картографічної інформації.

Для вирішення цього завдання серед інших технологічних прийомів було задіяно програмні інструменти штучного інтелекту від компанії Mapflow, які включені до геоінформаційної системи QGIS. Цей підхід дозволяє значно скорити час інтерпретації і векторизації знімків. Обмеженням програми є можливість автоматичної роботи виключно з такими картографічними об'єктами як будинки, дороги, лісові масиви.

Розглянуті питання охорони довкілля та охорони праці.

## Бібліографічний список

1. Андрейчук Ю.М. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі [Текст] : Ю.М. Андрейчук, Т.С. Ямелинець. – Львів : «Простір-М», 2015. -284с.
2. Закон України «Про географічні назви»;  
<http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2604-15>
3. Закон України «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність»;  
<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/353-14%3Ftest%3DKSbMf5tHLxL.IsvkZichsIDZHI4QIs80msh8Ie6>
4. Картування громад в Україні : практичний посібник / автори- укладачі: Я. Мінкін, Ю. Антощук, G. Demel ; редколегія: Я. Сошинська, М. Krasowska-Igras; Українська бібліотечна асоціація; Fundacja Rozwoju Społeczeństwa Informacyjnego. – Київ : УБА, 2017. – 111 с. – ISBN 978-966-97569-7-8.
5. Класифікатор інформації, яка відображається на підготовленій до видання топографічній карті масштабу 1:10 000 (2-е видання, виправлене та доповнене). Укргеодезкартографія, 2008 р.
6. Кодекс усталеної практики. Керівний технічний матеріал з виготовлення та приймання цифрової топографічної карти. Затверджено: наказ Державної служби геодезії, картографії та кадастру від 24 листопада 2008 року № 148
7. Наказ Мінрегіону «Про затвердження Порядку ведення реєстру містобудівних умов та обмежень» від 31.05.2017 № 135;  
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0714-17>
8. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000. Укргеодезкартографія, 1999 р.



9. Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування. Постанова КМ України №661 від 04.09.2013
10. Проектування та укладання карт (навчальний посібник для студентів спеціальності 103 Науки про Землю, освітньої програми «Картографія, географічні інформаційні системи, дистанційне зондування землі» та освітньої програми «Геодезія та землеустрій», спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій») / В.І. Остроух – К.: ДНВП «Картографія», 2024. – 88 с.
11. СОУ 742-33739540 0010:200 "Комплекс стандартів База топографічних даних Загальні вимоги"
12. СОУ 742-33739540 0011:2010 "Комплекс стандартів База топографічних даних Каталог об'єктів і атрибутів"
13. СОУ 742-33739540 0012:2010 "Комплекс стандартів База топографічних даних Правила кодування та цифрового опису векторних даних" Том 1
14. СОУ 742-33739540 0012:2010 "Комплекс стандартів База топографічних даних Правила кодування та цифрового опису векторних даних" Том 2
15. СОУ 742-33739540 0013:2010 "Комплекс стандартів База топографічних даних Правила цифрового опису рельєфу"
16. СОУ ISO 19113 "Комплекс стандартів База топографічних даних Принципи оцінки якості топографічних даних"
17. Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. - Ч. 1. - Вінниця: Антекс, 2000. – 408 с.
18. Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. - Ч. 2. - Вінниця: Антекс, 2002. – 656 с.
19. Ali Özgün Ok. Automated Detection of Buildings and Roads in Urban Areas from VHR Satellite Images. Journal of Geodesy and Geoinformation. Vol.3, Issue1, 2016. pp.29-38. Doi: 10.9733/jgg.090315.1
20. Belozerskiy L.A., Murashko N.I., Suschenia D.S. Features of Polynomial Geometric Correction Concerning to the Tasks of the Images Analysis

Captured at Different Time Space Survey. «Штучний інтелект» №3. -2010, с. 299-311.

21. Joachim Höhle, Bharath Bhushan Damodaran. Automated Extraction of Topographic Map Data from Remotely Sensed Imagery by Classification and Cartographic Enhancement. EuroSDR Official Publication № 75. September 2023. [https://www.eurosdrr.net/sites/default/files/uploaded\\_files/eurosdrr\\_publication\\_ndeg\\_75.pdf](https://www.eurosdrr.net/sites/default/files/uploaded_files/eurosdrr_publication_ndeg_75.pdf)
22. Modern ERS imagery satellites. Part 1. Basic design solutions and upgrade trends for ERS imagery satellites. Aerospace Sphere Journal №2(103) 2020 pp. 83-89.
23. Oskorbin N. M., Sukhanov S. I. Creating a Digital Terrain Model (DTM) with the Help of High Resolution Space Images. DOI 10.14258/izvasu(2013)1.2-17
24. Ovchinnikova, N. G., Butova A. Y. Photogrammetric and distance methods for creating and updating of topographic maps. Economy and ecology of territorial formations, 2020, vol. 4, no 2, pp. 80-89. <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2020-4-2-80-89>
25. Pléiades Imagery User Guide. <https://www.engesat.com.br/wp-content/uploads/PleiadesUserGuide-17062019.pdf>
26. QGIS географічна інформаційна система. — Режим доступу: <https://qgis.org>