

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями**

**Науково-прикладні аспекти оновлення середньомасштабних
топографічних карт (на прикладі карти масштабу 1:50 000)
Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти - другий (магістерський)**

Виконав:

здобувач II курсу, групи 208-М

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

ОПП «Геодезія»

ПІДГУРСЬКИЙ Роман Петрович

Керівник:

к.геогр.н., доц. Дарчук К. В.

До захисту допущено:
протокол засідання кафедри № 3
від «18» «листопада» 2025 р.

Зав. кафедрою _____ доц. Дарчук К. В.

АНОТАЦІЯ

Підгурський Р. П. Науково-прикладні аспекти оновлення середньомасштабних топографічних карт (на прикладі карти масштабу 1:50 000). – Рукопис.

Кваліфікаційна робота

зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». ОПП «Геодезія»

У магістерській роботі розглянуто особливості складання цифрового топографічного плану на прикладі сільського населеного пункту. Проаналізовано сучасний стан картографічного забезпечення на території яка покривається аркушем топокарти номенклатури М-36-93-Г. Здійснено оцінку наявних матеріалів дистанційного зондування, які покривають територію дослідження. Обрано найоптимальніше та найактуальніше зображення на територію дослідження.

Розроблено проект виконання дешифрувальних робіт, який може бути використаний на інші території дослідження. Розглянуто проблемні аспекти складання та оновлення топопланів та запропоновано можливі шляхи їх вирішення. Як наочність до роботи додаються схематичні і картографічні матеріали.

Ключові слова: топографічне картографування, ГІС, ArcGIS, топографічна карта

ANNOTATION

Pidhurskyi R.P. Scientific and applied aspects of updating medium-scale topographic maps (using the example of a 1:50,000 scale map) - The Manuscript.

Qualification work on the specialty

193 "Geodesy and land management" OPP "Geodesy"

The master's thesis considers the features of compiling a digital topographic plan using the example of a rural settlement. The current state of cartographic support in the territory covered by the topographic map sheet of the nomenclature M-36-93-G is analyzed. The available remote sensing materials covering the study area are assessed. The most optimal and most relevant image for the study area is selected.

A project for performing decoding work has been developed, which can be used in other study areas. Problematic aspects of compiling and updating topographic maps are considered and possible ways to solve them are proposed. Schematic and cartographic materials are attached to the work for clarity.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Key words: topographic mapping, GIS, ArcGIS, topographic map

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Роман ПІДГУРСЬКИЙ

Заява

Студента ПІДГУРСЬКОГО Романа Петровича

Номер студентської книжки: _____

Я заявляю, що наукова робота: «Науково-прикладні аспекти оновлення середньомасштабних топографічних карт (на прикладі карти масштабу 1:50 000)»

1) Була підготовлена виключно мною, * і:

А. Не порушує авторські права третіх осіб у відповідність із законом про авторське право.

Б. Повністю або частково була використана в якості основи для отримання диплому про вищу освіту або наукового ступеня мною чи іншою особою.

2) Крім того, я заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи збігається з друкованою.

Даною заявою я підтверджую, що була, проінформована про права та обов'язки студентки Університету, про правила, що стосуються перевірки оригінальності наукових робіт. Тому я заявляю, що я згідна на обробку моїх письмових робіт у відповідності з антиплагіатними процедурами Університету, а також на архівування цих робіт в базі даних інтернет системи Turnitin Similarity згідно з антиплагіатними правилами і процедурами Університету.

Я також свідома того, що у випадку, якщо робота написана мною, за рішенням Комісії університету буде містити факти, які суперечать умовам зазначеним у цій заяві, або, якщо коефіцієнти виходять за межі гранично допустимих норм (згідно **Додатку 2**), робота буде повернута на доопрацювання.

/12/2025 р.

Дата

Підпис

**Беручи до уваги істотний внесок з боку керівника наукової роботи.*

Зміст

АНОТАЦІЯ / SUMMARY	2
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СКЛАДАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ	7
1.1. Фундаментальні основи топографічного картографування	7
1.2. Класифікація та призначення топографічних карт.....	9
1.3. Точність топографічних картографічних матеріалів	11
1.4. Методологічні й технологічні підходи складання топографічних карт	14
<i>Висновки до розділу 1</i>	16
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ	17
2.1. Огляд ресурсів з отримання даних дистанційного зондування	18
2.2. Уведення та подання зображень на екрані монітора.....	20
2.3. Обробка аеро- і космічних знімків	23
<i>Висновки до розділу 2</i>	28
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ОНОВЛЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ МАСШТАБУ 1:50 000 НА ТЕРИТОРІЮ ДОСЛІДЖЕННЯ	29
3.1. Опис території дослідження	29
3.2. Складання та оновлення топографічної карти масштабу 1:50 000 на територію номенклатурного аркуша М-36-93-Г (Нові Санжари).....	34
3.2.1. Підготовка вихідних матеріалів	34
3.2.2. Геоприв'язка вихідного картографічного матеріалу та налаштування ArcMap	35
3.2.3. Дешифрування матеріалів дистанційного зондування	37
3.2.4. Формування бази даних, внесення атрибутики та створення цифрового оригіналу карти	44
3.3. Подальші перспективи використання картографо-топографічних матеріалів на території Нових Санжар	49
<i>Висновки до розділу 3</i>	51
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

Вступ

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення та регулярного оновлення сучасних топографічних карт середнього масштабу, які відображають реальний стан природних та антропогенних об'єктів. Територія номенклатурного аркуша (Нові Санжари) характеризується значною динамікою ландшафтних процесів, розвитком інженерної та транспортної інфраструктури, активним землекористуванням, а також змінами у руслі та прибережних територіях річки Ворскла. У зв'язку з цим виникає потреба у створенні актуальної топографічної основи для подальших геоecологічних, кадастрових, інженерних та управлінських рішень.

Середньомасштабні карти масштабу 1:50 000 залишаються незамінним інструментом для просторового аналізу, регіонального планування, організації земельних ресурсів та моніторингу навколишнього середовища. Використання сучасних даних дистанційного зондування Землі, цифрових моделей рельєфу та ГІС-технологій дозволяє значно підвищити якість картографічної інформації, забезпечити її точність і оперативність. Таким чином, оновлення топографічної карти для аркуша М-36-117-В є важливим і своєчасним завданням, що відповідає потребам місцевих громад, природоохоронних структур та просторового управління територією.

Метою кваліфікаційної роботи є виявлення особливостей складання та оновлення топографічної карти масштабу 1:50 000 за результатами дистанційного зондування Землі.

Відповідно до зазначеної мети визначені наступні **завдання** дослідження:

- 1) дослідити теоретичні та методичні засади складання топографічних карт;
- 2) проаналізувати ключові програмні продукти та технічні засоби зі складання топографічних планів;
- 3) виявити основні особливості обробки даних ДЗЗ;
- 4) з'ясувати основні особливості складання топографічних карт на смт. Нові Санжари.

Об'єктом кваліфікаційного дослідження виступає територія яка покривається аркушем топографічної карти номенклатури М-36-93-Г, в якості топографічного картографування.

Предметом кваліфікаційного пізнання є особливості складання та оновлення середньомасштабних топографічних карт, зокрема масштабу 1:50 000.

При написанні кваліфікаційної роботи та для досягнення мети були використанні такі основні **методи дослідження**, як: картографічний, математичний, аерокосмічний, експедиційний, літературний, описовий, а також ГІС-підхід. У ході дослідження застосовано теорії, наукові концепції та ідеї, що подані в працях: О. Л. Дорожинського, Н. Д. Ільїнського, Е. П. Чупріна, С. М. Білокриницького тощо.

Як технологічна онова картографічного моделювання використано програмний ГІС-пакет ArcGIS v. 10.8, ArcGis Pro v. 3.0, його додаткові модулі, веб-ресурси та картографічний додаток SASPlanet.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі опрацювання значної кількості первинних статистичних матеріалів, літературних джерел та результатів дистанційних спостережень з використанням методологічного апарату, нами:

уперше:

- векторизовано елементи сучасних ландшафтів номенклатурного аркуша М-36-93-Г;

- розроблено структуру та наповнено геопросторову базу даних ключових характеристик топографічного картографування на територію трапеції М-36-93-Г.

набули подальшого розвитку:

- теоретичні та практичні аспекти топографічного картографування середніх масштабів;

- методико-технологічні прийоми дешифрування об'єктів;

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 3-х розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел, який налічує 30 одиниць найменувань. Робота супроводжується таблицями (3 одиниці) та ілюстраціями (27 рисунками). Загальний обсяг роботи становить 54 сторінки машинописного тексту.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СКЛАДАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

1.1. Фундаментальні основи топографічного картографування

Топографія і картографія є науковими дисциплінами, що вивчають геометрію Землі та забезпечують топографічний опис її територій із прив'язкою до відповідних систем координат. *Топографічні карти* визначаються як детальні географічні карти, які мають єдину математичну основу, уніфікований зміст та оформлення. Вони відображають ключові об'єкти місцевості, включаючи природні елементи (рельєф, рослинність, гідрографію) та соціально-економічні об'єкти (населені пункти, шляхи сполучення, інженерні споруди).

Основний зміст топографічної карти завжди зосереджений на детальному відображенні самої місцевості. Серед задач, що стоять перед студентами профільних спеціальностей, є не лише розуміння теоретичних засад математичної основи та картографічного зображення геоінформації, але й практичне оволодіння методами використання цих карт. Наприклад, топографічні матеріали є незамінним інструментом для проведення екологічного моніторингу та оцінки стану навколишнього середовища, що підкреслює їхню широку міждисциплінарну застосовність.

Математична основа топографічної карти є критично важливою методологічною складовою, що гарантує геометричну точність і просторову прив'язку. До ключових елементів математичної основи належать: рамка карти, картографічна сітка та прямокутна (кілометрова) сітка.

Рамка топографічної карти має стандартизовану структуру, що зазвичай включає внутрішню рамку, мінутну або градусну рамку, а також зовнішню рамку. Внутрішня рамка служить лінією, що відображає паралелі та меридіани. На виходах рамки відображаються підписи значень широти та довготи кутів.

Картографічна сітка, сформована лініями паралелей та меридіанів, відображається у вигляді ліній або їхніх виходів на рамку. На великомасштабних та середньомасштабних картах (1:10 000 – 1:200 000) сітка подається лініями, кратними одній хвилині. На дрібніших масштабах (наприклад, 1:500 000) частота

ліній сітки може становити 20 мінут по широті та 30 мінут по довготі, або 1° для масштабу 1:1 000 000.

Вибір та стандартизація системи координат є центральним методологічним рішенням, необхідним для мінімізації спотворень і забезпечення єдності картографічного покриття великих територій

В українській топографії історично та нормативно застосовується система плоских прямокутних координат Гаусса-Крюгера. Ця проекція базується на розподілі території на шестиградусні зони, що є поперечною циліндричною проекцією. Зонування є важливим для контролю спотворень, які неминуче виникають при проектуванні тривимірної поверхні Землі на площину.

У сучасному картографуванні, особливо у контексті міжнародних стандартів чи військової топографії, також застосовуються системи UTM (Universal Transverse Mercator) та MGRS (Military Grid Reference System). Ці системи, як і Гаусса-Крюгера, базуються на поперечній циліндричній проекції.

Координати UTM визначають відстань по осі N (на північ від екватора) та по осі E (від умовного меридіана зони). Наприклад, координати *706 830 m E* та *434 4680 m N* вказують на точне місце розташування об'єкта в зоні (наприклад, 10 S), де *706 830 m E* – це відстань від умовного меридіана зони (зсунутого на 500 км) до точки. Використання цих систем дозволяє фахівцям інтегрувати національні картографічні дані у глобальні геопросторові стандарти.

Для полегшення користування прямокутними координатами та уникнення від'ємних значень ординат (що ускладнювало б розрахунки, особливо в аналогову еру, а також автоматизовану обробку), методологія передбачає умовний зсув. Точкам осьового меридіана умовно присвоюється ордината, що дорівнює 500 км. Завдяки цьому всі точки в межах зони, розташовані на схід чи захід від осьового меридіана, матимуть додатні ординати. Наприклад, ордината 4 312 142 свідчить, що об'єкт розташований у четвертій зоні. Якщо відняти 500 км (умовне значення), можна визначити фактичне віддалення об'єкта від осьового меридіана зони.

Уніфікація математичної основи, стандартизоване зонування Гаусса-Крюгера та використання фіксованої умовної ординати є не просто технічними деталями, а фундаментальними методологічними передумовами, які забезпечують досягнення високої точності та сумісності топографічних карт.

1.2. Класифікація та призначення топографічних карт

Топографічні карти класифікуються передусім за масштабом, що безпосередньо корелює з рівнем деталізації, охопленням території та необхідним ступенем картографічної генералізації. Чим більший масштаб (наприклад, 1:10 000), тим менша площа охоплена, але вища деталізація, і навпаки.

Класифікація включає:

- топографічні плани (1:500 – 1:5000) – використовуються для детальних інженерних вишукувань та земельного кадастру;
- великомасштабні карти (1:10 000 – 1:25 000) – відображають усі суттєві об'єкти місцевості і є основою для детального планування;
- середньомасштабні карти (1:50 000 – 1:200 000) – застосовуються для регіонального аналізу, планування великих інфраструктурних проектів та тактичних завдань.
- оглядово-топографічні карти (1:500 000 та дрібніші) – призначені для загального огляду великих територій, де рівень узагальнення є найвищим.

Зміст топографічної карти – це комплексне відображення природних та антропогенних об'єктів. Сюди входять: зображення рельєфу (горизонталями), гідрографічні об'єкти, рослинність, ґрунти, населені пункти, а також інженерні комунікації та споруди.

середовища.

- інженерна геодезія та проектування – карти є незамінною основою для проектування промислових об'єктів, гідротехнічних споруд та комунікацій. Об'єктами топографо-геодезичної діяльності є також інженерні системи та мережі.

- оборона – точна картографічна основа є критичною для військового планування, де часто використовуються системи UTM/MGRS для координатної прив'язки.

Використання карт для моніторингу та просторово-часового аналізу динаміки змін (наприклад, екологічних або землеустрою) вимагає, щоб картографічні матеріали були не просто точними, але й оперативно актуалізованими. Це стало основною рушійною силою для впровадження сучасних технологій, таких як дистанційне зондування Землі та ГІС.

1.3. Точність топографічних картографічних матеріалів

Точність топографічної карти визначає ступінь відповідності координат об'єктів, зображених на карті, їхньому реальному положенню на місцевості, враховуючи масштаб. Досягнення необхідної точності є ключовою методологічною вимогою.

Джерела похибок, що впливають на кінцевий результат, численні:

1) похибки проекції – спотворення довжин, площ та кутів, що виникають внаслідок проектування еліпсоїдної поверхні Землі на площину. Наприклад, у циліндричних проекціях, які використовуються для топографічних карт, спотворення зростають із віддаленням від осьового меридіана або екватора.⁸

2) похибки знімання – включають інструментальні та методичні неточності, що виникають під час геодезичних вимірювань на місцевості.

3) похибки графічного оформлення – неточності, пов'язані з процесом креслення або цифрової векторизації.

4) похибки генералізації – методологічні відхилення, пов'язані з узагальненням та відбором об'єктів, що є необхідним при зменшенні масштабу.

Для кількісної оцінки та нормативної стандартизації точності топографічних робіт застосовується статистичний показник – середня квадратична похибка (СКП).

На основі СКП встановлюються ключові допуски:

- допустима похибка ($\Delta_{\text{доп}}$) – визначається як подвоєна середня квадратична похибка (2σ). Це максимальне відхилення, яке вважається прийнятним для використання картографічного матеріалу у більшості видів робіт.
- гранична похибка ($\Delta_{\text{гран}}$) – визначається як потроєна середня квадратична похибка (3σ). Перевищення цього показника свідчить про низьку якість матеріалу і, як правило, вимагає його вибракування або переробки.

Оцінка точності картографічних матеріалів прямо пов'язана з інженерною відповідальністю та експлуатаційною придатністю. У випадках, коли пряма методика оцінки точності відсутня, точність вимірювань визначається, виходячи з величини, що дорівнює коефіцієнту 0,3 від технологічного допуску експлуатаційної придатності об'єктів (наприклад, споруд чи гірничих об'єктів). Це означає, що нормативна точність топографічної карти є функцією, похідною від вимог до безпеки та функціональності об'єкта, що будується або експлуатується на основі цієї карти.

Контроль точності охоплює як традиційні графічні методи, так і сучасні фотограмметричні підходи.

Для вимірювання відстаней на паперових топографічних картах використовуються такі інструменти.

- поперечний масштаб – дозволяє з високою точністю (до 0,2 мм) визначати лінійні відстані. Для карти масштабу 1:10 000 це може забезпечити точність до 20 м. Методологія вимагає проведення вимірювань не менше двох разів для розрахунку середнього значення;

- курвіметр – використовується для вимірювання криволінійних відстаней. Відлік за курвіметром береться з точністю до 0,1 поділки, і, аналогічно, вираховується середнє значення з двох вимірювань.



Рис.1.2. Топографічний та ортофотоплан [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]

Сучасна фотограмметрія, включно з технологією Structure from Motion (SfM) та використанням аерофотознімків, забезпечує високу точність просторових даних. Після зв'язування географічних координат із зображенням стає можливим не лише вимірювання відстаней, але й створення високоточних цифрових моделей висоти (DEM).

Вплив цих методів полягає у зміщенні акценту точності від статичного визначення координат окремих точок до точного моделювання та моніторингу динаміки поверхні. Наприклад, порівняння DEM, створених із часовим інтервалом, дозволяє з великою точністю фіксувати та кількісно визначати зміни форми поверхні – зсуви, зміни глибини снігу чи деградацію льодовиків. Це надає фахівцям інструмент для просторово-часового аналізу динамічних процесів.

Крім технологічного контролю, обов'язковим є адміністративний контроль: головний маркшейдер підприємства здійснює періодичну перевірку (не рідше одного разу на три місяці) журналів вимірювань та обчислювальної документації, що є особливо важливим при веденні робіт поблизу небезпечних зон.

1.4. Методологічні й технологічні підходи складання топографічних карт

Картографічна генералізація є визначальною методологічною операцією, що відрізняє карту від інших графічних зображень місцевості, таких як аерофотознімки. Генералізація – це цілеспрямоване узагальнення, відбір головного та істотного з метою відображення дійсності в її найбільш типових рисах і характерних особливостях, відповідно до масштабу, тематики та призначення карти.

Генералізація не є простим графічним стисненням, а являє собою когнітивний процес моделювання. Картограф виступає як експерт, що ієрархічно виділяє "суттєве" для користувача. Завдання полягає у створенні спрощеної, але функціонально ефективної моделі реальності, яка збереже інформаційну цінність та своєрідність території.

Ступінь узагальнення об'єктів визначається трьома основними факторами, які діють у комплексі :

- масштаб карти – це найбільш очевидний фактор. З переходом до дрібнішого масштабу фізично неможливо відобразити всі деталі, що існували на вихідній карті, тому потрібен жорсткий відбір та виключення елементів.

- призначення та тематика карти – визначає пріоритетність елементів. Об'єкти, що мають пряме відношення до тематики, показуються детально, тоді як інші можуть бути опущені або сильно схематизовані.

- особливості об'єкта картографування – необхідно передати унікальність та типові риси конкретної території. Це забезпечується шляхом акцентування на тих елементах, які найкраще відображають своєрідність місцевості.

Для здійснення генералізації застосовується ряд специфічних прийомів:

- 1) узагальнення класифікаційних характеристик: Заміна дрібних класифікацій узагальненими. Наприклад, використання єдиного знака "Ліс" замість окремих знаків для різних порід дерев.

- 2) відбір об'єктів – виключення нижчих ступенів класифікації, наприклад, видалення найменших населених пунктів при зображенні адміністративного

поділу.

- спрощення контурів – згладжування складних та звивистих ліній (наприклад, річок чи доріг) із збереженням їхньої характерної форми.

- узагальнення кількісних характеристик – збільшення інтервалів (ступенів) або присвоєння загальної кількісної характеристики декільком об'єктам, що належать до однієї категорії.

Сучасне складання топографічних карт відійшло від виключно аналогових методів, що базувалися на наземних вимірюваннях та ручному кресленні. Еволюція зумовлена розвитком геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що дозволило інтегрувати обробку баз даних з просторовим аналізом.

ГІС – це комплексна комп'ютерна технологія, що дозволяє не лише картографувати, але й аналізувати об'єкти реального світу, поєднуючи функції роботи з базами даних (статистика, запити) з перевагами візуалізації.¹³

Складовими ГІС є апаратні засоби, дані та спеціалізоване програмне забезпечення (наприклад, ArcViewGIS, MapInfo, ГІС-Панорама). Програмне забезпечення ГІС містить функції та інструменти, необхідні для збереження, аналізу, проектування даних, побудови топології та візуалізації географічної інформації. Наприклад, ArcToolbox підтримує розширені функції геообробки, включаючи конвертацію даних із понад 30 векторних та кількох растрових форматів.¹³

ГІС класифікуються за різними ознаками, зокрема за територіальним охопленням, призначенням та проблемно-тематичною орієнтацією. Особливо важливе значення мають Дослідницькі ГІС, які створюються для розв'язання наукових проблем із застосуванням методів просторово-часового аналізу.

Матеріали ДЗЗ (космічні знімки) є основним джерелом оперативних даних для актуалізації та складання карт. Обробка цих матеріалів у ГІС спрямована на підвищення ймовірності правильного розпізнавання інформації та забезпечення однозначності інтерпретації об'єктів.

Сучасна технологія оновлення топографічних карт базується на внесенні змін у векторну карту в ГІС-середовищі. Зображення космічного знімка викликається як нижній шар, на який накладається існуюча векторна карта. Завданням користувача є коригування геометрії об'єктів (зміна розташування вузлових точок лінійних та площинних об'єктів) відповідно до сучасного стану місцевості, зафіксованого на знімку.

Цей технологічний підхід створює інтегровану екосистему, де ДЗЗ є динамічним постачальником даних, а ГІС — центральною аналітичною та редагуючою платформою. Така інтеграція дозволяє вирішувати складні наукові завдання, які вимагають швидкого просторово-часового аналізу.

Висновки до розділу 1

Теоретико-методологічні засади складання топографічних карт є динамічним поєднанням суворих математичних вимог та постійно вдосконалюваних технологічних підходів. Забезпечення єдності змісту та точності топографічних карт досягається завдяки стандартизованій математичній основі, ключовим елементом якої в Україні є використання проекції Гаусса-Крюгера з фіксованою умовною ординатою. Це рішення є методологічною передумовою для успішного великомасштабного картографування та обміну даними. Точність картографічних вимірювань (нормована через СКП) не є лише статистичним показником, а прямо пов'язана з практичною функціональністю. Вона має бути узгоджена з технологічними допусками експлуатаційної придатності об'єктів, що підкреслює її критичне значення для інженерної геодезії та безпеки. Картографічна генералізація є процесом свідомого моделювання дійсності, що дозволяє трансформувати надлишкову деталізацію сирих даних в інформаційно ефективну візуальну модель, що відповідає призначенню та масштабу карти. Успіх цього процесу залежить від здатності картографа передати типові та суттєві риси території.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) являє собою невід'ємну дисципліну в сучасному природокористуванні та геоінформатиці. Мета навчання в цій галузі полягає у формуванні глибоких знань про сучасні засоби отримання космічних даних та набутті практичних навичок їх попередньої обробки. Ці навички є фундаментальними для подальшого використання даних у геоінформаційних системах (ГІС) з метою забезпечення моніторингу територій, прийняття рішень та аналізу процесів, що на них відбуваються.

Обробка даних ДЗЗ є багатоступеневим процесом, який включає корекцію, перетворення, поліпшення та дешифрування аерокосмічних знімків. Традиційно цей процес поділяється на два основні етапи, що мають послідовну залежність:

Попередня Обробка (Preliminary Processing): На цьому етапі виконується необхідна корекція і поліпшення супутникових зображень, щоб усунути апаратні, атмосферні та геометричні спотворення. Лише якісно підготовлені дані придатні для кількісного аналізу.

Тематична Обробка (Thematic Processing): Цей етап спрямований на розпізнавання та інтерпретацію об'єктів на знімку, що базується на теорії розпізнавання образів. Сюди належать розрахунок спектральних індексів, класифікація та сегментація об'єктів.

В останні десятиліття ДЗЗ перетворилося на пріоритетний напрямок у космічних програмах індустріально розвинених країн. Це супроводжується значною комерційною діяльністю, включаючи поширення даних, надання послуг з інтерпретації та торгівлю програмним забезпеченням. Світовий комерційний ринок матеріалів дистанційного знімання становить близько 500 мільйонів доларів США на рік і демонструє тенденцію до щорічного зростання приблизно на 15%. Ця економічна динаміка підкреслює стратегічну важливість володіння методами обробки даних для фахівців-початківців.

2.1. Огляд ресурсів з отримання даних дистанційного зондування

Системи дистанційного зондування класифікуються відповідно до їхньої просторової роздільної здатності та мети використання, що безпосередньо впливає на їхню доступність (комерційну чи відкриту).

Системи Середньої та Низької Роздільної Здатності (Відкриті Дані). До цієї категорії належать такі відомі системи, як Landsat (США), Sentinel (Європейське космічне агентство), Spot (Франція) та інші. Ці системи забезпечують просторову роздільну здатність у діапазоні 5–50 метрів і зорієнтовані переважно на потреби науковців, урядових та державних структур для великомасштабного та регулярного моніторингу, наприклад, лісових угідь та екологічних змін. Регулярна повторюваність зйомки, з інтервалами від годин до років, є критичною для організації ефективних моніторингових програм.

Системи Надзвичайно Високої Роздільної Здатності (VHR). Ці системи орієнтовані на локальні та комерційні знімання, забезпечуючи просторову роздільну здатність від 1 до 5 метрів і вище. Наприклад, супутники Pléiades надають зображення з роздільною здатністю 50 сантиметрів. Іншим прикладом є WorldView-2, який був першим комерційним апаратом з восьмиканальним спектрометром, що підвищує спектральну роздільну здатність. Дані WorldView-2 мають високу точність (не гірше 4 метрів СКО без наземних точок прив'язки), а його додаткові спектральні канали забезпечують вищу точність при детальному аналізі стану рослинності та берегової лінії. Очікується, що супутники VHR займуть значну частку комерційного ринку, витісняючи традиційне авіаційне знімання.

Вивчення цих двох категорій виявляє функціональну сегментацію ринку: відкриті дані, такі як Landsat і Sentinel, забезпечують регулярний глобальний моніторинг, необхідний для кліматології та великих екологічних досліджень. Водночас, VHR комерційні дані задовольняють точкові, високоточні потреби, наприклад, у сфері містобудування та локального інфраструктурного моніторингу.

Доступ до високоякісних даних ДЗЗ демократизується завдяки відкритим державним та міжнародним програмам.

Програма Landsat (США). Ця програма, що спільно управляється USGS та NASA, надає доступ до величезної колекції цифрових даних, включаючи супутникові знімки та ортофотоплани. Основний доступ здійснюється через веб-застосунок USGS EarthExplorer. Користувачі можуть завантажувати різні продукти, зокрема Landsat Collection 2 Level-1, Analysis Ready Data (ARD), а також наукові продукти Level-2 та Level-3. EarthExplorer дозволяє користувачам визначати критерії пошуку за географічною областю, часом та рівнем хмарності.

Програма Copernicus/Sentinel (Європа). Ця програма Європейського космічного агентства (ESA) забезпечує безкоштовний і відкритий доступ до даних супутників Sentinel. Доступ до даних Sentinel-3, наприклад, надається через веб-сервіс Sentinel-3 CODA (Copernicus Online Data Access). CODA підтримує 12-місячний архів і надає доступ до Level 1 та Level 2 Marine data. Для отримання старих даних користувачі можуть звертатися до EUMETSAT Data Centre. Ці портали дозволяють точно налаштовувати пошук за різними параметрами, включаючи часовий діапазон та тип продукту.

Таблиця 1. Порівняння ключових ресурсів даних ДЗЗ

Система ДЗЗ	Оператор	Просторова РЗ (м)	Спектральна РЗ	Тип Доступу
Landsat 8/9	USGS/NASA	15/30/100	Багатозональна (11 каналів)	Вільний (EarthExplorer) ⁶
Sentinel-2	ESA/Copernicus	10/20/60	Багатозональна (13 каналів)	Вільний (CODA)
WorldView-2	Maxar	0.46 (Пан)/1.84 (МЗ)	8 каналів	Комерційний
Pléiades	Airbus	0.50	Багатозональна	Комерційний

При поширенні даних необхідно враховувати, що зі зростанням просторової роздільної здатності (наприклад, перехід від Landsat до WorldView-3) змінюється фундаментальне співвідношення між розміром пікселя та об'єктом, який він представляє. Об'єкти, які раніше були меншими за піксель, тепер можуть охоплювати десятки або сотні пікселів. Це технічне ускладнення вимагає переходу від традиційних методів піксельного аналізу до складніших об'єктно-орієнтованих методів та інтеграції штучного інтелекту, зокрема глибокого навчання, для ефективної обробки VHR-зображень.

2.2. Уведення та подання зображень на екрані монітора

Уведення та подання даних ДЗЗ на моніторі передбачає розуміння форматів даних, радіометричної якості та принципів візуального синтезу. Переважна більшість аерокосмічних знімків та інших растрових просторових даних (наприклад, ЦМР) поширюється у форматі GeoTIFF. GeoTIFF є де-факто міжнародним стандартом і підтримується більшістю комерційних ГІС та програмного забезпечення для просторового аналізу завдяки сильній програмній підтримці (зокрема, відкритій бібліотеці libgeotiff та пакету GDAL). Однак GeoTIFF має обмеження: він не підходить для зберігання складних багатовимірних структур даних або векторних даних з численними атрибутами.

Для складніших наукових даних, особливо тих, що включають багатовимірні структури, часові ряди або дані атмосферних профілів, використовуються спеціалізовані наукові формати, такі як HDF (Hierarchical Data Format) та netCDF. Ці формати затверджені для використання у наукових системах даних NASA, оскільки вони краще пристосовані для управління великими та складними масивами інформації.

Якість даних ДЗЗ визначається їхньою радіометричною роздільною здатністю (бітовою глибиною), яка фіксує кількість рівнів яскравості (значень DN), що може реєструвати сенсор. Сучасні космічні системи демонструють значний прогрес у цьому аспекті. Наприклад, старі сенсори Landsat (TM та ETM+) мали 8-бітну якість, що дозволяло реєструвати $2^8 = 256$ рівнів яскравості.

Натомість, сенсори OLI та TIRS супутника Landsat 8 мають 16-бітну радіометричну роздільну здатність. Це забезпечує реєстрацію $2^{16} = 65,536$ рівнів яскравості. Вища бітова глибина значно покращує відношення сигнал/шум та надає кращі можливості для точного спостереження за тонкими змінами земної поверхні та підвищення точності розрахунків.

Ця висока радіометрична якість породжує необхідність у візуальному покращенні. Оскільки більшість моніторів та стандартних відображень працює з 8-бітними даними, необхідно ефективно "стиснути" широкий 16-бітний динамічний діапазон даних у видимий 8-бітний діапазон. Це робиться за допомогою роботи з гістограмами та методів підвищення контрастності (контрастне розтягування), що є критично важливим для ефективного візуального опрацювання знімка.

Дані ДЗЗ є багатозональними, тобто реєструються у декількох спектральних каналах. Для візуального аналізу використовується кольоровий синтез, при якому три обрані зональні зображення асоціюються з червоною (R), зеленою (G) та синьою (B) складовими простору RGB.

Справжні (Природні) Кольори (True Color): Ці композити формуються шляхом присвоєння видимих каналів (Червоний до R, Зелений до G, Синій до B). Наприклад, для Landsat 8 це комбінація 4-3-2. Такі зображення візуально близькі до сприйняття людським оком.

Хибні Кольори (False Color Composites): Застосування різних комбінацій зон, зокрема включення інфрачервоних каналів, дозволяє створювати кольорові зображення, які підкреслюють невидимі для ока особливості об'єктів. Наприклад, комбінація 5-4-3 (NIR-Red-Green для Landsat 8) є стандартним інфрачервоним композитом, де здорова рослинність, що активно відбиває NIR, стає яскраво-червоною.

Вибір відповідної комбінації каналів є важливим інструментом для візуального дешифрування, оскільки дозволяє виділити ті чи інші об'єкти на знімку.

Таблиця 2. Інтерпретація Комбінацій Каналів (Landsat OLI)

Комбінація Каналів (RGB)	Синтезований Колір	Ключова Інформація / Призначення	Приклади (Landsat 8)
VIS (Синій, Зелений, Червоний)	Справжній колір	Візуально близький до сприйняття людським оком.	4-3-2 ¹¹
NIR / Red / Green	Хибний колір (IRC)	Чітке виділення здорової рослинності (яскраво-червоний).	5-4-3
SWIR 1 / NIR / Red	Аналіз вологості	Проникнення крізь тонкі хмари та дим. Виділення вологості ґрунтів/рослинності.	6-5-4

Окрім синтезу кольору, візуалізація передбачає якісну корекцію, включаючи застосування просторової фільтрації та покращення контрасту.

- підвищення контрастності. Як зазначено вище, збільшення контрастності (зазвичай через трансформацію гістограми) сприяє виділенню меж географічних об'єктів та підвищенню загальної інформативності знімка.

- просторова фільтрація. Операції фільтрації зображення модифікують значення пікселя, ґрунтуючись на значеннях його сусідів.

- згладжуючі фільтри (Low-pass) – використовуються для зменшення шуму, прибирання дрібних деталей та отримання більш однорідних ділянок. Це ефективно для усунення смуг різної яскравості, що можуть з'являтися через апаратні особливості скануючих пристроїв.

- контурні фільтри (High-pass) – навпаки, використовуються для підкреслення контурів та градієнтів яскравості, що важливо для виділення меж об'єктів.

Варто відзначити, що сучасні супутники, такі як Landsat 8, оснащені спеціалізованими каналами, наприклад, каналом 9 для детекції пірчастих хмар (Cirrus). Хоча цей канал не використовується для прямого картографування

поверхні, він є критично важливим для забезпечення якості даних, дозволяючи автоматично маскувати хмарний покрив і значно підвищувати точність подальшої корекції. Це демонструє інженерний підхід, спрямований на інтеграцію контролю якості безпосередньо у процес збору даних.

2.3. Обробка аеро- і космічних знімків

Попередня обробка є обов'язковим етапом, що забезпечує перетворення необроблених даних (рівень 0) у придатні для аналізу растрові зображення (рівень 1 і вище). Цей процес складається з кількох критично важливих корекцій.

1. Попередня обробка: корекція та калібрування

А. Радіометричне Калібрування. Радіометричне калібрування є необхідним кроком для перетворення сирих цифрових значень (DN) у фізичні величини, такі як спектральна яскравість або коефіцієнт відбиття на рівні верхньої межі атмосфери (TOA Reflectance). Це забезпечує порівнянність знімків, отриманих різними сенсорами або в різні дати, що є фундаментальною умовою для моніторингу змін на місцевості.

Б. Атмосферна корекція. Атмосфера поглинає, розсіює та відбиває сонячне випромінювання, спотворюючи реальний спектральний сигнал, що надходить від поверхні Землі. Для точного виявлення реальних змін, наприклад, вирубки лісів або змін вологості ґрунту, необхідно усунути вплив атмосфери. Атмосферна корекція забезпечує порівнянність знімків незалежно від різниці в стані атмосфери під час зйомки. Це є не просто поліпшенням зображення, а умовою достовірності будь-якого часового аналізу. Сучасні дослідження активно впроваджують інструменти глибокого навчання для підвищення якості атмосферної корекції, особливо при роботі зі складними зображеннями високої просторової роздільної здатності.

В. Геометрична корекція (геоприв'язка). Геометрична корекція включає трансформацію зображення в задану систему координат (наприклад, WGS84, UTM) та усунення геометричних спотворень. Такі спотворення можуть бути

викликані рельєфом (висотні деформації) або особливостями знімання (нахил сенсора). Якісна геометрична корекція (орторектифікація) є життєво необхідною для точної інтеграції знімків у ГІС, а також для операцій мозаїки (створення єдиного знімка з кількох фрагментів) та забезпечення високої точності позиціонування, що відповідає професійним стандартам (наприклад, 4 метри СКО).

2. Операції просторово-якісного покращення

Окрім базових корекцій, у ГІС-растрових редакторах виконуються операції для підвищення візуальної та аналітичної якості:

- фільтрація. Як зазначалося, модифікація пікселів з використанням значень сусідніх пікселів (ядрова обробка). Згладжуючі фільтри дозволяють пригнічувати шум, тоді як контурні фільтри підкреслюють межі об'єктів, що підвищує їхню дешифрувальну ознаку.

- паншарпенінг (Pan-sharpening) – це злиття (або синтез) багатозональних знімків, які мають нижчу просторову роздільну здатність, з високороздільним панхроматичним каналом. Метою є отримання кольорового зображення, яке має просторову роздільну здатність панхроматичного каналу, що значно покращує деталізацію та інформативність для подальшого аналізу.

3. Тематична трансформація: спектральні індекси

Одним із найпотужніших методів тематичної обробки є використання алгебри зображень, що дозволяє створювати нові канали, які відображають специфічні характеристики об'єктів, зменшуючи при цьому багатовимірність вихідних даних. Напіваавтоматичне дешифрування часто базується на розрахунку спектральних індексів та подальшій пороговій класифікації.

Нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI). Це найпоширеніший спектральний індекс, який використовується для кількісної оцінки вегетації та біомаси.

Фізична Основа: Здорова рослинність сильно поглинає червоне світло (через хлорофіл) і сильно відбиває ближнє інфрачервоне випромінювання (через клітинну структуру листя).

Діапазон та Інтерпретація: Значення NDVI варіюються від -1 до +1. Значення, близькі до нуля (або негативні), відповідають воді, снігу або голу ґрунту. Значення, близькі до +1 (0.8–0.9), свідчать про найвищу щільність та здоров'я зеленого листя. Індeksi є ключовим інструментом для моніторингу сільського господарства та виявлення посух.

Спектральні індeksi є надзвичайно ефективним інструментом, оскільки вони трансформують складну багатоканальну інформацію в єдиний, фізично інтерпретований показник (наприклад, біомасу), що значно спрощує подальші етапи автоматизованої класифікації.

4. Дешифрування аерокосмічних зображень

Дешифрування – це процес розпізнавання та інтерпретації об'єктів та явищ на знімку, який є основою для отримання тематичної інформації.

Візуальне (Ручне) Дешифрування

Візуальне дешифрування залишається критично важливим для якісного контролю, для розуміння природи об'єктів на знімку та для підготовки навчальних даних для автоматизованих методів. Розпізнавання об'єктів базується на комплексі дешифрувальних ознак:

Тон та Колір (Tone/Color): Визначаються спектральною відбивною здатністю об'єкта. Це базова ознака, що дозволяє визначити, наприклад, межі водних об'єктів або різницю між типами рослинності.

Форма (Shape): Геометричні контури об'єктів (наприклад, штучні об'єкти зазвичай мають регулярну, прямокутну форму, тоді як природні — іррегулярну).

Текстура (Texture): Характер повторюваності тону в межах об'єкта. Наприклад, крони дерев створюють більш плямисту текстуру порівняно з однорідним полем.

Асоціація (Association): Просторова залежність об'єкта від сусідніх об'єктів. Виявлення об'єкта стає простішим, якщо відомо, в якому контексті він знаходиться.

Автоматизована класифікація зображень

Автоматизоване дешифрування полягає у розподілі пікселів або просторово однорідних областей (сегментів) зображення на класи чи кластери, що відповідають реальним об'єктам.

Класифікація Без Навчання (некерована класифікація)

Цей метод застосовується, коли дослідник наперед не знає, які типи об'єктів присутні на знімку, або прагне об'єктивно визначити спектрально однорідні групи. Процес передбачає автоматичний розподіл пікселів на кластери на основі аналізу статистичного розподілу їх яскравості у всіх спектральних каналах.

Алгоритми: До поширених алгоритмів належать ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique), який використовується для більш точної, багатокрокової кластеризації.

Недолік: Некерована класифікація вимагає подальшого ручного дешифрування отриманих класів, щоб ідентифікувати, яким реальним об'єктам вони відповідають. Часто вона використовується як попередній етап для більш точної класифікації з навчанням, допомагаючи визначити статистично однорідні зони.

Класифікація з навчанням (керована класифікація)

Застосовується, коли типи об'єктів наперед відомі. Користувач визначає "навчальні вибірки" (Training Areas) для кожного цільового класу (наприклад, «міська забудова», «листяний ліс», «рілля»). Алгоритм використовує статистичні параметри цих вибірок для класифікації всіх пікселів зображення.

Найбільш поширеними є методи мінімальної відстані, лінійного дискримінантного аналізу та, особливо, метод максимальної правдоподібності (Maximum Likelihood), який є одним із найбільш точних класичних статистичних класифікаторів.

Сучасні методи автоматизованої класифікації все частіше інтегрують нейромережеві підходи та глибоке навчання для досягнення вищої точності,

особливо при роботі з VHR даними, де традиційні методи піксельного аналізу стають менш ефективними.

Оцінка Точності Класифікації

Оцінка точності є обов'язковим завершальним кроком, який визначає достовірність отриманих результатів класифікації. Для цього використовується Матриця Помилки (Confusion Matrix).

Матриця помилок — це таблиця, що зіставляє класифікаційні результати моделі (Прогнозований клас) з істинними, опорними даними (Опорний клас), отриманими, наприклад, під час польових робіт або детального візуального дешифрування. Істинно позитивні (True Positives, TP): Кількість пікселів, які були правильно класифіковані.

Хибно позитивні (False Positives, FP): Пікселі, які були класифіковані як X, але насправді не є X (помилка включення).

Хибно негативні (False Negatives, FN): Пікселі, які насправді є X, але були класифіковані як інший клас (помилка виключення).

Ключові Метрики Точності:

Матриця помилок дозволяє фахівцю отримати деталізовану оцінку якості, що виходить за межі простої Загальної Точності.

Загальна Точність (Overall Accuracy): Відношення всіх правильно класифікованих пікселів до загальної кількості тестових пікселів.

Точність Виробника (Producer's Accuracy/Повнота/Recall): Цей показник визначає, наскільки добре модель "знайшла" реальні об'єкти певного класу на місцевості. Висока повнота критична, наприклад, при моніторингу незаконної діяльності (вирубка лісів).

Точність Користувача (User's Accuracy/Влучність/Precision): Цей показник визначає надійність класифікації; він показує, яка частка пікселів, класифікованих як певний клас, справді належить до нього.

Аналіз цих показників дозволяє керувати балансом між повнотою та влучністю, що є важливим для прийняття рішень, оскільки в різних прикладних

задачах пріоритет може надаватися або мінімізації пропуску об'єктів (висока повнота), або мінімізації помилкового включення (висока влучність).

Висновки до розділу 2

Обробка даних дистанційного зондування є комплексною дисципліною, яка вимагає глибокого розуміння фізичних, математичних та інформаційних принципів. Цей процес організований у логічний цикл, що починається з вибору відповідного ресурсу даних, залежно від необхідної просторової роздільної здатності (відкриті програми, як Landsat/Sentinel, для глобального моніторингу, або комерційні VHR-системи, як WorldView/Pléiades, для локальних завдань).

На етапі підготовки даних критично важливими є попередня обробка: радіометричне калібрування та атмосферна корекція. Ці кроки є не просто поліпшенням, а фундаментальною вимогою для забезпечення наукової достовірності, особливо при порівнянні знімків, отриманих у різні моменти часу. У ГІС-растрових редакторах дані трансформуються через геометричну корекцію та тематичні перетворення (наприклад, розрахунок NDVI) , що зменшує багатовимірність і підвищує інформативність знімка.

Фінальний етап – дешифрування, включає як суб'єктивний візуальний аналіз (на основі тону, форми, текстури), так і об'єктивну автоматизовану класифікацію (керовану або некеровану). Якість результату класифікації обов'язково має бути перевірена за допомогою Матриці Помилки, яка дозволяє фахівцю кількісно оцінити точність та керувати балансом між повнотою та влучністю класифікації. Постійний технологічний прогрес, особливо інтеграція штучного інтелекту в процеси корекції та класифікації, свідчить про те, що майбутні фахівці повинні освоїти не тільки класичні статистичні методи, а й адаптивні інструменти глибокого навчання для обробки зростаючих обсягів високоякісних даних.

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ОНОВЛЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ МАСШТАБУ 1:50 000 НА ТЕРИТОРІЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Опис території картографування

Номенклатурний аркуш М-36-93-Г охоплює територію центральної частини Полтавської області, зокрема території навколо селища Нові Санжари, а також низки прилеглих сіл. Масштаб 1:50 000 забезпечує детальні просторові відомості про рельєф, гідрографію, дорожню мережу, рослинний покрив та структуру розселення.

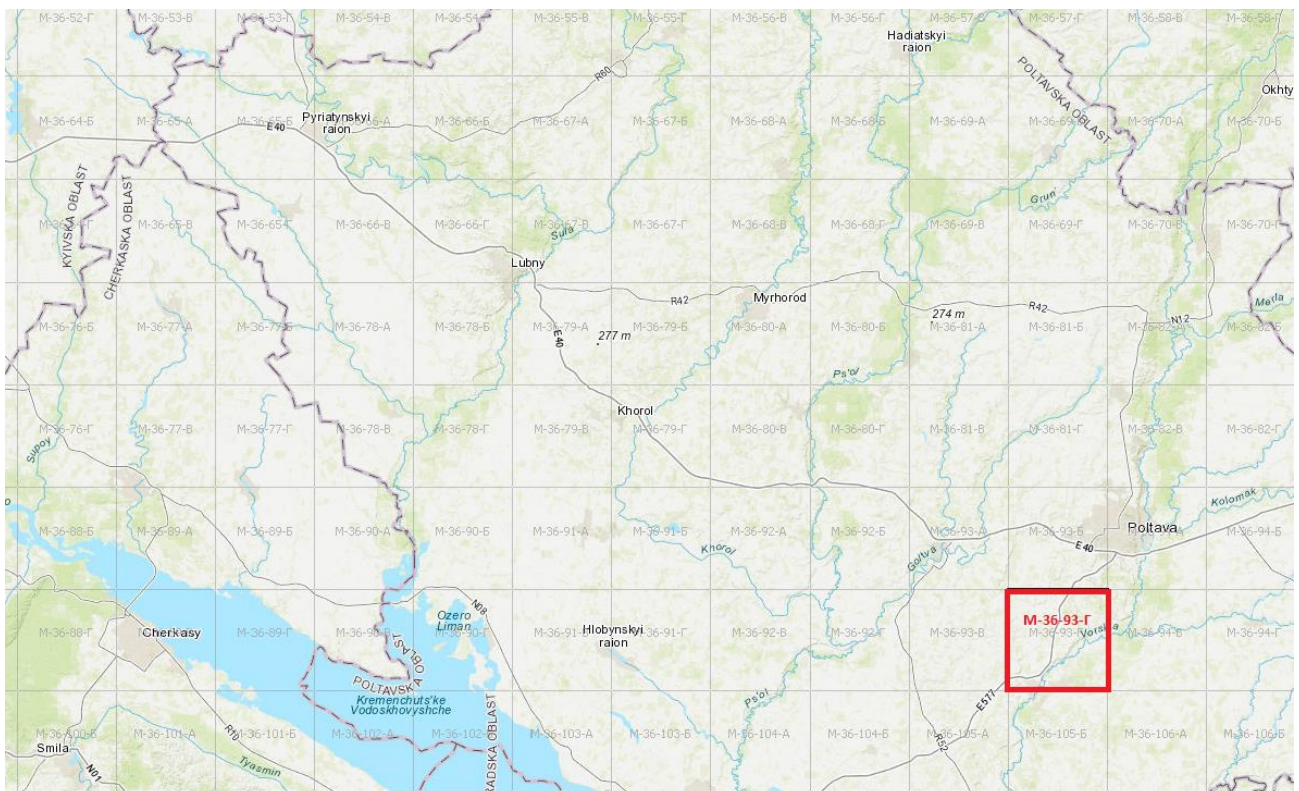
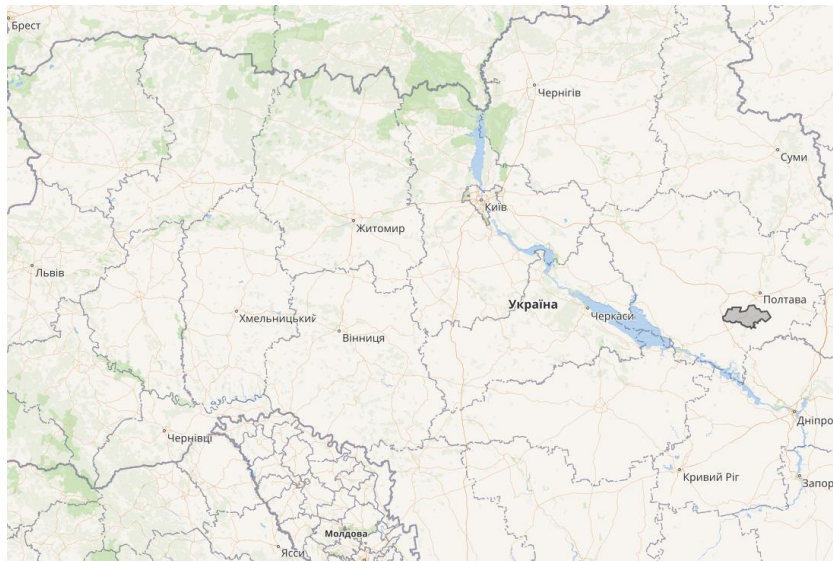


Рис. 3.1. Геолокація території дослідження

Картооснова має класичне оформлення топографічних карт Генерального штабу: рельєф зображено горизонталями з висотою перетину 10 м, присутні підписи абсолютних висот, густі топографічні умовні знаки населених пунктів, дорожньої мережі, гідрографії та лісових масивів. Сітка – кілометрова Гаусса–Крюгера.



Рис. 3.2. Аркуш топокарти номенклатури М-36-93-Г (1995 рік видання)

Територія аркуша морфологічно представлена хвилястою рівниною Придніпровської низовини з численними долинами малих річок та струмків, що орієнтовані переважно з півночі на південь і впадають у Ворсклу (яка проходить по західній частині аркуша).

На аркуші зображено велику кількість *населених пунктів* різного типу: селища міського типу, села, хутори. Найбільші та найпомітніші:

- Нові Санжари – найбільший населений пункт, розташований у південно-східній частині аркуша. Показана щільна квартальна забудова, промислові та соціальні об'єкти, транспортні вузли.

- Старі Санжари – на схід від Нових Санжар; компактні житлові квартали.

- Зачепилівка – північно-західна частина карти, поруч із річковими заплавами.

- Ключівка – у південно-західній частині аркуша, великий сільський населений пункт із розгалуженою дорожньою мережею.

- менші населені пункти: Стовбина Долина, Писарівка, Супрунівка, Терни, Бондарі, Великий Кобелячок, Нехвороща (на межі аркуша), Соколова Балка, а також десятки дрібних хуторів та фермерських подвір'їв.

Усі населені пункти позначені відповідно до ступеня їхньої забудови та кількості дворів. Для великих населених пунктів показано дорожню сітку, мости, окремі будівлі, кладовища, ферми тощо.

Рельєф – хвилястий, з абсолютними висотами приблизно 90–160 м. Чітко видно:

- заплави річок зі зниженими позначками (90–100 м);
- підвищені вододіли (до 150–160 м);
- куті схили балок і яруг, орієнтованих до водотоків;
- дюни та піщані підвищення у південно-східній частині аркуша.

Горизонталі подані з інтервалом 10 м, місцями є укрупнені підписи висот, що дозволяє відновити просторову структуру рельєфу.

Розгалужена мережа балок переважає в центральній і східній частині карти. Особливо виділяються: система ярів біля Писарівки, балкова система між Старими Санжарами та Новими Санжарами, яри південного напрямку, що сходять до Ворскли.

Гідрографія та густота річкової мережі.

Основною річкою є Ворскла – проходить по західній частині аркуша. Для неї характерні: численні старорічища (озера, канали), заболочені ділянки заплави, меандровий характер течії. Вододіли між річками чітко виражені, із розгалуженою системою ярів.

У межах аркуша є десятки малих річок і струмків, зокрема:

- Супійські балки (умовна назва за формою),
- струмки поблизу Писарівки,

- водотоки навколо Старих Санжар,
- малі ліві притоки Ворскли.

Густота річкової мережі. На території видно (згідно довідника Полтавщини): 0,6–0,9 км/км² у заплавних частинах, 0,3–0,5 км/км² у центрально-східній частині (переважають балки без постійного стоку), дуже висока густота водотоків у районах піщаних масивів, де присутні паралельні дренажні канали.

На аркуші позначені: ставки у селах (Стовбина Долина, Писарівка, Супрунівка), рибогосподарські ставки, канали меліорації, греблі та невеликі водосховища.

У долині Ворскли представлені численні стариці, які мають природне або напівштучне походження.

Багато озер, заболочених ділянок. Заплава має ширину від 300 м до 2–3 км.

Загалом гідрографія характерна для полтавського типу долинно-балкового ландшафту.

На карті *лісові масиви* позначено зеленим кольором. Їх можна поділити на кілька груп:

I. Ліси заплавні. У долині Ворскли розташовані значні площі заплавних лісів, переважають вільшняки, тополя, верба, заплавні ліси займають близько 30–40 % площі всієї заплави.

II. Сухі бори та соснові ліси. У південній та південно-східній частині карти, великі соснові масиви, що займають суцільні площі, частина має штучне походження (лісосмуги, рекультивації).

З візуального аналізу: лісові масиви займають приблизно 22-28 % площі аркуша, найбільш заліснена – південно-східна частина.

Окрім лісів, значну площу займають: орні землі (більше 50% території); луки в заплавах (10-12%); болота, малі заболочені ділянки (близько 3-5%); сіножаті й пасовища навколо сіл.

Полтавські чорноземи представлені майже повсюдно, що зумовлює інтенсивне сільське господарство.

На південному сході аркуша — великі площі умовно позначених пісків під

лісами, характерні для лівобережної тераси Ворскли.

На карті чітко проглядаються такі типи ландшафтів: Заплавні ландшафти Ворскли (заболочені ділянки, стариці, заплавні ліси, луки); терасово-борові ландшафти (соснові ліси на пісках у південно-східній частині); балково-лесові ландшафти (хвилясті схили, орні землі, мережа ярів у центрі та на сході); сільськогосподарські ландшафти (орні землі, ферми, польові дорог)

На карті виділено: автомобільні дороги з твердим покриттям – центральна магістраль проходить через Нові Санжари з півночі на південь, відгалуження на Нехворощу, Стовбину Долину, Старі Санжари, дорога на Ключівку, що має характер сільської регіональної магістралі.

Також наявна досить густа мережа ґрунтових доріг, особливо між дрібними селами, переважає напрямок “село – ферми – поля – ліс”.

За візуальним аналізом а також довідником Полтавщини та громад, густота дорожньої мережі складає:

- згальна густота автомобільних шляхів – 0,9-1,2 км/км²;
- у центральній частині (Нові Санжари) – до 1,5 км/км²;
- у районах лісів – 0,3-0,5 км/км².

Дорожня мережа розгалужена, що відповідає аграрному характеру місцевості.

Отже, на аркуші детально позначені:

- населені пункти (тип, щільність, структура забудови),
- гідрографія (річки, струмки, болота, озера),
- транспортна мережа (автодороги, ґрунтові дороги, мости),
- лісові масиви (тип та площа),
- рельєф (горизонталі, ухили, абсолютні висоти),
- меліоративні канали,
- межі полів, садів, виноградників (умовні знаки),
- окремі об’єкти — кладовища, ферми, кар’єри, піски.

Точність і детальність:

Через масштаб 1:50 000 карта придатна для: польових робіт, GIS-аналізу, ландшафтних і геоморфологічних оцінок, просторового аналізу землекористування.

3.2. Складання та оновлення топографічної карти масштабу 1:50 000 на територію номенклатурного аркуша М-36-93-Г (Нові Санжари)

3.2.1. Підготовка вихідних матеріалів

Складання та оновлення топографічної карти масштабу 1:50 000 для аркуша М-36-93-Г, у межах якого розташоване смт. Нові Санжари, базується на аналізі різнотипних джерел геопросторової інформації. Масштаб 1:50 000 належить до середньомасштабних, тому зміст карти повинен відображати найбільш інформативні, узагальнені елементи місцевості, зберігаючи водночас достатній рівень точності для орієнтування, планування та загальних аналітичних робіт.

У процесі підготовки було зібрано такі групи вихідних даних:

1. Топографічні карти попередніх видань

Основою слугували матеріали топографічної карти масштабу 1:50 000, створеної у 1980–1990-х роках за традиційною радянською номенклатурою. Аркуш М-36-93-Г охоплює низку менших населених пунктів:

Ці карти зберегли інформацію про рельєф (горизонталі через 10 м), гідрографію, дорожню мережу та загальний планувальний каркас. Проте контурні елементи, зокрема сучасні межі населених пунктів не відповідають дійсності.

2. Дані дистанційного зондування Землі

Для оновлення застосовано:

- Sentinel-2 MSI (10–20 м/пікс.), 2020–2023 рр.;
- Landsat-8/9 OLI (30 м/пікс.), 2015–2023 рр.;
- PlanetScope (3–5 м/пікс.), вибрані сцени 2022–2024 рр.;

- окремі архівні знімки WorldView-2 (0,5–2 м/пікс.) для прикладів деталізації вузлів змін.

Ці матеріали дозволили порівняти фактичний стан території зі старими топографічними даними.

3. Додаткові джерела

- Публічна кадастрова карта України;
- державні геопортали відкритих даних;
- OpenStreetMap, Google Maps;
- ортофото 1:10 000 для Полтавської області, доступні через місцеві ГІС-ресурси;
- матеріали Служби автомобільних доріг у Полтавській області щодо реконструкції траси Т-17-17.

Усі дані були відкореговані до координатної системи UTM зона 36N, що забезпечило подальшу інтеграцію в ГІС-середовище ArcGIS/ArcMap.

3.2.2. Геоприв'язка вихідного картографічного матеріалу та налаштування ArcMap

Геоприв'язка старої карти є ключовим етапом оновлення. Для аркуша М-36-93-Г зручно використовувати чіткі, незмінні в часі об'єкти місцевості.

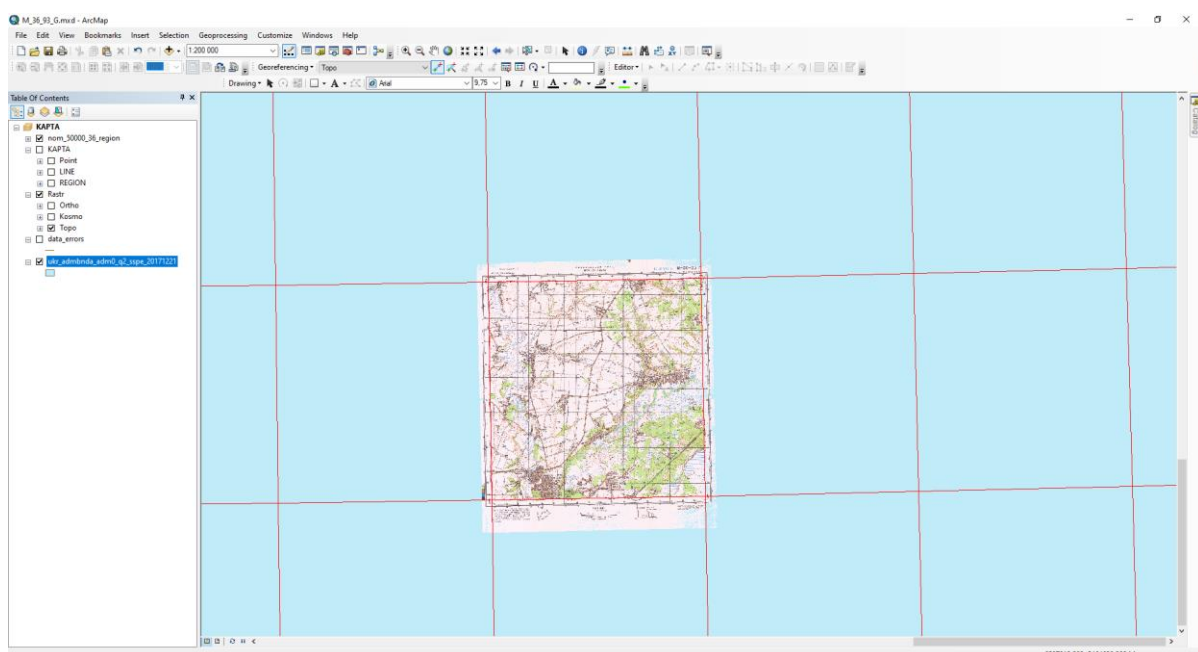


Рис. 3.3. Геоприв'язка застарілої карти

Опорні точки для прив'язки:

1. Міст через р. Ворскла у центральній частині Нових Санжар.
2. Залізничний міст на лінії Полтава–Кременчук (північний схід аркуша).
3. Перехрестя траси Т-17-17 зі шляхом на Стовбину Долину.
4. Контури лісових масивів уздовж правого берега Ворскли.
5. Гребля ставка на захід від Нових Санжар.
6. Межа русла Ворскли у місці характерного вигину біля урочища

Глинище.

Після визначення 12 контрольних точок та виконання трансформації (методом polynomial 2-го порядку) середня похибка становила 0,8–1,2 м, що є достатнім для масштабу 1:50 000 (допустима 2,5–5 м). Окрім того ми обрали географічні координати рамки карти.

Для подальшої роботи в середовищі ArcMap потрібно встановити відповідні шрифти, особливо важливе встановлення шрифту Map Symbols. Для цього виконуємо наступні дії: заходимо у системні налаштування Windows Settings та через контекстне меню “Пуск” (“Start”) й вибору пункту “Settings” обираємо вкладку Personalization. Далі, у лівій панелі, обираємо вкладку Fonts, а у вікні Font Settings у пошуковий рядок потрібно ввести слово “map” (без лапок) й серед знайдених шрифтів обрати Map Symbols.

Далі відкриваємо середовище ArcMap та встановити проєкцію WGS 1984 UTM відповідно до номенклатури аркуша, що виконується. Номер зони UTM визначається подібно номеру зони УСК-2000 – третім та четвертим символами номенклатури аркуша.

Як ми вже визначилися – для номенклатури М-36-93-Г - це 36-та зона. Після цього можна розпочинати роботу.

Для підключення растрів до проєкту, їх необхідно перетягнути з вікна Catalog на екстент мапи й розмістити їх у вікні Table of Contents нижче векторних шарів.

За потреби, можна налаштувати рівень прозорості растрових шарів (Transparency) таким чином, щоб ними було зручніше користуватися, коли

Рис. 3.4. Налаштоване вікно ArcMap та підвантажений растр

При оновлені зазначеного картматеріалу, варто пам'ятати про генералізацію. Масштаб 1:50 000 вимагає суттєвої *генералізації*, тобто узагальнення, спрощення та відбору лише тих об'єктів, які мають регіональне значення.

3.2.3. Дешифрування матеріалів дистанційного зондування

Левову частку магістерського дослідження закономірно зайняло дешифрування сканованих та фотозображень, із векторизацією топографічних компонентів й віднесення їх, із певною вірогідністю, до відповідної категорії, або підкатегорії. Для цього було зібрано та опрацьовано низка джерел, такі як:

- додаткові архівні дані фотозображень на територію аркуша карти;
- умовні позначення до топографічних планів масштабу 1:50 000;
- веб-карти сервісів OpenStreetMaps, GoogleMaps, Bing, Here;
- еталони при дешифруванні елементів місцевості тощо

Для полегшення дешифрувальних робіт на початковому етапі, ми вирішили виокремити ключові елементи картографування, які знайшли своє

відображення на супутниковому та інших знімках, дотримуючись підходу «від виразних об'єктів до менш очевидних». Так враховуючи, що трапеція карти відображає переважно рівнину територію, то послідовність робіт з розпізнавання виконувалось у наступному порядку:

1. Гідрографія. На знімках Sentinel-2 видно: зміни берегової лінії Ворскли внаслідок ерозійних процесів (на ділянці південніше мосту); обміління старого русла поблизу урочища Лиса Гора; появу нових піщаних мілин у центральній частині Нових Санжар.

Ці зміни були перенесені у векторну модель.,

Загалом ця категорія дешифрувальних об'єктів вирізняється значним поширенням в межах аркуша (рис. 3.14).

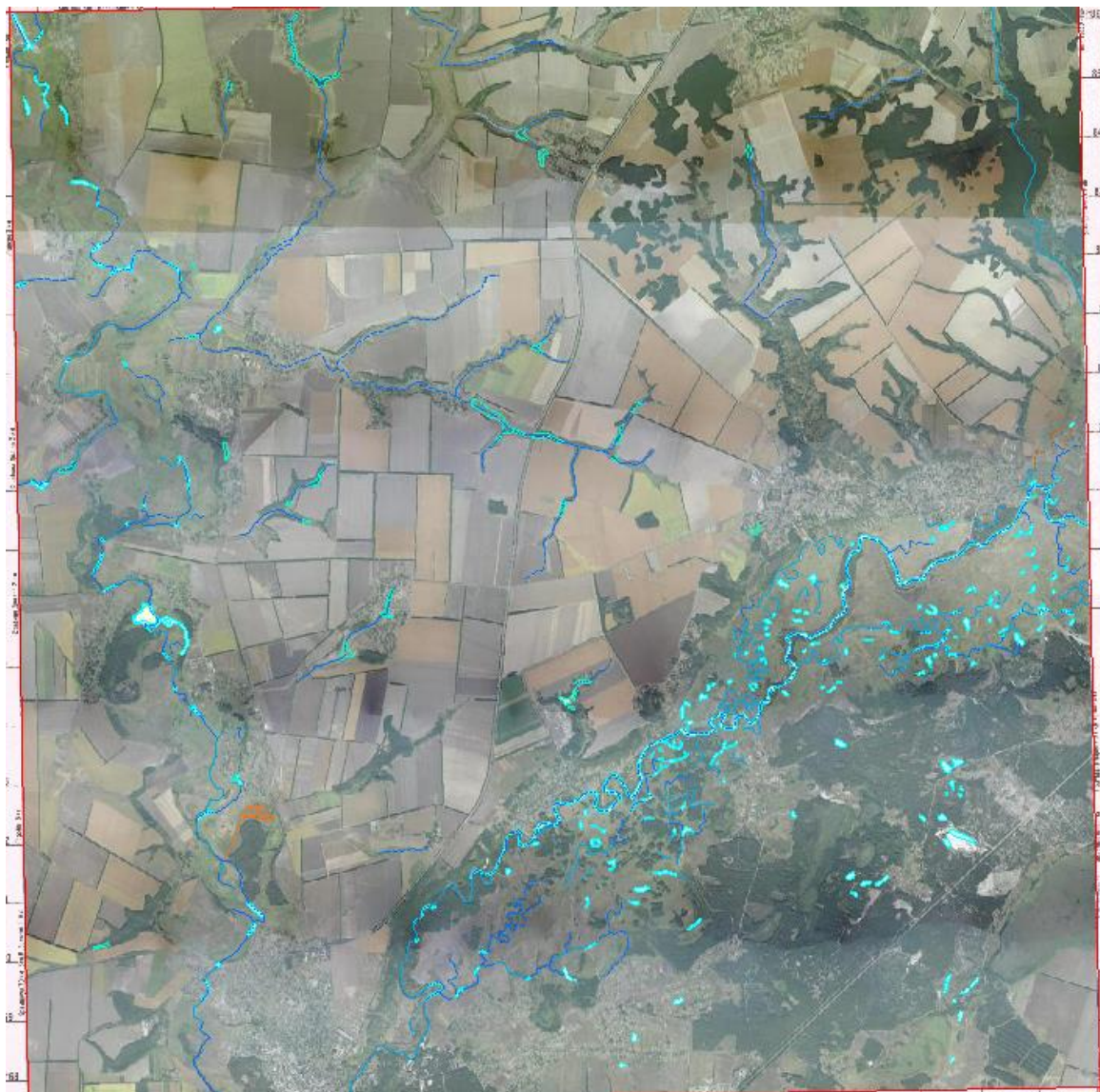


Рис. 3.5. Дешифровані водні об'єкти

2. *Дорожня мережа*, зокрема У 2018–2021 рр. відбулася реконструкція ділянки траси **Т-17-17**. За супутниковими знімками видно: нове асфальтове покриття; розширення узбіч; кілька нових зупинкових пунктів.

Залізнична колія Полтава–Кременчук залишається незмінною, що підтверджується даними Sentinel-2.

При дешифруванні дорожньої мережі, основною задачею було ідентифікувати вісь дорожнього полотна, відносно котрого потім будувались полігональні об'єкти залежно від ширини проїжджої частини (6,4,3 або 2 метри). Також визначальним було виокремлення автомобільних шляхів за якісними ознаками – типом покриття (асфальтового, гравійного чи ґрунтового).

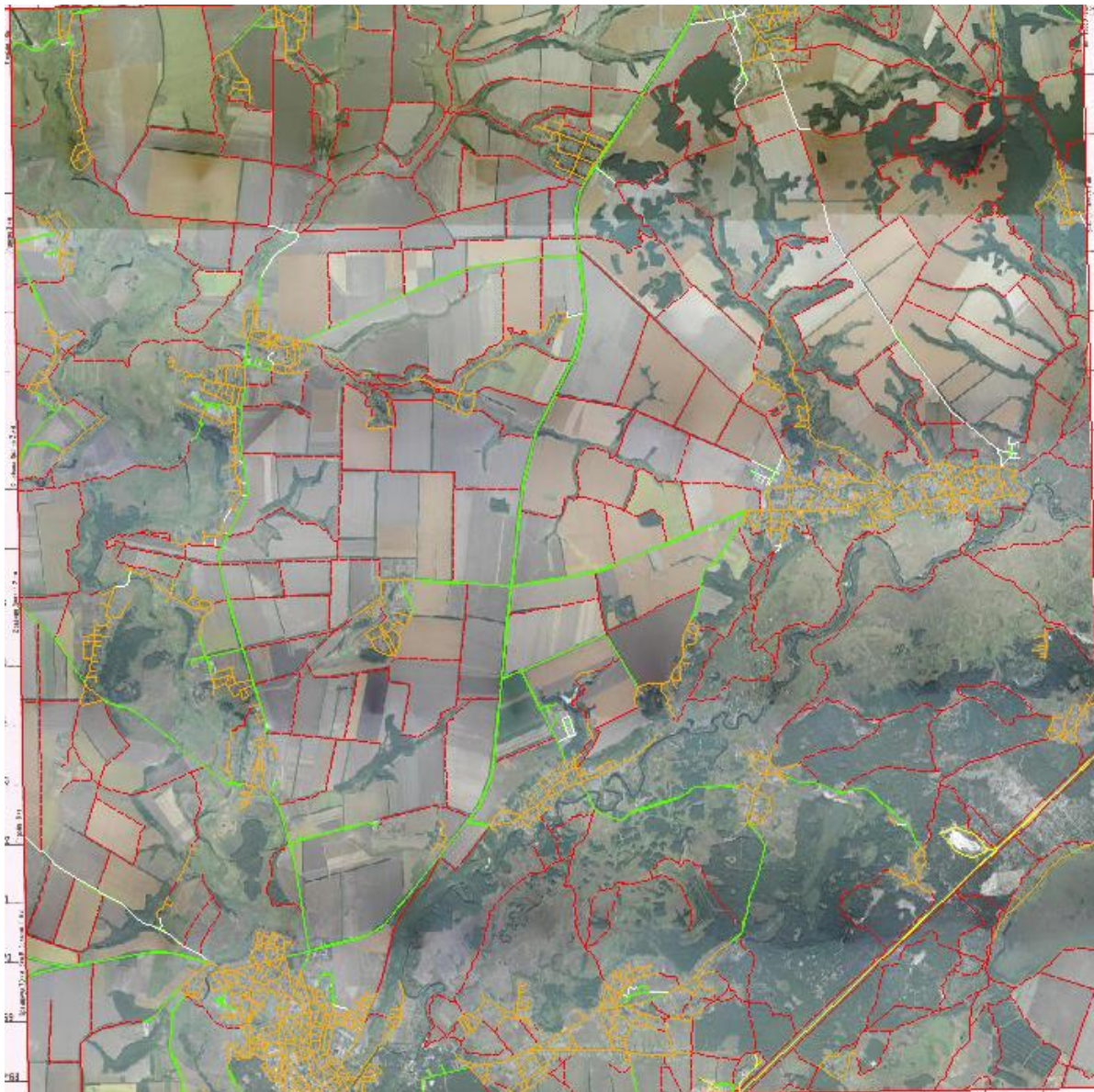


Рис. 3.15. Нанесення шляхів сполучення

В північній частині аркуша, вздовж напрямку захід-схід, а також до колишнього спитзаводу, було віддешифровано та присвоєно уніфікований умовний знак – залізнична колія. Для кращого сприйняття ми позначили її жовтим кольором (рис. 3.16)



Рис. 3.16. Залізничні колії та автомобільна дорожня мережа
У процесі було оновлено:

- траса Т-17-17;
- під'їзди до промислових зон;
- сільські дороги ґрунтового типу — лише основні.

Фрагменти доріг та насипів, які перебувають під анотаціями характеристик доріг потрібно приховувати масками.

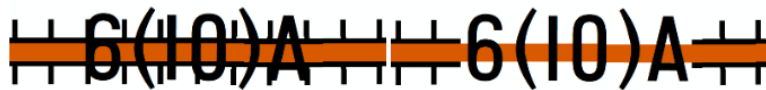


Рис.3.17. Автомобільна дорога з покриттям і насипом до векторизації маски (ліворуч) і після векторизації маски (праворуч).

3. Ключовим є виділення меж населених пунктів та їх кварталів.

На основі дешифрованих даних були оновлені ключові об'єкти.

Контур Нових Санжар був уточнений за сучасними межами забудови:

- новий масив приватної забудови на південь від вул. Центральної;
- розширення території санаторію «Нові Санжари»;
- нові квартали садибної забудови вздовж траси на Стовбину Долину.

Промислові та соціальні об'єкти зберігаються на карті як сигнальні позначення:

- елеватор у південній частині Нових Санжар;
- зооветеринарний комплекс;
- очисні споруди;

- рекреаційні об'єкти біля річки.

4. Використання NDVI-аналізу дозволило виділити:

- збільшення площі ріллі в районі хутору Супини;
- зміни структури рослинності вздовж балок;
- формування нових полів ПСП поблизу Малої Перещепини.

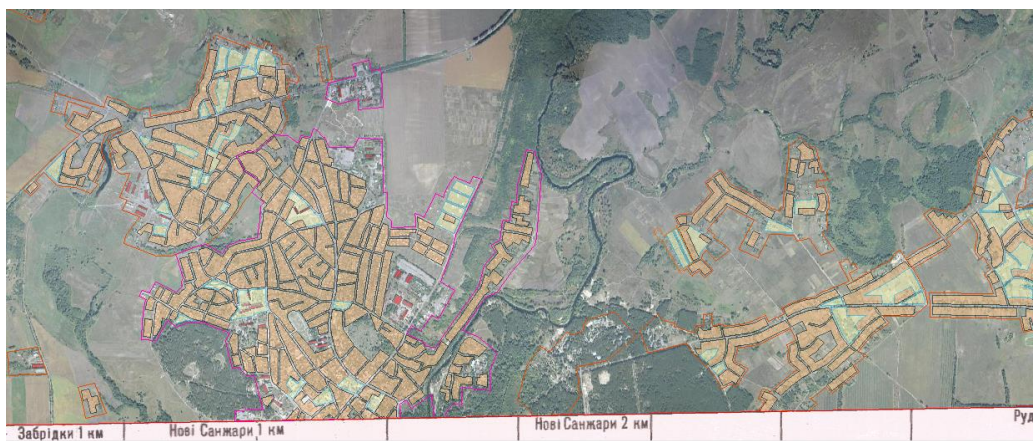


Рис. 3.18. Межі населених пунктів та їх кварталів

6. Лісові масиви та рослинність

За даними PlanetScope (2022–2024):

- розширення лісового масиву Губарівського лісництва приблизно на 8–12 га;
- вирубка ділянок між Новими Санжарами і Стовбиною Долиною (чітко виражені світлі плями);
- зміни в полезахисних смугах (часткове прорідження).

Це відображено шляхом зміни класифікації полігонів рослинності.

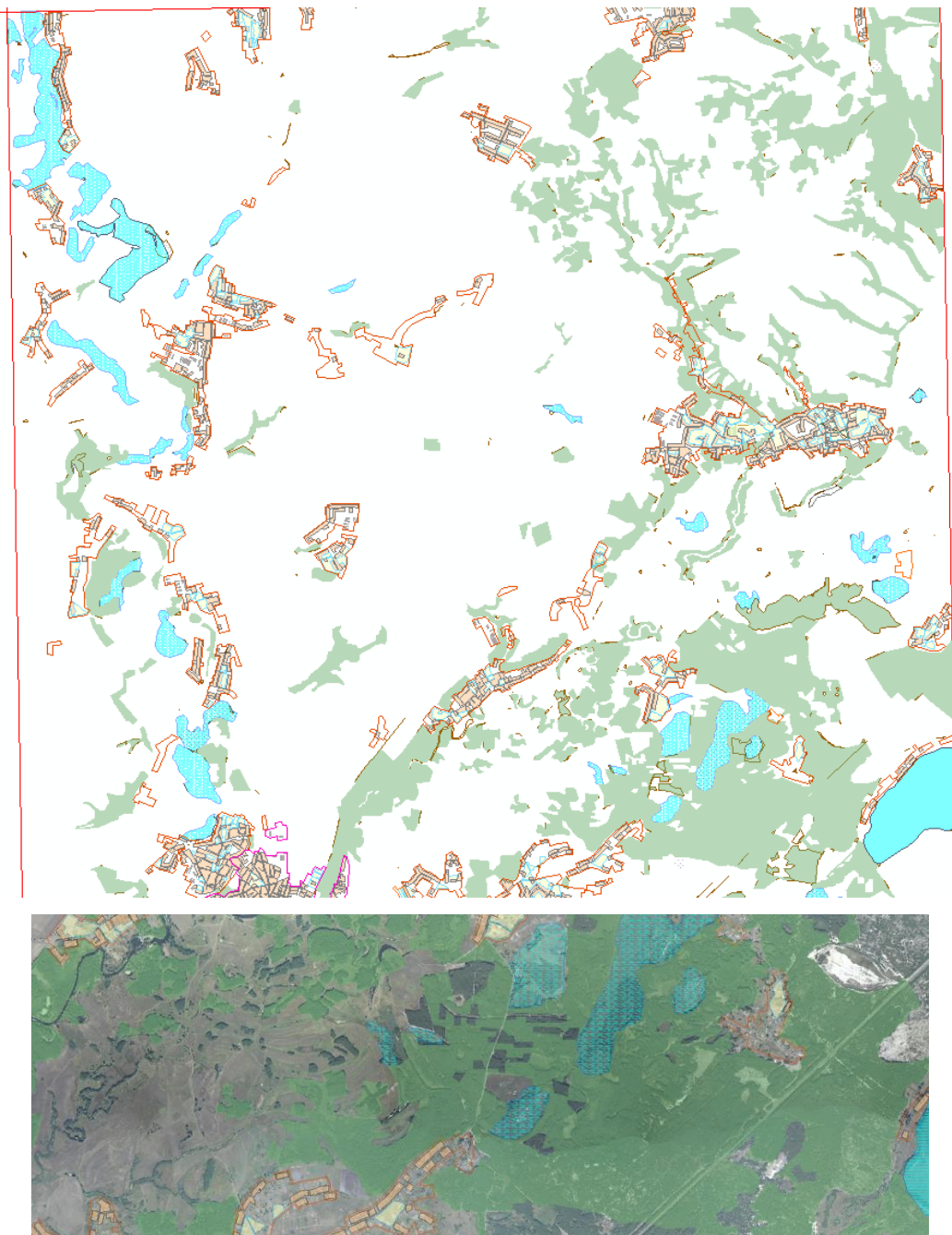


Рис. 3.19. Лісовкриті площі та заболочені місцевості

Ці шари заповнили більшу частину космічного зображення, проте вона є умовною, й вимагає уточнення певних меж інструментальним зніманням або проведенням польового дешифрування. Декотрі частини, селища, котрі добре знайомі були співставленні із присутньою огорожею, котру ми позначили відповідним умовним позначенням (рис. 3.20).



Рис. 3.20. Використанні польових досліджень та фотоархіву

7. Інші елементи місцевості, до котрих увійшли стадіон, кладовища, ЛЕП тощо. Вони як правило несли локальний та опосередкований характер, проте у магістерському дослідженні ми плануємо нанести всі елементи даної категорії (рис. 3.20)



Рис. 3.21. Інші віддешифровані елементи

Оцифровка висотної складової топоплану

Відповідно до існуючих нормативних вимог, висотна частина плану може бути отримана з існуючої карти або плану, при тому якщо рельєф цієї території не зазнав значних змін. Саме до такої місцевості відноситься територія смт. Лужани.

Тому, використовуючи відсканований картографічний матеріал масштабу 1:5000 ми плануємо оцифрувати ізолінії із перерізом рельєфу в 1 м, що є достатнім для топографічного плану масштабу 1:2000. Окрім основних й потовщених горизонталей, були нанесені відмітки висот та урізи води, а також відмічені мікроформи рельєфу, такі як: кургани, яри, скелі, ями тощо. У підсумку ми отримали ізолінійну поверхню із внесеною атрибутикою (висота над рівнем моря у метрах), що дозволить в подальшому побудувати ЦМФ.

3.2.4. Формування бази даних, внесення атрибутики та створення цифрового оригіналу карти

У середовищі ArcMap сформовано структуру бази даних:

Шари карти:

1. **Boundaries** — межі населених пунктів.
2. **Hydro_line** — річки, струмки, канали.
3. **Hydro_poly** — водойми, стариці.
4. **Roads_main** — траси та дороги загального користування.
5. **Roads_local** — другорядні дороги.
6. **Railways** — залізниця.
7. **Vegetation** — лісові масиви.
8. **Landuse** — типи землекористування.
9. **Relief** — горизонталі через 10 м.
10. **Settlements** — контури населених пунктів.

Атрибутивна інформація

Кожний об'єкт отримав такі атрибути:

- тип;
- код класифікатора;
- якісна характеристика (асфальт/грунт, ліс/чагарник);
- назва (для річок, урочищ, великих лісів).

Для візуалізації застосовано набір умовних позначень, сумісний зі стандартами топографічних карт України.

61_line	
ОБ'ЄКТ	Залізниця ширококолейна
Відносна висота	0
Стан	діючий
Російська назва	
Ширина	0
Характер розташування	0
Функціональне призначення	0
Число колій	1
Вид тяги	електрифікована
Розташування об'єкта	0
Внутрішня структура об'єкта	0
Умовні скорочення	
Українська назва	
Англійська назва	
Національна назва	
SHAPE_Length	3227,444964

42_region_будівлі	
ОБ'ЄКТ	Окрема будівля не видатна
Відносна висота	0
Стан	жилий
Поверховість	2
Російська назва	
Характер вогнестійкості	вогнестійкий
Щільність забудови	0
Функціональне призначення	0
Внутрішня структура об'єкта	0
Колір заливки	0
Умовні скорочення	
Українська назва	
Англійська назва	
Національна назва	
Поверховість різновиду	1-2
SHAPE_Length	39,142514
SHAPE_Area	95,511745

42_region_квартали	
ОБ'ЄКТ	Квартал в населених пунктах
Функціональне призначення	0
Умовні скорочення	
Відносна висота	0
Стан	0
Поверховість	0
Російська назва	
Щільність забудови	щільно забудовані
Внутрішня структура об'єкта	0
Колір заливки	0
Українська назва	
Англійська назва	
Національна назва	
SHAPE_Length	604,885256
SHAPE_Area	14669,990553
Характер вогнестійкості	0
Поверховість різновиду	<Null>

Рис.3.21. Приклади внесених атрибутивних даних

При створенні цифрового оригіналу карти використовується цифрова база даних яка містить інформацію на весь район картографування. За заданими розмірами рамки аркуша повинен здійснюватися автоматичний відбір інформації, що відноситься до вибраної трапеції топокарти.

Одночасно зі збором метричної інформації повинно виконуватися семантичне кодування об'єктів. Для цієї мети використовується класифікатор топографічних об'єктів на топографічну карту масштабу 1:50 000. Зібрана топографічна інформація зберігається в базі даних по шарах. Структура полів і внутрішні формати бази даних визначаються інформаційним забезпеченням використовуюваного фотограмметричного приладу.

При зборі інформації повинна бути передбачена можливість первинного редагування отриманих даних, в тому числі видалення, зміна форми або створення нового об'єкта з наявних фрагментів.

Призначення редакційних робіт при топографічних зніманнях – забезпечать повноту і достовірність змісту майбутнього топографічного плану,

правильне і наочне відображення ситуації і рельєфу місцевості встановленими умовними знаками. Відповідно до цього редакційні роботи здійснюються на всіх етапах створення топографічних карт і планів.

63116100 мосты малые деревянные	21210000 горизонталы основные утолщенные	71230000 мангровые заросли 1
63116200 мосты малые каменные, бетонные, ж...	21220000 горизонталы основные	71230000 мангровые заросли 2
63118231 мосты пешеходные со ступенями каменные, бе...	21230000 горизонталы вспомогательные	71242000 саксаул (сплошные заросли)
63118232 мосты пешеходные со ступенями деревянные	21240000 горизонталы дополнительные	71251000 полосы кустарников шириной 2-10 мм в масштабе
71121000 локальные характеристики ле...	21250000 горизонталы для изображения нависающ...	71252000 полосы кустарников шириной более 10 мм в маш...
71122000 локальные характеристики ле...	22111100 границы ледниковых языков	71262000 группы кустов
71123000 локальные характеристики ле...	22112000 трещины ледниковые	71262100 группы кустов колючих
71123000 локальные характеристики ле...	22112000 трещины ледниковые 1	71310000 камышовые и тростниковые заросли
71131000 буреломы	22114000 водотоки на поверхности ледника	71320000 растительность высокотравная
71132000 горелые и сухостойные леса	22121000 границы фирновых полей	71330000 растительность низкотравная

Рис. 3.22. Представлення завантажених умовних знаків у меню *Symbol Selector* програмного продукту *ArcMap*

Із матеріалів картографічного призначення основними для редакційних робіт є видання топографічного плану і звітів про зйомки, матеріали різних відомств — плани сільськогосподарські, лісовпорядні, геологічні, ліній електропередач, лінійні графіки автодоріг; довідники адміністративно-територіального поділу, шляхів сполучення, гідрометслужби; таблиці магнітних відмін, списки населених пунктів, лісотаксаційного опису, паспортні відомості про колодязі, матеріали прив'язок свердловин тощо.

Виставляємо топокарту так, щоб на екрані повністю відображався вектор території векторизації (рис. 3.23).

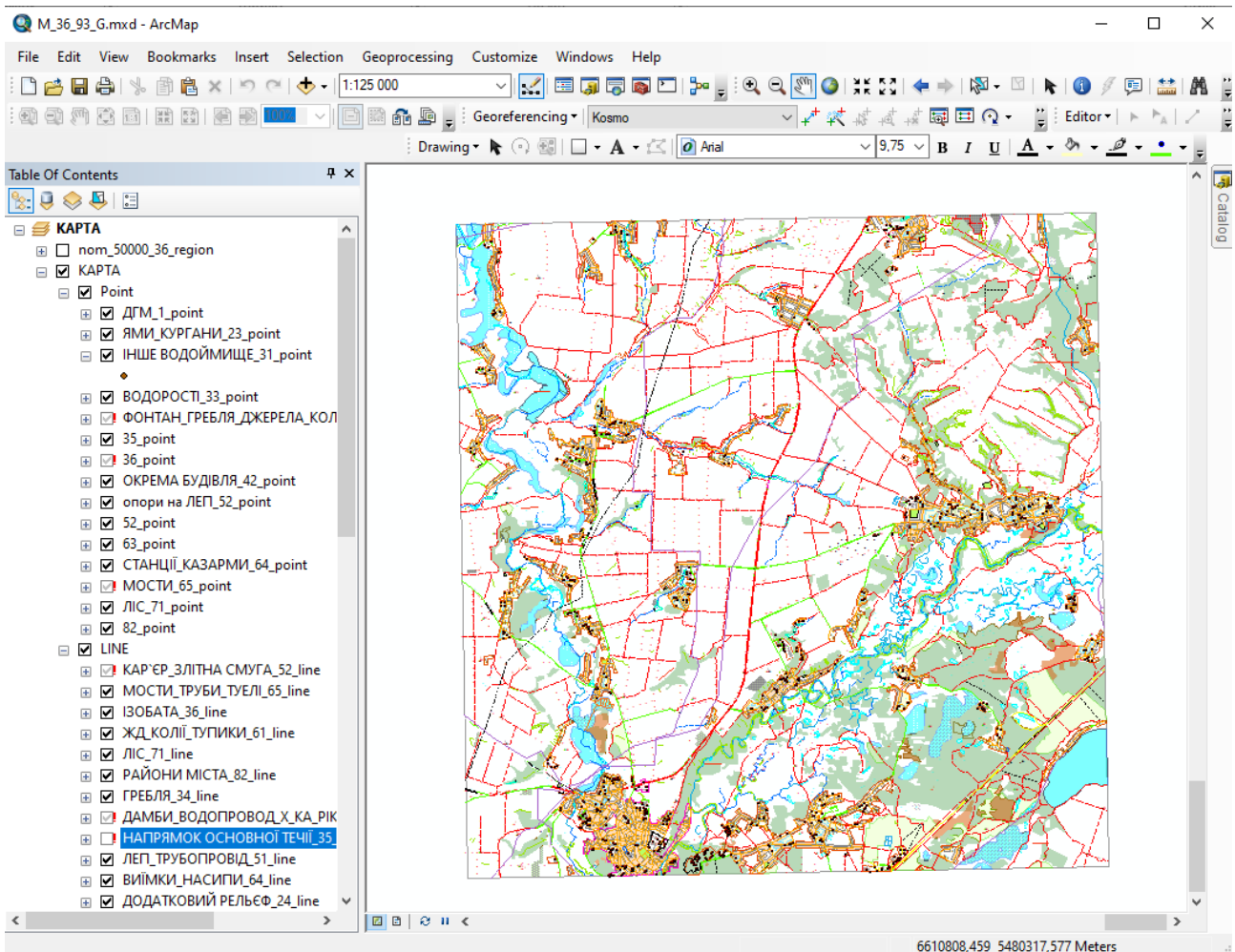


Рис.3.23. Відображення усього макету

На основі порівняльного аналізу різних матеріалів картографічного призначення і їх зіставлення з новітніми знімками встановлюють відповідність матеріалів сучасному стану місцевості.

Тому завершальним етапом магістерського дослідження стало підготовка друкарського оригіналу оновленої топографічного плану. На цій стадії, отриманим векторним шаром підв'язувався уніфікований знак. Для цього використовувався ГІС-набір умовних позначень, котрий відповідає всім існуючим топографічним вимогам відображення елементів місцевості на топографічному плані

Слід відзначити, що цифрова форма складання топоплану, дозволить у подальшому автоматизувати дії співставлення застарілої й оновленої інформації, при цьому забезпечуючи, оперативне оновлення топографічного матеріалу. У випадку суттєвих змін у орографічній ситуації, можна використати

стереографічну пару космознімків, або здійснити локальні тахеометричні (мензульні) знімання.

У підсумку було отримано топокарту номенклатурного аркуша М-36-93-Г (рис. 3.23) масштабу 1:50 000 на територію смт. Нові Санжари, Полтавської області. Ці матеріали в подальшому можна буде використати при генеральному плануванні території населеного пункту, або для вирішення задач, які потребують чіткої географічної прив'язки.

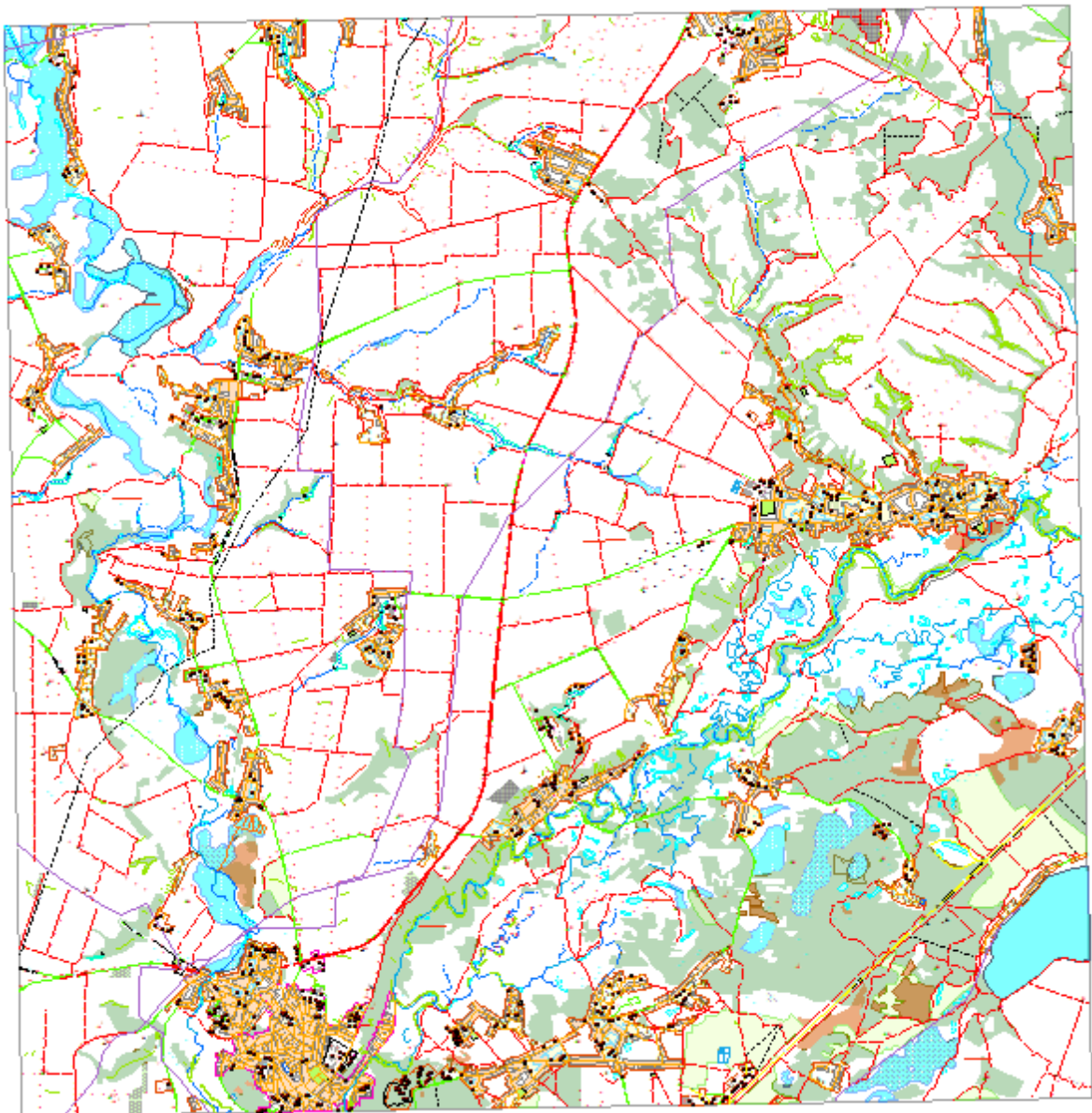


Рис. 3.24. Оновлений аркуш топокарти М-36-93-Г

3.3. Подальші перспективи використання картографо-топографічних матеріалів на території Нових Санжар

Територія номенклатурного аркуша М-36-93-Г, що охоплює смт Нові Санжари та прилеглі населені пункти, має високий потенціал щодо подальшого розвитку картографо-топографічних досліджень. Просторова структура цієї місцевості характеризується динамічними змінами у природному середовищі, сільському господарстві, транспортній інфраструктурі та рекреаційному використанні річки Ворскли. У зв'язку з цим актуальність створення та оновлення карт підвищується з кожним роком.

Одним із ключових напрямів є створення оперативних цифрових карт, які регулярно оновлюватимуться на основі даних ДЗЗ і польових вимірювань. Зокрема:

- ✓ оновлення землекористування (рілля, багаторічні насадження, лісові масиви);
- ✓ моніторинг змін берегової лінії р. Ворскла;
- ✓ систематичне оновлення транспортної інфраструктури;
- ✓ відстеження змін у забудові Нових Санжар та Стовбиної Долини.

Використання ArcGIS, QGIS та веб-ГІС дозволить створити інтерактивні карти, доступні для місцевих громад, установ і дослідників.

Потреба в точних даних про земельні ділянки у межах смт Нові Санжари зростає через:

- активну приватизацію;
- зміну меж сільськогосподарських угідь;
- ведення лісового господарства;
- проекти об'єднаних територіальних громад (ОТГ).

Топографічні плани масштабу 1:10 000 і 1:50 000 будуть основою для створення великих кадастрових карт, забезпечуючи точність і повноту відомостей.

Беручи до уваги чутливість природних комплексів долини Ворскли,

картографічні матеріали матимуть важливе значення для:

- аналізу ерозійної активності;
- моніторингу лісових масивів і рослинності;
- оцінки впливу сезонних паводків;
- інвентаризації природно-заповідних об'єктів та екотуристичних маршрутів.

Створення тематичних карт дозволить формувати науково обґрунтовані рішення щодо збереження довкілля.

Карта масштабу 1:50 000 виступає ключовим інструментом для: проєктування доріг місцевого значення; модернізації мереж водопостачання та енергетичних систем; оновлення генеральних планів Нових Санжар; оцінки ризиків, пов'язаних з підтопленням, просіданням ґрунтів та змінами русла річки.

Наявність сучасних топографічних матеріалів дозволяє обґрунтовувати будівельні, інженерні та логістичні рішення.

Район Нових Санжар є рекреаційно привабливим завдяки природним ландшафтам, санаторно-курортним ресурсам та мальовничій долині Ворскли.

Подальші перспективи включають створення: туристичних карт і схем піших, велосипедних та водних маршрутів; карт туристичної інфраструктури; 3D-моделей ландшафту для візуалізації туристичних об'єктів. Такі матеріали можуть стати основою для розвитку зеленого та активного туризму.

Регулярне оновлення супутникових даних дозволяє оперативно реагувати на надзвичайні ситуації: пожежі у лісових масивах; підтоплення після паводків; техногенні аварії; зміни у стані гідротехнічних споруд.

ГІС-система, побудована на основі топографічних даних, може використовуватися службами ДСНС, лісовими господарствами та органами місцевого самоврядування.

На основі топографічних даних можливе генерування: цифрової моделі рельєфу (ЦМР); 3D-карт вододілів; моделей ерозії; карт затінення та видимості; ландшафтних профілів.

Це особливо важливо для будівництва, планування інженерних споруд,

геоекологічного аналізу.

Для масштабу 1:50 000 рекомендовано оновлення раз на 3–5 років, але використання супутникових даних дозволяє скоротити цей цикл до 1–2 років.

Подальший розвиток може включати: автоматизоване оновлення на основі алгоритмів розпізнавання змін; машинне навчання для аналізу рослинності та забудови; створення пілотного проекту «Оперативна карта Новосанжарської громади».

Висновки до розділу 3

Територія номенклатурного аркуша М-36-93-Г має значні перспективи подальшої картографо-топографічної розвідки. З огляду на природну динаміку, соціально-економічні процеси, розвиток інфраструктури та рекреаційний потенціал, сучасні картографічні матеріали виступатимуть основою для прийняття управлінських рішень, розвитку громади та екологічного моніторингу. Впровадження ГІС-технологій, супутникового моніторингу та цифрової топографії дозволяє забезпечити точність, актуальність і доступність просторової інформації для різних сфер діяльності.

Номенклатурний аркуш представляє детальну картографічну основу для вивчення території Нових Санжар та околиць. Територія характеризується:

- густою дорожньою мережею та високою освоєністю,
- значним відсотком орних земель (понад 50%),
- помітною часткою лісів (до 25%),
- розвиненою гідрографічною мережею, особливо в долині Ворскли,
- численними населеними пунктами різного типу, серед яких домінують Нові Санжари.

Картооснова дає можливість проводити просторовий аналіз, оцінювати ландшафтну структуру, проводити GIS-моделювання та екологічні дослідження.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження було комплексно розглянуто теоретичні, методичні, технологічні та практичні аспекти складання та оновлення топографічних карт середнього масштабу, зокрема карти масштабу 1:50 000 для території смт. Нові Санжари. Теоретичний аналіз засвідчив, що топографічні карти є уніфікованими картографічними моделями місцевості, створеними на єдиній математичній основі, що забезпечує сумісність, точність та стандартизований підхід до відображення природних і антропогенних об'єктів. Методичні засади їх складання ґрунтуються на поєднанні класичних картографічних принципів, таких як генералізація, точність, вибір математичної проекції, та сучасних технологій ГІС і дистанційного зондування Землі.

Дослідження програмних продуктів та технічних засобів показало, що сучасне картографічне виробництво неможливе без використання комплексних ГІС-систем, таких як ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro та супутніх інструментів геообробки, а також додаткових сервісів (SASPlanet, веб-карти OpenStreetMap, Google Maps тощо). Саме вони забезпечують можливості інтеграції растрових і векторних даних, формування геопросторових баз даних, проведення цифрової векторизації й підготовку карт до друку. Важливу роль відіграють технічні засоби – GPS/GNSS-приймачі, цифрові фотограмметричні платформи та високодетальні супутникові системи.

Важливим етапом роботи стало дослідження особливостей обробки даних дистанційного зондування. Було встановлено, що сучасні супутникові дані різної просторової роздільної здатності (Sentinel-2, Landsat-8/9, PlanetScope, WorldView) забезпечують можливість ефективного оновлення картографічної інформації. Ключовими є процеси радіометричної та атмосферної корекцій, геометричного виправлення, паншарпенінгу та тематичних перетворень, що дозволяють підвищити якість зображень та отримати достовірні результати дешифрування. Використання спектральних індексів, класифікаційних алгоритмів та порівняльного аналізу функціональних ознак об'єктів дозволило

визначити зміни у структурі землекористування, межах гідрографічних елементів, дорожній мережі та рослинному покриві.

Практична частина продемонструвала специфіку створення та оновлення топографічної карти для смт. Нові Санжари. На основі архівних карт 1980–1990-х рр. і сучасних даних ДЗЗ проведено порівняльний аналіз, що дав змогу зафіксувати суттєві зміни у береговій лінії річки Ворскла, трансформацію русел малих водотоків, зміни у дорожній мережі й розширення забудови. Векторизація ключових об’єктів місцевості, створення структурованої бази даних та оформлення цифрового оригіналу топографічного аркуша відповідно до чинних топографічних вимог засвідчили ефективність поєднання традиційних картографічних підходів із сучасними ГІС-технологіями.

Підсумовуючи, дослідження підтвердило, що застосування сучасних даних ДЗЗ та ГІС-технологій значно підвищує точність, актуальність та оперативність оновлення топографічних карт. Сформований картографічний матеріал може бути використаний для територіального планування, екологічного моніторингу, кадастрових робіт та інших практичних завдань геопросторового аналізу. Отримані результати створюють основу для подальших досліджень у галузі цифрової картографії та вдосконалення процесів оновлення карт у середньомасштабному діапазоні.

Список використаних джерел

1. ASPRS Manual of Photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2013. 1040 p.
2. Bolstad P. GIS Fundamentals. XanEdu Publishing, 2019. 820 p.
3. Campbell J., Wynne R. Introduction to Remote Sensing. Guilford Press, 2011. 667 p.
4. Jensen J. Remote Sensing of the Environment. Pearson, 2016. 608 p.
5. Lillesand T., Kiefer R., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley, 2015. 736 p.
6. Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. Geographic Information Systems and Science. Wiley, 2015. 539 p.
7. Mikhail E., Bethel J., McGlone J. Introduction to Modern Photogrammetry. Wiley, 2001. 496 p.
8. Richards J., Jia X. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer, 2013. 494 p.
9. Snyder J. P. Map Projections: A Working Manual. USGS Professional Paper. 1987. 384 p.
10. Wolf P., Dewitt B. Elements of Photogrammetry. McGraw-Hill, 2014. 768 p.
11. Барановський В. А. Основи фотограмметрії. Київ : КНУ, 2016. 276 с.
12. Бочковський А. В., Гетьман В. Г. Геодезія : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2017. 356 с.
13. Гаврилюк В. П. Топографо-геодезичне забезпечення : навч. посіб. Львів : ЛНУ, 2018. 219 с.
14. Гросул М. В. Дистанційне зондування Землі : навчальний посібник. Черкаси : ЧНУ, 2020. 212 с.
15. Дорожинський О. Л. Топографія : підручник. Київ : Вища школа, 2001. 327 с.
16. ДСТУ 4484:2005. Картографія. Терміни та визначення. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 32 с.

17. ДСТУ 8736:2017. Географічна інформація. Метадані. Київ, 2017. 38 с.
18. Журнал «Геодезія, картографія і аерофотознімання». Київ : НТУУ «КПІ». Випуски 110-160 с.
19. Ільїнський Н. Д., Чупрін Е. П. Топографічне та тематичне картографування. Київ : КНУ, 2012. 254 с.
20. Клименко О. М. Геодезія та картографія : довідник. Харків : ХНАМГ, 2013. 144 с.
21. Ляшенко А. А. Топографічні карти та плани. Київ : КНУГіК, 2015. 192 с.
22. Матеріали Держгеокадастру України щодо топографо-геодезичних робіт. Київ, 2020. 58 с.
23. Матеріали кафедри геодезії, картографії та управління територіями ЧНУ. Чернівці, 2020.
24. Методичні рекомендації з топографо-геодезичних робіт (Мінагрополітики). Київ, 2017. 74 с.
25. Наукові записки КНУКіМ. Серія «Геодезія і картографія». Київ : КНУКіМ. Випуски по 120–150 с.
26. Паламарчук М. М. Картографія : підручник. Київ : Знання, 2009. 511 с.
27. Руденко Л. Г. Геоінформаційні системи у географії. Київ : НАН України, 2012. 304 с.
28. Сидоренко В. В. Основи ГІС і ДЗЗ. Київ : Видавничий дім КНЕУ, 2019. 280 с.
29. Український центр дистанційного зондування Землі. Методичні рекомендації. Київ : УЦДЗЗ, 2018. 62 с.