

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

**Географічний факультет
кафедра геодезії, картографії та управління територіями**

**ТОЧНІСТЬ ПРИВ'ЯЗКИ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ
У ПРОГРАМІ QGIS І ARCGIS В ЦІЛЯХ ГЕОДЕЗІЇ**

**Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)**

Виконав:

студент_2 курсу, 628 групи

Сербін М.

Керівник :

к.геогр.н., доц. кафедри геодезії,
картографії та управління територіями
Мельник А.А.

*До захисту допущено
на засіданні кафедри*

протокол № _____ від _____ 2023 р.

Зав. кафедрою _____ доц. Дарчук К.В.

Чернівці – 2023

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: Сербіна М. - студента 2 курсу, 628 групи, спеціальності 193 "Геодезія та землеустрій" другого (магістерського) рівня вищої освіти на тему: "Точність прив'язки топографічної карти у програмі QGIS і ArcGIS в цілях геодезії".

Досліджено точність використання методів трансформації растрової інформації при здійсненні її геоприв'язки в ГІС QGIS та ARCGIS. Розкрито та проаналізовано особливості методів трансформації (лінійний, Гельмерта, поліноміальний 1-3 порядків, тонкостінний сплайн (TheThinPlateSpline - TPS), проєктивна трансформація) растрового зображення при його прив'язці в ГІС QGIS та ARCGIS. Імпортовано аркуш карти масштабу 1:100 000 номенклатурою М-35-127 та здійснено геоприв'язку в QGIS та ARCGIS. Створено точкові векторизовані об'єкти пунктів ДГМ. Визначено та рекомендовано для наступних досліджень методи трансформації растрового зображення, що найбільше підходять для використання в ГІС QGIS та ARCGIS.

Ключові слова: растр, інтерполяція, QGIS, ARCGIS, геодезія

ABSTRACT

Qualification work: Serbin M. - 2nd year student, 628 group, speciality 193 "Geodesy and Land Management" of the second (master's) level of higher education on the topic: "Accuracy of topographic map georeferencing in QGIS and ArcGIS for geodesy purposes".

The accuracy of using methods of raster information transformation when georeferencing in QGIS and ARCGIS GIS is investigated. The features of transformation methods (linear, Helmert, polynomial 1-3 orders, TheThinPlateSpline (TPS), projective transformation) of a raster image when georeferenced in QGIS and ARCGIS are revealed and analysed. A 1:100,000 scale map sheet with nomenclature M-35-127 was imported and georeferenced in QGIS and ARCGIS. The point vectorised objects of the DGM points were created. The

methods of raster image transformation that are most suitable for use in QGIS and ARCGIS were identified and recommended for further research.

Keywords: raster, interpolation, QGIS, ARCGIS, geodesy

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ I. ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ЯК ОСНОВА ПРОСТОРОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
1.1 Топографічна карта: особливості створення, призначення.....	6
1.2 Особливості створення цифрових топографічних карт для формування основної державної топографічної карти.....	10
Висновки до розділу 1.....	13
РОЗДІЛ II. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ГІС.....	14
2.1 Гіс і сьогодення.....	14
2.2 Особливості використання ГІС у процесі підготовки фахівців геодезії та землеустрою.....	18
Висновки до розділу 2.....	24
РОЗДІЛ III. ОСОБЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ ПРИВ'ЯЗКИ РАСТРУ ПРОДУКТУ QGIS.....	26
3.1 Використання топографічної карти в цілях геодезичного забезпечення території досліджень.....	26
3.2 Аналіз методів трансформування растру програми QGIS в цілях геодезичного забезпечення	32
Висновки до розділу 3.	40
РОЗДІЛ IV. ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ В ГЕОДЕЗІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ARCGIS	42
4.1 Прив'язка топографічної карти в ArcGIS.....	42
4.2 Оцінка точності прив'язки топографічної карти.....	47
Висновки до розділу 4.....	51
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54

ВСТУП

Актуальність дослідження. Одна з найпоширеніших технологій для створення цифрових карт - сканування растрів. Завдяки наступним властивостям ця послуга стала поступово замінити цифрову технологію створення карт:

- збільшення сканованого картографічного зображення на моніторі;
- програмними методами врахувати деформацію графічного носія карти
- менша навантаження на оператора;
- наявністю функцій напівавтоматичної та автоматичної векторизації растрів.

Картографічні матеріали після сканування містять певні помилки, які потребують виправлення перед наступною роботою. Головними джерелами помилок растрового знімка є нелінійні деформації поверхні, на якій нанесено вихідний матеріал (папір, фотопапір, пластик тощо), а також помилки сканувального пристрою. Якщо не провести належну корекцію растру, ми отримаємо викривлені цифрові карти відповідної якості.

QGIS та ARCGIS здатні обробляти растрові знімки будь-якої глибини забарвлення, відскановані або імпортовані з різних файлів. У цій роботі перетворення виконується в ГІС-програмі. В процесі роботи програми з отриманого результату сканування отримують растрову підкладку в електронному вигляді. На ній здійснюється оцифрування та векторизація об'єктів для формування просторової та атрибутивної інформації. Просторова інформація несе відповідальність за точне місцезнаходження об'єктів.

Тому правильна реалізація прив'язки растрової інформації до місцевості асоціюється з точністю розташування всіх векторованих об'єктів. З огляду на це, актуальність даної теми є досить вагомою

Метою даної дипломної роботи є дослідження точності використання методів трансформації растрової інформації при здійсненні її геоприв'язки в ГІС QGIS та ARCGIS.

Об'єктом дослідження була східна частина Дністровського району Чернівецької області, яка охоплена аркушем топографічної карти масштабу 1:100 000 з номенклатурою М-35-127.

Задля виконання зазначеної мети були висунуті та вирішені наступні основні завдання:

1. Виявити та провести аналіз особливостей методів перетворення (лінійне, Гельмерта, поліноміальне 1-3 порядків, TheThinPlateSpline (TPS), проєкційне перетворення) растрового зображення при його прив'язці до ГІС QGIS та ARCGIS;

2. Імпортувати аркуш карти масштабу 1:100 000 з номенклатурою М-35-127 та здійснити його прив'язку в QGIS та ARCGIS. Побудувати точкові векторизовані об'єкти точок DGM;

3. Визначити та порекомендувати для наступних досліджень методи трансформації растрових зображень, які є найпридатнішими для використання в ГІС QGIS та ARCGIS.

Об'єктом роботи є пункти Державної геодезичної служби східної частини Дністровського району Чернівецької області, яка покрита аркушем топографічної карти масштабу 1:100 000 з номенклатурою М-35-127.

Предмет дослідження - специфіка перетворення растрової інформації під час географічної прив'язки.

Методика та методологія наукового дослідження логічно зумовлені метою, предметом і об'єктом дослідження, а також реалізацією наукових завдань роботи. У дослідженні були використані конкретно-наукові та загальнонаукові методи пізнання. До числа останніх увійшли структурний, статистичний, узагальнення та логічний методи. З числа конкретно-наукових методів слід виділити картографічний та геоінформаційний (для створення картографічних матеріалів), порівняльно-географічний.

Результати, що становлять **наукову новизну**. Шляхом використання різних методів перетворення растрового зображення топографічної карти в QGIS та ARCGIS проведено аналіз точності географічної прив'язки на

прикладі пунктів ДГМ східної частини Дністровського району Чернівецької області, яка покрита аркушем топографічної карти масштабу 1:100 000 з номенклатурою М-35-127.

Практична значущість дослідження визначається тим, що його результати та рекомендації можуть бути застосовані при виконанні подібних робіт з прив'язки растрових зображень до території у вигляді картографічних схем. А застосування більш вдалих методів забезпечить більш точну подальшу оцифровку ділянок місцевості.

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота представлена на 56 сторінках формату А4. Список використаної літератури містить 19 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТОПОГРАФІЧНА КАРТА ЯК ОСНОВА ПРОСТОРОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Топографічна карта: особливості створення, призначення.

Підсумком топографічного дослідження земної поверхні є топографічна карта - скорочене, генералізоване, математично визначене, площинне зображення суші або шельфу, на яке за визначеною системою умовних знаків з найменшими можливими викривленнями нанесено місцеположення, стан і взаємовідносини загальногеографічних складових частин (елементів) земної поверхні.

Згідно зі стандартним визначенням, топографічна карта - це деталізоване зображення місцевості, яке дає змогу встановити як план, так і висотне положення точок на земній поверхні. Спираючись на сучасні уявлення, топографічну карту слід вважати просторовою зображувально-символьною моделлю земної поверхні з притаманними їй якостями та властивостями. Топографічне зображення місцевості без врахування викривлення земної поверхні називається планами. Тобто топографічні карти - багатоаркушеві карти.

Аркуш топографічної карти або плану має повну конструкцію. Основними складовими конструкції є: рамка аркуша, елементи якої задаються математичною основою; координатна сітка; позарамкове оформлення, що включає в себе допоміжні елементи та додаткові дані. Обрамлення аркуша карти відіграє подвійну функцію: воно окреслює зображення ділянки місцевості і почасти відіграє роль додаткового інструменту, що надає можливість для визначення планових координат точок на карті. Вона складається з трьох основних елементів: внутрішньої, хвилинної та зовнішньої рамок. На картах масштабів 1:500 000 і 1:1 000 000 координатною сіткою є картографічна сітка паралелей і меридіанів, а на картах масштабів 1:10 000 - 1:200 000 - кілометрова сітка як частина зональної системи плоских прямокутних координат (її лінії проводять через

ціле число кілометрів: 1 км на картах масштабів 1:10 000 - 1:50 000, 2 км на картах масштабів 1:100 000, 10 км на картах масштабів 1:200 000). Відстань між внутрішньою та зовнішньою рамками вказується у кілометровій сітці. Позарамкове оформлення включає допоміжні елементи: номенклатуру аркуша (над північною стороною рамки) та номенклатуру прилеглих до нього аркушів.

Поруч з номенклатурою зазначено назву найбільш крупного населеного пункту, який зображено на карті. Нижче південної рамки розміщено інформацію про магнітне схилення для зображеної на карті території, середнє гаусове зближення меридіанів, поправку до дирекційного кута при розрахунку магнітного азимута, а за ним - схему взаємного розміщення географічного (істинного), магнітного меридіанів і вертикальної лінії координатної сітки (лінії, паралельної осьовому меридіану зони). Також він містить числовий, іменований і лінійний масштаби карти, число метрів, через які проводяться суцільні горизонтальні лінії, і графік родовищ. Серед додаткових даних - відомості про час створення, оновлення та публікації карти. Важко переоцінити значення топографічних карт - вони дають можливість вивчати територію без безпосереднього спостереження і є базою, на якій відображені результати наукових досліджень в геології, геофізиці та інших науках, що досліджують Землю. На підставі топографічних карт створюються географічні, геологічні та інші спеціальні карти. Топографічні карти застосовуються в процесі державного планування, при проектуванні інженерних споруд, при організації розробки корисних копалин.

Географічна карта - це набір елементів, розміщених і організованих на сторінці. Для опису взаємного розташування та загальної геометрії об'єктів використовується модель топографічної карти. Це також механізм для створення та підтримки топологічних зв'язків між об'єктами та класами об'єктів.

Масштаб карти - це співвідношення відстаней на карті до їхніх відповідних відстаней на поверхні землі. До елементів карти зазвичай

відносять рамку карти, масштабну лінійку, стрілку півночі, заголовок, описовий текст і легенду з умовними позначеннями. Первинним елементом карти є рамка карти, яка надає основне уявлення про географічну інформацію. Досить часто карти містять інші елементи, такі як графіки, діаграми, малюнки та текст, які дозволяють додати додаткову важливу для читача інформацію. У дизайні карт використовуються спеціальні концепції.

Макет карти - це система поділу карти на окремі аркуші (рис. 1.1). Номенклатура карти - це певна система нумерації та позначення окремих аркушів. На кожному аркуші нанесена рамка. Рамками аркушів топографічної карти слугують паралелі та меридіани (таблиця 1.1).

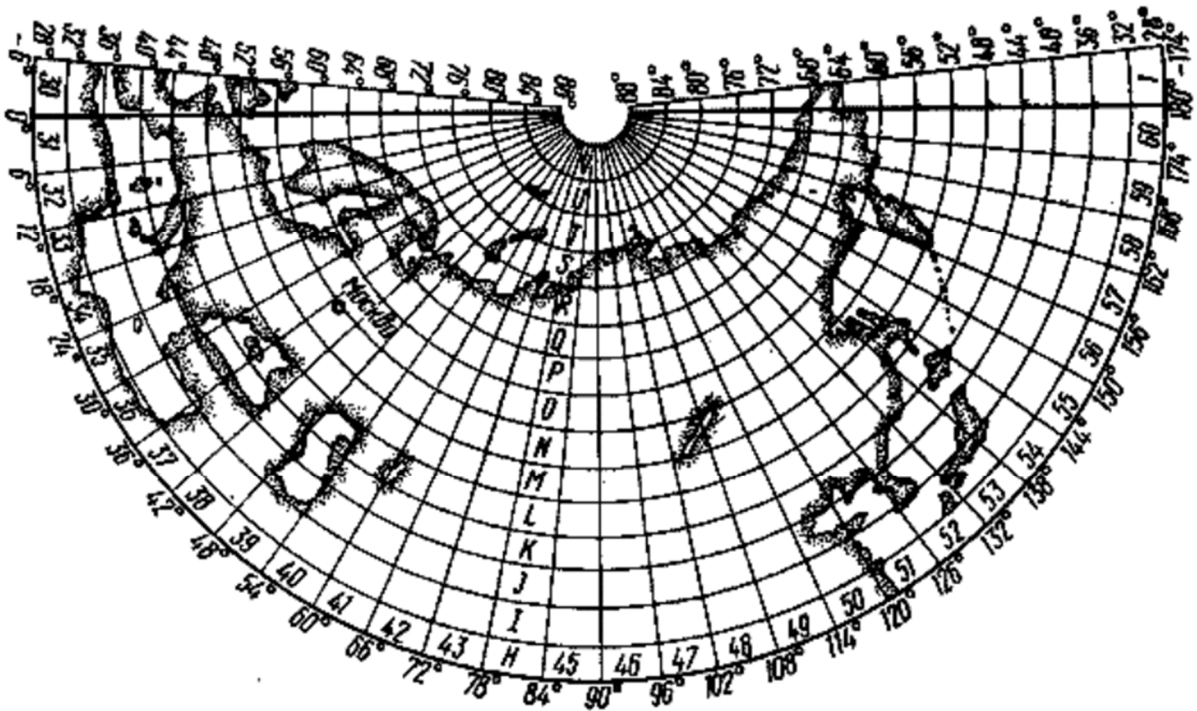


Рис. 1.1 Розграфка карт масштабу 1:1 000 000.

Таблиця 1.1

Номенклатура карт

Масштаб карти	Розміри листів карти в градусно- му вимірі		Типовий запис номенклатури
	по широті	по довготі	
1:1000 000	4°	6°	N-37
1:500 000	2°	3°	N-37-Б
1:200 000	40'	1°	N-37-XVI
1:100000	20'	30'	N-37-56
1:50 000	10'	15'	N-37-56-A
1:25 000	5'	7'30	N-37-56-A-6

Карти зазвичай охоплюють деякий діапазон масштабів, приміром, від 1 : 1 000 000 до 1 : 100 000. Основою карт похідних масштабів слугує поділ основного аркуша по лініях паралелей і меридіанів на певні рівні частини, тобто аркуш карти завше накреслений у географічній координатній сітці. Основними вважаються такі масштаби карт і планів (табл. 1.2).

Таблиця 2.1

Стандартні масштаби карт і планів

Масштаби топографічних карт	Великомасштабні плани
1 : 1 000 000 – в 1 см 10 км	1 : 5000 – в 1 см 50 м
1 : 500 000 – в 1 см 5 км	1 : 2000 – в 1 см 20 м
1 : 200 000 – в 1 см 2 км	1 : 1000 – в 1 см 10 м
	1 : 500 – в 1 см 5 м
1 : 100 000 – в 1 см 1 км	
1 : 50 000 – в 1 см 500 м	
1 : 25 000 – в 1 см 250 м	
1 : 10 000 – в 1 см 100 м	

За своїм масштабом топографічні карти діляться на такі групи: великомасштабні - 1 : 50 000 - 1 : 200 000; середньомасштабні - 1 : 200 000 - 1 : 1 000 000 включно; дрібномасштабні - або оглядово-топографічні - дрібніші за 1:1 000 000. Крупномасштабні топокарти складають шляхом послідовного поділу аркуша карти попереднього масштабу на 4 частини з внесенням відповідних літерних доповнень до номенклатури. Топокарти масштабу 1:200 000 і дрібніше є відкриті, для масштабу 1:100 000 порядок використання визначено - для службового користування, а всі крупніші масштаби топокарт

є закритими. Для топографічних карт країн пострадянського простору та України застосовується система координат Гаусса-Крюгера та аналогічна однойменна прямокутна картографічна проекція.

1.2 Особливості створення цифрових топографічних карт для формування основної державної топографічної карти

Специфіка створення цифрових топографічних карт для створення основної державної топографічної карти є наступною. Ухвалення Закону України "Про внесення змін до Закону України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" від 11 лютого 2010 року та Порядку створення загальнодержавного топографо-геодезичного і тематичного картографування, який було затверджено постановою Кабінету Міністрів України №. 661 від 4 вересня 2013 року, які де-юре лише наблизили, але де-факто не усунули проблему жахливого стану топографо-геодезичної і картографічної діяльності внаслідок її постійного фінансування [Постанова Кабінету Міністрів України, 2013; Закон України, 1998].

Україна практично не представлена сучасними державними топографічними картами усього масштабного діапазону, адже національне топографічне картографування на всю територію країни тривалий час не здійснювалося.

В Україні все ще відсутня Головна державна топографічна карта, яка б забезпечувала потреби органів державної влади та місцевого управління, економіки, обороноздатності, науки, освіти та населення країни в актуальних топографічних картах, але не в традиційному розумінні їх як цілісного картографічного твору універсального призначення, а у вигляді баз топографічних даних (БТД) як комплексу взаємопов'язаних між собою складних геопросторових даних.

Топографічні бази даних, які створюються на основі цифрових топографічних карт: основних топографічних карт масштабу 1:10 000 та

базових топографічних карт масштабу 1:50 000 і 1:100 000, становлять основу базових наборів базових геопросторових даних національного рівня національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД). Ухвалення Закону України "Про Національну інфраструктуру геопросторових даних" 13.04.2020 та початок його впровадження висвітлили необхідність і нагальність формування наборів базових геопросторових даних, які складають єдину цифрову координатно-просторову основу для продукування, інтеграції та інших видів діяльності з використанням різних наборів тематичних геопросторових даних [Закон України, 2020].

Процес створення (оновлення) електронних топографічних карт масштабу 1:50 000/1:10 000 Головної державної топографічної карти включає в себе наступні основні етапи виконання робіт:

1. Створення технічного завдання на надання послуг та редакційно-технічних вказівок. Формування топографічної бази даних "Головна державна топографічна карта". Формування (оновлення) цифрових топографічних карт та Класифікатора картографічних даних на територію країни на основі Топографічної карти масштабу 1:50 000/1:10 000 з єдиним змістом (далі - Класифікатор) на підставі нормативних документів [Закон України, 2020; Класифікатор інформації, 1998; Постанова Кабінету Міністрів України, 2013, Основні положення, 1999].

2. Збирання вхідних, довідкових, інших даних і документів.

3. Опрацювання вихідних, довідкових, додаткових даних і публікацій.

4. Формування еталонного зразка цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000/1:10 000 з метою перевірки розробленого Редакційно-технічного посібника. Окрім того, це зразок, за яким слід створювати (оновлювати) всі електронні топографічні карти масштабу 1:50 000/1:10 000. Зразок-еталон містить чотири аркуші, розміщені в сусідніх рамках.

5. Забезпечення векторизації цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000/1:10 000.

6. Здійснення випробувань (контроль якості) створених цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000/1:10 000.

Утворення цілісної Топографічної бази Головної державної топографічної карти в контексті переходу від картографічної до геоінформаційної системи обумовлює нові вимоги до створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000, а саме

- створення схем просторових зв'язків, опис внутрішньої побудови моделей та правил для цифрового опису геопросторових об'єктів, уніфікація каталогу об'єктів та їх атрибутів, а також топологічних правил між топографічними об'єктами для дотримання топологічної узгодженості геометрії згідно зі стандартами та специфікаціями: серія національних стандартів України ДСТУ ISO 19100 "Географічна інформація/геоматика", що прийняті шляхом прямого підтвердження міжнародних стандартів цієї серії, та ДСТУ 8774:2018 "Географічна інформація. Нормування моделювання геопросторових даних", комплексу стандартів українських організацій "База топографічних даних";

- створення пакету програм Validate для перевірки створених (оновлених) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 з ціллю забезпечення автоматизованого контролю їхньої якості;

- створення нового віртуального та асоційованих елементів на карті.

Це підвищить інтелектуальний рівень формування геопросторових даних. Створені (оновлені) цифрові топографічні карти на окремих злитих аркушах масштабу 1:50 000/1:10 000 у Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 у проекції Гаусса-Крюгера у відповідній шестиградусній зоні в затвердженій розграфці державних топографічних карт масштабу 1:50 000/1:10 000 будуть використовуватись для

- створення Основної державної топографічної карти як сукупності пов'язаних між собою структурованих геопросторових даних у топографічній базі даних та внесення її на Геопортал Основної державної топографічної карти з метою підвищення актуальності єдиної цифрової топографічної

основи для топографічного моніторингу території та розбудови Національної інфраструктури просторових даних в Україні;

- підготовка цифрових топографічних карт до друку та занесення в базу даних географічної інформаційної системи ArcGIS у військових частинах Центрального військово-топографічного і навігаційного управління Збройних Сил України.

Висновки до розділу 1.

У розділі розглянуто особливості складання та призначення топографічної карти. Наведено та проаналізовано основну термінологію, пов'язану з топографічними картами. Ґрунтуючись на сучасних уявленнях, топографічну карту слід розуміти як просторову образно-символічну модель земної поверхні з притаманними їй характеристиками та властивостями. В роботі проаналізовано специфіку створення цифрових топографічних карт для створення основної державної топографічної карти.

З'ясовано, що Україна фактично не представлена сучасними державними топографічними картами всього масштабного діапазону, адже роботи з національного топографічного картографування території всієї країни тривалий час не ведуться. Україна досі не має Головної державної топографічної карти, яка б задовольняла потреби органів державної влади та місцевого самоврядування, економіки, обороноздатності, науки, освіти і громадян країни в актуальних топографічних картах, але не в їх класичному розумінні як комплексного картографічного твору багатоцільового призначення, а у вигляді баз топографічних даних (БТД) як сукупності взаємопов'язаних між собою комплексних геопросторових даних.

Розглянуто основні етапи робіт, щодо створення (оновлення) цифрових топографічних карт 1:50 000/1:10 000 Основної державної топографічної карти.

РОЗДІЛ II. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ГІС

2.1 Гіс і сьогодення

Використання комп'ютерів еволюціонувало від суто наукових розрахунків до масового використання та менеджменту, від роботи з індивідуальними змінними та файлами до накопичення та обробки величезних масивів даних та створення інформаційних систем. Комп'ютеризація та інформаційні технології заповнили всі сфери життя суспільства, і важко перелічити хоч одну сферу людської діяльності - від шкільної освіти до високої державної політики, - де б не відчувався їхній потужний вплив [4].

У будь-якому бізнесі інформація стала критично важливою складовою успіху. Життя все наполегливіше вимагає від керівників усіх рівнів приймати швидкі та ефективні рішення, тобто знати, що робити в певний час і в певному місці.

Так як значна частина даних з часом застаріває, стає все складніше приймати управлінські рішення, використовуючи їх у традиційному паперовому вигляді. Швидкість отримання інформації та її актуальність може гарантувати лише автоматизована система.

Водночас масове використання комп'ютерів зумовлене не стільки тим, що вони можуть рахувати скоріше і точніше за людину, як тим, що без них просто неможливо впоратися зі зростаючими обсягами інформації. Розробка комп'ютерних технологій призводить не тільки до вдосконалення видів обробки даних, які вже застосовуються, але й до постійного включення нових типів даних, комп'ютеризації нових галузей знань та менеджменту, а також до створення інформаційних систем, в яких будуть використовуватися дані, що не піддаються обробці.

Система (від грец. *sysntema* - ціле, складене з частин; поєднання) - множина елементів, що знаходиться у відносинах і зв'язках один з одним і формує певну цілісність (єдність). Інформаційна система (ІС) - це сховище

інформації, забезпечене процедурами введення, пошуку, зберігання, розміщення, обробки, аналізу та видачі даних за запитом. Метою будь-якої ІС є обробка даних про об'єкти певної предметної області.

Предметною областю вважається частина реального світу, яка вивчається з метою організації наукових досліджень, моніторингу, керування тощо. Робота ІС полягає в забезпеченні двох зустрічних інформаційних процесів: введення нової інформації та видачі обробленої інформації користувачам за їх запитом. Так як основним завданням інформаційної системи є служіння клієнтам, то система мусить бути спроектована таким чином, щоб реакція на будь-який запит була швидкою і достатньо інформативною. Отже, виникла потреба у створенні інформаційної системи, яка має велику базу графічних і тематичних даних та інтегрується з функціями модельних розрахунків для трансформації даних у просторову інформацію і подальшого прийняття рішень щодо управління.

Основою сучасних інформаційних технологій є поняття про те, що дані потрібно організовувати в бази даних, щоб забезпечити адекватне відтворення об'єктів певної предметної області (які мають схильність до постійних змін) і відповідати інформаційним потребам користувачів. У БД зберігається сукупність даних про об'єкти певної прикладної області.

Під час створення бази даних користувач намагається упорядкувати інформацію за різними критеріями, здійснювати швидкий пошук, аналіз та обробку в разі необхідності. Ці бази даних створені та функціонують під управлінням спеціальних програмних комплексів, які мають назву системи управління базами даних (СУБД). У науках про Землю інформаційні технології дали початок геоінформатиці.

До факторів ефективного застосування інформації належить ефект від використання територіально локалізованої інформації, яка аналізується за рахунок географічних інформаційних систем (ГІС) та геоінформаційних технологій (ГІТ).

ГІС - це явище сучасної унікальної міждисциплінарної науки, ефективно застосування якої інтегрує найрізноманітніші дані (космічну та аерофотозйомку, інформаційні ресурси, нагромаджені людством у різних галузях науки), вводить передові напрацювання сучасних засобів програмування, алгоритмізації, застосування прикладної математики та ін. Ми живемо в час, який гучно назвали Цифровою Землею.

Особливістю геоінформації є те, що хоча різні особи можуть застосовувати її для рішення найрізноманітніших завдань, сама Інформація, а також методи її узагальнення та аналізу практично не змінюються і можуть бути застосовні для вирішення різноманітних завдань. Наприклад, школи, комунальні інженерні та дорожньо-ремонтні станції, служби швидкого виклику, планувальники, юристи, бізнесмени, транспортні організації, що працюють на певній території, використовують схожі, а іноді й ідентичні бази даних про місцевість: рельєф, адміністративні межі, адреси, мережу доріг, промислові та сільськогосподарські об'єкти, архітектурні та культурні споруди, об'єкти охорони навколишнього середовища, гідрографію, тощо.

Використовують вони цю роботу для вирішення різних завдань, але базова інформація лишається однією й тією самою. Ба більше, функціональні можливості, які вони мають

ГІС - це сучасні комп'ютерні технології для зображення та аналізу об'єктів реального світу, процесів і явищ, що відбуваються або матимуть місце в прогнозованому періоді. ГІС - це Інформаційна система, що здійснює збір, зберігання, обробку, доступ, подання та розповсюдження геопросторових даних [1]. Геопросторові дані - це інформація, яка дозволяє ідентифікувати географічне розташування та характеристики природних або штучно створених об'єктів, а також їхні межі на Землі.

Ця інформацію може бути отримана за результатами GPS, дистанційного зондування, картографування та проведення різних видів зйомок тощо. За спеціальними дослідженнями [22], 75-90% всієї використовуваної фахівцями різних рівнів інформації становлять географічні

(метричні, просторові) дані, тобто різноманітні дані про розподіл у просторі або по територіях об'єктів, явищ, процесів, подій. Робота з геоінформацією і є суттю ГІС. Сфера застосування ГІС дуже широка. Від організації охорони здоров'я до розміщення супермаркету, від висадки лісу до прокладання кабельного телебачення - щодня люди в усьому світі обробляють географічні показники за допомогою геоінформаційних систем.

На сьогодні без ГІС та просторового планування і аналізу важко сьогодні уявити планування, управління та оцінку ефективності багатьох сучасних технологій, дослідження корисних копалин, управління військом та озброєнням, місцевими адміністраціями, роботою виборчих механізмів та компаній тощо. ГІС покривають всі територіальні рівні: глобальний, регіональний, національний, місцевий, муніципальний; інтегрують різноманітну по своїй природі інформацію про нашу планету: картографічну, дистанційного зондування, дані статистики та переписів, кадастрові дані, гідрометеорологічні дані, польові топографічні зйомки і т.д. Вони застосовуються в усіх галузях господарського комплексу і можуть працювати на різних рівнях. Вже побіжний погляд на карту надає можливість оцінити особливості та характерні риси просторово поширених подій та явищ.

Розроблені в ГІС автоматизовані методи аналізу просторових даних вже зараз є потужною зброєю в руках науковця, управлінця, керівника любого рівня, і навіть звичайного споживача. Ідеї, закладені в ГІС, стають своєрідним каталізатором інтеграції ГІТ, надають їм нового виміру. При цьому дані геопростору стають стратегічно важливою інформацією як для діяльності корпорацій, так і в структурі національної безпеки держави.

Геоінформаційна освіта має специфічні риси, які відрізняють її від інших напрямів підготовки: міждисциплінарний характер (математичні, інформаційні та геонауки), вагома інженерно-технологічна складова (геоінформаційні технології), колосальний об'єм графічної інформації (зокрема матеріали ДЗЗ), широкий спектр можливих застосувань тощо. Додаткові складнощі вивчення геоінформатики та ГІС пов'язані з їх

орієнтацією на роботу з інформацією, яка істотно розподілена як у часі, так і в просторі.

2.2 Особливості використання ГІС у процесі підготовки фахівців геодезії та землеустрою

Геоінформаційні системи з'явилися майже одночасно з першими комп'ютерами і, як і останні, стали складовою частиною сучасного життя. Нині всі без винятку індустрії, які функціонують з просторовою інформацією, змушені використовувати геоінформаційні технології для ефективної праці. Необхідно зазначити, що геоінформаційні системи (далі - ГІС) на сьогодні стали звичним помічником землевпорядників, який допоможе вирішувати питання оновлення та інтеграції планово-картографічних і картографічних матеріалів, розробляти проекти землеустрою, проводити геодезичні роботи тощо. Відтак, перед вищими навчальними закладами, які займаються підготовкою фахівців з геодезії та землеустрою, гостро постає питання забезпечення здобувачів освіти всіма необхідними теоретичними знаннями та навичками практичного використання ГІС.

В сучасних публікаціях у межах предметної сфери геодезії та землеустрою акцентується на різних її аспектах, наголошується на перевагах використання ГІС у процесі формування професійної компетентності майбутніх інженерів-землевпорядників. Так, С. Лук'яненко, В. Гайдаржи, О. Дацюк у дослідженні "Побудова навчального процесу в галузі геоінформаційних систем" представили напрями освітньої роботи в галузі геоінформаційних технологій - навчально-методичний та науковий. Вчені визначили основні напрями ГІС-освіти: підготовка фахівців з ГІС-технологій; вивчення основ ГІС-технологій спеціалістами споріднених спеціальностей; вивчення основ ГІС-технологій спеціалістами суміжних спеціальностей; вивчення основ ГІС-технологій спеціалістами суміжних спеціальностей.

О. Поправко було визначено провідну роль програмних засобів ArcGIS в землеустрої як інструментального забезпечення в земельно-інформаційних комплексах та здійснено аналіз якості обслуговування користувачів інформаційними послугами. Оскільки сьогодні фахівці-землевпорядники повинні володіти вміннями використання новітніх ГІС та ЗІС-технологій для швидкої обробки, застосування та зберігання різноманітної відомостей про земельні ресурси, від відомостей про власника до геопросторової інформації про його розташування. Для інженерів-землевпорядників використання ГІС-технологій в управлінні земельними ресурсами, знання основ побудови та функціонування ГІС стали необхідними [7].

У своїй науковій роботі "Геоінформаційні системи - основа оцінки міських територій органами місцевого самоврядування" О. Тищенко зазначає, що геоінформаційні технології є необхідною умовою для здійснення землеустрою. Тищенко наголошує, що важливою умовою забезпечення функціонування ГІС є професійно навчений користувач, якого деякі науковці включають до складу геоінформаційної системи, називаючи її "людино-машинним комплексом". Головною складовою сучасної ГІС є дані (до 80% її загальної вартості). На програмне та апаратне забезпечення припадає лише до 20% загальної суми витрат на ГІС [9]. Отже, геоінформаційні системи дозволяють по максимуму застосовувати картографічний метод дослідження, а також застосовувати геостатистичні методи, які дають змогу об'єктивно та оперативно оцінювати ситуацію щодо розвитку та стану територій.

Концепція компетентнісно орієнтованої освіти та освітньої діяльності прийшла до нас із зарубіжних країн, де вона набула широкого вжитку. Під компетентностями людини дослідники розуміють спеціальним чином організовану множину знань, умінь і навичок, які здобуваються в процесі навчання. Вони дають людині можливість дефініювати, тобто ідентифікувати та вирішувати, незалежно від ситуації, проблеми, характерні для певної сфери її діяльності.

Зазначимо, що компетентнісний метод орієнтується на кінцевий результат освітнього процесу, ставить за мету сформувати готовність особистості майбутнього фахівця ефективно застосовувати потенційні можливості та зовнішні ресурси для виконання поставленої мети. У педагогіці термін "формування" трактується як результат розвитку людини, зумовлений цілеспрямованими змінами через виховання, освіту та навчання. Професійне становлення особистості важливо вивчати в єдності його операційного та споживчо-мотиваційного складників.

Сьогодні геоінформаційні системи є невід'ємною складовою земельпорядної діяльності та базою багатьох земельпорядних дисциплін, які забезпечують формування професійних компетентностей фахівця з геодезії та землеустрою.

Освітня програма спеціальності 193 "Геодезія та землеустрій" кафедри геодезії, картографії та управління територіями надає можливість вирішувати завдання організації просторово взаємопов'язаних інформаційних систем та прогнозування стану довкілля. З цією метою фахівці повинні вміти оптимально організовувати територію та виконувати аналіз отриманої інформації, вміти будувати карти різного наповнення та призначення, здійснювати дослідження щодо раціонального застосування ресурсів та визначати пріоритети у вирішенні тих чи інших проблем.

Тому до рекомендованого списку навчальних дисциплін для навчання фахівців має входити дисципліна "Геоінформаційні системи" для ознайомлення їх з принципами картографії та сучасними способами просторового аналізу, а також для оволодіння базовими інструментами відповідного програмного забезпечення - настільними геоінформаційними системами. Нині будь-яка ГІС включає такі складові: програмне забезпечення; картографічні та семантичні дані; апаратне обладнання (комп'ютер, периферійне обладнання). В базі кожної створеної ГІС є електронна карта. Існує два основних шляхи створення електронної карти в

ГІС: векторний і растровий. "Серцем" географічної системи є просторовий аналіз, тобто те, для чого створюється та існує ГІС [9].

Зазначимо, що в процесі вивчення ГІС студенти повинні засвоїти такі основні поняття:

1. ГІС - це система відображення та узагальнення географічної інформації, що являє собою сукупність набору географічних матеріалів, які використовуються для моделювання географічного оточуючого середовища, з належним інструментарієм для виконання роботи з географічними даними. Геоінформаційна система дозволяє здійснювати такі основні види обробки географічної інформації: ведення бази геоданих, забезпечення геовізуалізації та процесу геообробки.

2. База геоданих - це просторова база даних, яка вміщує дані, що надають географічну інформацію в межах загальної моделі даних ГІС (карти, векторні об'єкти, растри, топологія, координатні мережі).

3. Геовізуалізація - набір географічних і тематичних карт, які показують просторові об'єкти та взаємозв'язки між об'єктами на земній поверхні. Геовізуалізація забезпечує підтримкою редагування карт, контент-аналізу та обробки запитів користувачів.

4. Геообробка - це набір специфічних інструментів для отримання географічних даних на основі використання вже існуючих даних. Функції обробки просторових даних отримують інформацію з бази даних і застосовують до неї аналітичні функції та зберігають результати оброблення в нових елементах бази геоданих.

Слід відзначити, що в роботі в якості інструментального програмного забезпечення застосовується програма ArcGIS. До структури ArcGIS входить чимало інтегрованих програмних продуктів, розрахованих як на розробку та експлуатацію геоінформаційних систем різноманітного рівня важкості, так і на геоінформаційну підтримання розв'язання задач, спрямованих на користування просторовою інформацією, зокрема, польових зйомок та роботі в комп'ютерних мережах [7].

Враховуючи специфіку землевпорядного виробництва в Україні, створено низку сучасних вітчизняних комплексів ("Digitals", "Геопроект", "Event-Grad", "ГІС Карта" та інші), які активно впроваджуються в навчальний процес.

Програма Digitals (виробництва компанії Geosystems) розроблена для створення/оновлення топографічних і спеціальних карт, публікації карт містобудівного кадастру та землеустрою, вирішення інженерних і прикладних задач. Поєднує функції створення цифрових карт для ГІС та підготування топографічних карт до друку, містить шари, що настроюються, атрибути об'єктів, умовні знаки та систему шаблонів. Програма доповнена модулями для стереообробки та реєстрації файлів у форматі нового кадастрового файлу In-5 з використанням шаблону XMLNormal.dmf.

Георproject (компанія "Укргеопроект") створена для обробки геодезичних вимірювань, побудови електронних карт місцевості, управління та ведення електронних карт, запису просторової та атрибутивної частини інформації про об'єкти, друкування картографічної та іншої звітної інформації. Програма "Інвент-Град" (ITES) розроблена для виконання польових топографо-геодезичних і кадастрових робіт, що здійснюються під час інвентаризації земельних ділянок. Також система може бути використаною в ролі кадастрової системи поселення або адміністративного району. Усі складові проекту представлені в єдиній інтегрованій базі даних, а уведення та редагування даних відбувається в електронних таблицях, форма яких наближена до традиційних форм і може бути змінена для уведення тієї чи іншої відомостей.

Проект КБ "ПАНОРАМА" - це сукупність геоінформаційних систем, що включає професійну ГІС Map, векторизатор електронних карт Panorama-Editor, додаток GIS Server, призначений для організації віддаленого доступу до даних карт, а також універсальний засіб для розробки геопорталів різного цільового призначення GIS WebServer, засоби розробки ГІС-додатків для роботи на різних платформах GIS ToolKit, муніципальна ГІС "Земля і

нерухомість", система реєстрації об'єктів нерухомості "ГІС-Нерухомість", система автоматизації управління аграрними підприємствами в галузі рослинництва ГІС "Панорама АГРО", конвертери для обміну даними з іншими ГІС (DXF/DBF, MIF/MID, Shape, GML, S57/S52, MP, IN4/XML) та ін.

Слід зауважити, що сьгоднішні ГІС працюють не просто з географічними даними, а з моделями даних, що надає їм змогу широко застосовувати в навчальному процесі як навчально-аналітичні системи. Наповненням таких систем може бути не лише довідкова та статистична інформація, а й програмні додатки для обробки, аналізу, прогнозування та відображення інформації.

Використання таких широких освітніх систем надає можливість студентам не лише проводити наукову роботу в межах однієї навчальної дисципліни, але й вивчати питання взаємозв'язку з іншими сферами роботи та впливу чинників, що досліджуються. При професійній підготовці фахівців із землеустрою та геодезії, навчання яких відбувається з оперуванням як растровими зображеннями, так і векторними та цифровими моделями місцевості, оптимальним є використання таких ефективних програмних пакетів, як TNTmips та EasyTracePro, що мають відкриті версії та належну документацію з інструкціями для використання.

Головним призначенням TNTmips є обробка растрових зображень. Ця програма підходить для широкого спектру завдань: аналіз, обробка, автоматизована інтерпретація даних дистанційного зондування Землі; геоінформаційні системи; цифрова картування; обробка фотограмметричних зображень; картографування, редагування та видавнича справа; застосування в геофізиці та геології; автоматизація реєстрації земельних ділянок та створення баз даних землекористування; інструменти для накопичення, збору, візуалізації та аналізу різноманітної інформації на картографічній основі; створення електронних атласів та довідників у різних галузях знань.

EasyTracePro дає змогу швидко та ефективно векторизувати широкий спектр картографічних матеріалів. Це цілий комплекс утиліт та інструментів,

призначених як для вилучення даних з растрів, так і для виправлення вже існуючих векторних даних. Векторизація може здійснюватися як в ручному, так і в автоматичному режимах. У програму закладено різні сценарії проведення процедури векторизації, що дозволяє значно прискорити процес і покращити його якість. Застосування правил топології дозволяє здійснювати перевірку векторизованих даних і автоматично виявляти помилки.

QGIS - це вільно поширювана геоінформаційна система, що розповсюджується на умовах ліцензії GNU General Public License. Головним призначенням програми є обробка та аналіз просторових даних, а також підготовка різноманітних картографічних продуктів.

За своїми функціональними можливостями програма мало чим поступається відомим пропріетарним ГІС. Пакет має гнучку систему доповнень, які можна створювати на мовах C++ та Python.

Система підтримує різноманітні векторні та растрові формати, зокрема ESRI Shapefile та GeoTIFF. На цей час QGIS є однією з найбільш функціональних і зручних настільних геоінформаційних систем, яка динамічно розвивається.

Відтак, геоінформаційні технології разом із глобальними системами позиціонування мають стати базисом для формування вітчизняної земельно-інформаційної системи як результативного засобу отримання оперативної просторово-координованої відомостей про функціональне призначення та форми власності земельних ресурсів, їх комплексного аналізу, прогнозування еколого-економічної ефективності та доцільності їх застосування.

Професійна підготовка фахівців з геодезії та землеустрою має включати оволодіння головними складовими ГІС-технологій у зв'язку з інноваційними процесами в сучасному суспільстві, науці та технологіях. Вимагають уваги питання формування викладачами навчальних закладів змісту фахових дисциплін та методики викладення матеріалу. Студента-землевпорядника потрібно зацікавити, змусити логічно опрацьовувати інформацію, розуміти і застосовувати її на практиці, добиваючись ефективного результату,

сформувати достатній рівень компетентності землевпорядних кадрів, забезпечивши його подальший розвиток в цілому.

Висновки до розділу 2.

Топографічні карти знайшли широке застосування. За їх допомогою вирішують багато економічних завдань. Точні карти також є незамінними в будівельній справі: при зведенні будинків, прокладенні наземних доріг і ліній метрополітену, спорудженні мостів. Коли освоюють нові землі, шукають корисні копалини, складають прогнози погоди, масштабні карти є головним інструментом у роботі. За картою показують напрямки пересування на суші, в повітрі та на морі.

Важливим інструментом наукового пізнання є топографічна карта. Її застосовують у туристичних подорожах і наукових експедиціях. За допомогою топографічної карти можна оцінити географічне положення, лінійні розміри та площі об'єктів, вимірювати відстані між ними, встановлювати абсолютні висоти точок і перепади висот між ними, розраховувати крутизну схилів. У підсумку топографічні карти використовують для створення різноманітних тематичних карт. Географія має спеціальний картографічний метод вивчення навколишнього середовища.

Питання державної регіональної політики потребують використання різних методів дослідження для обґрунтування довгострокових планів розвитку України в цілому та її регіонів. Саме тому розробка методології картографування тих чи інших явищ, їх територіального поширення та розвитку є актуальною проблемою не лише для картографії як науки, а й для держави в Україні загалом.

РОЗДІЛ III. ОСОБЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ ПРИВ'ЯЗКИ РАСТРУ ПРОДУКТУ QGIS

3.1 Використання топографічної карти в цілях геодезичного забезпечення території досліджень

На сьогоднішній день неможливо оцінити просторовий розподіл станцій Державної геодезичної служби та дослідити геодезичне забезпечення території на сайті Державної геодезичної служби України, тому що сайт є закритим для внутрішнього користування. Відтак, топографічні карти та дані про розташування на них пунктів Державної геодезичної служби можуть бути використані як альтернативне джерело.

При підготовці дипломної роботи було здійснено імпорт растрової топографічної карти масштабу 1:100 000 з інтернет-джерел (наприклад, <http://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-genshtaba>).

Для цього необхідно запустити QGIS, сформувати новий проект або відкрити попередньо створений. У вкладці меню Плагіни натисніть Керування та встановлення плагінів. У відкритому вікні на вкладці Всі введіть назву плагіна QuickMapServices і викачайте його з інсталяцією. Далі в меню інструментів буде створено додатковий інструмент з такою ж назвою



. Перший з трьох присутніх інструментів дає можливість додати геодані OpenStreetMap, яку надалі можна використовувати як підложку.

Відкрийте модуль прив'язки (Растр / Прив'язка).

Загрузіть растрове зображення, яке слід прив'язати, у відповідне діалогове вікно Georeferencing (Прив'язка до місцевості). Натисніть кнопку Додати точку (Add point), аби створити точку прив'язки на карті. У відкритому вікні введіть значення координат опорних точок. Координати можуть бути відомими з довідників геодезичних пунктів, які є на карті, або ж

це можуть бути вершини координатної сітки, які візуально визначаються на карті, тощо.

Щоб прив'язати карту до місцевості, треба лише 4 координатні точки. Вони розташовуються якомога ближче до кутів карти - на точках перетину ліній кілометрової сітки. По краях карти вказані значення координат кілометрових ліній у кілометрах (наша система координат - метрична, тобто значення на карті скорочується в тисячу разів, до трьох нулів). Для того, щоб отримати координати в метрах, беремо значення, відокремлені вертикальною лінією 54 | 28, множимо на 1000 і отримуємо координату $X = 5428000$. Для горизонтальної лінії, що позначена 53 | 54, отримуємо координату $Y = 5354000$. За інструментом виділяємо мишею точку перетину цих ліній, у вікні, що з'явилося, вводимо значення вручну (Рисунок 3.1).

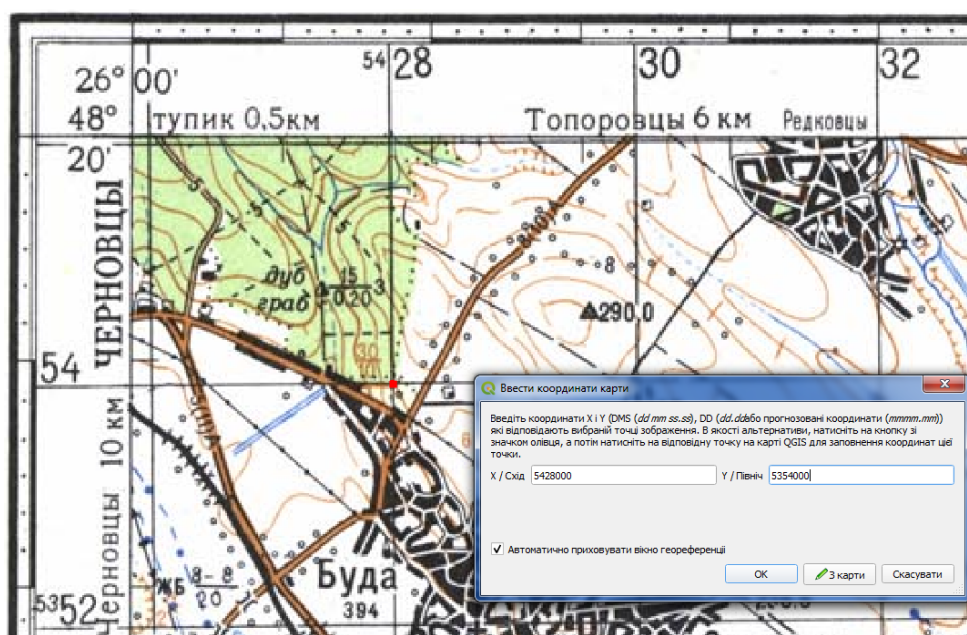




Рис. 3.1 Введення координат точки для прив'язки топографічної карти

Створивши 4 точки прив'язки, зберігаємо їх () у файл. Якщо придивитися до введених координат, можна помітити, що це 4 комбінації одних і тих же значень $\min X$, $\max X$, $\min Y$, $\max Y$. Це знання дозволяє контролювати правильність роботи.

Необхідно задати параметри трансформації () (Рис. 3.2).

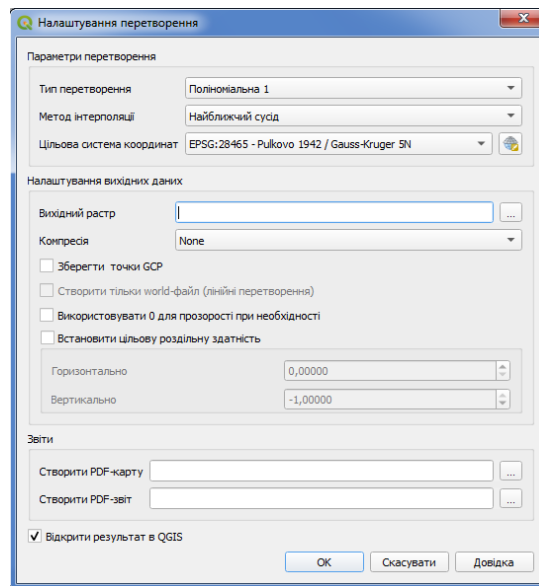


Рис. 3.2 Вигляд вікна налаштувань перетворення та прив'язки растру

Додавання точок може покращити точність прив'язки, але додавання кожної нової точки також призведе до збільшення загальної похибки.

Ви також можете контролювати точність кожної точки у основному вікні мапи. Для перетворення доступні наступні варіанти перетворення:

- лінійний - призначений для створення файлу географічної прив'язки (світового файлу). Його відмінність від інших алгоритмів полягає в тому, що він фактично не трансформує растр. Такий метод не підійде для географічної прив'язки відсканованих матеріалів;

- Helmert - здійснює прості перетворення масштабування та обертання;

- поліноміальні перетворення 1-3 порядків - одні з найбільш поширених, зокрема, перетворення 2-го порядку, яке поряд з розтягуванням зображення дозволяє здійснювати його викривлення. Поліноміальне перетворення 1-го порядку (афінне) дозволяє зберігати колінеарність (паралельність) і дає змогу масштабувати, зміщувати та обертати вихідне зображення. Взагалі, чим вищий порядок полінома, тим сильніша трансформація оригінального растра і тим більше мінімально потрібних опорних точок;


Translated with DeepL.com (free version)

- Тонкопластинчастий сплайн (TPS) - це сучасніший метод трансформації, який передбачає локальні трансформування даних, щоб "підігнати" їх до прив'язки до опорних точок (аналог методу "гумового листа"). Такий алгоритм добре показав себе при зв'язуванні неякісних вихідних матеріалів;

- проєкційне перетворення - лінійний поворот і зсув координат.

Рекомендується перед виконанням трансформації проводити оцінку ефективності кожного методу на підставі значень Помилки трансформації, яка автоматично підраховується в таблиці точок (окремо для кожної точки і сумарно): чим вона менша, тим ліпше. Похибки перетворення геоприв'язки візуально показуються в правому нижньому куті.

Виберіть Тип перетворення - Поліном 1. Задайте ім'я растру, що трансформується. Система координат має бути такою - Pulkovo1942/Gauss-Krugerzone 5 EPSG:28405. Похибка трансформації прив'язки повинна бути не більше 4. Також слід позначити прапорець Відкрити результат в QGIS і натиснути кнопку ОК.

Виконати прив'язку (ректифікацію) (). Якщо ректифікація пройшла нормально, у вікні карти відкриється прив'язана растрова карта, а у вікні **Шари** – ім'я новоствореного шару (Рис.3.3). Вікно прив'язки растру закриваємо.

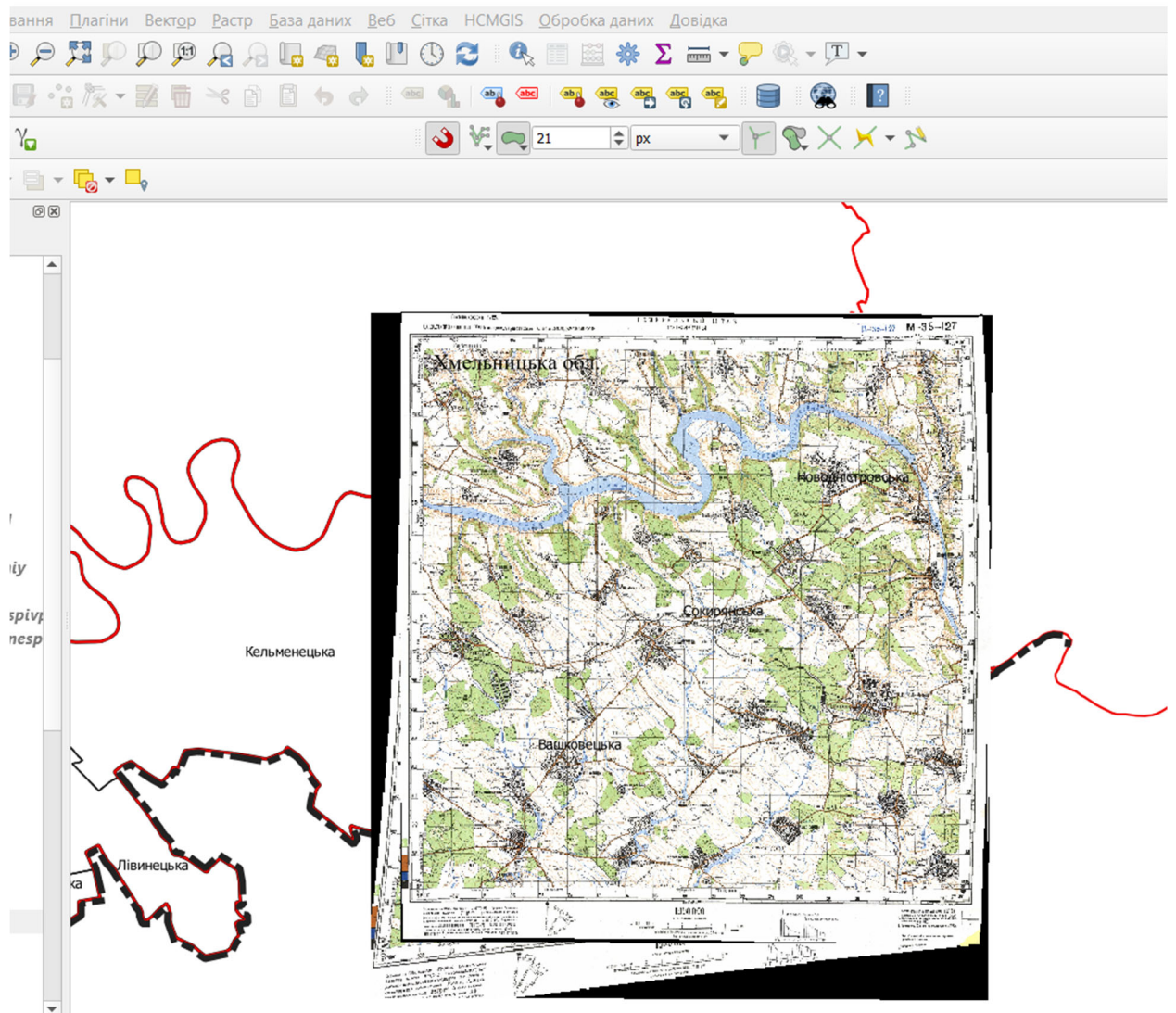


Рис.3.3 Вікно шарів з прив'язаною топографічною картою

Потім слід налаштувати зображення карти в QGIS (Шар / Властивості шару). Зніміть чорний колір по периметру геоприв'язаної карти: перейдіть у вікно Layer Properties (Властивості шару), де на сторінці Transparency (Прозорість) у блоці No data value (Без значення даних) у полі Additional value (Додаткове значення) поставте 0, натисніть ОК.

Мапи з прив'язкою в проекції Гаусса-Крюгера варто про всяк випадок зберегти. Але для подальшої роботи їх потрібно перетворити в проекцію UTM. Щоб оцінити коректність операції зміни проекції, можна використати дані підкладки OpenStreetMap, яка має проекцію UTM WGS 84 / Pseudo-MercatorEPSG:3857.

Для роботи необхідно налаштувати середовище для проектування - виберіть Проект - Створити проект. У вікні властивостей (Проект / Властивості проекту / Система координат) зі списку картографічних проекцій обираємо WGS 84 / Pseudo-Mercator EPSG:3857 і підтверджуємо вибір кнопкою ОК.

Здійсніть репроекцію карти з системи Pulkovo1942/Gauss-Krugerzone 5 EPSG:28405 в систему UTM WGS 84 / Pseudo-Mercator EPSG:3857 (Растр / Проекції / Репроекція). У віконці Rendering (Візуалізація) виберіть Вихідний файл (попередньо прив'язану топографічну карту) з розширенням .tif). Зазначте місце знаходження і нове ім'я (наприклад, UTM.tif) для переробленого файлу. У вікні Вихідна система координат перевірте, чи встановлено систему Pulkovo1942/Gauss-Kruger zone 5 EPSG:28405. У вікні Цільова система координат оберіть систему WGS 84 / Pseudo-Mercator EPSG:3857 у розділі Картографічні системи (Малюнок 3.4).

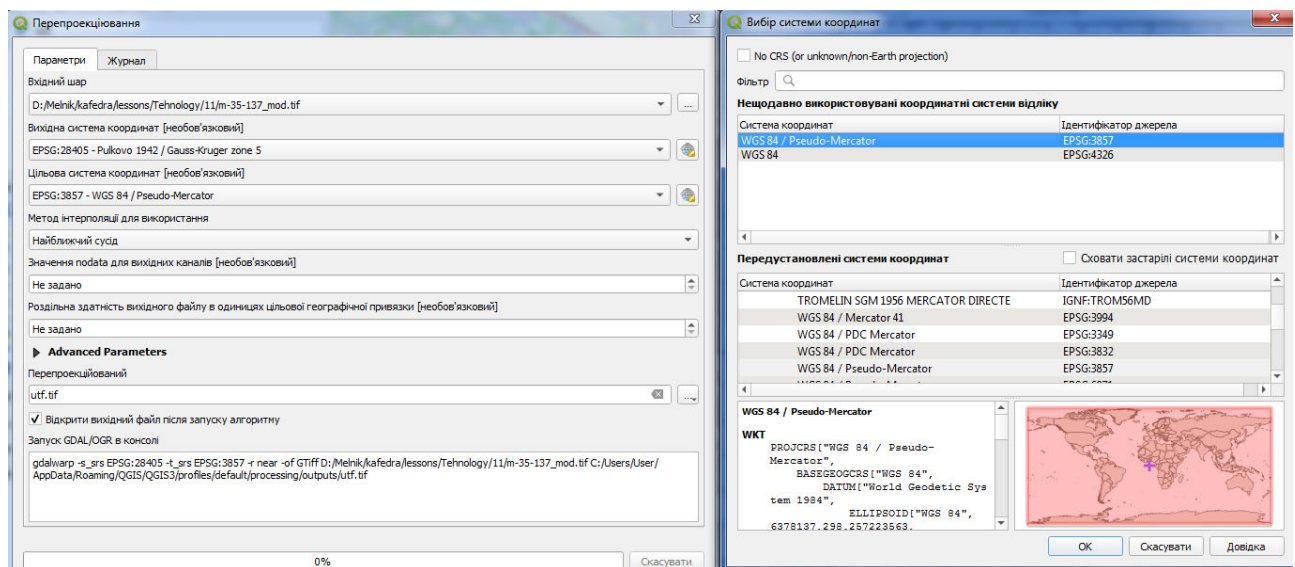


Рис. 3.4 Вікно налаштувань перепроєкціонування

Перевірити результати редизайну можна таким чином. Розгорніть OpenStreetMap і покладіть його під мапу. Відкоригуйте шар топографічної карти: на сторінці Прозорість у вікні Властивості шару посуňte повзунок рівня приблизно до 40%, ОК.

Розглядаючи зображення у великому масштабі, ви бачите, що контури геооб'єктів OpenStreetMap відтворюють розмиті контури об'єктів на топографічній карті. Це значить, що редизайн було виконано вірно.

3.2 Аналіз методів перетворення растру програми QGIS для геодезичних цілей

В QGIS трансформація растру складається з наступних кроків: Введення геодезичної системи координат - це перший крок у підготовці до векторизації. Для роботи з растровим зображенням або друкованою картою необхідно вказати декілька опорних точок і їх координати.

Врахування деформації растру (відбувається трансформація при якій растр змінює своє положення). Метою трансформації растру є усунення цих деформацій. Більшість методів трансформації растрових зображень дають можливість отримати набір параметрів трансформації за набором опорних точок. При цьому одержані параметри дозволяють виконувати трансформацію з певною помилкою. В результаті зображення рівномірно “сідає” на опорні точки з точністю до вказаного допуску.

У середовищі сучасних повнофункціональних геоінформаційних систем виділяють наступні методи растрового перетворення:

- конформне перетворення Гельмерта;
- афінне перетворення - поліном 1-го порядку;
- інтерполяційні поліноми 2-го та вищих порядків;
- проекційні методи;
- інтерполяція кубічними сплайнами;
- метод скінченних елементів.

У використаному в даній роботі програмному продукті ГІС - QGIS при географічній прив'язці растрової інформації існують методи растрового перетворення (рис. 3.5): лінійний, Гельмерта, поліноміальний 1,

поліноміальний 2, поліноміальний 3, сплайновий, проективний.

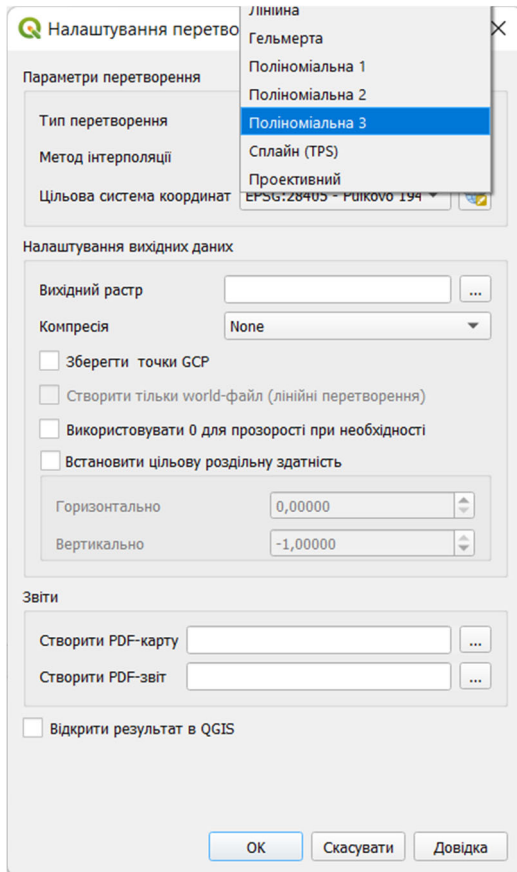


Рис.3.5 Вигляд вікна налаштувань трансформації растрового зображення ГІС QGIS.

Мета цієї роботи - прив'язати растрове зображення до місцевості, застосувавши різні методи трансформації, і вибрати найвдаліший з них. Відповідно до того, скільки наземних контрольних точок захоплено, можуть бути застосовані різні алгоритми перетворення. Крім того, вибір алгоритму трансформації визначається типом і якістю вхідних даних, а також кількістю геометричних спотворень, які ви хочете привнести в кінцевий результат.

У геодезичних вишукуваннях в якості растрової основи часто застосовують топографічні карти різних масштабів. Саме на основі такої растрової інформації і було прийняте рішення проводити цей аналіз. Окрім того, точність растрового перетворення для цілей геодезії можуть оцінити точкові об'єкти ЦМР, які володіють точними просторовими ознаками свого місцезнаходження.

Аркуш карти масштабу 1:100 000 з номенклатурою М-35-127, що покриває східну частину Дністровського району Чернівецької області (Сокиряни), був імпортований з інтернет-ресурсу.

Саме тому для території, що охоплена цим аркушем топографічної карти, були створені точкові об'єкти пунктів ДГМ (рис. 3.6). Об'єкти обмежені рамкою топографічної карти та межами Чернівецької області.

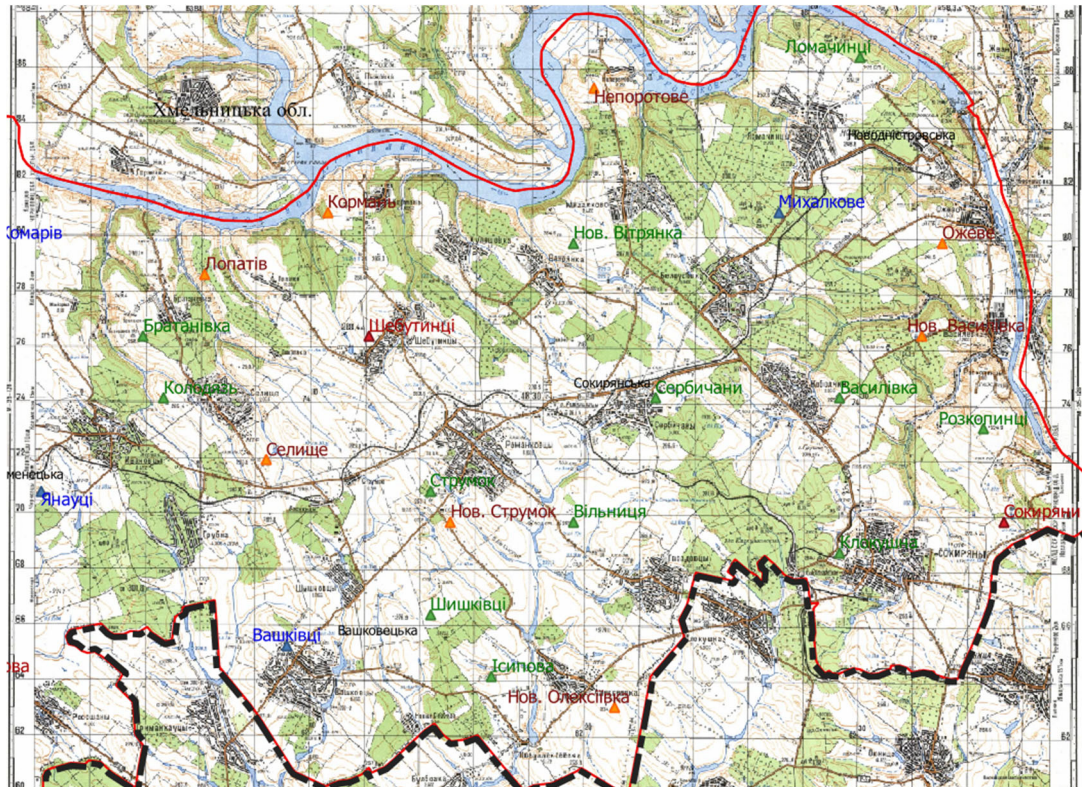


Рис. 3.6 Аркуш карти номенклатурою М-35-127 з виокремленими пунктами ДГМ

Отже, у східній частині Дністровського району Чернівецької області, яка покривається аркушем карти номенклатури М-35-127, виявлено наступні пункти ЗПМ (дані з сайту Державної геодезичної служби):

- 1 клас - 2 одиниці;
- 2 клас - 3 одиниці;
- 3 клас - 12 пунктів;
- геодезична мережа згущення - 8 пунктів.

Через те, що всі класи пунктів ДГМ були ідентифіковані в границях межового листа та з ціллю охоплення всієї ділянки, подальші дослідження будуть проводитись на пунктах 1-го класу Шебутинці, Сокиряни, 2-го класу Янауці, Михалкове, 3-го класу Ломачинці, Сербичани.

Відповідно до попереднього опису геоприв'язки було обрано чотири опорні точки та лінійний тип трансформації. Лінійний алгоритм застосовується для формування загального файлу і відрізняється від інших алгоритмів тим, що насправді не трансформує растр. Цей алгоритм був би недостатній, якби ми мали справу зі сканованим контентом. За цією методикою ми виділили 4 опорні точки по краях вказаного аркуша. Зафіксована під час прив'язки похибка склала 4 одиниці, що відповідає допустимій похибці.

Метод Гельмерта виконує обертання растрового зображення, його плоскопаралельний зсув по осях X і Y , а також масштабування, при якому масштабні коефіцієнти по осях рівні. Для трансформування інтерполяційним методом необхідно і достатньо визначити параметри за 2-ма опорними точками. Для трансформації апроксимацією число опорних точок має бути більш ніж 2, а кількість вимірювань надлишкових точок дорівнює $2n-4$. Трансформації цим методом зазвичай проводяться у випадку невеликої кількості суміщених точок і не можуть дати високої точності. З цієї причини ми застосували 4 опорні точки по краях аркуша карти. Похибка становила 5 одиниць.

Під час використання методу полінома 1-го порядку було взято 4 опорні точки з похибкою 0. Методом поліноміального трансформування 2-го та 3-го порядку здійснюється нелінійне перетворення однієї плоскої фігури в іншу. Для знаходження інтерполяційного полінома другого порядку достатньо визначити параметри проєктивного перетворення за 6 опорними точками. При побудові апроксимаційного полінома другого порядку необхідна наявність більш ніж 6 опорних точок, а також кількість зайвих вимірювань має становити $2n-12$. Для створення інтерполяційного полінома третього порядку достатньо визначити параметри проєктивного перетворення за 10 опорними даними. Апроксимаційний поліном третього порядку побудовано за більш ніж 10 опорними точками, а кількість надлишкових вимірювань має бути $2n-20$.

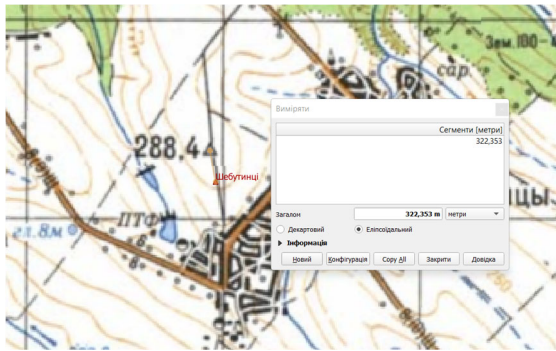
Перетворення растру методами побудови поліномів другого або третього ступеня проводиться за наявності істотних нелінійних спотворень

растрового растра і великої множини опорних точок, оскільки застосування інтерполяційного полінома часто не забезпечує достатньої точності перетвореного растрового растра. Спотворення поблизу опорних точок виправляються найкраще. Отже, відповідно до цих вимог ми здійснили прив'язку до 6 і 10 точок, розміщених як на краях аркуша, так і в центральній частині. При використанні методу полінома 2-го порядку похибка склала 4 одиниці, а при застосуванні методу полінома 3-го порядку похибка склала 3 елементи.

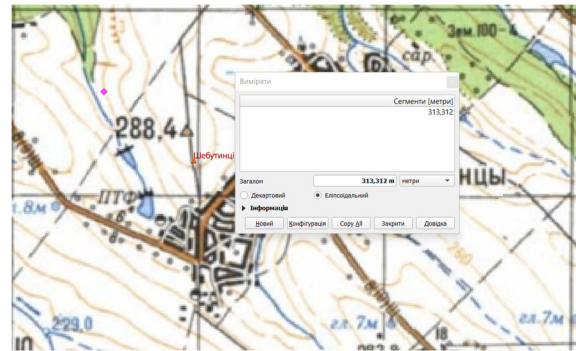
Метод кубічної сплайн-інтерполяції надає зв'язок між точками та об'єктами завдяки розтягуванню, стисканню або зміні напрямку з'єднувальних ліній. Метод оптимальний для локальної, а не загальної точності. Він ґрунтується на сплайн-функції як кусково-поліноміальному поліномі, що характеризується найменшою кривизною. Сплайн-перетворення точно узгоджує першу (початкову) і останню (кінцеву) опорні точки. Цей метод вимагає мінімум 10 опорних точок, які були застосовані в цій роботі. Кубічний сплайн не має осциляції (наростання коливань) на краях границь функції, як поліном. Похибка становила 4 одиниці.

За допомогою методу проєктивного трансформування одна пласка фігура переходить в іншу. Для перетворення методом інтерполяції необхідно і достатньо визначити показники проєктивного перетворення за допомогою 4 опорних точок. А для перетворення методом апроксимації проєктивного перетворення число контрольних точок має бути більше 4, а кількість надлишкових вимірювань - $2n-8$. Тому ми взяли 10 опорних точок, як і в методі сплайнів та поліномів 3-го класу. Похибка склала 0.

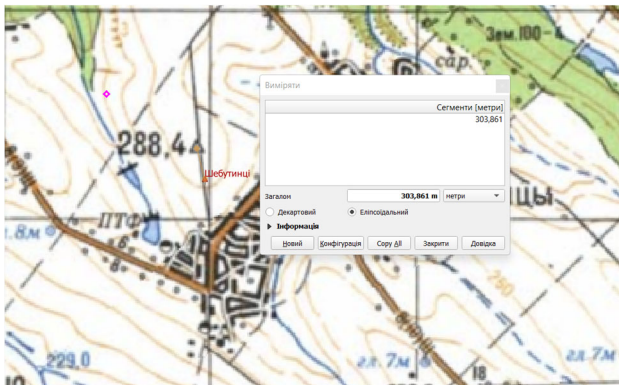
Метод проєкційного перетворення зазвичай застосовують до растрових зображень, які мають значні спотворення, головним чином проєкційного характеру, а також до даних, отриманих з аерофотознімків (рис. 3.7).



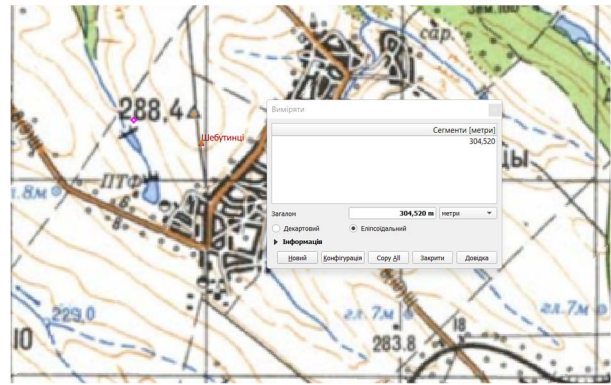
А



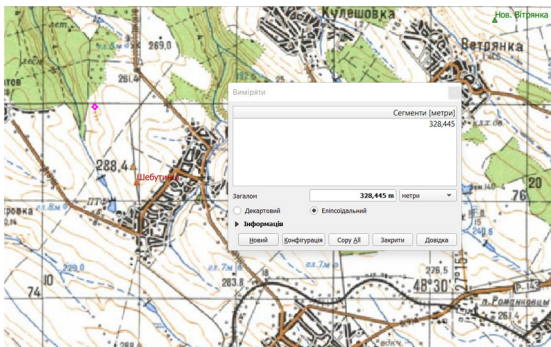
Б



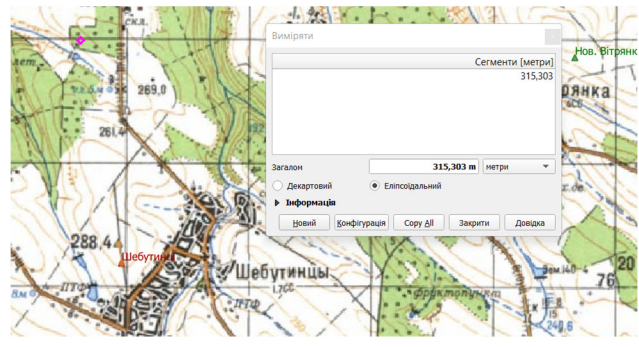
В



Г



Д



Е

Рис. 3.7 Застосований метод трансформації прив'язки растрового зображення: А – лінійний, Б – поліноміальний 3-го порядку, В – поліноміальний 2-го порядку, Г – проективне перетворення, Д – сплайном, Е – Гельмерта

Відповідно до досліджень [Калита М. Збір просторових даних методом векторизації. Науково-виробничий центр "Геоматика"], обрання кількості контрольних точок визначається насамперед призначенням корекції та значеннями похибок для кожної конкретної точки, які були отримані під час реєстрації знімка. При кілометровій сітці в цьому випадку в ідеалі контрольні точки мають бути розставлені в шаховому порядку плюс точки в кутах кадру

(20 точок). Отже, кожен перетин рамки, який не має контрольної точки, буде, в свою чергу, перехресно контролюватися суміжними точками. Майже для будь-якої карти достатньо 9-12 точок для незначних перевищень допустимої похибки (рис. 3.8).

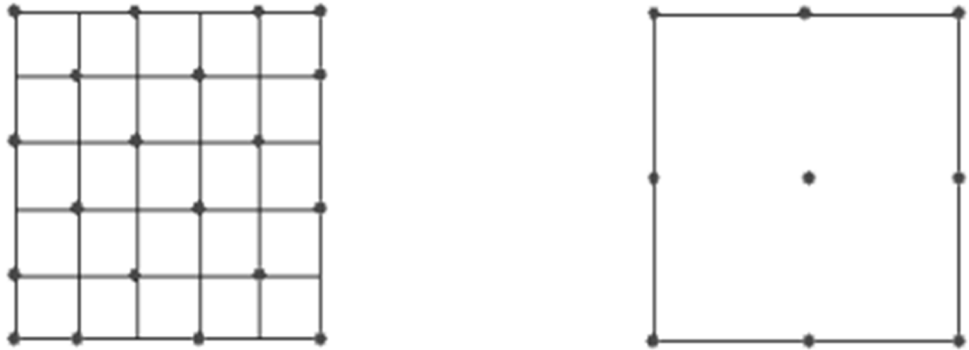


Рис. 3.8 Оптимальна кількість контрольних точок для планів (зліва) на основі координатної сітки та достатня кількість для будь-якої карти (справа) при малих спотвореннях

У нашому дослідженні, якщо було використано 4 опорні точки, їх розмістили по краях аркуша по всій площині. А якщо 6 або 10, то їх додатково розташовували симетрично одна по відношенню до одної в центральній частині. Ми намагалися таким чином покрити весь аналізований аркуш паперу.

Зведена інформація про отримані результати подається в таблиці (табл. 3.1) з послідуочим її аналізом та узагальнюючими висновками і порадами.

Таблиця 3.1

Характеристика використання різних методів трансформації прив'язки растрового зображення ГІС QGIS

№	Пункт ДГМ	Клас	Застосований метод трансформації прив'язки растрового зображення
---	-----------	------	--

			Лінійний	Поліноміальний 3-го порядку	Поліноміальний 2-го порядку	Проективне перетворення	Сплайном	Гельмерга	Поліноміальний 1- го порядку
			Відстань між векторизованим пунктом ДГМ та прив'язаним на растровій основі, метри						
1	Шебутинці	1	322,3	313,3	303,9	304,5	328,4	321,4	315,3
2	Сокиряни	1	633,1	592,7	556	571	571,2	639,2	582,8
3	Михалкове	2	524,4	507,7	527,3	512,9	514,8	524,3	516,7
4	Янауці	2	241,4	89,4	91,6	89,9	89,9	122,4	89,5
5	Сербичани	3	370,9	497,1	483,8	492,5	500,1	486,3	486,3
6	Ломачинці	3	665,1	572,2	561,3	579,6	582,3	575	579,8

Отож, як показав аналіз виконаного експерименту, між сімома застосованими методами геоприв'язки растрових зображень мають місце різні показники відмінностей відстаней між векторизованими точками ЦМР та точками на растровій основі.

Червоним кольором, згідно зі статистичною характеристикою, запропонованою в таблиці 3.1, виділено відстані, які є мінімальними в розрізі запропонованих методів. Тобто, обрані індикатори для таких методів дають найкращий, найближчий результат зв'язування растрових та векторних точок, а тому їх застосування є більш прийнятним при виконанні такої задачі в середовищі програмного продукту QGIS.

Найменші відстані між векторними та растровими точками ЦМР у переважній більшості (4 з 6 точок) притаманні поліноміальному методу 2-го порядку. А саме, для точок 1-го та 3-го класів. Для точок ЦМР 2 класу найкраще збігається метод поліномів 3-го порядку, хоча порівнюючи з методом поліномів 2-го порядку, різниця між віддальми є незначною (менше 20 метрів), що може бути наслідком неточного положення точок прив'язки та роздільної здатності растрової прив'язки.

Обрання двох методів можливо також пов'язано зі зростанням кількості опорних точок до 6-10 порівняно з іншими способами, де кількість опорних точок складає 4. Це свідчить на користь попередніх результатів щодо охоплення великої площі картографічного аркуша, що досліджувався.

Ці умовиводи та рекомендації щодо користування методом поліномів 2-го та 3-го порядку при прив'язці аркушів карт для геодезичних цілей є актуальними при пошуку, виділенні, створенні векторів (точок) з растрової основи. Наступне буферизування довкола таких об'єктів надасть змогу точніше та об'єктивніше визначити території з недостатнім геодезичним забезпеченням.

Висновки до розділу 3.


На даний час немає можливості оцінити просторовий розподіл пунктів ДГМ та дослідити геодезичне забезпечення території на геопорталі Державної гідрометеорологічної служби України, адже він є закритим для службового користування. Отже, як альтернативне джерело можемо використати топографічні карти та дані про розміщення на них пунктів ДГМ. Проведено аналіз методів трансформації растру QGIS для геодезичних цілей. Виявлено, що в сучасних повнофункціональних геоінформаційних системах застосовують такі методи перетворення растрів

- конформне перетворення Гельмерта;
- афінне перетворення - поліном 1-го порядку
- інтерполяційні поліноми 2-го та вищих порядків;
- проекційні методи;
- інтерполяція кубічними сплайнами;
- метод скінченних елементів.

Імпортовано аркуш карти масштабу 1:100 000 з номенклатурою М-35-127, що покриває східну частину Дністровського району Чернівецької області (м. Сокиряни). Досліджено існування пунктів ДГМ. Було виявлено, у семи застосованих методах геоприв'язки растрових знімків різні значення відхилень у відстанях між векторизованими точками ЦМР та растровими точками. Найменші відстані між пунктами векторної та растрової ЦМР у більшості (4 з 6 пунктів) характерні для поліноміального методу 2-го порядку

РОЗДІЛ IV. ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ В ГЕОДЕЗІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ARCGIS

4.1 Прив'язка топографічної карти в ArcGIS

Три базові складові в ArcGIS це ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox. До перших двох можна ввійти через Пуск – усі програми – ArcGIS. До третьої складової через ввімкнений інтерфейс перших двох (Рис. 4.1) обравши необхідний за однойменною назвою інструмент ArcToolbox .

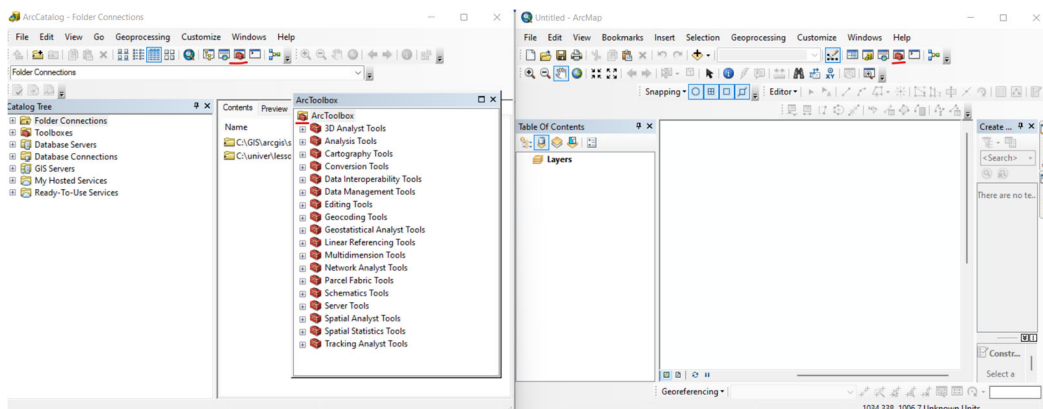



Рис. Вигляд полів ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox в ArcGIS

В ArcCatalog зберігаються геодані у базах даних, якісні зміни геоданих тут не можливі. Останнє можна здійснити в ArcMap, як і створення нових геоданих. В ArcToolbox відбувається обробка геоданих завдяки прописаним алгоритмам інструментів яких тут міститься декілька сотень.

Для ефективної роботи з геоданими є поширене використання баз геоданих, що мають ряд переваг над окремо збереженими розрізненими даними. Найкорисніші з них – зберігання різних класів геооб'єктів, конвертація, вказування доменів.

Перш за все потрібно визначитись з місцем (папкою) де геодані будуть зберігатись. В дереві ArcCatalog потрібно обрати інструмент Connect To Folder  та знайти і обрати папку, де буде зберігатись весь проект, геодані. Вибрана папка буде постійно присутня в деревовидному меню ArcCatalog (Рис. 4.2).

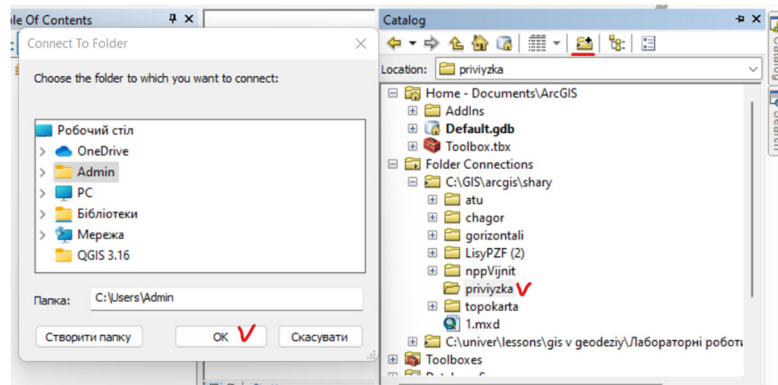


Рис. 4.2 Обрання папки для зберігання геоданих

Після цього необхідно створити базу даних обравши в дереві ArcCatalog потрібну папку та через контекстне меню обрати по черзі NEW-File Geodatabase, що дасть можливість створити базу даних з розширенням

 (Рис. 4.3 а).

Далі варто імпортувати дані до бази даних. У нашому випадку необхідно це здійснити для топографічної карти обравши в дереві ArcCatalog через контекстне меню бази даних Import – Raster Datasets (Рис. 4.3 б) та в новому вікні обрати необхідний файл (растр формату jpg) і підтвердити (Рис. 4.3 в).

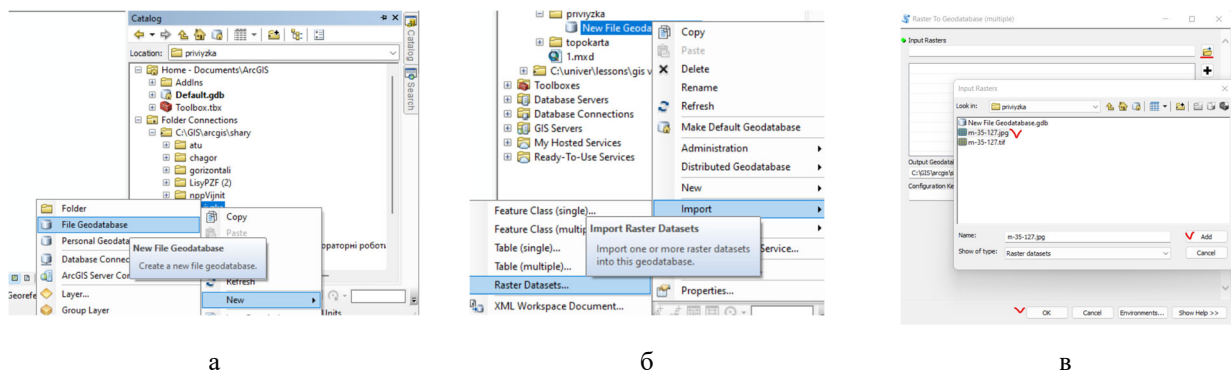


Рис. 4.3 Створення бази даних в ArcCatalog (а) та наповнення її даними (б-в)

Загалом геодані прив'язують двома головними способами. Перший – це прив'язка шляхом ручного введення значень координат, а другий спосіб – встановлення зв'язків між ідентичними точками, що потребують прив'язки і вже прив'язаними геоданими.

Згідно першого способу необхідно завантажити растр топографічної карти, яку необхідно прив'язати в створену базу геоданих ГІС продукту ArcGIS. Обов'язковим є підписання самого растрового файлу латинськими, а не кириличними літерами – у зв'язку з можливою несумісністю програмного продукту та растрів з кириличними підписами (на екрані ГІС візуалізується помилка).

Спочатку має бути присвоєння імпортованій карті координат. На растрі можна побачити, що система координат 1942 р. (Pulkovo 1942) (Рис.4.4)



Рис. 4.4 Система координат топографічної карти

Для визначення номера колони до якої відноситься карта потрібно значення довготи лівого кута поділити на 6 і додати 1 (6° це ширина однієї колони). $27/6=4,5+1=5,5$ тобто номер шуканої колони 5.

Потрібно присвоїти систему координат растру. В дереві ArcCatalog обираємо карту в банку даних та через контекстне меню обираємо Properties та в розділі Spatial Reference обираємо Edit та здійснюємо пошук необхідної системи координат. Шукана система є в папці Projected Coordinate Systems – Gauss Kruger – Pulkovo 1942 – Pulkovo 1942 GK Zone 5N. Перед тим як підтвердити вибір варто обрати у вікні вибору систем координат інструмент Add To Favorites – для того, щоб в майбутньому вибрана система координат завжди була у вкладці найвикористаніших. Після закінчення можна через властивості шару (Properties) ще раз перевірити обрану систему координат, середній меридіан (27), датум (Рис.4.5).

Spatial Reference		Edit...
XY Coordinate System	Pulkovo_1942_GK_Zone_5N	
Linear Unit	Meter (1,000000)	
Angular Unit	Degree (0,0174532925199433)	
False_Easting	500000	
False_Northing	0	
Central_Meridian	27	
Scale_Factor	1	
Latitude_Of_Origin	0	
Datum	D_Pulkovo_1942	

Рис. 4.5 Обрана система координат Pulkovo 1942 GK Zone 5N

Далі варто здійснити прив'язку топографічної карти ручним методом в ArcMap. Можна перетягнути або інструментом Add Data додати растр (карту) з ArcCatalog в ArcMap. Коли візуально з'явиться карта може іноді бути, що кольорова гама зображення не відповідає реальності (висвітлене чи нечітке зображення). Тому потрібно в списку шарів по назві топографічної карти обрати мишкою контекстне меню, зайти в Properties вибрати вкладку Symbology і в полі Stretch Type обрати None та Ок.

Для того, щоб задати площину необхідно 3 точки. Тому необхідно задати координатні значення трьох точок після чого програма самостійно далі визначатиме координати усіх наступних точок. Чим більше точок з координатами задати тим точніше буде прив'язана топокарта. Для введення координатних значень потрібна інструментальна панель Georeferencing. Її можна візуально побачити обравши на пустому полі інструментів ArcMap через контекстне меню.

Найзручніше здійснити прив'язку карти за прямокутними координатами, що підписані по кутах. В ArcGIS значення вертикальної осі є завжди - у, а значення горизонтальної осі – х. Значення прямокутних координат х відраховується із заходу на схід, а значення прямокутних координат у з півдня на північ. Варто знайти повні записи ліній кілометрової сітки, які стосуються кожної з ліній координат скороченої форми запису. Чотири числа характеризують відстань в км, а доавлення до них ще трьох чисел (нулів) характеризує відстань у метрах (Рис.4.6 а).

Так як, попередньо, ми вже вписали в налаштуваннях номер колони №5 вибираючи в системі координат зону №5 (Zone5N), то першу цифру координат (повний запис) по вісі х ми не пишемо (шестизначне число), а по вісі у пишемо (семизначне число).

Далі обрано першу точку для якої будемо вводити координати. Найлегше це зробити для точок, що знаходяться на лініях перетину ліній кілометрової сітки. На панелі приладів обираємо Georeferencing – Add Control Points і чим більше наближаємо зображення, щоб мишкою миші


найточніше вибрати перетин ліній кілометрової точки та лівою кнопкою мишки кладемо першу точку. Після цього правою кнопкою мишки через контекстне меню обираємо можливість ввести дані X і Y (Input X, Y) (Рис.4.6 б). Підтвердивши введення даних карта може зникнути, щоб знову її візуально побачити необхідно обрати інструмент Full Extent . Необхідно ввести координати ще як мінімум трьох точок.

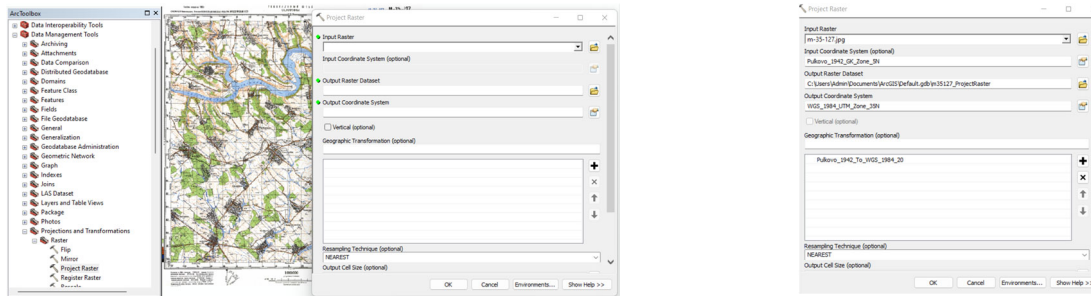


Рис. 4.6 Визначення прямокутних координат для перетину ліній кілометрової сітки (обведено червоним) – X=5502000, Y=5392000

По закінченню введення 4 точок наблизивши курсором до однієї з точок можна побачити зеленим хрестиком розміщення точки, яку ми поставили, червоним хрестиком розміщення точки за думкою програми, а синя лінія – відстань неспівпадіння - похибка, яка має бути чим меншою для підвищення точності. Якщо точка введена невірно то через Georeferencing обираємо View Link Table і значення для конкретної точки можна змінити або видалити. Якщо все введено вірно, то варто **обов'язково** через Georeferencing обрати Update Georeferencing.

Усі наступні операції з окремими шарами ми будемо здійснювати у системі координат WGS 84 тому попередньо прив'язану карту потрібно перепроєкціювати. Відкривши ArcToolbox обираємо Data Management Tools – Projections and Transformation – Raster – Project Raster (4.7а-б). В полі Input Raster обрати топографічну карту, вказати при необхідності систему координат та визначити шлях для збереження і назву новоствореного растру.

В полі Output Coordinate System необхідно вказати і обрати систему координат WGS 84 (ProjectedCoordinateSystems-UTM-WGS1984- Northern Hemisphere-WGS1984UTMZone35N). В кінці потрібно обрати спосіб координатного перетворення. Один з найточніших способів – Pulkovo1942-ToWGS-1984 – 20.



а

б

Рис. 4.7 Налаштування перепроєкціювання

4.2 Оцінка точності прив'язки топографічної карти

Під час здійснення прив'язки растру на етапі коли відбулось виокремлення точок прив'язки в ГІС ArcGIS в полі трансформація автоматично вибрано метод 1st Order Polynomial (Affine), хоча поле є активне і можна обрати інший метод трансформації растру.

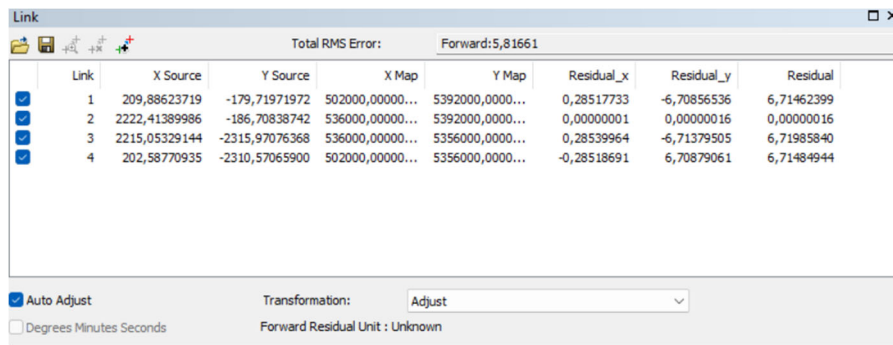
Вибір методу трансформації залежить від типу та якості вихідного растрового зображення, а також особливостей відображуваної території. Зокрема, для топографічних карт зазвичай використовують афінну трансформацію (1st Order Polynomial Affine), а для аерокосмічних даних на сильно розчленовану територію – трансформацію вищих поліномів чи адаптивну (Nst Oder Polynomial, Adjust, Spline).

У даному програмному продукті є можливість вибрати один з п'яти методів. Перший - POLYORDER0 — у цьому методі для усунення даних використовується поліном нульового порядку. Це часто використовується в ситуації, коли дані вже мають просторову прив'язку, але невеликий зсув краще вирівняє ваші дані. Для зміщення даних поліномом нульового порядку

необхідне лише одне посилання. При обрані цього методу візуалізація топографічної карти не є можливою для подальшого використання.

Другий метод також не дав позитивного результату через виділення для окремої точки занадто великої похибки в розміщенні. Третій метод дав хороший результат в плані величини похибки для кожної з точок, а також вдалого візуального відображення топокарти (на основі цього методу відбулась власне геоприв'язка топокарти, що розписано вище).

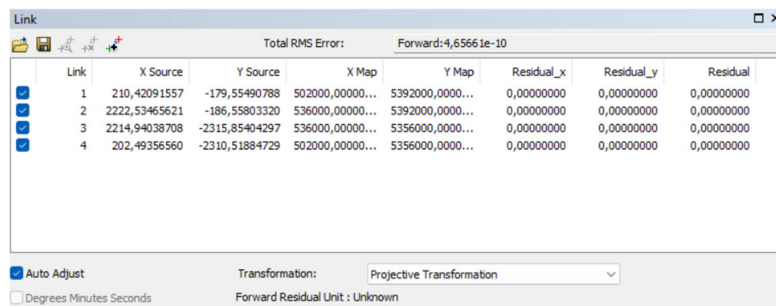
Четвертий метод ADJUST — цей метод поєднує методи поліноміальної трансформації з методами інтерполяції TIN (нерегулярної триангуляційної мережі), оптимізуючи глобальну та локальну точність (Рис. 4.8).



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
1	209,88623719	-179,71971972	502000,00000...	5392000,0000...	0,28517733	-6,70856536	6,71462399
2	2222,41389986	-186,70838742	536000,00000...	5392000,0000...	0,00000001	0,00000016	0,00000016
3	2215,05329144	-2315,97076368	536000,00000...	5356000,0000...	0,28539964	-6,71379505	6,71985840
4	202,58770935	-2310,57065900	502000,00000...	5356000,0000...	-0,28518691	6,70879061	6,71484944

Рис. 4.8 Візуалізовані координати точок прив'язки методом трансформації ADJUST

П'ятий метод PROJECTIVE — цей метод спотворює лінії так, що вони залишаються прямими. При цьому лінії, які були паралельними, можуть виявитися непаралельними. Проективне перетворення особливо корисне для знімків з перспективою, сканованих карток та для деяких продуктів для роботи зі знімками (4.9).



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
1	210,42091557	-179,55490788	502000,00000...	5392000,0000...	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	2222,53465621	-186,55803320	536000,00000...	5392000,0000...	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	2214,94038708	-2315,85404297	536000,00000...	5356000,0000...	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	202,49356560	-2310,51884729	502000,00000...	5356000,0000...	0,00000000	0,00000000	0,00000000

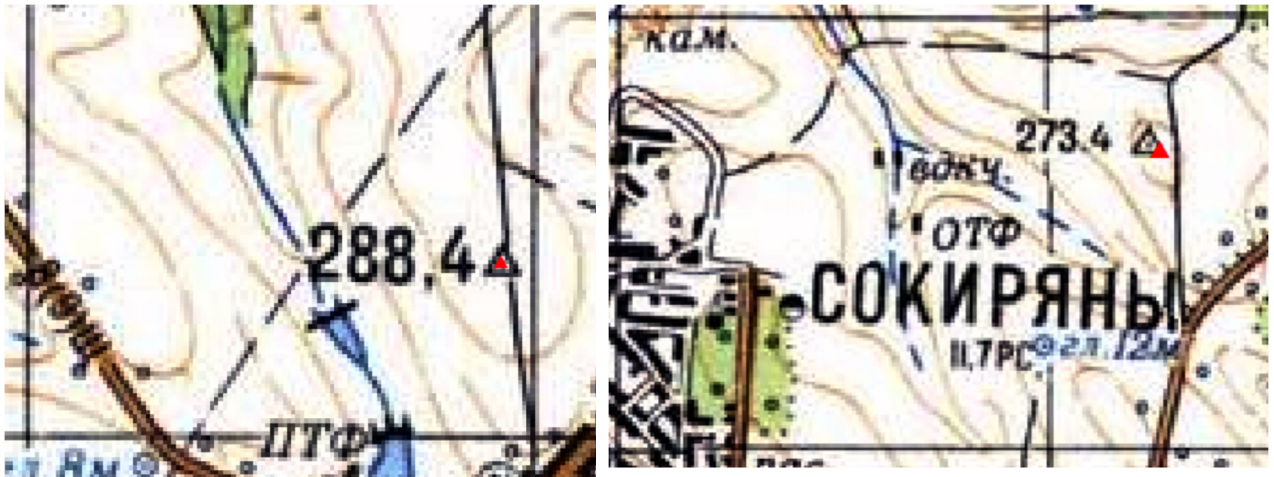
Рис. 4.9 Візуалізовані координати точок прив'язки методом трансформації PROJECTIVE

Як і у випадку з вибором трансформації в QGIS здійснено прив'язку топографічної карти трьома останніми методами

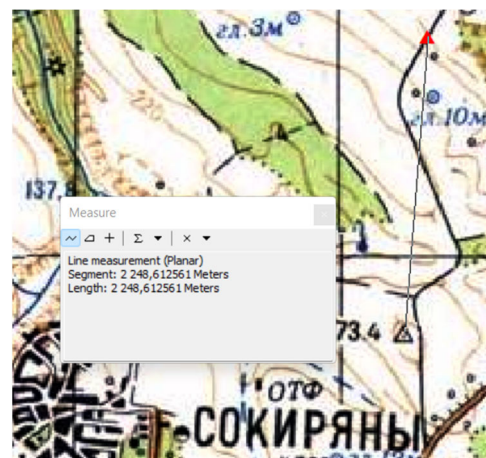
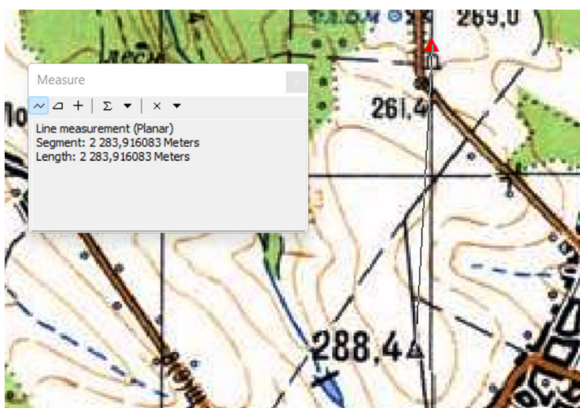
Одним із способів визначення вірної прив'язки топографічної карти є накладення поверх карти інших шарів для спільної території і визначення співпадіння геооб'єктів. Тут можна використати растровий космічний знімок, а також векторизовані тематичні шари. Останні дозволяють більш об'єктивно оцінити співпадіння. Зважаючи на точність створення векторизованих шарів по іншим растрам важливим є просторова характеристика таких геооб'єктів. В плані геодезичних спостережень на топокарті як геооб'єкти з високим показником точного місцярозташування, враховуючи для інших геооб'єктів генералізацію, можна використати пункти ДГМ. Відомо, що такі пункти 1-го класу мають найточніші просторові характеристики, тобто координати на топокарті. Тому обрано для спостережень 2 пункти 1-го класу Шебутинці та Сокиряни використаного аркуша топокарти.

Було створено точкові об'єкти пунктів ДГМ і окремо проаналізовано їх місцерозташування відносно цих же пунктів виявлених на топокарті (Рис. 4.10).

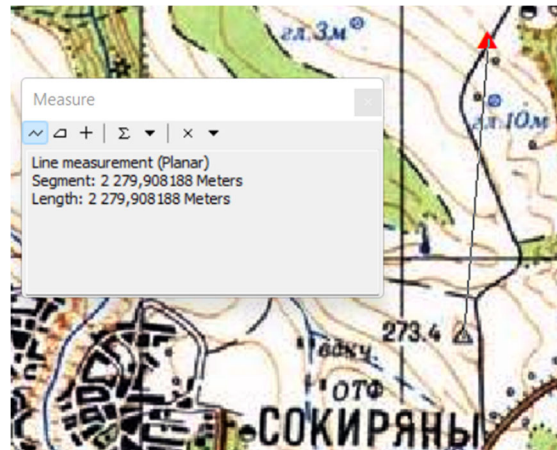
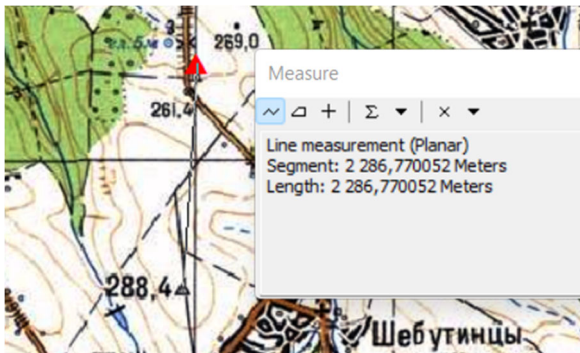
Як видно з рисунків, очевидним є найкраще використання методу 1st Order Polynomial Affine, співпадіння практично ідеальне між пунктами на карті і векторизованими. Інші методи використовувати для прив'язки топографічної карти використовувати неможна через суттєві відмінності між розташуванням об'єктів (відстань більше 2 км.).



а



б



в

Рис. 4.10 Застосований метод трансформації прив'язки растрового зображення: А – 1st Order Polynomial Affine, Б – ADJUST, В – PROJECTIVE

Висновки до розділу 4.

Здійснено прив'язку топографічної карти в ArcGIS та оцінено точність прив'язки. Встановлено, що вибір методу трансформації залежить від типу та якості вихідного растрового зображення, а також особливостей відображуваної території. Зокрема, для топографічних карт зазвичай використовують афінну трансформацію (1st Order Polynomial Affine), а для аерокосмічних даних на сильно розчленовану територію – трансформацію вищих поліномів чи адаптивну (Nst Oder Polynomial, Adjust, Spline).

У даному програмному продукті ArcGIS є можливість вибрати один з п'яти методів трансформації растру. Створено точкові об'єкти пунктів ДГМ і окремо проаналізовано їх місцезрештування відносно цих же пунктів виявлених на топокарті. Встановлено, що найкраще є використання методу 1st Order Polynomial Affine.

ВИСНОВКИ

1. Описано здійснення імпортування растрової топографічної карти масштабу 1:100 000 з інтернет джерела до ГІС: QGIS, ArcGIS. Розкрито теоретичну складову методів трансформації (лінійний, Гельмерта, поліноміальний 1-3 порядків, тонкостінний сплайн (TheThinPlateSpline - TPS), проєктивна трансформація) растрового зображення при його прив'язці. Проаналізовано методи трансформування растру ГІС в цілях геодезичного забезпечення. Приділено окрему увагу розмірам похибки при трансформації растру.

2. Імпортовано аркуш карти масштабу 1:100 000 номенклатурою М-35-127, що покриває східну частину Дністровського району Чернівецької області (Сокиряни). Створено точкові об'єкти пунктів ДГМ (дані з сайту Державної геодезичної мережі). Територію обмежено аркушем топографічної карти та межами Чернівецької області. Виявлено такі пункти ДГМ: 1 класу – 2 одиниці; 2 класу – 3 одиниці; 3 класу – 12 одиниць; геодезичної мережі згущення – 8 одиниць.

3. Проаналізовано вибір необхідної кількості опорних точок при прив'язці растру та їх вірного місцеположення в QGIS. При виборі у даному дослідженні 4 опорних точок, вони розміщувались по краям аркуша по всій площині. Якщо 6 чи 10, то додатково розміщувались симетрично один відносно інших в центральній частині. Таким чином намагались покрити весь досліджуваний аркуш крти.

4. Аналіз проведеного експерименту показав, що серед семи застосованих методів трансформації прив'язки растрового зображення існують різні показники відхилень величини відстані між векторизованими пунктами ДГМ та прив'язаними на растровій основі. Найменші відстані між векторними та растровими пунктами ДГМ в більшості (4 з 6 пунктів) характерні при використанні поліноміального методу 2-го порядку. Зокрема для пунктів 1 класу та 3-го класу. Для пунктів ДГМ 2-го класу краще

співпадіння характерне при використанні поліноміального методу 3-го порядку.

5. Проведено оцінку точності прив'язки топографічної карти в ARCGIS. Встановлено, що найкраще для прив'язки є використання методу 1st Order Polynomial Affine, співпадіння практично ідеальне між пунктами ДГМ на карті і векторизованими. Інші методи використовувати для прив'язки топографічної карти використовувати неможна через велику відстань між розташуванням об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белей Л. Децентралізація будить у звичайних громадян відповідальність за свою малу батьківщину / Л. Белей // Український тиждень. – 2014. – № 17–18. – С. 38–39.
2. Бондаренко Е. Л. Геоінформаційна схема картографування / Е. Л. Бондаренко // Часопис Картографії / Е. Л. Бондаренко. – Київ: "Обрії", 2011. – С. 58–63.17.
3. Бондаренко Е.Л. Створення віртуальних карт регіонів як один із способів Web-картографування // Картографія та вища школа. 2003. – №8. – С. 59-63.21.
4. Географічні інформаційні системи: Підручник / Мосов С.П., Тарасов В.М., Чорнокнижний О.А., Куковський С.А., Брезіцький Е.Ю. - К.: НАОУ, 2005 – 240 с
5. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрями розвитку. / [Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Ляшенко, А. І. Бочковська, А. П. Дишлик, В. С. Чабанюк, В. В. Путренко]; за ред. Л. Г. Руденка – Київ : Наукова думка, 2011 – 102 с.
6. Гуцул Т.В. Практикум з основ ГІС та геоінформаційного картографування: Навчально-методичний посібник / Т.В. Гуцул, Я.П. Скрипник. – Чернівці: ЧНУ, 2014. – 171 с.
7. Децентралізація та ефективне місцеве самоврядування : [навчальний посібник для посадовців органів влади та фахівців з розвитку місцевого самоврядування]. – К. : ПРООН/МПВСР, 2016. – 269 с.
8. Канівець О.М. Застосування ГІС-технологій в геодезії [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://repo.sau.sumy.ua/bitstream/123456789/2302/1.Pdf>
9. Ковальова В. Реформа місцевого самоврядування: замість держадміністрацій створять виконкоми обласних і районних рад / В. Ковальова // Урядовий кур'єр. – 2015.
10. Козаченко Т. І. Геоінформаційне картографування науки та

інноваційної діяльності в Україні / Т. І. Козаченко, Т. М. Курач // Вісн. геодезії та картографії. – 2004. – №3. – С. 32-43.

11. Колишко Р.А. Децентралізація публічної влади: історія та сучасні тенденції розвитку / Р.А. Колишко // Вісник КНУ. Серія «Міжн. відн.». – 2015. – Вип. 27. – С. 198.

12. Линьов К.О. Децентралізація та лінійність у державному управлінні : автореф. дис. канд. наук з держ. упр. / К.О. Линьов. – К., 2015. – 210 с.

13. Мінченко Р.М. Проблеми децентралізації державної влади і їх взаємодія з місцевим самоврядуванням в Україні / Р.М. Мінченко // Держава і право. – № 39. – с. 452.4.

14. Самойленко В.М. Основи геоінформаційних систем. Методологія: Навчальний посібник. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 276 с.

15. Скрипник Я.П. Основи геоінформаційних технологій. Методичні вказівки та завдання до практичних і лабораторних робіт – Чернівці: Рута, 2004. – 44с.

16. Третьяк А.М. Землевпорядне проектування: Теоретичні основи і територіальний землеустрій: Навч. Посібник. / А.М. Третьяк – К.: Вища освіта, 2006.- 528 с.

17. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем /В. Д. Шипулін. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.

18. <https://atu.gki.com.ua/ua/karta/>

19. <https://decentralization.gov.ua/>