

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

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

**СТВОРЕННЯ
ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ МІСЦЕВОСТІ ТА РЕЛЬЄФУ
В ЦІЛЯХ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ТЕРИТОРІЇ ЧАГОРСЬКОЇ
ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ**

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

Виконав:

студент_2 курсу, 628 групи
Мітітюк М.В.

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: Мітіюка М.В. - студента 2 курсу, 628 групи, спеціальності 193 "Геодезія та землеустрій" другого (магістерського) рівня вищої освіти на тему: " Створення цифрової моделі місцевості та рельєфу в цілях геодезичного забезпечення території Чагорської територіальної громади".

Створено цифрову модель місцевості та рельєфу для потреб геодезичного забезпечення території використовуючи ПС забезпечення QGIS та ArcGIS. Імпортовано векторизовані тематичні шари меж адміністративно-територіальних одиниць з сайту децентралізації до ПС продукту та оцифровано межі населених пунктів території Чагорської територіальної громади. Відображено засобами QGIS цифрову модель місцевості території Чагорської територіальної громади використовуючи дані SRTM.

Створено ЦМР методом оцифрування використовуючи ArcGIS та здійснено порівняння з попередньоствореною ЦММ завдяки пунктам ДГМ.

Ключові слова: ЦМР, ЦММ, геодезичне забезпечення.

ABSTRACT

Qualification work: Mityuka M.V. - 2nd year student, 628 group, speciality 193 "Geodesy and land management" of the second (master's) level of higher education on the topic: "Creation of a digital model of the terrain and relief for the purposes of geodetic support of the territory of the Chagorsk territorial community".

A digital terrain and relief model was created for the needs of geodetic support of the territory using GIS software QGIS and ArcGIS. The vectorised thematic layers of the boundaries of administrative-territorial units were imported from the decentralisation website to the GIS product and the boundaries of settlements of the Chahorska territorial community were digitised. The digital terrain model of the Chahora territorial community was displayed using QGIS

using SRTM data. A DEM was created by digitising using ArcGIS and compared with the previously created DEM using DGM points.

Keywords: DEM, DTM, geodetic support.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ I. ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЦММ.....	5
1.1 Цифрова модель рельєфу: термінологія, шляхи створення.....	5
1.2 Цифровий опис рельєфу.....	7
Висновки до розділу 1.....	15
РОЗДІЛ II. ВЕКТОРИЗОВАНІ ШАРИ ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦММ ТЕРИТОРІЇ ЧАГОРСЬКОЇ ГРОМАДИ.....	16
2.1 Фізико-географічна характеристика території досліджень.....	16
2.2 Імпортування тематичних векторизованих шарів території досліджень	19
Висновки до розділу 2.....	21
РОЗДІЛ III. ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТВОРЕННЯ ЦММ	22
3.1 Дослідження рельєфу території громади через створення ЦММ.....	22
3.2 Геоприв'язка топографічної карти масштабу 1:100 000 в цілях геодезичного забезпечення території досліджень	29
Висновки до розділу 3.....	35
РОЗДІЛ IV. СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ.....	36
4.1 Оцифрування горизонталей топографічної карти.....	36
4.2 Створення та налаштування ЦМР.....	44
Висновки до розділу 4.	50
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	53

ВСТУП

Актуальність дослідження. Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) використовують як основу під час створення сукупної інформаційної моделі про місцевість, а також вони мають самостійне значення для вирішення низки прикладних задач інженерного типу. Отже, питання точності побудови цифрових моделей рельєфу залишається актуальним.

Від методів апроксимації Волошенкоповерхні залежить точність побудови цифрових моделей рельєфу. Тому, виходячи із способів завдання вихідної інформації про рельєф, у результаті математичного моделювання поверхні рельєфу необхідно забезпечити мінімальні відхилення математичної моделі й реальної земної поверхні не лише в точках, що задають рельєф (вузьковихідної інформації), а й між ними.

При оцінці геодезичного забезпечення території, особливо при здійсненні проєктувальних робіт важливим є аналіз рельєфу. Останнє можна дослідити завдяки створенню цифрової моделі місцевості, що може бути відображена використовуючи ГІС на прикладі QGIS та ArcGIS. Через це запропонована тематика дослідження є актуальною сьогодні.

Метою даної роботи є створення цифрової моделі місцевості та рельєфу для потреб геодезичного забезпечення території використовуючи ГІС забезпечення QGIS та ArcGIS. Територією досліджень обрано об'єкт адміністративно-територіального устрою - Чагорську територіальну громаду Чернівецького району Чернівецької області.

Для досягнення поставленої мети запропоновано для розв'язання такі завдання роботи:

- 1) імпортувати векторизовані тематичні шари меж адміністративно-територіальних одиниць з сайту децентралізації до ГІС продукту та оцифрувати межі населених пунктів території Чагорської територіальної громади;
- 2) відобразити засобами QGIS цифрову модель місцевості території Чагорської територіальної громади використовуючи дані SRTM;

3) створити ЦМР методом оцифрування використовуючи ArcGIS та порівняти з попередньоствореною ЦММ завдяки пунктам ДГМ.

Об'єктом дослідження виступає рельєф у вигляді ЦММ та ЦМР території Чагорської територіальної громади Чернівецького району Чернівецької області в умовах децентралізації.

Предмет дослідження – особливості створення ЦММ завдяки SRTM та ЦМР методом оцифрування території досліджуваної громади.

Методологія і методи дослідження логічно пов'язані з метою, предметом і об'єктом дослідження та реалізацією поставлених наукових завдань. У запропонованому дослідженні застосовувалися конкретно-наукові та загальнонаукові методи пізнання. Із останніх застосовувався структурний, статистичний, метод узагальнення, логічний метод. Серед конкретнонаукових методів, варто відзначити картографічний і геоінформаційний (для створення планово-картографічних матеріалів), порівняльно-географічний.

Наукова новизна отриманих результатів. Внаслідок відображення засобами QGIS цифрової моделі місцевості використовуючи дані SRTM, а також створення ЦМР методом оцифрування використовуючи ArcGIS здійснено порівняння точності відображення рельєфу завдяки атрибутивним характеристикам пунктів ДГМ.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає в тому, що його результати та рекомендації можуть бути використані під час здійснення подібних досліджень. А використання ЦМР в порівнянні з ЦММ є більш об'єктивним при дослідженні геооб'єктів використовуючи цифрові моделі територій.

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Робота представлена на 57 сторінках формату А4. Список використаної літератури містить 21 найменування.

РОЗДІЛ I. ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЦМР

1.1 Цифрова модель рельєфу: термінологія, шляхи створення

Під цифровою моделлю рельєфу – ЦМР (в англійській науковій літературі – Digital Elevation Model, DEM, інколи – Digital Terrain Model, DTM, хоча останній термін не є точним, оскільки його дослівним перекладом з англійської мови є термін «цифрова модель місцевості») – у геоінформатиці звичайно розуміють цифрове подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі комірок заданого розміру (grid DEM) або нерегулярної трикутної мережі (TIN DEM). Ці дві форми подання ЦМР є в наш час взаємно конвертованими і мають практично однакові можливості щодо подання і аналізу рельєфу.

ЦМР містить інформацію про висоти певної місцевості без відображення об'єктів та рослинності. Щоб отримати детальну візуалізацію більш локальної ділянки, з деталізацією особливостей ландшафту (рослинність, споруди тощо) створюється ЦММ (цифрова модель місцевості). Процеси створення ЦМР та ЦММ дуже схожі. ЦМР передбачає аналіз великої (глобальної) ділянки земної поверхні, а ЦММ – детальний аналіз локальної земельної ділянки. Цифрова модель рельєфу (ЦМР) використовується для відображення рельєфу місцевості у горизонталях та побудови ортофотопланів.

Цифрові моделі рельєфу створюються шляхом обробки просторових даних, отриманих за допомогою безпілотників, топографічних карт, супутникової та космічної зйомки. ЦМР є математичним описом земної поверхні за допомогою сукупності розташованих на ній точок, зв'язків між ними і методу визначення висот точок, що належать області моделювання. Залежно від форми представлення вихідних даних у ЦМР їх можна поділити на три основні групи: з регулярним, нерегулярним розміщенням точок і комбінований. Регулярна ЦМР представляється у вигляді матриці рівномірно розташованих точок. Матриця рельєфу представляє собою таблицю, координатно прив'язану до місцевості у вигляді трикутників,

вершинами яких є знімальні пікетні точки. У осередках зберігаються значення висот, які відповідають або центру комірки, або середньому значенню висоти площі цієї комірки.

Така модель відома як DEM (Digital Elevation Model). Для її отримання використовують, як правило, нерегулярні моделі.

Перевагою матриці висот є можливість швидкого доступу до її елементів; недолік – великі обсяги збереженої та часто надмірної інформації. Нерегулярна ЦМР представляє собою мережу трикутників, чотирикутників, багатокутників та інших фігур, вершини яких -це нерегулярно розташовані очки на земній поверхні. Площини фігур повинні апроксимувати рельєф місцевості. Створення нерегулярної ЦМР передбачає визначення тривимірних координат вершин трикутників.

Існують досить ефективні методи перерахунку з однієї моделі до іншої. При перерахунку нерегулярної ЦМР в регулярну використовують інтерполяційні функції: поліноми, сплайни та ін.

Параметри математичної моделі обчислюють за вихідними точками нерегулярної ЦМР, а потім їх використовують для інтерполяції висот точок області моделювання регулярної ЦМР за плановими координатами.

Параметри математичної моделі обчислюють за вихідними точками нерегулярної ЦМР, які потім використовують для інтерполяції висот точок області моделювання регулярної ЦМР по їх плановим координатам.

Найбільше застосування в програмних комплексах отримала ЦМР на трикутниках довільної форми, яка називається TIN-моделлю (Triangulated Irregular Network), або моделлю на нерегулярній сітці. Модель TIN почала розроблятися на початку 70-х років ХХ століття.

Найбільше застосування в програмних комплексах отримала ЦМР на трикутниках довільної форми, яка називається TIN-моделлю (Triangulated Irregular Network), або моделлю на нерегулярній сітці.

1.2 Цифровий опис рельєфу

Державним підприємством “Науково-дослідний інститут геодезії і картографії”, Державного агентства земельних ресурсів України в 2014 році було розроблено стандарт у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності – База топографічних даних, правила цифрового опису рельєфу.

Стандарт установлює правила цифрового опису рельєфу в базі топографічних даних та містить вимоги до: видів, структури та складу цифрових моделей рельєфу в базі топографічних даних; якості цифрових моделей рельєфу; метаданих про цифрові моделі рельєфу.

Стандарт є складовою частиною комплексу стандартів “База топографічних даних” (далі – комплекс стандартів).

Цей стандарт застосовують під час: проектування і створення баз топографічних даних; розроблення технологій створення та оновлення цифрових моделей рельєфу; розроблення форматів обміну цифровими моделями рельєфу; формування метаданих для цифрових моделей рельєфу; узгодження між виробниками та користувачами вимог до змісту і якості даних цифрових моделей рельєфу; оцінки та сертифікації створених або модифікованих наборів топографічних даних, що містять цифрові моделі рельєфу; розроблення програмних засобів для наповнення і ведення баз топографічних даних та програмних засобів, що використовують бази топографічних даних або набори цифрових топографічних даних в геоінформаційних системах різного призначення.

Цей стандарт не використовують для стандартизації систем керування базами топографічних даних, а лише для стандартизації типів об’єктів та їх атрибутів, що підлягають реєстрації у базі топографічних даних.

Правила цифрового опису рельєфу у цьому стандарті подані незалежно від методів, технологій, технічних засобів та програмного забезпечення, що застосовують для створення та оновлення цифрових моделей рельєфу.

Застосування правил, визначених цим стандартом, не залежить від способів створення цифрової моделі рельєфу і технології наповнення й ведення бази топографічних даних.

Згідно з стандартом використано терміни та визначення позначених ними понять відповідно до ДСТУ 4220. Вертикальна точність цифрової моделі рельєфу (ЦМР) (vertical accuracy of DEM) - точність даних цифрової моделі рельєфу, що визначена за контрольними точками. Розрізняється поняття базової, додаткової та консолідованої вертикальної точності цифрової моделі рельєфу.

Базова вертикальна точність цифрової моделі рельєфу (fundamental vertical accuracy of DEM) – точність даних цифрової моделі рельєфу, що визначена за контрольними точками, розташованими на відкритій місцевості.

Додаткова вертикальна точність цифрової моделі рельєфу (supplemental vertical accuracy of DEM) – точність цифрової моделі рельєфу для інших категорій місцевості, наприклад, для лісових масивів.

Консолідована вертикальна точність цифрової моделі рельєфу (consolidated vertical accuracy of DEM) – точність даних цифрової моделі рельєфу, визначена за контрольними точками, розташованими як на відкритих, так і на покритих ділянках місцевості.

Горизонтальна точність цифрової моделі рельєфу (ЦМР) (horizontal accuracy of DEM) - точність визначення географічних (або прямокутних) координат точок, в яких подається значення висоти в цифрових моделях рельєфу.

Горизонтальна точність є одним з важливих показників якості цифрової моделі рельєфу, але вона регулюється вимогами до вертикальної точності цифрової моделі рельєфу. Якщо вимагається висока вертикальна точність цифрової моделі рельєфу, то, як правило, необхідно забезпечити і високу горизонтальну точність, тому що точність положення точок в плані, що описують цифрової моделі рельєфу, може значно впливати на точність

визначення висоти довільної точки в межах домену цифрової моделі рельєфу як моделі покриття.

Картографічна модель рельєфу (mapping terrain model, mapping elevation model) СОУ 71.12-37-948:2014 VII - сукупність ізогіпс (горизонталей та ізобат) – ліній, що з'єднують точки земної поверхні з однаковою висотою.

Комбінована поверхня (mixed surface) - поверхня, в якій поєднані різні типи поверхонь (наприклад, земної та батиметричної поверхонь з метою дослідження прибережних територій).

Метадані цифрового опису рельєфу (metadata of digital elevation model) Метадані – дані про дані, як сукупність відомостей про походження, призначення, час створення, просторову схему, систему відліку, якість та умови поширення цифрової моделі рельєфу.

Набір нерегулярно розташованих точок (mass points, irregularly spaced points) Множина тривимірних точок, розташування яких вибирають за умови забезпечення повноти й адекватності відображення найсуттєвіших особливостей та змін у формах рельєфу місцевості.

Перша відбивна поверхня (first reflective surface) - поверхня, що отримана за первинними даними дистанційного зондування і відображає відкриті ділянки земної поверхні та поверхню природних і штучних об'єктів місцевості.

Підстильна поверхня Землі (bare Earth surface) - поверхня, на якій розташовано або на фоні якої спостерігають об'єкти зондування.

Підстильна поверхня є результатом виключення природних (рослинних) та штучних об'єктів місцевості з першої відбивної поверхні. Ця поверхня Землі включає поверхню водойм, а не поверхню дна.

Покриття (coverage) СОУ 71.12-37-948:2014 VIII - набір даних або просторовий логічний об'єкт, що відображає функціональну залежність значення характеристики (атрибута) або множини характеристик (атрибутів)

для довільної точки обмеженої області простору покриття (просторового домену покриття).

Покриття – це сукупність геометричних об'єктів, що в загальному випадку подається вхідною множиною точок з вектором вимірних значень характеристик певних географічних полів, та функція інтерполяції або апроксимації, яка визначає значення характеристик географічних полів у довільній точці його просторового домену. Прикладами такого покриття є растрове зображення, полігональне покриття, TIN-модель або GRID-модель.

Покриття подане множиною точок певних вимірювань або відповідною TIN– чи GRID– моделлю забезпечує визначення в довільній точці простору, наприклад, значення висот земної поверхні, температури, тиску або вологості повітря на певну дату і час.

Просторовий модуль цифрової моделі рельєфу (spatial module of digital elevation models) - набір даних цифрової моделі рельєфу ділянки поверхні Землі, яка відповідає одному елементу регулярної прямокутної сітки, яку визначено для подання цифрової моделі рельєфу в базі топографічних даних або в наборі даних.

Сітковий просторовий індекс; GRID-просторовий індекс (GRIDspatial index) - регулярна сітка, що застосовується як спеціальна схема та відповідна структура даних для просторового індексування геометричних об'єктів у базі топографічних даних з метою підвищення оперативності доступу до бази даних при виконанні просторових запитів та просторових операцій з об'єктами бази топографічних даних.

Сіткова регулярна модель рельєфу; GRID-модель (GRID-model) Цифрове подання рельєфу, яке відповідає матричній моделі поверхні як множині значень висоти у вузлах регулярної сітки (GRID-модель вузлова) або в регулярно розташованих чарунках (комірках) однакового розміру та форми СОУ 71.12-37-948:2014 IX (GRID-модель чарункова).

GRID-модель є структурою для зберігання й оброблення даних про рельєф, оскільки містить матрицю значень висот у вузлах (чарунках) сітки,

крок сітки та координати початкового вузла сітки. В сучасних геоінформаційних системах GRID-модель, як правило, є похідною від TIN-моделі.

Структурна (орографічна) модель рельєфу (breaklines model) Цифровий опис сукупності структурних (орографічних) ліній, що визначають межі відносно різкої зміни ухилу поверхні.

За типом геопросторових об'єктів структурні лінії поділяють на орографічні лінії (Natural Breakline), які вказують на зміни ухилу природних об'єктів, наприклад, вододіли, тальвеги, брівки, підшви, уступи, сідловини тощо та структурні лінії штучних змін рельєфу (Artificial Breakline), наприклад, насипи, виїмки, греблі, бордюри доріг.

За ступенем зміни ухилу поверхні структурні лінії поділяють на "плавні структурні лінії" (soft breakline), які вказують на відносно плавні зміни ухилу поверхні, наприклад, осьові лінії шляхів, трубопроводи, плавні хребти, канали тощо, та "різкі структурні лінії" (hard breakline), що позначають стрімкі зміни ухилу поверхні, наприклад, круті хребти, брівки обривів, берегів тощо. Як правило, плавні структурні лінії в моделі подаються як 3D – лінії, а різкі як 2D лінії.

Триангуляційна модель рельєфу, TIN-модель (TIN of digital elevation model, Triangulated Irregular Network model) Фундаментальна структура даних, що найчастіше використовується для моделювання рельєфу покриттям у вигляді нерегулярної мережі трикутників, яку формують на основі нерегулярно розташованих тривимірних точок та структурних ліній рельєфу, описує топологічні відношення між геометричними об'єктами мережі (вузлами, сторонами і трикутниками) та, на відміну від інших моделей, без спотворення зберігає й адекватно відображає форми рельєфу місцевості, що задані вихідними наборами даних.

Цифрова модель рельєфу – цифрове подання рельєфу у вигляді тривимірного покриття.

ЦМР має подаватися такими моделями: набором тривимірних нерегулярно розташованих точок, триангуляційною нерегулярною моделлю (TIN-модель), регулярної сіткою висот (GRID-модель); сукупністю структурних (орографічних) ліній або ізоліній картографічної моделі рельєфу. В англomовній науково-технічній літературі розрізняють цифрову модель висот (digital elevation model, DEM) та похідну від неї цифрову модель рельєфу (digital terrain model, DTM) як сукупності похідних морфометричних показників.

Ці терміни, пов'язані частково з найменуванням та змістом американського стандарту на ЦМР (DEM), а також з багатозначністю терміну "terrain", що є також підставою для його тлумачення і використання DTM як цифрової моделі місцевості.

Процес цифрового моделювання рельєфу включає операції зі створення, оброблення, зберігання та використання ЦМР. Методи і алгоритми створення і оброблення ЦМР можуть бути застосовані до інших фізичних або статистичних рельєфів та/або інших географічних полів.

У базі топографічних даних ЦМР має забезпечувати актуальне, достовірне, точне та повне подання рельєфу у вигляді набору нерегулярно розташованих точок та структурних ліній, набору горизонталей, TIN-моделей та сіткової моделі як матриці висот (GRID-моделей).

Для створення ЦМР використовуються різні джерела вхідних даних, зокрема, для: рельєфу суходолу: існуючі топографічні карти, дані аерофототопографічного знімання (аерофотознімки), космічні знімки, дані лідарних знімачів та інші дані дистанційного зондування Землі, результати наземних топографічних знімачів, включаючи дані спостережень Глобальних Навігаційних Супутникових Систем та інших топографо-геодезичних методів; підводного рельєфу акваторій (батиметричної поверхні): морські навігаційні карти, дані промірних робіт, ехолотування, в тому числі з використанням гідролокатора бічного огляду; рельєфу поверхні та ложі

льодовиків: результати аерофотознімання, матеріали фототеодолітних та радіолокаційних знімків.

Цифрова модель рельєфу має бути придатною для застосування в ГІС, топографо-геодезичному і картографічному виробництві, наукових дослідженнях в інших сферах, пов'язаних із використанням даних про рельєф земної поверхні.

Оброблення ЦМР здійснюється з метою: СОУ 71.12-37-948:2014 XV інтерполяції висот в довільній точці місцевості; отримання похідних морфометричних або інших даних, включаючи обчислення кутів ухилу та експозиції схилів; побудови та аналізу зон видимості/невидимості; побудови тривимірних зображень; побудови поперечного та/або поздовжнього профілю; оцінки форми схилів через кривизну їх поперечного та поздовжнього профілю, вимірювану радіусом кривизни головного нормального перерізу або її знаку, тобто опуклістю/угнутістю поверхні; обчислення позитивних і негативних об'ємів; формування ліній мережі тальвегів та вододілів, що утворюють структурну модель рельєфу, структурних ліній або сепаратрис та інших особливих точок і ліній рельєфу: локальних мінімумів або западин та локальних максимумів або вершин, сідловин, брівок, ліній обривів та інших порушень "гладкості" поверхні, плоских поверхонь з нульовою крутизною; побудови ізоліній на множині значень висот або тривимірній моделі поверхні; автоматизації аналітичного "відмивання" рельєфу шляхом розрахунку відносної освітленості схилів при вертикальному, бічному або комбінованому освітленні від одного або декількох джерел світла; забезпечення ортотрансформування під час цифрового оброблення зображень.

Створення та оновлення цифрової моделі рельєфу в БТД має виконуватись із використанням програмних засобів, що забезпечують формування і перетворення ЦМР на основі вхідних даних з різних джерел, збереження моделей ЦМР та метаданих в БТД у відповідності з правилами цифрового опису ЦМР, викладеними в цьому стандарті, та підтримувати

експорт/імпорт даних в уніфікованих обмінних форматах. Для оцінки якості ЦМР база топографічних даних має включати засоби СОУ 71.12-37-948:2014 XVI автоматизованого контролю якості на множині визначених показників якості ЦМР.

На кожну ЦМР мають бути створені метадані, що містять інформацію про походження, призначення, час створення, просторову схему, систему відліку та якість ЦМР.

До описових елементів якості ЦМР належать відомості про особливі території, про які відсутні дані в ЦМР. Такі особливі території можуть бути двох типів: території, на які проектом не було заплановано проведення топографічних знімачь; Приклад: території поза межами області проектування об'єктів будівництва, великі водні поверхні, режимні об'єкти; території, на яких під час проведення топографічних знімачь виникли умови, які унеможливили їх проведення. Приклад: сильні пориви вітру або навігаційні помилки під час проведення аерофотознімання, хмарність під час проведення космічних знімачь. Відомості про ці особливі території, про які відсутні дані в ЦМР, мають бути надані в метаданих. Крім того, в метаданих повинні бути зазначені відомості про розташування ділянок, щодо яких немає впевненості про наявність достовірних даних ЦМР.

Висновки до розділу 1.

Рельєф є одним з найважливіших елементів змісту будь-якої карти, яка визначає особливості ландшафту. Розглянуто наявні моделі та методи побудови цифрових моделей рельєфу (ЦМР) з метою їх порівняльного аналізу на основі комплексування відкритих, загальнодоступних джерел інформації.

Наведено підходи побудови цифрових моделей рельєфу та розглянуто інформаційне забезпечення для їх створення.

Створення ЦМР значно спростить і підвищить їх рівень для використання в господарських цілях, а також для побудов карт та тривимірного моделювання в задачах моніторингу.

За допомогою ЦМР можна наочно досліджувати і вирішувати завдання щодо одержання інформації про рельєф, гідрологічну мережу, морфометричні показники, методи аналізу ерозійних процесів, під час виконання кадастрових робіт тощо.

Дані, отримані за допомогою SRTM, дещо спотворюють площу і це не дає повного уявлення про територію країни.

Тому виходом з цієї ситуації є отримання ЦМР за рахунок оцифрування горизонталей на топографічній карті та використання інструментів у програмному забезпеченні ArcGIS.

Отже, оцінка правильності способу побудови ЦМР, вибір оптимального з них для такого характеру рельєфу і вирішуваних завдань здебільшого повинні ґрунтуватися на результатах зіставлення реального рельєфу і побудованих ЦМ.

ЦМР на основі TIN-моделі може забезпечити дуже компактне, досить ефективне і для візуального подання, і для виконання багатьох аналітичних процедур (обчислення відхилень, ухилів та ін.) зберігання інформації про рельєф цієї території.

РОЗДІЛ II. ВЕКТОРИЗОВАНІ ШАРИ ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦММ ТА ЦМР ТЕРИТОРІЇ ЧАГОРСЬКОЇ ГРОМАДИ

2.1 Фізико-географічна характеристика території досліджень

Територією дослідження у дипломній роботі виступає Чагорська територіальна громада колишнього Глибоцького, а теперішнього Чернівецького району Чернівецької області (Рис.2.1).

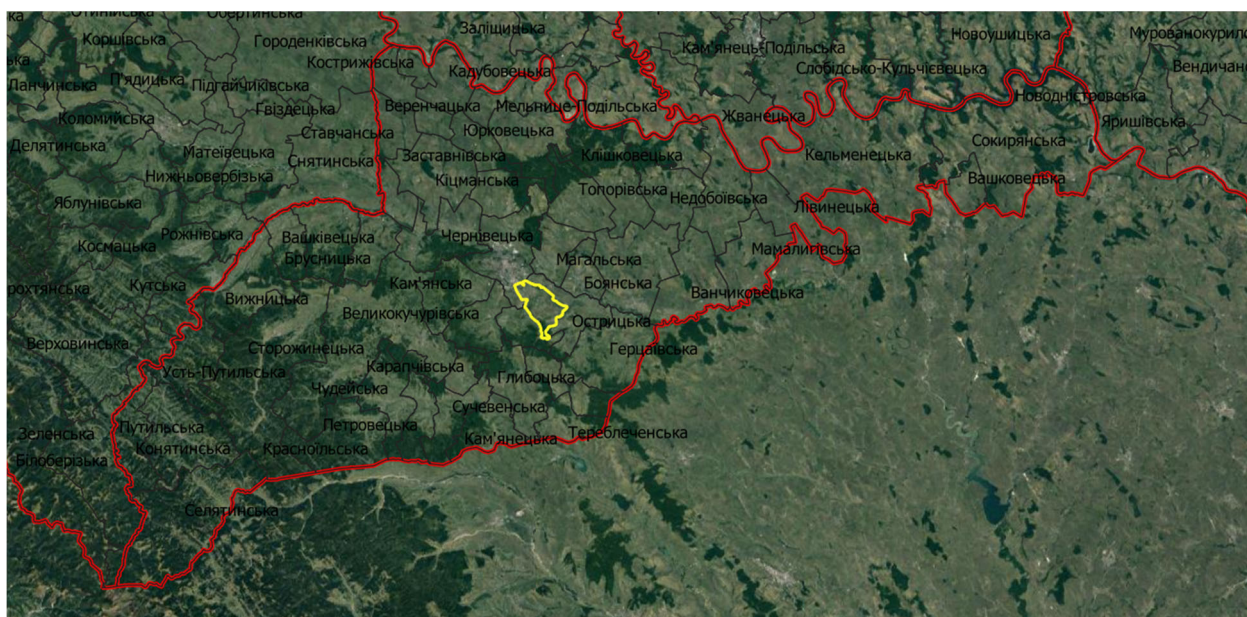


Рис. 2.1. Картохема розташування Чагорської територіальної громади

Чагорська сільська територіальна громада — територіальна громада в Україні, у Чернівецькому районі Чернівецької області. Адміністративний центр — село Чагор. Площа території складає — 50,25 км², населення — 14160 мешканців (2018 р.) (Табл 2.1), густота населення складає 202 особи/км².

Кількість населення Чагорської територіальної громади в розрізі
адміністративних одиниць

№	Населений пункт	Населення
1	Кут	439
2	Луковиця	1412
3	Молодія	3851
4	Чагор	8458
5	Разом	14160

Громада утворена в рамках адміністративно-територіальної реформи 2019 року. До складу громади ввійшли Луковицька, Молодійська, Чагорська сільські ради Глибоцького району, які прийняли рішення про добровільне об'єднання громад. Утворення громади затверджене рішенням обласної ради.

Територія досліджень знаходиться у Передкарпатті, з середніми висотами 300-400 м н.р.м. Клімат помірно континентальний із неспекотним літом, помірною зимою і достатньою кількістю опадів формується під впливом радіаційних умов, циркуляції повітряних океанічних та континентальних повітряних мас. Перші з них поширюються у вигляді циклонів із Атлантичного океану; влітку вони зумовлюють хмарність, опади, зниження температури повітря, взимку – снігопади. З цими повітряними масами пов'язані західні та південно-західні вітри. Суха і холодна погода в зимовий період спричинена дією східних антициклонів.

Середня температура січня – мінус 4,9°C, липня – плюс 17,5°C. Період з температурою понад плюс 10°C становить 165 днів. Опадів близько 650–750 мм на рік, максимальна кількість – у червні–липні.

Сніговий покрив нестійкий. Лежить у вологій, помірно теплій агрокліматичній зоні.

Початком весни вважають перехід середньодобової температури повітря через 0° – друга декада березня. Весняні заморозки закінчуються приблизно до 20-25 квітня, а середньодобова температура переходить через +6°, +8°.

Перехід до літа відбувається зі встановленням теплої погоди і припинення нічних заморозків - перехід середньодобової температури повітря через 15°. Початком літа вважають другу половину травня [31].

На території переважають букові ліси. Тут зростають рідкісні рослини — беладонна звичайна, венерині черевички, лунарія оживаюча, шафран Гейфелів.

Для тваринного світу району характерні і степові, і гірські види. Тут зустрічаються заєць-русак, лисиця, сойка, зяблик, яструб та шуліка.

Територія, що розглядається знаходиться в лісостеповій природно-кліматичній зоні, де переважають сільськогосподарські угіддя.

Ґрунти – переважно дерново-підзолисті. Потенціал корисних копалин представлений родовищами будівельних матеріалів (суглинки, глина, гравій, галька, мінеральна вода).

Річкова сітка представлена невеличкими річками.

Необхідною умовою одержання високих врожаїв на земельних ділянках які знаходяться у власності (користуванні) є впровадження заходів по запобіганню ерозії, вологонагромадженню, впровадження інтенсивного землеробства.

На підвищених елементах рельєфу ґрунтові води залягають на глибині 15-20 м і на процес ґрунтоутворення не впливають. Зволоження ґрунтів відбувається за рахунок атмосферних опадів. В понижених елементах рельєфу (дно балок) зволоження відбувається за рахунок атмосферних опадів, так і ґрунтовими водами, які залягають на глибині 0,5-1,5 м

Атмосферні опади в межах території дослідження служать основним джерелом нагромадження запасів ґрунтової вологи, від чого залежить вологозабезпеченість сільськогосподарських культур, їх ріст, розвиток і врожайність. Тому нагромадження вологи в ґрунті і ефективне використання її мають забезпечити відповідні зональні технології вирощування сільськогосподарських культур і чергування їх в сівозміні.

Загалом рельєф сприятливий для механізованого обробітку, посіву та збору сільськогосподарських культур.

2.2 Імпортування тематичних векторизованих шарів території досліджень

Завдяки офіційному сайту децентралізації вдалось імпортувати векторизовані шари кордонів і меж об'єктів адміністративно-територіального устрою. Здійснено імпортування зазначених шарів з їх просторовими та атрибутивними даними до ГІС QGIS (Рис. 2.2).

Функціональні можливості ГІС продукту дозволили окремо виділити межі досліджуваної Чагорської територіальної громади, що дозволило проаналізувати її фізико-географічне положення.

Крім того, увімкнувши як основу космічне зображення, можна здійснити оцифрування по ньому тематичних шарів. Один із ключових тематичних шарів при майбутньому геодезичному аналізі території, а також в цілях відображення рельєфу завдяки створеній ЦММ для території досліджень є межі населених пунктів. Саме тому в ГІС продукті утворено як окремий полігональний шар – межі населених пунктів: Кут, Луковиця, Молодія, Чагор (Рис. 2.3).

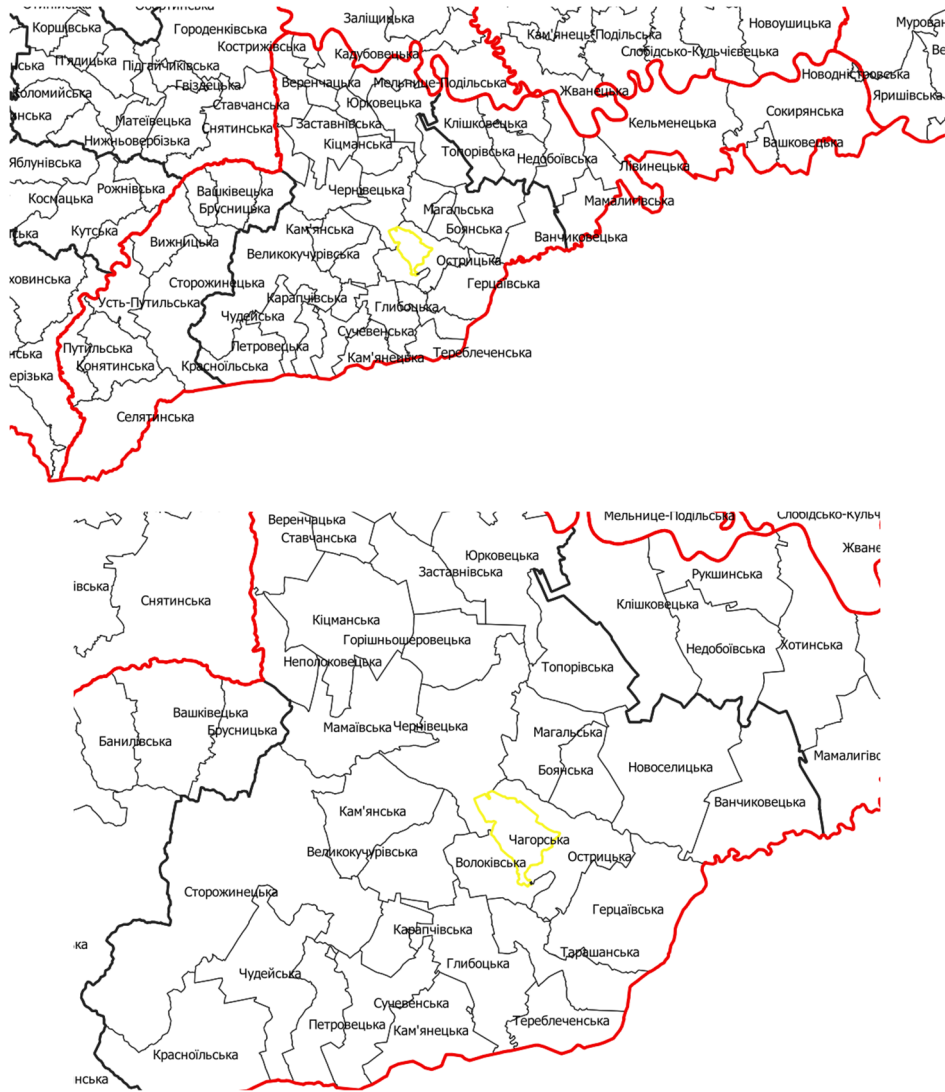


Рис. 2.2 Розміщення Чагорської територіальної громади відносно об'єктів адміністративно-територіального устрою

Крім просторових даних створено атрибутивні дані, що вміщують назви населених пунктів

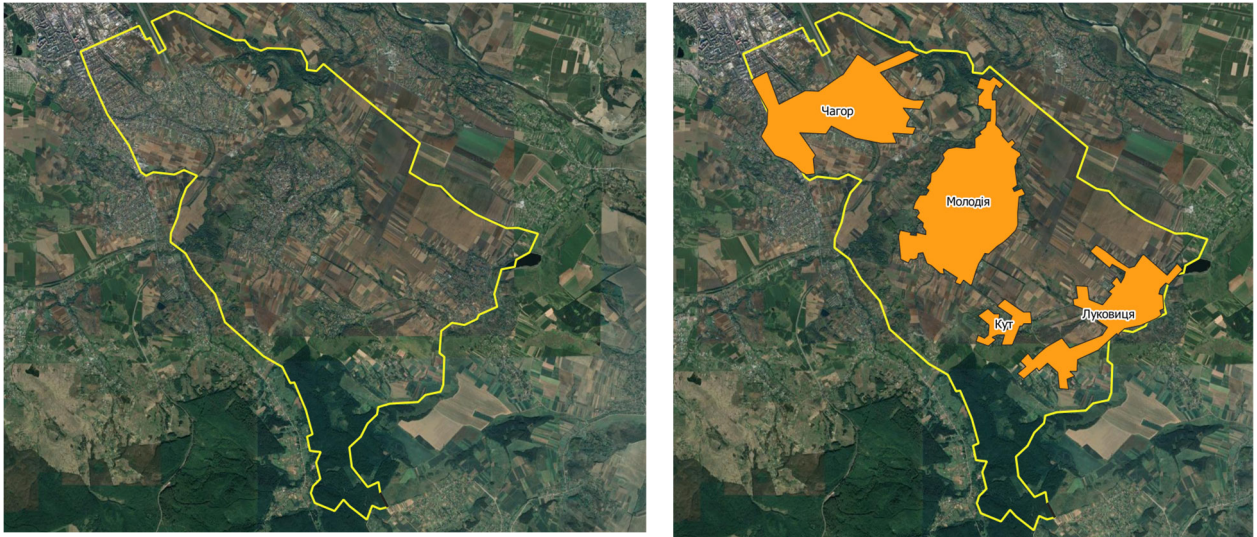


Рис. 2.3 Векторизовані межі населених пунктів Чагорської територіальної громади

Висновки до розділу 2.

Приділено увагу векторизованим шарам як основи для створення ЦММ та ЦМР території досліджень. Деякі шари імпортовано з офіційного сайту Децентралізації, це стосується шарів кордонів і меж об'єктів адміністративно-територіального устрою. Здійснено імпортування зазначених шарів з їх просторовими та атрибутивними даними до ГІС QGIS. Частина векторних шарів створено за допомогою космічних знімків по яких оцифровано межі населених пунктів : Кут, Луковиця, Молодія, Чагор. Також, крім просторових характеристик додано атрибутивні характеристики зазначених векторних шарів. Результати векторизації та фізико-географічної характеристики візуалізовано у вигляді картосхем.

РОЗДІЛ III. ВИКОРИСТАННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТВОРЕННЯ ЦММ

3.1 Дослідження рельєфу території громади через створення ЦММ.

В дипломній роботі досліджено рельєф території Чагорської територіальної громади через створену ЦММ використавши інформацію даних SRTM.

Створити ЦММ досить зручно використовуючи інформацію даних SRTM. SRTM (Shuttle radar topographic mission) – міжнародна місія отримання даних цифрової моделі рельєфу (ЦММ) території Землі. Зйомка території проводилася у лютому 2000 р. з борту космічного корабля багаторазового використання "Шаттл" за допомогою радарної інтерферометричної камери та двох радіолокаційних сенсорів SIR-C та X-SAR встановлених на борту корабля.

Створення ЦММ використовуючи інформацію даних SRTM може відбуватись за рахунок здійснення імпорту даних з безкоштовних сайтів або ж безпосередньо отримавши їх з програмного продукту ГІС QGIS.

Так у першому випадку слід використовуючи архів Геологічної служби (ГС) США (USGS), що відкрив свої відкриті дані безкоштовно для користувачів на сайті EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), здійснити імпортування даних SRTM для території Чагорської територіальної громади. Важливо, що скачування файлів можливе лише після особистої офіційної реєстрації.

Для скачування на зазначеному геопорталі потрібно виділити територію Чагорської територіальної громади за допомогою курсора мишки після чого на вкладці "Data Sets" розгорнути групу Digital Elevation - SRTM і обрати SRTM 1 Arc-Second Global. Вкладка "Результати" дає можливість візуально побачити дані SRTM на територію, що нас цікавить (Рис.3.1-3.2).

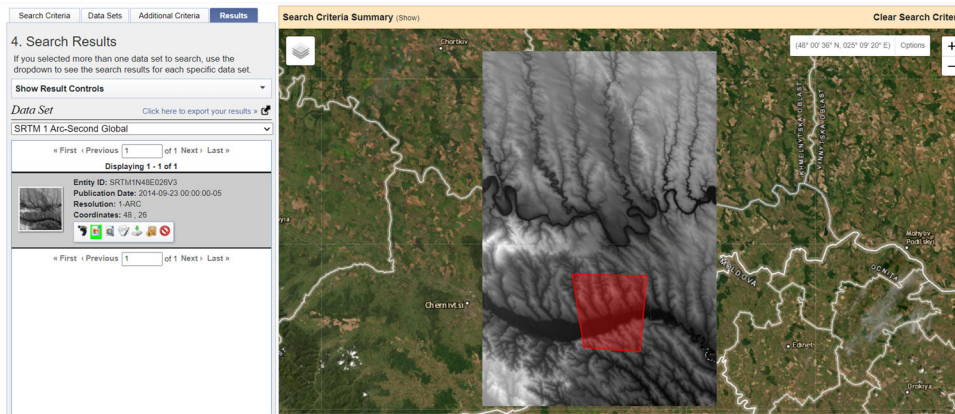


Рис.3.1 Візуалізація вікна відображення пошуку даних SRTM

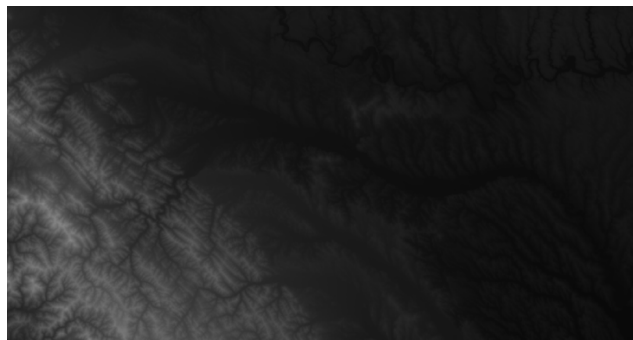


Рис.3.2 Дані SRTM

У запропонованому вікні, що відкрилось необхідно обрати інструмент загрузки файлу. Після підтвердження імпорту слід обрати формат `-.tiff` та вказати файл - GeoTIFF 1 Arc-second (Рис.3.3).

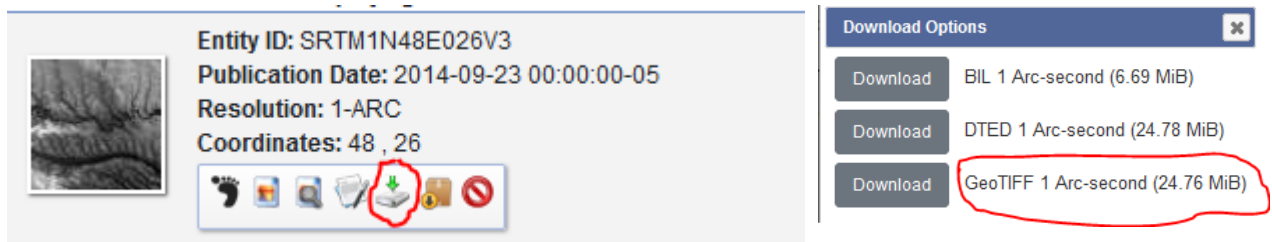


Рис.3.3 Набір можливих інструментів SRTM

З геопорталу необхідно імпортувати зазначену растрову інформацію з необхідною роздільною здатністю.

Після цього матимемо потрібний файл GeoTiff. Інформація, щодо висоти розподіляються в різних растрових форматах, зокрема таких як ASC,

BIL, GeoTiff тощо. ГІС продукт QGIS може підтримувати широкий спектр растрових форматів через інформаційну бібліотеку GDAL.

Після слід провести відкриття шару та додати його як растровий шар в QGIS. Ми можемо візуалізувати дані про територію, що візуально показані в середовищі QGIS. Зокрема, у вказаній ділянці кожному пікселю у растрі місцевості відповідає середня висота в метрах. Ті пікселі, які темні характеризують області з не великою висотою, і навпаки, ті пікселі, які світліші – характеризують області з великою висотою.

В свою чергу дії, які описані вище, щодо імпортування зображення SRTM на територію Чагорської територіальної громади, можна провести виключно за допомогою ГІС продукту QGIS, через встановлення плагіну SRTM-Downloader. Після відкриття зазначеного плагіну необхідно вказати територію Чагорської територіальної громади через координати або ж через екстент карти (більш швидше), тобто зазначається зображення, що є на даний момент на екрані монітора комп'ютера в ГІС програмі QGIS (саме тому, перед тим як відкрити слід зробити масштабування зображення території Чагорської територіальної громади до потрібного дрібномасштабного виду). Далі слід вказати шлях збереження та почати імпортування і провести одночасний пошук SRTM зображення для території, що цікавить. Важливим є те, що даний плагін вимагатиме підтвердження (логін і пароль) реєстрації на сайті <https://earthexplorer.usgs.gov/> .

Також важливо, що для певної території потрібним є існування імпортованих декількох SRTM зображень, які варто об'єднати через застосування підменю Растр-Розбіжності-Побудувати віртуальний растр. У запропонованому програмою вікні, що відкрилось слід вибрати кількість імпортованих SRTM зображень, що варто об'єднати. Після чого зазначити у полі Resolution – висота, обрати шлях збереження віртуального растру та обрати Виконати (Рис.3.4).

Якщо SRTM-зображення імпортовані в іншій проекції ніж зображення, що на робочому столі, то слід завдяки Растр-Проекція-Перепроєкціювання

зробити заміну проекції до тієї, яка цікавить, при цьому слід провести налаштування як на запропонованому рисунку і зазначити роздільну здатність вихідного файлу – 30 метрів, а також обрати шлях збереження і назву у необхідному форматі Tif (Рис.3.5).

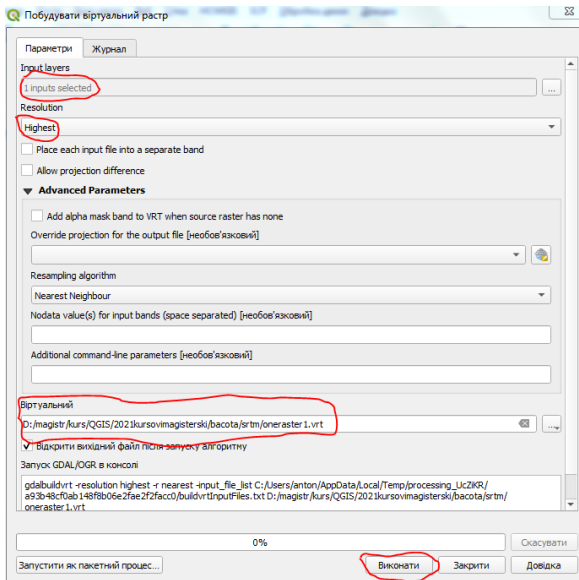


Рис. 3.4 Вікно налаштувань створення віртуального растру потрібного SRTM зображення

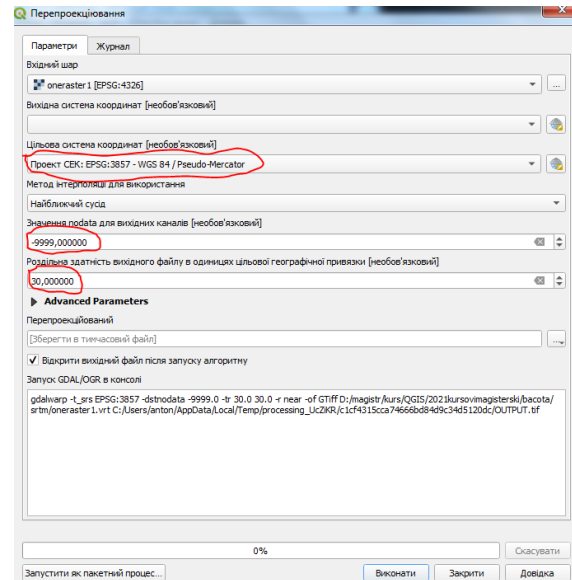


Рис. 3.5 Вікно налаштувань перепроєкціонування потрібного SRTM зображень

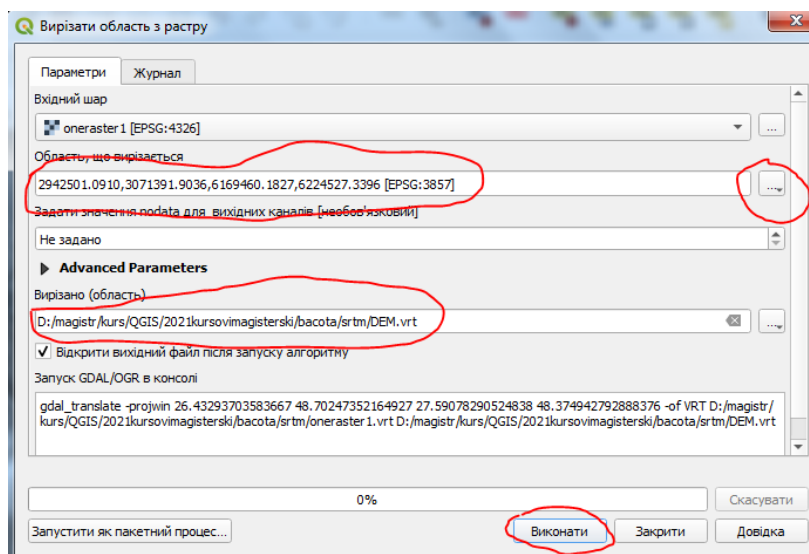


Рис. 3.6 Вирізання області з растру налаштуванням вікна ГІС QGIS

Після слід вирізати з існуючого растру територію, що зменшена за площею (Растр-Вилучення-Вирізати область з растру). Масштабувавши через інструмент масштабу подальшим вибором через Extent карти або ж вибравши прямокутною областю ділянку, необхідно здійснити збереження нового файлу, що утворився.

Вибравши функціонал підменю Обробка даних - Панель інструментів необхідно у пошуку зазначити Fill sinks (wang and liu). У запропонованому вікні, що відкривається (Рис.3.7) необхідно провести налаштування, що нас цікавлять: тобто обрати для якого конкретно файлу буде створена ЦММ та обрати шлях збереження.

Коли утвориться і візуалізується ЦММ території Чагорської територіальної громади ми зможемо візуально спостерігати чорно-біле зображення, яке можна за допомогою контекстного меню у розділі Символіка змінити на кольорове, з потрібним налаштуванням типу візуалізації – Одноканальний псевдоколір, градієнт – топографічний, точність – фактичні (повільніше), інтерполяція – лінійна, та вказати кількість потрібних класів кольорової гами.

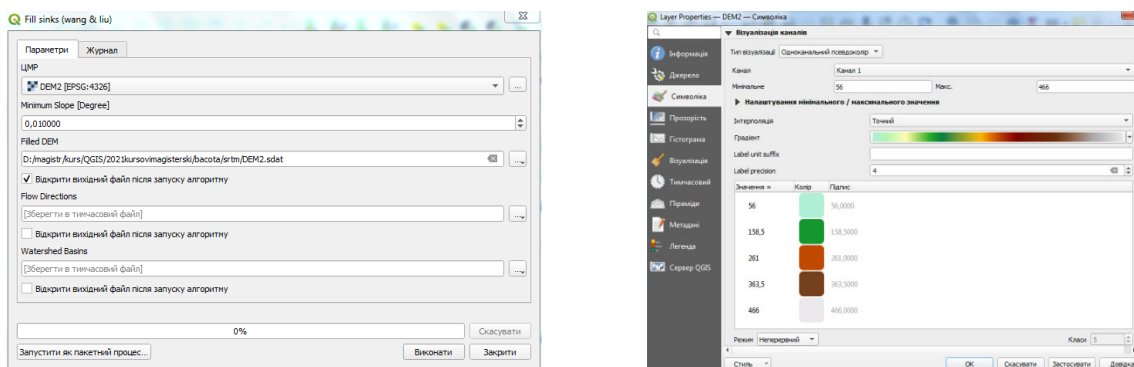


Рис. 3.7 Налаштування відображення ЦММ у вікні інструменту Fill sinks (wang and liu), символіки та типу візуалізації.

Також слід продублювати шар (використавши контекстне меню вихідного шару). Через контекстне меню утвореного шару у полі "Render type" (Тип візуалізації) зазначити тип – "Відмивання", що дасть можливість побачити зображення території як тінюву відмивку. Можна якщо потрібно

виставити азимут та висоту Сонця, що дозволить візуально змінювати зображення з представленою тінню (Рис.3.8).

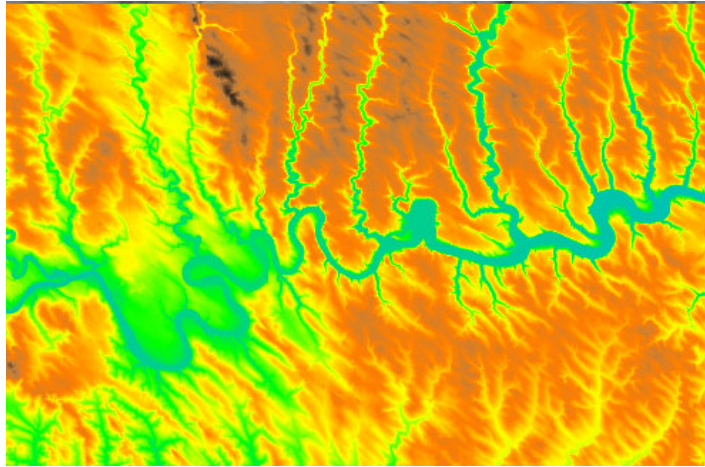


Рис. 3.8 Створена та візуалізована цифрова модель місцевості

Проте зображення ЦММ, що отримали є растровим, для того, щоб ще краще візуалізувати рельєф території та векторизувати його необхідно створити горизонталі для території Чагорської територіальної громади. Завдяки меню Растр-Вилучити-Ізолінії можна налаштувати їх. можна обрати через яку кількість метрів можна проводити ізолінії завдяки запропонованим параметрам функціонального меню.

Так як планується здійснити прив'язку топографічної карти масштабу 1:100 000, слід встановити віддаль між горизонталями в 20 метрів. Після створеного шару слід через його властивості змінити колір ізоліній на чорний та вказати їх потрібну товщину (Рис.3.9).

У програмному ГІС-продукті QGIS, що використовується у дипломній роботі є також можливість налаштувати проведення ліній кілометрової сітки з необхідними підписами.

Останнє дає можливість візуально побачити існуючі створені тематичні векторизовані шари для території Чагорської територіальної громади разом з підписаними лініями кілометрової сітки (Рис. 3.10).

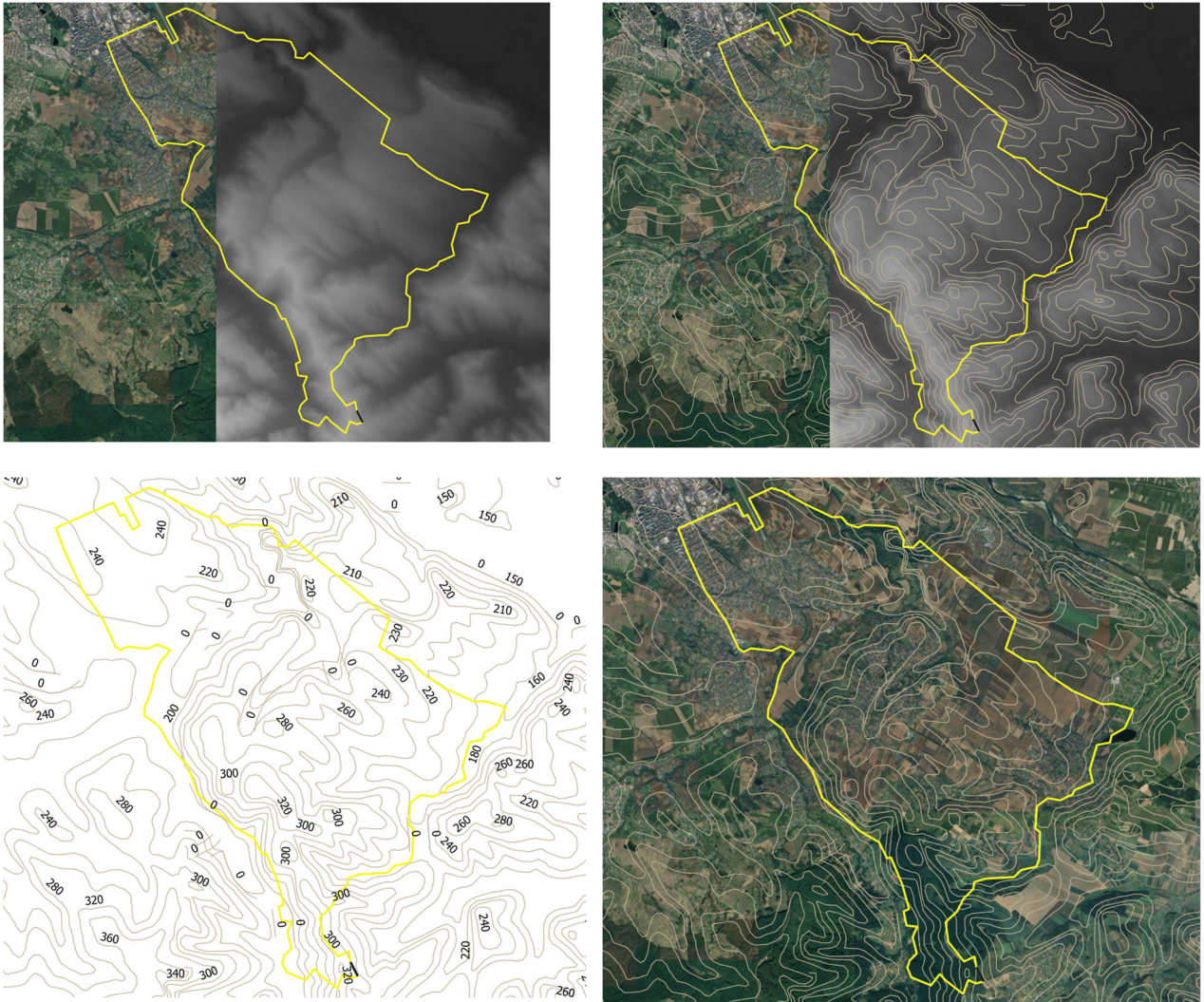


Рис.3.9 Утворений лінійний рельєф завдяки горизонталям для території Чагорської територіальної громади в середовищі QGIS

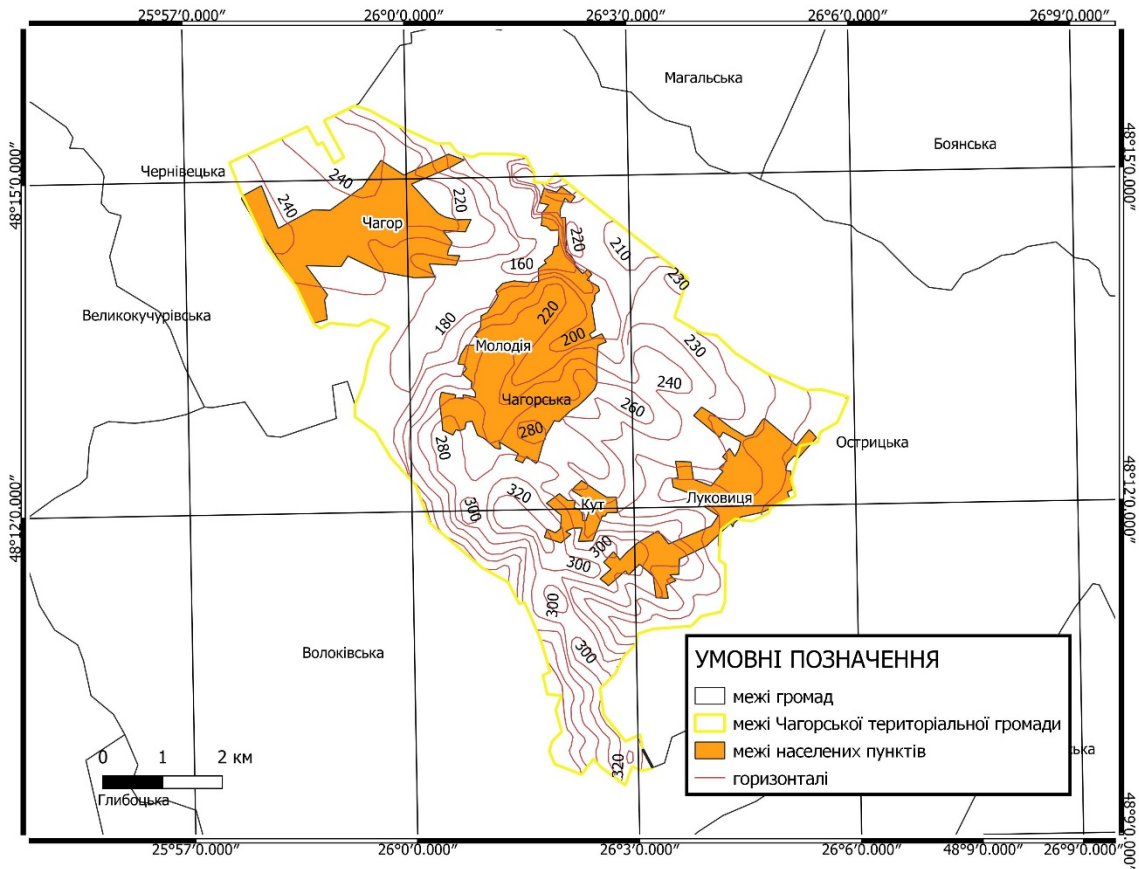


Рис. 3.10 Вигляд вікна ГІС «Чагорська територіальна громада»

3.2 Геоприв'язка топографічної карти масштабу 1:100 000 в цілях геодезичного забезпечення території досліджень

Нині здійснити оцінку просторового розподілу пунктів ДГМ та дослідити геодезичне забезпечення будь-якої території завдяки геопорталу ДГМ України є не можливим через те, що вказаний сайт закритий – лише для внутрішнього користування. Через це, як альтернативне джерело може бути використано топографічні карти масштабу 1:100 000, як найпоширеніші в мережі інтернет та дані місцязрештування пунктів ДГМ на них.

Під час написання дипломної роботи проведено імпортування растрової топографічної карти масштабу 1:100 000 з інтернет джерела.

Необхідно запуснути QGIS, створити новий проект або відкрити попередньо створений. Використовуючи меню вкладки **Плагіни** обрати **Управління та встановлення плагінами**. У вікні, що з'явилось у вкладці

Все через пошук ввести назву плагіну **QuickMapServices** та скачати із встановленням. Після цього у меню інструментів з'явиться додатковий

однойменний інструмент



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

Запустити модуль прив'язки (**Растр / Прив'язка растрів (Georeferencer)**).

В діалогове вікно прив'язки растрів необхідно завантажити растрове зображення, яке необхідно прив'язати. Вибираємо орієнтирні точки на карті,

натискаючи інструмент



(Додати точку). У вікні, що з'явилося варто вести координати орієнтирних точок. Це можуть бути відомі з каталогів координати геодезичних пунктів, які є на топографічній карті або вершин координатної сітки, які можна визначити візуально на топографічній карті та інші.

Щоб прив'язати карту необхідно всього 4 координатні точки. Вони ставляться якомога ближче до кутів карти – у місцях перетину ліній кілометрової сітки. Значення координат кілометрових ліній вказані у кілометрах по краях карти (наша система координат – метрична, тобто значення на карті зменшено в тисячу разів, на три нулі). Щоб отримати координати в метрах, беремо значення, розділені вертикальною лінією 54 | 28, перемножуємо на 1000 і отримуємо координату $X = 5428000$. Для горизонтальної лінії, підписаної як 53 | 54, отримуємо координату $Y = 5354000$. Взявши інструмент обираємо мишкою в перетині цих ліній, вручну вносимо значення у вікно, що з'явилося (Рис.3.11).

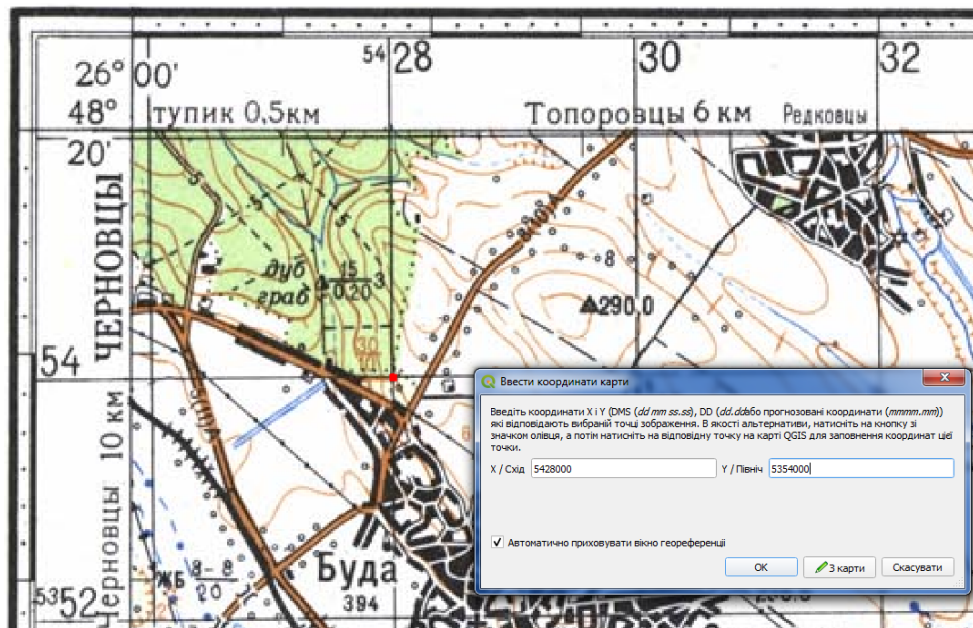




Рис. 3.11 Введення координат точки для прив'язки топографічної карти

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. 3.12).

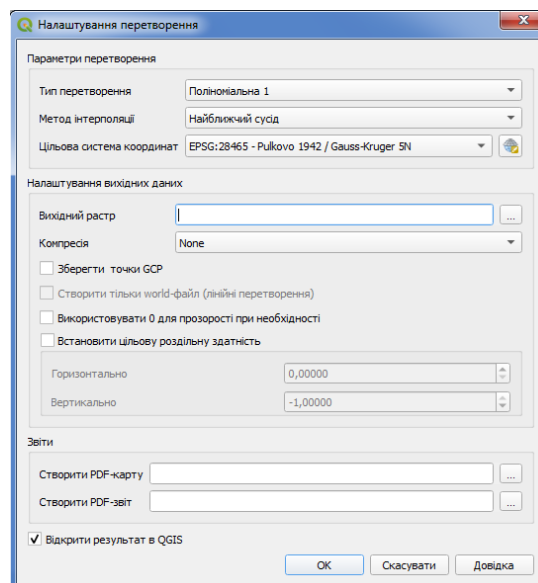



Рис. 3.12 Вигляд вікна налаштувань перетворення та прив'язки растру

Збільшення кількості точок здатне покращити точність прив'язки, але при цьому додавання кожної нової точки також вноситиме внесок у загальну помилку.

Можна відстежувати коректність кожної з точок в основному вікні карти. Для здійснення трансформації доступні такі методи: лінійний, Гельмерта, поліноміальної трансформації 1-3 порядків, тонкостінний сплайн, проєктивна трансформація.

У нашому випадку найкраще підійде тип трансформації - Поліноміальний. Задаємо ім'я цільовому растру. Систему координат потрібно ввести наступну – Pulkovo1942/Gauss-Krugerzone 5 EPSG:28405. Помилка трансформації прив'язки повинна бути не більше 4, у нашому випадку в межах рекомендованої норми. Також необхідно поставити прапорець у пункті відкрити результат у QGIS, натиснути 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.3.13). Вікно прив'язки растру закриваємо.

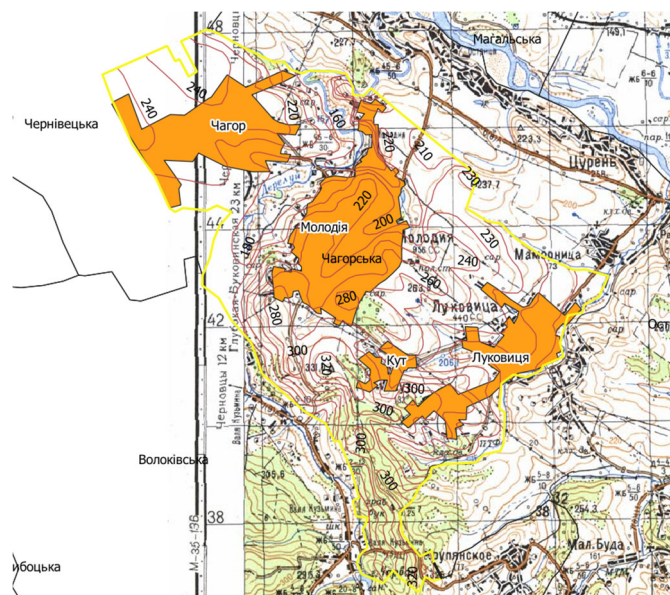


Рис.3.13 Прив'язана топографічна карта масштабу 1:100 000

Отже, після проведення геоприв'язки топографічної карти масштабу 1:100 000 та накладення поверх неї в шарів меж адміністративно-територіальних одиниць можна здійснити просторовий аналіз та виокремлення на картах пунктів ДГМ.

Створено окремий тематичний шар розміщення пунктів ДГМ на території досліджень так і за її межами (на відстані до 4 км) за допомогою інструментів створення точкових об'єктів ГІС програми. Завдяки властивостям шару представлено дані об'єкти згідно вимог, щодо топографічних знаків.

Провівши привязку аркуша топографічної карти було віднайдено пункти ДГМ на ній.

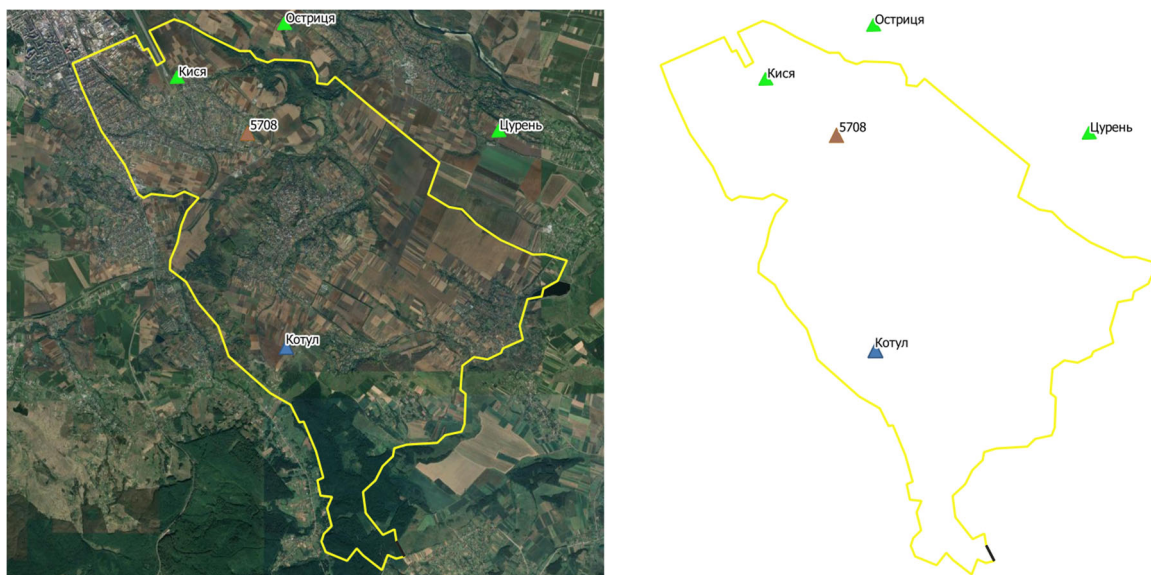


Рис. 3.14 Геодезичне забезпечення території Чагорської територіальної громади

Загальна кількість пунктів ДГМ, що розташовані в межах території Чагорської територіальної громади складає 3 одиниці. Це пункти: ДГМ 2 – го класу – Котул – південний захід території досліджень, 3-го класу – Кися та розрядної мережі 5708. Також, поряд межі громади (на півночі та на сході) розташовані ще два пункти: 3-го класу Остриця, Цурень.

Враховуючи що площа громади становить – 50,25 км², то щільність пунктів дорівнює 1 пункт на 16,75 км². Згідно «Основних положень

Висновки до розділу 3.

В дипломній роботі досліджено рельєф території Чагорської територіальної громади через створену ЦММ використавши інформацію даних SRTM використовуючи архів Геологічної служби (ГС) США (USGS). Візуалізовано зображення території як тіньову відмивку.

Проведено геоприв'язку топографічної карти масштабу 1:100 000 в цілях геодезичного забезпечення території досліджень

Створено окремий тематичний шар розміщення пунктів ДГМ на території досліджень так і за її межами (на відстані до 4 км) за допомогою інструментів створення точкових об'єктів ГІС програми.

Загальна кількість пунктів ДГМ, що розташовані в межах території Чагорської територіальної громади складає 3 одиниці, а враховуючи що площа громади становить – 50,25 км², то щільність пунктів дорівнює 1 пункт на 16,75 км².

Існуючий метод створення ЦММ в ГІС QGIS для території досліджень показав вдалий результат. Для усіх пунктів ДГМ, що в межах об'єкта досліджень прослідковується відповідність значення їх абсолютних висот, щодо висоти точок на сусідніх горизонталях.

РОЗДІЛ IV. СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ

4.1 Оцифрування горизонталей топографічної карти

Тематика дипломної роботи пов'язана з реформою децентралізації, через що територія досліджень - Чагорська територіальна громада. Попередньо імпортовані векторні шари з геопорталу Децентралізації вдало відкрились в ГІС QGIS маючи розширення .geojson. Проте, імпортування їх же в Arcgis не дало позитивного результату внаслідок неможливості роботи з даним розширенням. Саме тому в QGIS потрібно здійснити конвертацію файлів із звичним для ArcGIS розширенням .shp. Для цього необхідно відкрити векторні шари громади, районів та областей в QGIS, після чого контекстним меню кожного шару обрати експорт-зберегти об'єкт як і в полі налаштувань обрати Формат – ESRI Shapefile, вказати місце зберігання (папку бази геоданих ArcGIS) та ім'я файлу, обов'язково в графі Система координат змінити вказану автоматично через Фільтр на WGS 84 / UTM zone 35N. Решту налаштувань залишити без змін. Після цього векторизований шар збережеться і відкриється у вікні візуалізації геоданих (Рис. 4.1).

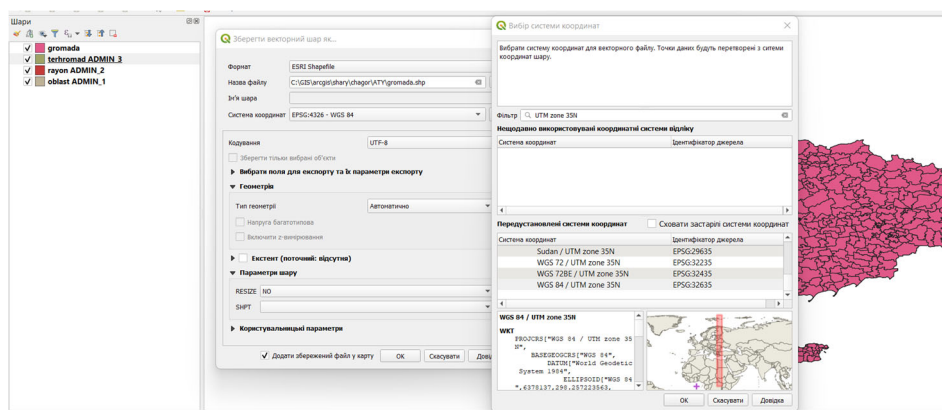


Рис. 4.1 Вікно налаштувань зміни розширення геоданих з .geojson на .shp

Подібні налаштування варто здійснити для шару районів і областей. Після цього, відкривши Arc Catalog в ArcGIS необхідно знайти створенні векторні шари та перетягнути їх у вікно огляду.

Попередньо прив'язавши топографічну карту масштабу 1:100 000 і

відкривши її в програмі можна побачити горизонталі для території досліджень. Необхідно їх оцифрувати. Масштабуванням слід наблизити візуально межі досліджуваної громади. Необхідно створити новий векторний шар для горизонталей – контекстним меню бази геоданих в Arc Catalog потрібно обрати New – Feature Class (Рис. 4.2). Після чого налаштувати: вказати ім'я, тип (в даному випадку лінії), вибрати можливість для 3D графіки, вказати систему координат WGS 84 / UTM zone 35N. Варто здійснити налаштування атрибутивної таблиці – перший рядок інформує про порядковий номер горизонталей, другий SHAPE – про тип геометрії, а в третьому рядку потрібно створити атрибут для вказування величини горизонталі (абсолютної висоти) - вказуємо назву - Value та навпроти обираємо Float (дробове число) і підтверджуємо. Утворений шар з'явиться у деревовидному меню.

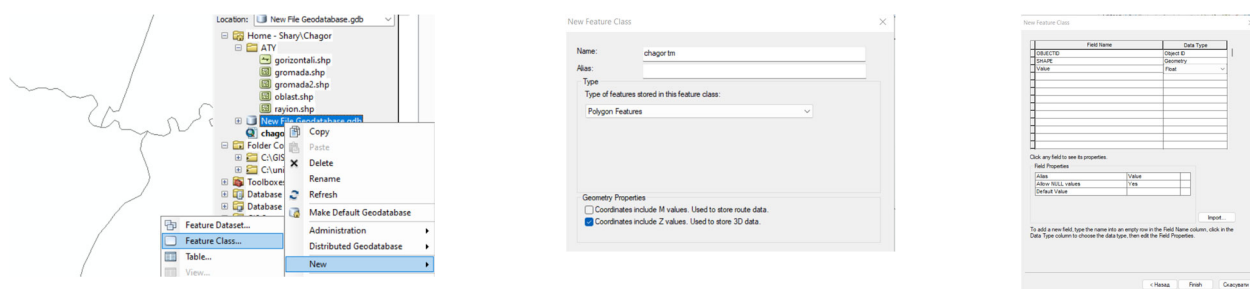



Рис.4.2 Створення нового векторного шару

Початок оцифровки варто розпочати вибравши шар горизонталей та ввімкнувши інструмент Editor-Start Editing підтвердивши далі для якого шару це необхідно (шар - горизонталі).

Варто дізнатись з нижньої частини топокарти через скільки метрів проведені горизонталі. Для карти масштабу 1:100 000 вони проходять через 20 метрів.

Необхідно знайти підписану горизонталь території досліджень і почати її оцифрувати. Обрати необхідно у верхньому меню панелі Editor інструмент Create Features , зліва у вікні обираємо для якого шару (gorizontali) ми здійснюємо редагування, а внизу яким інструментом будемо користуватись (Line). Після цього курсор мишки перетвориться на хрестик,

яким і будемо оцифровувати. Наводимо курсор мишки на горизонталь і лівою кнопкою мишки клацаємо – з’являється маркер, клацаємо ще раз – з’являється ще один маркер і так поступово обводимо потрібну горизонталь (Рис.4.3). По закінченні оцифровки слід двічі клацнути мишкою. Обравши шар горизонталі через контекстне меню слід вибрати атрибутивну таблицю. По закінченні оцифровки кожної горизонталі у полі Value слід вказувати для цієї горизонталі її абсолютну висоту, підтвердження здійснюємо через Enter.

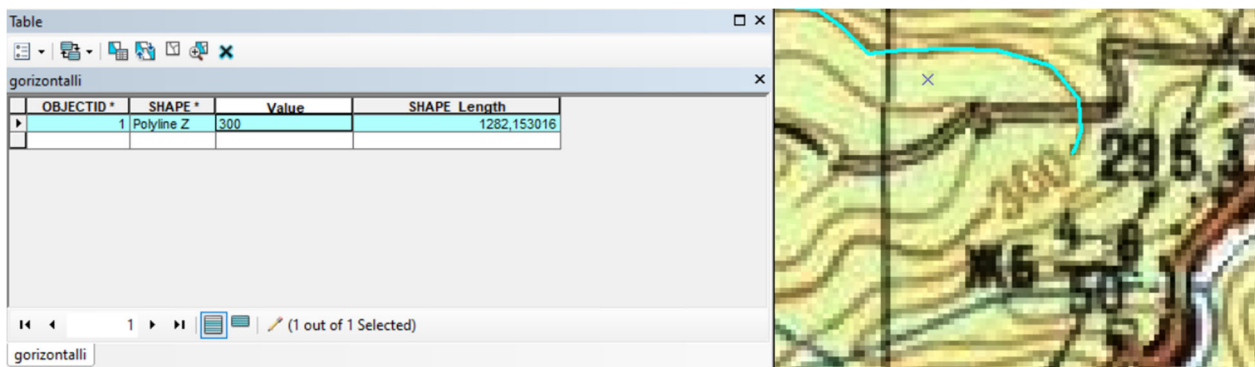




Рис.4.3 Оцифровка горизонталей

Продовжити оцифровувати горизонталь можна двома шляхами. Перший – це такий як було попередньо описано: на панелі Editor обираємо інструмент Create Features підводимо курсор до попередньовекторизованої горизонталі, потрапивши на один із закінчень горизонталі лівою кнопкою мишки продовжуємо оцифрування, після закінчення в таблиці атрибутів знову вводимо її абсолютну висоту. Другий спосіб ґрунтується не на створенні другого відрізка, а на продовженні попереднього. Для цього обираємо інструмент Edit Tool  клацаємо мишкою двічі по відрізку по якому намагаємось продовжити. З’явиться панель Edit Vertices на якій обираємо інструмент Continue Feature Tool і продовжуємо оцифровку цього самого відрізка, після закінчення оцифровки в атрибутивній таблиці нового рядка не з’явиться.

Якщо необхідно видалити якусь із оцифрованих ліній то це можна зробити вибравши дану лінію і обрати Delete, або знайти лінію в

атрибутивній таблиці і обрати Delete.

Якщо необхідно видалити частину в суцільній оцифрованій лінії, то на панелі інструментів слід обрати Split Tool  далі обрати в двох місцях звідки і куди необхідно видалити ділянку після чого здійснити її вибір і обрати Delete. Другий спосіб це обравши лінію побачити поворотні точки і їх перетягнути в потрібне місце.

Існує ще один спосіб оцифровки, який пришвидшує сам процес векторизації. На панелі інструментів слід обрати Create Features обрати як і в попередніх випадках геометричний примітив Line, наблизивши до горизонталі після першого клацання мишки створивши початок горизонталі варто обрати через контекстне меню Streaming. Мишкою один раз лівою кнопкою обираємо місце на горизонталі, а далі потрібно просто обводити мишкою без клацання кнопок мишки. Маркери будуть з'являтися оцифровуючи потрібні ділянки (Рис.4.4). Вкінці двічі мишкою завершуємо оцифрування і в таблиці атрибутів вводим абсолютну висоту.



Рис. 4.4 Оцифрування горизонталей інструментом Streaming

Сукупність налаштувань, що дозволяють коректно здійснювати оцифрування можна здійснити завдяки функції Snapping. Через Editor можна обрати Snapping – Snapping Toolbar – відкриється вікно налаштувань (Рис. 4.5). Тут можна вибрати параметри прилипання. Якщо включені всі 5

перших налаштувань, то оцифрування буде об'єктивно і вірно здійснюватись. Тобто при наступній потребі навести курсор мишки на будь-який векторизований геооб'єкт – його поворотні точки, лінії будуть візуально видними для точного співпадіння вузлів і між ними не буде зазорів, пустот, таким чином відбудеться притягання курсора в ГІС.

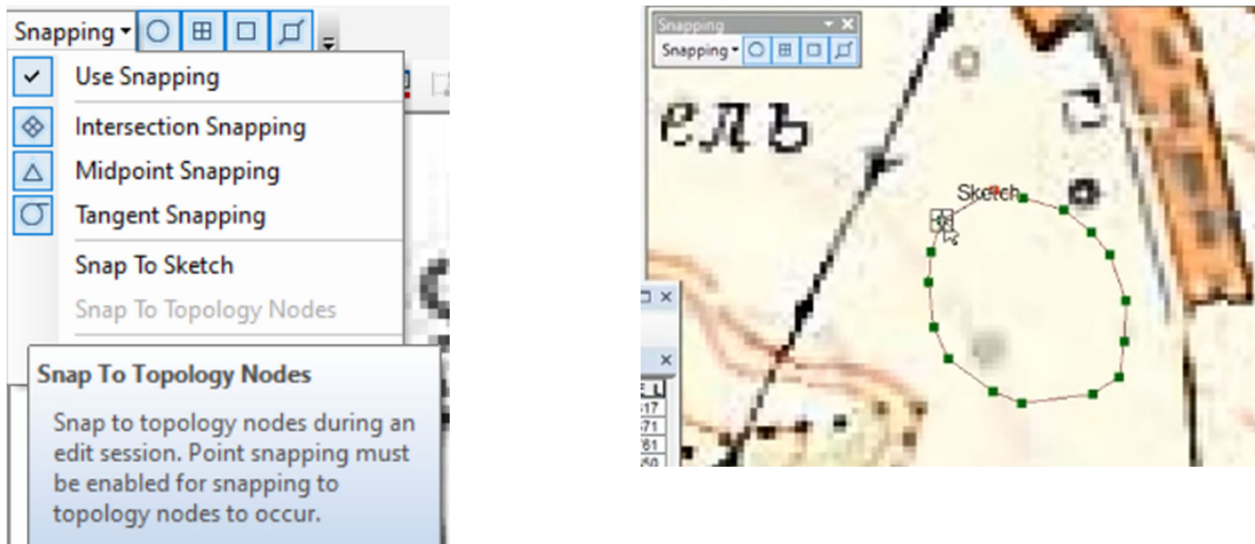


Рис. 4.5 Вікно налаштувань Snapping

В ArcGIS можна і варто оцифрувати одну горизонталь на топокарті декількома відрізками і створювати декілька полів в атрибутивній таблиці.

Таким чином, по топографічній карті масштабу 1:100 000 здійснено оцифрування горизонталей для території Чагорської територіальної громади (Рис. 4.6)

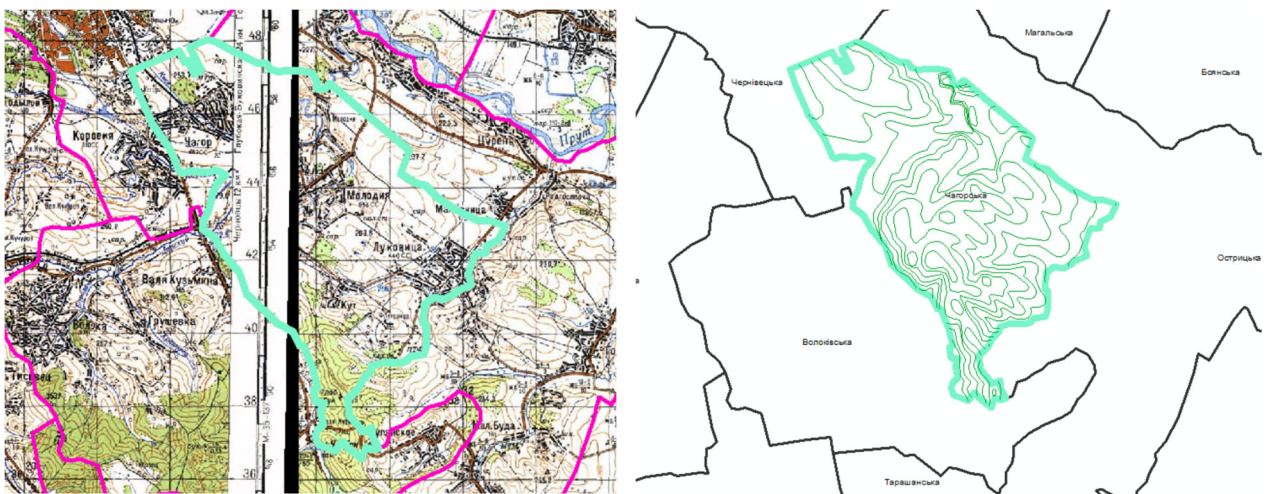


Рис. 4.6 Оцифровані горизонталі по топографічній карті 1:100 000

Було оцифровано 24 горизонталі з абсолютними висотами від 160 м. до 320 м.

Для більш об'єктивної оцінки та побудови ЦМР варто також здійснити оцифрування позначок абсолютних висот місцевості, абсолютні висоти урізу води водойм і самі водойми. Для кожного з видів геоданих варто створити окремий векторний шар.

Для абсолютних висот точок місцевості варто обрати тип геометрії – точковий. Після створення потрібно знайти вершини на топокарті поставити точкові об'єкти і в атрибутивній таблиці вказати їх висоти (Рис. 4.7).

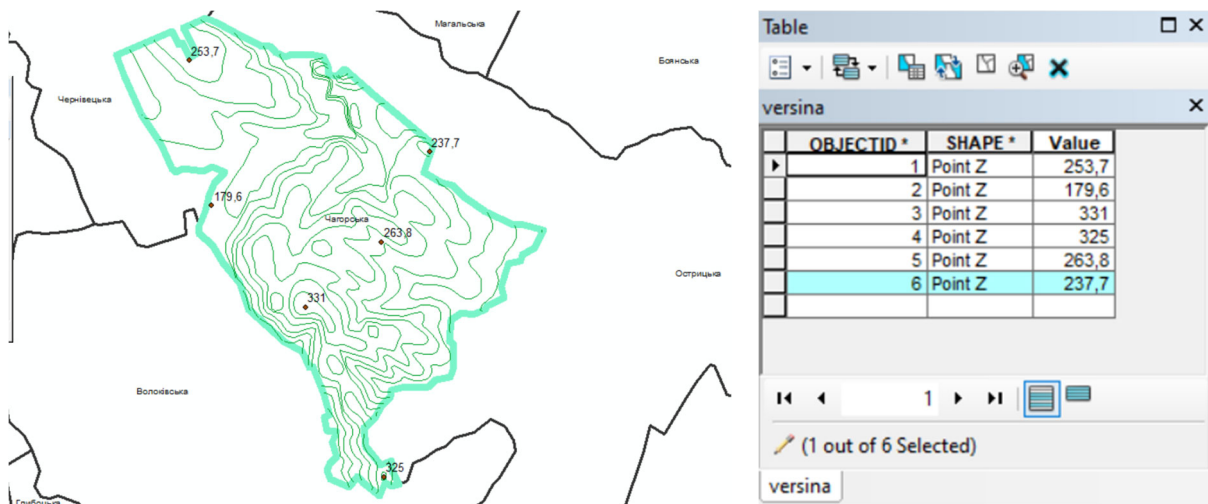


Рис. 4.7 Оцифрування абсолютних висот місцевості топографічної карти масштабу 1:100 000

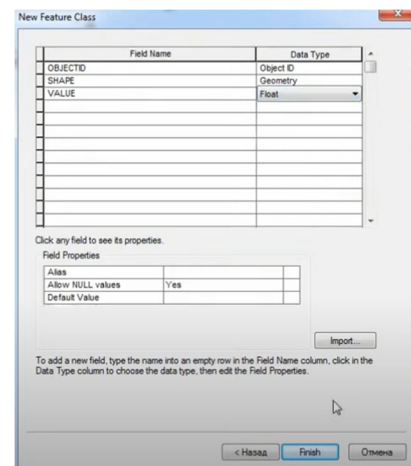
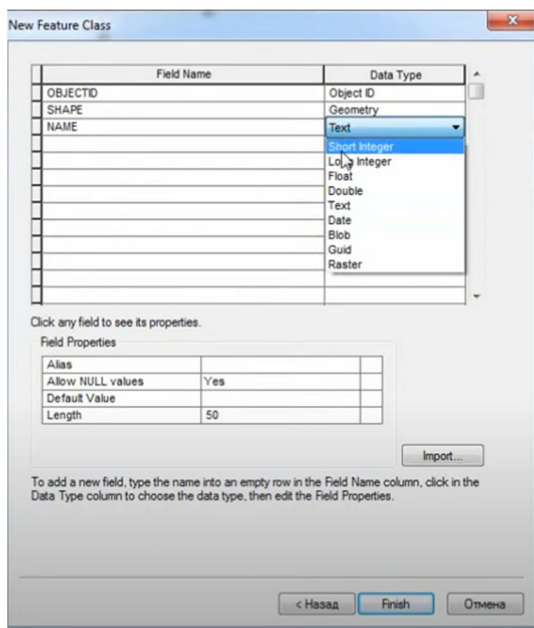
Кількість оцифрованих точкових об'єктів становить 6 одиниць з абсолютними висотами від 179,6 м. до 331 м.

Уже на етапі оцифрування абсолютних висот місцевості по топокарті стає зрозумілим, що створення ЦМР вказаним методом є більш точним в порівнянні з ЦММ по знімку SRTM так як відбувається оцифрування найвищих точок місцевості, підписи яких є присутніми на карті. В деяких випадках, в тому числі і для території досліджень найвищі точки місцевості співпадають з місцезнаходженням пунктів ДГМ, абсолютні висоти яких зазначені і визначені з підвищеною геодезичною точністю.

Для оцифрування водних об'єктів - річок варто обрати тип геометрії – лінійний об'єкт. Під час створення шару у останньому вікні налаштувань атрибутивної таблиці варто вказати додаткову назву атрибута Name, а в полі Data Type вказати Text, так як потрібно вказати назву річки (Рис. 4.8 а), (Рис.4.9). Так було оцифровано 9 лінійних ділянок річкових об'єктів. Найбільша річка, що була виявлена це - Дерелуй для території Досліджень.

Як водні об'єкти але полігонального типу варто оцифрувати озера, ставки. Тому було оцифровано 3 ставка (Рис. 4.10).

В межах русел річок на топографічній карті варто підписувати і оцифровувати урізи води. Тип геометрії для таких геооб'єктів варто обрати точковий (Рис. 4.8 б) (Рис.4.11). Таким чином було оцифровано по топокарті три урізи води абсолютна висота яких від 157,1 м. до 206,1 м.



а



б

Рис. 4.8 Налаштування шарів для оцифрування річок (а) та урізу води (б)

OBJECTID *	SHAPE *	Name	SHAPE Length
1	Polyline	<Null>	5588,219321
2	Polyline	<Null>	2260,071762
3	Polyline	<Null>	1082,287337
4	Polyline	<Null>	3762,405422
5	Polyline	Дерену	9533,674084
6	Polyline	<Null>	1050,411419
7	Polyline	<Null>	1020,338402
8	Polyline	<Null>	4566,383193
9	Polyline	<Null>	2886,335769

(0 out of 9 Selected)



Рис.4.9 Оцифрування водних об'єктів лінійним геометричним примітивом

OBJECTID *	SHAPE *	SHAPE Length	SHAPE Area
1	Polygon Z	538,973281	16507,563199
2	Polygon Z	653,892595	24570,459811
3	Polygon Z	698,402072	28971,150831

(0 out of 3 Selected)



Рис. 4.10 Оцифрування ставків полігональними об'єктами

OBJECTID *	SHAPE *	Valey
1	Point Z	157,1
2	Point Z	206,1
3	Point Z	172,5

(0 out of 3 Selected)

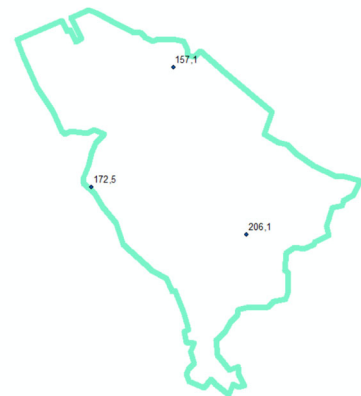


Рис. 4.11 Оцифрування урізів води

Варто час від часу зберігати дані. Через Editor обираємо Save Edits. По закінченні оцифрування потрібно через Editor обрати Stop Editing і зберегти весь проект через File – Save As – вказати назву (тип документу – ArcMap Document).

Таким чином, вдалось отримати необхідні оцифровані шари для створення ЦМР (Рис. 4.12).

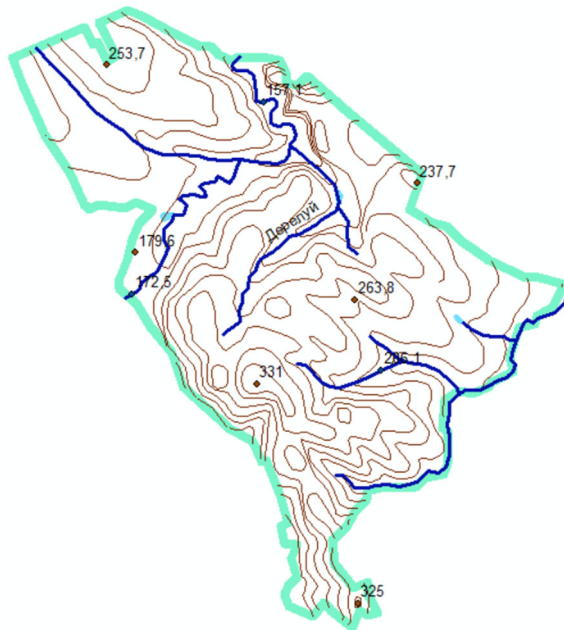


Рис. 4.12 Оцифровані шари горизонталей, вершин місцевості, урізів води, водних об'єктів

4.2 Створення та налаштування ЦМР

ArcGIS пропонує декілька алгоритмів створення растрової ЦМР. Один із них Topo to Raster найчастіше використовується для цієї мети. Для цього відкриваємо (Рис. 4.13) ArcToolbox - Spatial Analyst Tools – Interpolation та двічі мишкою обираємо Topo to Raster. У вікні, що з'явиться потрібно здійснити налаштування. У полі Input Feature data варто по черзі вибрати усі векторні дані, що необхідні для створення ЦМР. Спочатку обираємо шар горизонталі, далі слід обрати, які колонки ми будемо використовувати для отримання вхідних даних. У полі Field обираємо для обраного векторного

шару атрибут із абсолютною висотою (Value). У полі Type обираємо який векторний тип даних (Contour). Після цього варто в полі Input Feature data обрати інший векторний об'єкт – озера, для якого у полі Type варто обрати Lake. Потім обираємо уріз води, у полі Field обираємо для обраного векторного шару атрибут із абсолютною висотою (Value) і в полі Type варто обрати Point Elevation. Для шару річки в полі Type варто обрати Stream, а для шару вершин у полі Field обираємо для обраного векторного шару атрибут із абсолютною висотою (Value) і в полі Type варто обрати Point Elevation.

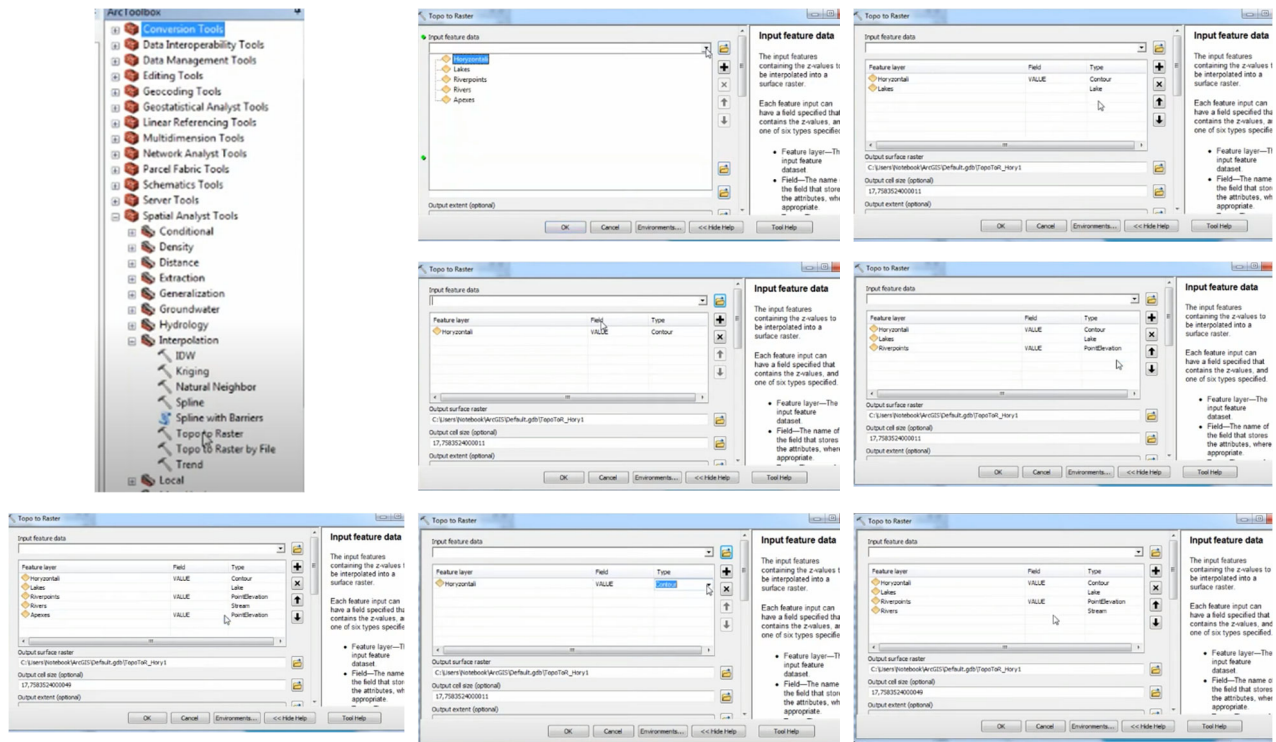
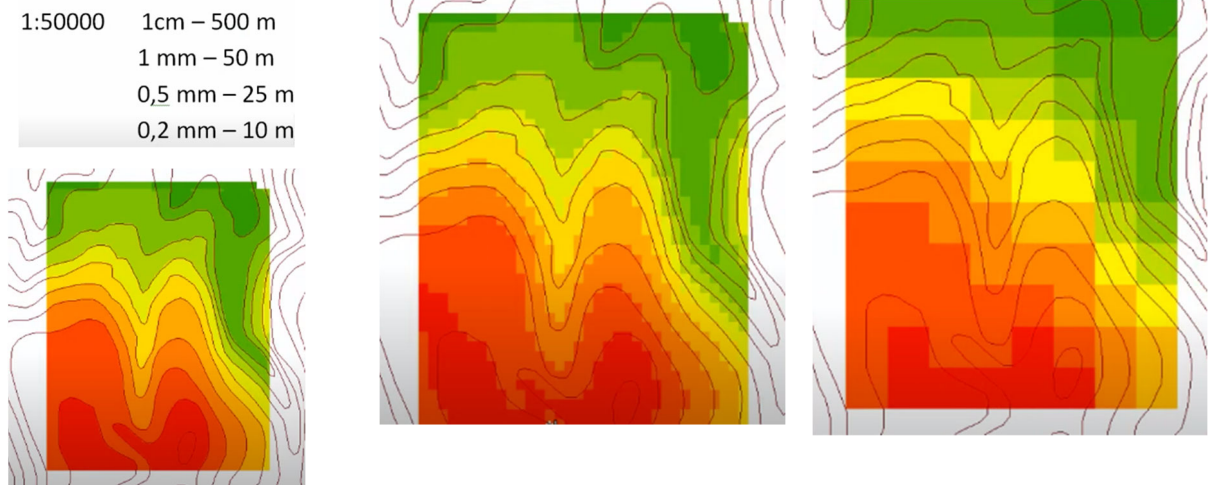


Рис. 4.13 Налаштування створення ЦМР

У полі Output surface raster вказуємо новостворений шар (DEM) і прописуємо шлях для збереження. Після чого **ОВОВ'ЯЗКОВО** в полі Output cell size прописуємо розмір комірки растрових даних у метрах. Чим більший розмір растра тим менш детальною буде наша ЦМР і це вплине на погане візуальне відображення мікроформ рельєфу. Проте якщо поставити занадто мале число розміру растра, то вихідний файл, що вміщуватиме ЦМР буде займати розмір на компютері досить великий. Варто знаходити компромісне рішення між розміром растра і величиною файла з растром (Рис. 4.14). Із

залежності слідує, що максимальне значення для розміру растру становить 0,5 мм - 25 метрів. Варто обирати розмір растру для 0,2-0,3 мм, тобто 10-15 метрів.



Розмір растру 5 метрів

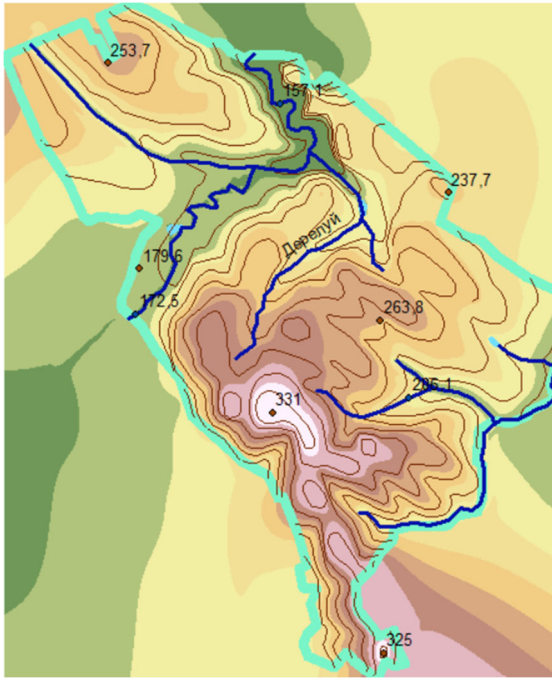
Розмір растру 25 метрів

Розмір растру 100 метрів

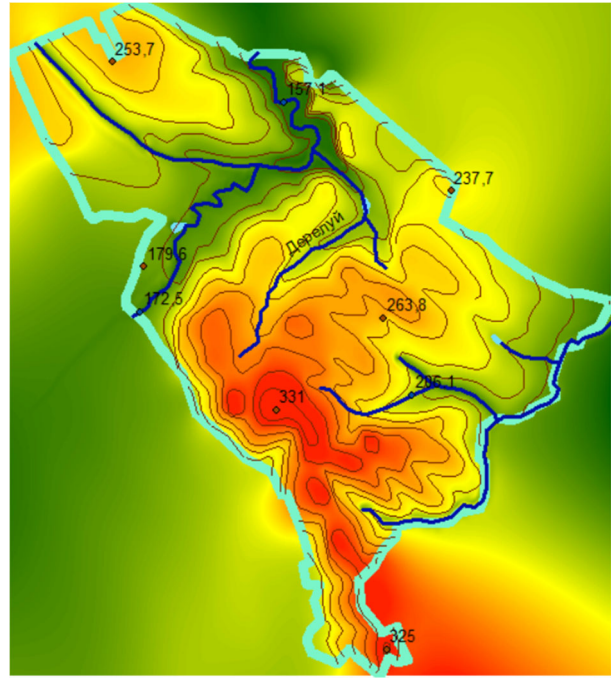
Рис. 4.14 Вибір розміру растру.

Після цього варто у полі `Output extent (optional)` вказати розміри ділянки для якої буде створено ЦМР. Для того, щоб вручну це не здійснювати можна обрати для якого шару виконати (наприклад для векторного шару Чагорської громади). Всі інші опції залишаємо без змін, підтверджуємо вибір.

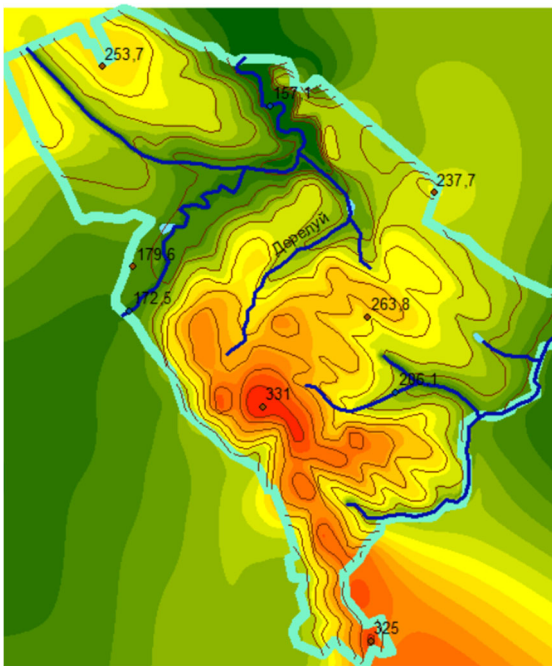
Отже, після попередніх налаштувань для території Чагорської громади отримано ЦМР (DEM) (Рис. 4.15).



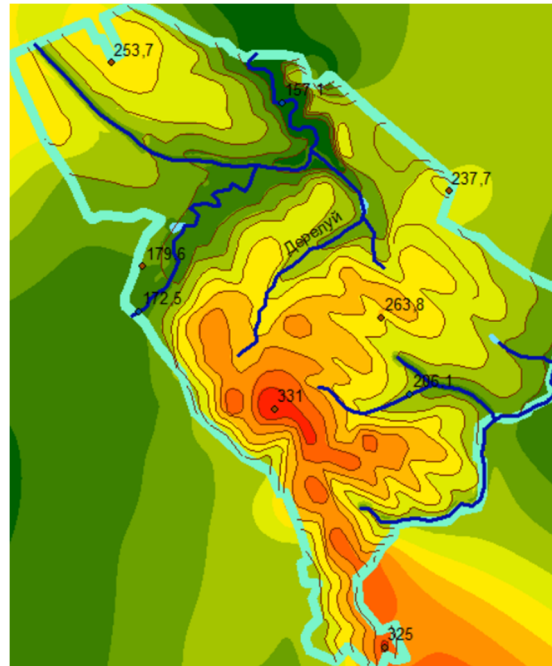
а



б



в



г

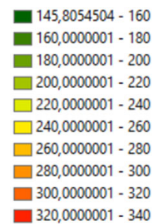



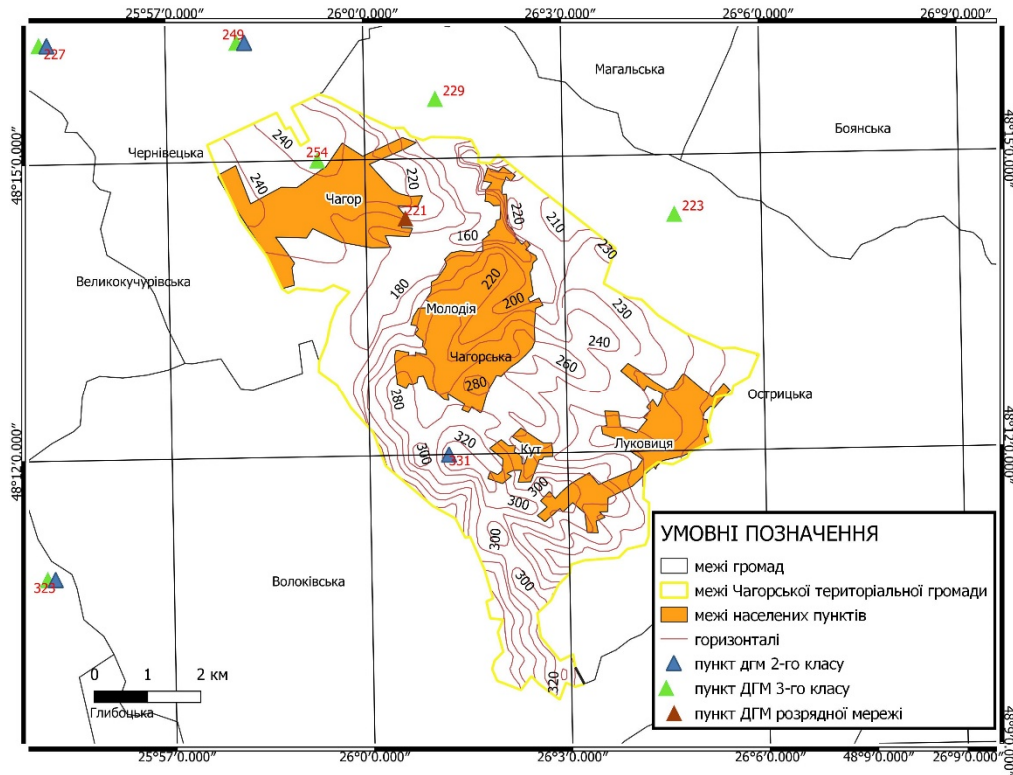
Рис. 4.15 Створена ЦМР для території Чагорської ТГ (а – автоматично ArcMap, б – налаштування через Stretched, в - налаштування через Classified Equal Interval, г - налаштування через Classified Defined Interval).

Для того, щоб її вірно налаштувати в кольоровій гамі через контекстне меню шару ЦМР обрано властивості. У вкладці Source можна побачити інформацію про ЦМР. У вкладці Symbology можна змінити кольорову гаму

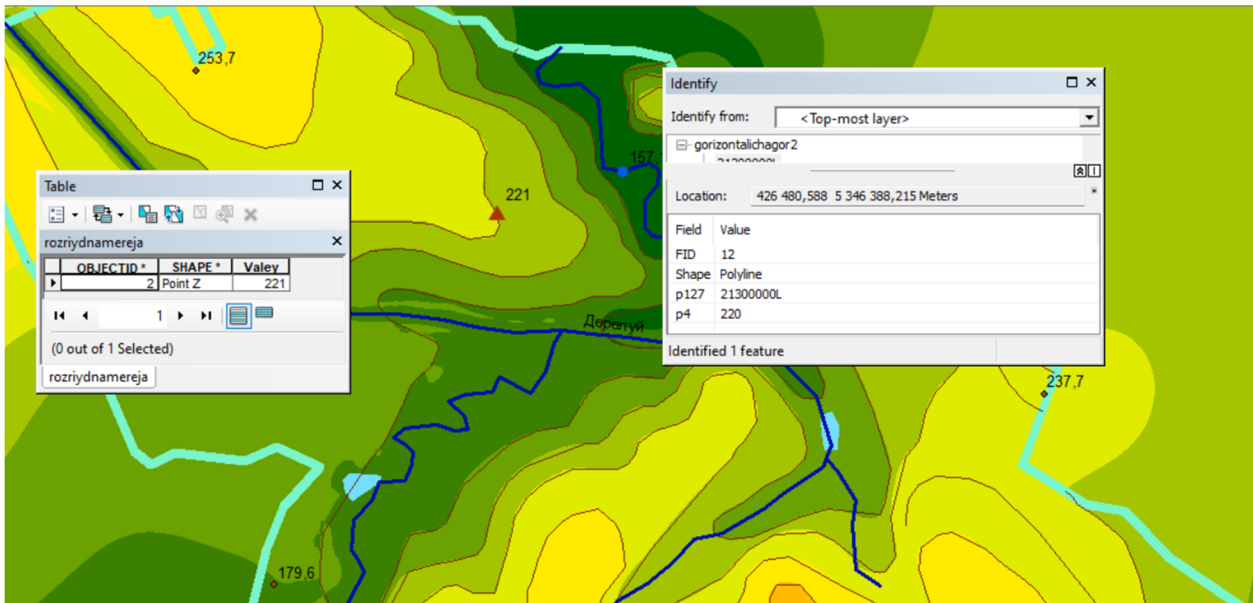
обравши Stretched або Classified. Так обравши Stretched в полі Color Ramp можна обрати кольори, як правило для рельєфу слід обрати від темно-зеленого до темно-червоного кольору. Коли обрати Classified то в полі методи варто обрати один з двох потрібних – Equal Interval (лімітована, визначена кількість груп по кольорам) та Defined Interval (вибір інтервалу між горизонталями). В останньому випадку вказано інтервал між горизонталями вказано в 20 метрів (згідно даних легенди топографічної карти).

Всі налаштування ЦМР, тобто її відображення зберігаються лише в межах документа ArcMap в якому ми їх налаштуємо. Тобто коли зберегти проект через інструмент збереження дискету  і закрити програму, то знову відкривши візуалізується ЦМР але в чорнобілій гамі. Це відбувається тому, що коли ми налаштуємо відображення ЦМР ми налаштуємо лише відображення а не змінємо саму ЦМР. Тому, щоб такого уникнути варто обрати через контекстне меню шару ЦМР Save As Layer File вказуємо нову назву ЦМР і шлях збереження (краще поза межами бази даних).

Таким чином в роботі створено ЦММ і ЦМР. Щоб проаналізувати їх кращу об'єктивність при використанні можна порівняти їх і дані їх висот з абсолютними висотами пунктів ДГМ території досліджень (Рис. 4.16).



а



б

Рис. 4.16 Порівняння абсолютних висот ЦММ (а) та ЦМР (б) з абсолютною висотою пункту ДГМ розрядної мережі 5708

Як видно з рисунків пункти ДГМ 3-го класу Кися (на карті ЦМР позначений як вершина з висотою 253,7) та розрядної мережі 5708 набагато краще співпадають по висоті на ЦМР (практично ідеально збіг з

абсолютними висотами). Це ще раз підтверджує те, що використання створеної ЦМР має більші переваги в плані точності над ЦММ.

Висновки до розділу 4.

Створення ЦМР значно спростить і підвищить їх рівень для використання в господарських цілях, а також для побудов карт та тривимірного моделювання в задачах моніторингу.

За допомогою ЦМР можна наочно досліджувати і вирішувати завдання щодо одержання інформації про рельєф, гідрологічну мережу, морфометричні показники, методи аналізу ерозійних процесів, під час виконання кадастрових робіт тощо. Дані, отримані за допомогою SRTM, дещо спотворюють площу і це не дає повного уявлення про територію країни. Тому виходом з цієї ситуації є отримання ЦМР за рахунок оцифрування горизонталей на топографічній карті та використання інструментів у програмному забезпеченні ArcGIS.

Отже, оцінка правильності способу побудови ЦМР, вибір оптимального з них для такого характеру рельєфу і вирішуваних завдань здебільшого повинні ґрунтуватися на результатах зіставлення реального рельєфу і побудованих ЦМ. ЦМР на основі TIN-моделі може забезпечити дуже компактне, досить ефективне і для візуального подання, і для виконання багатьох аналітичних процедур (обчислення відхилень, ухилів та ін.) зберігання інформації про рельєф цієї території.

ВИСНОВКИ

1. В роботі проаналізовано особливості створення ЦММ, досліджено термінологію та сфери застосування, а також приділена увага створенню цифрових моделей місцевості та рельєфу в середовищі ГІС.

Досліджено фізико-географічну характеристику території Чагорської територіальної громади. Проведено імпортування тематичних векторизованих шарів території завдяки офіційному сайту децентралізації з їх просторовими та атрибутивними даними до ГІС QGIS. Здійснено оцифрування по космічному знімку тематичного шару, що є одним із ключових тематичних шарів при майбутньому геодезичному аналізі території – меж населених пунктів.

2. В дипломній роботі досліджено рельєф території Чагорської територіальної громади через створену ЦММ використавши інформацію даних SRTM. Проведено геоприв'язку топографічної карти масштабу 1:100 000, та встановлено віддаль між горизонталями в 20 метрів. Після створеного шару через його властивості змінено колір ізоліній на чорний та вказано їх потрібну товщину, налаштовано проведення ліній кілометрової сітки з необхідними підписами.

3. Створено окремий тематичний шар розміщення пунктів ДГМ на території досліджень так і за її межами (на відстані до 4 км) за допомогою інструментів створення точкових об'єктів ГІС програми. Завдяки властивостям шару представлено дані об'єкти згідно вимог, щодо топографічних знаків, віднайдено пункти ДГМ на карті.

Загальна кількість пунктів ДГМ, що розташовані в межах території Чагорської територіальної громади складає 3 одиниці, а поряд межі громади розташовані ще два пункти. Щільність пунктів складає 1 пункт на 16,75 км². Тому середня щільність пунктів ДГМ для території Чагорської територіальної громади є задовільною.

Підписані абсолютні висоти пунктів ДГМ і горизонталей показали, що існуючий метод створення ЦММ в ГІС QGIS для території досліджень

показав вдалий результат. Для усіх пунктів ДГМ, що в межах об'єкта досліджень прослідковується відповідність значення їх абсолютних висот, щодо висоти точок на сусідніх горизонталях.

4. Здійснено оцифрування горизонталей топографічної карти для території досліджень. Для більш об'єктивної оцінки та побудови ЦМР також здійснено оцифрування позначок абсолютних висот місцевості, абсолютні висоти урізу води водойм і самі водойми. Для кожного з видів геоданих варто створено окремий векторний шар.

5. З'ясовано, що створення ЦМР вказаним методом є більш точним в порівнянні з ЦММ по знімку SRTM так як відбувається оцифрування найвищих точок місцевості, підписи яких є присутніми на карті. В деяких випадках, в тому числі і для території досліджень найвищі точки місцевості співпадають з місцезнаходженням пунктів ДГМ, абсолютні висоти яких зазначені і визначені з підвищеною геодезичною точністю. Встановлено, що пункти ДГМ 3-го класу Кіся та розрядної мережі 5708 набагато краще співпадають по висоті на ЦМР ніж на ЦММ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анисенко О.В., Рощенко В.А. Сучасний стан розвитку державної топографо-геодезичної мережі України. *Агросвіт*, № 21, 2018. С. 22-27.
2. Бекмурзаев Б. Ж., Касымканова Х. М., Джангулова Г. К., Бектур Б. К. (2015). Опыт создания государственных спутниковых геодезических сетей и установление системы координат. Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан. *Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. Vol. 2, No. 300, 120–127 [Електронний ресурс]. Режим доступу: nblib.library.kz/elib/library.kz/jurnal/Доклад_02_2015/Bekmurzaev0215.pdf
3. Білокриницький С. М. Оцінка можливості створення топографічних карт і планів на територію Вінницької області. Матеріали міжнародної наукової конференції "Від географії до географічного українознавства: еволюція освітньо-наукових ідей та пошуків". 2016. С. 188–189.
4. Бурак К. О., Ріпецький Є. Й., Ткачук Г. І. ПС в кадастрових системах : лабораторний практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. 73 с.
5. Вовк А., Глотов В., Гуніна А. Аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу з застосуванням БПЛА TRIMBLE UX-5. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2015. Вип. 81. С. 90-103
6. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” [Кабінет Міністрів України; пост. від 07.08.2013 р. № 646 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/646-2013>.
7. Закон України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” від 23.12.1998 р. № 353-XIV [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/353-14>.
8. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. Кн. 2. Ніжин : НДУ ім.

М. Гоголя, 2017. 237 с.

9. Карпінський Ю.О., Лященко А.А. Геоінформаційні технології: нові парадигми і нові ризики топографо-геодезичної та картографічної діяльності. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. 2011. Випуск 2 (22). С. 43–48.
11. Карпінський Ю.О., Стопхай Ю.А. Державна геодезична мережа України 1 класу: геоінформаційний аналіз квадратів. Геоінформатика і кадастр. 2010. Режим доступу: <http://clc.to/zLdw1A>
12. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії: [Електронний ресурс]. Режим доступу: [gki.com.ua /projects.htm](http://gki.com.ua/projects.htm) | Реалізовані проекти.
13. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України: постанова Кабінету Міністрів України № 844 від 8 червня 1998 р. Збір. законодавства України. Сер. 1. Постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України. 1998. №9. С. 416.
14. Постельняк А.А. Оцінювання точності висот цифрових моделей рельєфу SRTM та ASTER GDEM. Вісник геодезії та картографії. 2013. №4. С. 17-21
15. Про Порядок охорони геодезичних пунктів. Кабінет Міністрів України; Постанова від 19.07.1999 № 1284.
16. Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2014–2018 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-2010>.
18. Стопхай Ю. А. (2011). Геодезичний зріз України по меридіану 26°43': матеріали про пошук пунктів Геодезичної дуги Струве. Вісник геодезії та картографії, № 2. С. 4–12.
19. Технічний звіт про обстеження, відновлення та згущення геодезичних пунктів державної геодезичної мережі на об'єкті “Кременецький”. Робота 1988–1992 рр.

20. Тревого І., Ільків Є., Галярник М., Аналіз сучасного стану ДГМ України. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск II (38), 2019. С. 54-60.
21. Янчук О. Є. Аналіз можливості використання даних радарного топографічного знімання у задачах землеустрою. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. пр. Рівне, 2014. Вип. 2 (66). С. 235-246.