

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри
_____ Скарга-Бандурова І.С.
« ____ » _____ 20__ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТА) БАКАЛАВРА
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

НА ТЕМУ:

Комп'ютерна система побудови 3D моделі земної поверхні

Освітньо-кваліфікаційний рівень “бакалавр”
Напрямок підготовки 123 – “комп'ютерна інженерія”

Керівник проекту:

(підпис)

Барбарук В.М.

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Критська Я.О.

(ініціали, прізвище)

Здобувач вищої освіти:

(підпис)

Давиденко Ю. М.

(ініціали, прізвище)

Група:

КІ-15з

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Напрямок підготовки 123 – “комп'ютерна інженерія”
(шифр і назва)
Спеціальність _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри КНІ
_____ І.С. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 20 ____ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) БАКАЛАВРА**

Давиденко Юрію Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система побудови 3D моделі земної поверхні

керівник проекту (роботи) Барбарук Віктор Миколайович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "13" 05 2019 р. № 84/15.15

2. Термін подання студентом роботи 14.06.2019

3. Вихідні дані до роботи Гео-дані, перелік використовуваних програмних засобів, теоретичні відомості про методи сегментації зображень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз предметної області, методи реконструкції профілю земної поверхні, комп'ютерна модель реконструкції профілю земної поверхні, охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Електронні плакати

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	ст. викл. Критська Я.О.		

7. Дата видачі завдання 30.05.2019

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз завдання та робота з літературою	05.05.2019 - 13.05.2019	
2	Розробка алгоритму	14.05.2019 - 22.05.2019	
3	Програмна реалізація	22.05.2019 - 02.06.2019	
4	Розробка розділу «Охорона праці»	02.06 .2019- 11.06.2019	
5	Оформлення пояснювальної записки та електронних плакатів	11.06.2019 - 16.06.2019	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Давиденко Ю. М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник

_____ (підпис)

Барбарук В.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи: 75 с., 28 рис., 7 табл., 31 джерело.

Робота присвячена вирішенню проблеми реконструкції профілю земної поверхні. Було розглянуто і порівняно два варіанти вирішення даної задачі. Перший варіант, з використанням гео-інформаційної карти у форматі GeoTIFF побудованої на основі даних NASA отриманих за допомогою зйомки зі супутника, на підставі якої будується масив висот. Другий варіант, на основі оцифрованого зображення топографічної карти. Гео-дані для побудови масиву висот отримуються за допомогою розпізнавання зображення. За для цього необхідно навчити декілька нейронних мереж, для вирішення завдань сегментації зображення, визначення позначень висот на ізолініях і вершинах, відновлення плану горизонталей. Масив висот нормалізується, апроксимується і після цього візуалізується засобами графічного двигуну Unity.

3D, ГЕОДАНИ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, НЕЙРОННА МЕРЕЖА, РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ, ПРОФІЛЬ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ, ТОПОГРАФІЧНА КАРТА, GEOTIFF, UNITY.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	8
1.1 Актуальність задачі	8
1.2 Існуючі системи	9
1.2.1 ArcGIS	9
1.2.2 GRASS	10
1.2.3 MapInfo	11
1.2.4 AutoCAD map	13
1.2.5 ТороCAD	13
1.2.6 CAD RELIEF	14
1.2.7 CAD TELECOM	15
1.2.8 Професійна ГІС "Карта 2011"	16
1.3 Постановка задачі	17
2 МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОФІЛЮ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ	19
2.1 Методи отримання гео-даних	19
2.1.1 Топографічна зйомка	20
2.1.2 Супутникова зйомка	21
2.2 Реконструкція профілю земної поверхні по цифровим гео-даним....	23
2.2.1 Джерела ЦМВ	24
2.2.2 Оцінка точності цифрових моделей висот	29
2.2.3 Недоліки використання цифрових моделей висот	31
2.3 Генерація 3D моделі по топографічній карті	31
2.3.1 Об'єктно-орієнтований підхід до обробки топографічної карти	32
2.3.2 Методи сегментації топографічної карти	33
2.3.3 Підходи до побудови інтелектуальної системи аналізу топографічних карт	37
2.3.4 Відновлення плану горизонталей	40
2.3.4 Алгоритм відновлення плану горизонталей	41

3 КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОФІЛЮ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ.....	45
3.1 Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації	45
3.2 Програмна реалізація.....	46
3.3 Інструкція користувача.....	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу.....	54
4.2 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища.....	56
4.2.1 Мікроклімат.....	56
4.2.2 Освітлення	57
4.2.3 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання	59
4.2.4 Вентилювання	60
4.3 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій.....	61
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	65
ДОДАТОК А. Електронні плакати.....	70

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГІС – гео-інформаційна система.

ЦМВ – цифрова модель висот.

МАЕ – середня абсолютна похибка.

RMSE – середньоквадратична похибка.

NASA – National Aeronautics and Space Administration.

EOS – Earth Observing System.

MODIS – MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer.

CE – Circular Error.

LE – Linear Error.

Ізолінія – лінія однакових висот (зазвичай для відображення рельєфу на топографічній карті).

ВСТУП

При стрімкому розвитку доповненої і віртуальної реальності виникає потреба моделювання профілю земної поверхні з великою роздільною здатністю. Такі 3D карти можна використовувати як при створенні різноманітних симуляторів туриста, альпініста, військових стратегій, так і для надання атмосфери реальності у будь-якій грі.

На даний момент існує велика кількість рішень з використанням цифрових гео-даних здобутих NASA за допомогою зйомки зі супутника, але такі рішення мають декілька недоліків, наприклад, прив'язка стану профілю земної поверхні до моменту у якій було зроблено знімок, наявність у цифрових даних артефактів, а також доволі низька розподільна здатність freeware ресурсів, яка становить 30 метрів на 1 піксель. Існують також комерційні ресурси з розподільною здатністю до 5 метрів на 1 піксель, але навіть вони поступаються крупномасштабним картам.

Саме тому реставрація профілю земної поверхні по топографічній карті є актуальною, адже топографічна карта може бути будь-якого масштабу і відображати стан профілю земної поверхні якоїсь конкретної місцевості у той момент коли була намальована карта, навіть 100 років тому. Також з розвитком нейронних мереж з'явилися можливості автоматизувати деякі завдання обробки зображень і стало можливо розпізнавати растрові зображення високої якості з великою кількістю об'єктів. Навіть зараз, більшість програм розпізнання топографічних карт потребують вручну виділяти окремі об'єкти на карті і позначати що це за об'єкт, так як ці програми не вміють розпізнавати об'єкти на які накладаються інші.

Атестаційна робота включає у себе аналіз існуючих рішень, постановку задачі, опис використаних технологій, спробу частково реалізувати рішення та аналіз отриманих результатів.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Актуальність задачі

При стрімкому розвитку доповненої і віртуальної реальності виникає потреба моделювання профілю земної поверхні з великою роздільною здатністю. Такі 3D карти можна використовувати як при створенні різноманітних симуляторів, військових стратегій, або надання атмосфери реальності у будь-якій грі. Також високоточну модель профілю земної поверхні можливо використовувати для наукової та дослідницької діяльності. Наприклад для прогнозування рівня затоплення при побудові греблі, весняного паводку.

Існуючі на даний момент рішення даної задачі засновані на використанні гео-супутникових даних, або даних здобутих за допомогою гео-зйомки літаючими апаратами, наприклад, квадрокоптерами. На підставі гео-даних будується масив висот і візуалізується за допомогою графічних інструментів. При цьому якість роздільної здатності 3D моделі залежить від якості і методу зйомки. Але таке рішення має недоліки, так як гео-дані можуть відображати тільки стан поверхні на момент зйомки, а їх навчилися робити, відносно, нещодавно. Так, як же бути, якщо потрібно відобразити місцевість, якою вона була 100 років назад? Адже за роки індустріалізації профіль земної поверхні місцями сильно змінився: було збудовано канали, греблі, висушено болота, вирито кар'єри, засипано яри. Рішенням цієї задачі є генерація 3D моделі на підставі топографічної карти.

Також за допомогою реконструкції профілю земної поверхні по топографічній карті можна створити, майже будь-який фантастичний ландшафт. Його лише потрібно відобразити на топографічній карті. До багатьох всесвітньо відомих книг, автора малюють свої власні карти, але при зйомках фільмів, зазвичай, використовують певну ділянку земної поверхні, яка на рахунок режисера найбільше підходить до описаної у книзі.



Рисунок 1.1 – Карта до книги «Володар Перснів» Дж. Р. Р. Толкіна

1.2 Існуючі системи

У більшості інструментальних ГІС здійснюється комплексна обробка інформації - від збору даних до її зберігання, поновлення та подання. Такі системи відносяться до класу повних. Вони включають технології збору інформації, використовують максимальна кількість методів моделювання, автоматизованого проектування і вирішують ряд спеціальних проектних завдань, які в типовому автоматизованому проектуванні не зустрічаються [16].

Розглянемо деякі з існуючих ГІС.

1.2.1 ArcGIS

ArcGIS - найбільш популярна комплексна ГІС, що дозволяє проводити обробку географічної інформації. Вдосконалені можливості і шаблони дозволяють створювати додатки без програмування. Можливість

використання картографічних уявлень дає вам можливість змінювати об'єкти, незалежно від формату даних.

У ArcGIS забезпечено зберігання координат з більш високою точністю. У середовищі можна використовувати в роботі три настільних додатки ArcGIS - ArcCatalog, ArcMap і ArcToolbox.

ArcCatalog управляє зберіганням просторових даних, структурою БД, а також записом і переглядом метаданих. ArcMap використовується для всіх завдань створення карт і редагування, а також для картографічного аналізу. ArcToolbox використовується для перетворення даних і геообробки.

За допомогою даних трьох доповнень можна вирішити будь-яке завдання ГІС, просту або складну, включаючи створення карти, управління даними, географічний аналіз, редагування даних і геообробки.

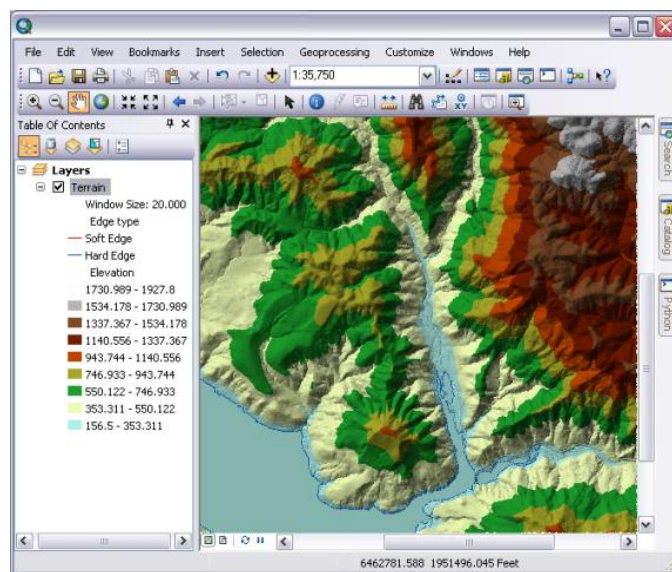


Рисунок 1.2 – Настільна версія ArcGIS

1.2.2 GRASS

Geographic Resources Analysis Support System (GRASS). Модульна система, що надає доступ до більш ніж 300 модулів для роботи з двовимірними і тривимірними растровими і векторними даними. За функціональним можливостям вона порівнянна з продуктом ArcGIS рівня

ArcInfo. Через відсутність зручного графічного інтерфейсу поширеність GRASS обмежена, вона затребувана переважно дослідними інститутами та університетами.

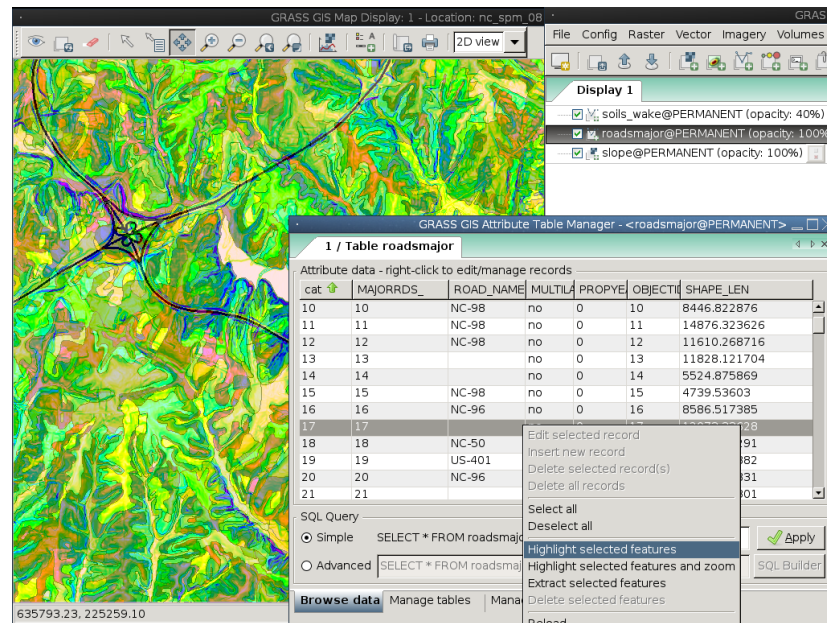


Рисунок 1.3 – GRASS

1.2.3 MapInfo

Система MapInfo дозволяє відображати різні дані, які мають просторову прив'язку. Вона відноситься до класу Desktop GIS.

Відмінна особливість MapInfo - універсальність. система дає можливість створювати інтегровані геоінформаційні технології Intergraph і MapInfo для DOS, Windows, Windows NT, UNIX, геоінформаційні системи, цифрові картографічні системи, програмні та технічні засоби формування та аналізу геоінформаційних баз даних.

У систему закладені наступні можливості:

- методи аналізу даних в реляційної базі даних;
- пошук географічних об'єктів;
- методи тематичного зафарбовування карт;
- методи створення і редагування легенд;

- підтримка широкого набору форматів даних;
- доступ в віддалену БД і розподілена обробка даних.

MapInfo дозволяє отримувати інформацію про місцезнаходження по адресою або імені, знаходити перетину вулиць, меж, проводити автоматичне і інтерактивне геокодування, проставляти на карту об'єкти з БД. Форма подання інформації в системі може мати вигляд таблиць, карт, діаграм, текстових довідок. система дає можливість проводити спеціальний географічний аналіз і графічне редагування. При цьому, система команд і повідомлення представляються як російською мовою, так і на інших мовах. модулі системи включають обробку даних геодезичних вимірювань, векторизацію і архівацію карт, схем, креслень, перетворення картографічних проєкцій, об'єднання просторових даних.

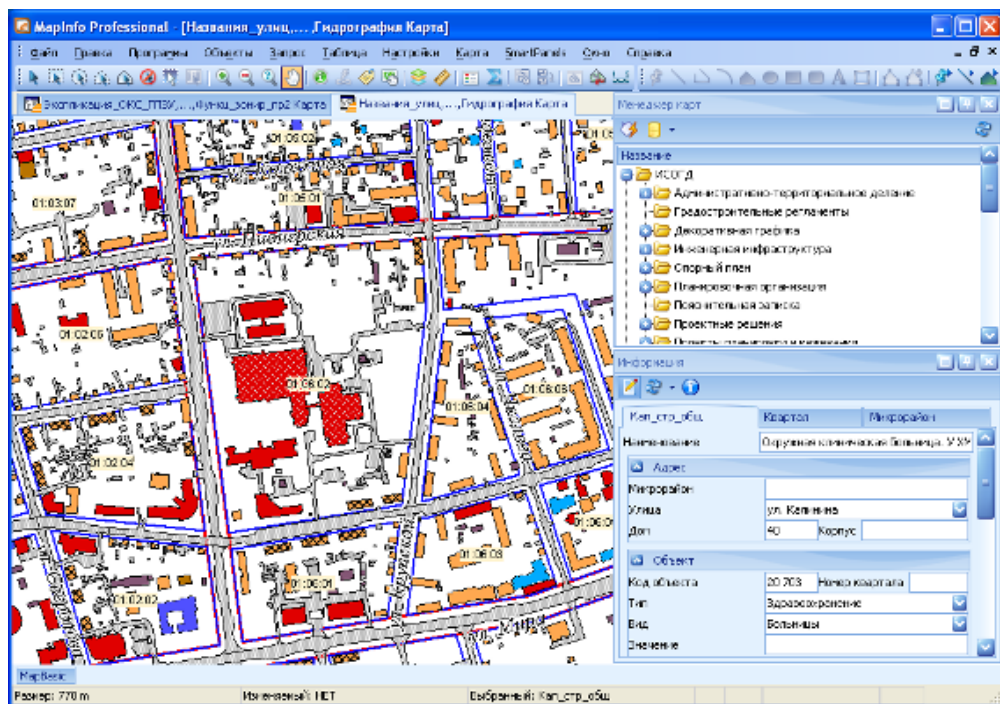


Рисунок 1.4 – MapInfo

1.2.4 AutoCAD map

Високоточне програмне забезпечення для створення цифрових карт і здійснення геоінформаційного аналізу, що включає всі функціональні можливості базового продукту AutoCAD. Містить всі необхідні засоби та ефективні функції для виготовлення картографічної основи і обробки географічної інформації.

Підтримує будь-які графічні формати, здійснює експорт даних в усі популярні програми обробки географічної інформації. Забезпечує миттєве отримання додаткових даних для геоінформаційного проекту через мережу.

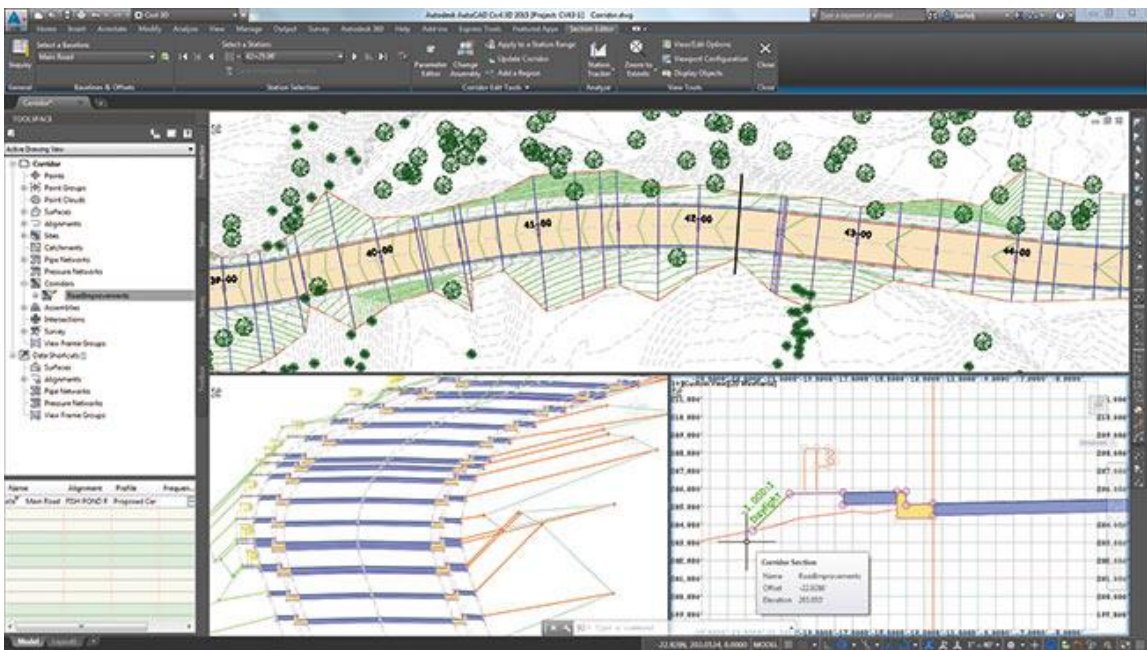


Рисунок 1.5 – AutoCAD map

1.2.5 ТороCAD

Програма для роботи з цифровими моделями місцевості і топографічними планами. Програма ТороCAD є початковою ланкою наскрізної технологічної лінії ГІС. Після установки растра на координати (наприклад, з допомогою Raster Transformer) ТороCAD може використовуватися в AutoCAD, що дозволяє працювати з растровою

підкладкою, або спільно з програмами векторизації, що працюють в середовищі AutoCAD.

Пакет ТороCAD як спеціалізований топографічний редактор включає:

- засоби отримання карти в умовних знаках безпосередньо в процесі дигіталізації;
- потужні спеціалізовані засоби графічного редагування топографічних планів;
- функції для отримання геометричних параметрів (координат, відстаней, довжин, площ, кутів).

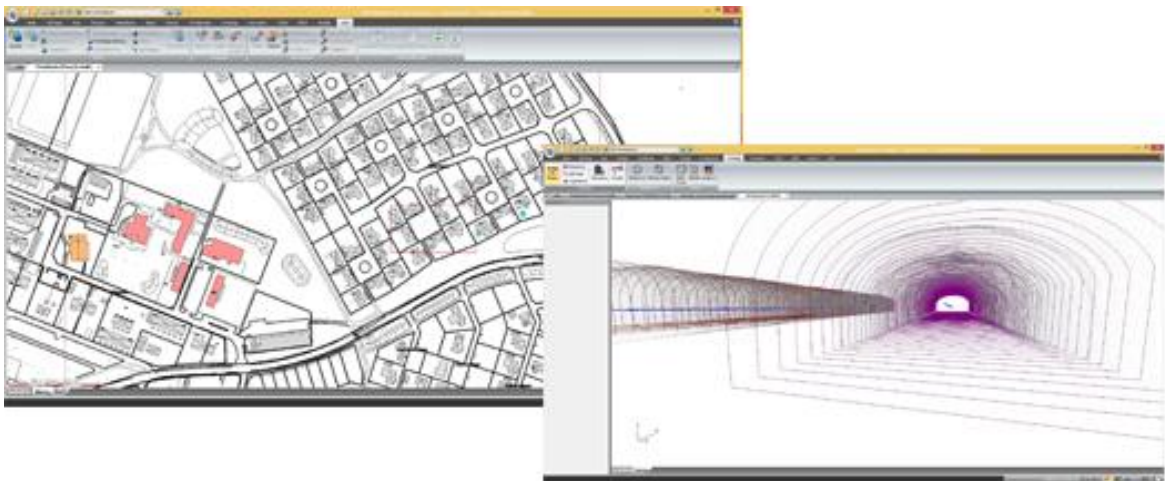


Рисунок 1.6 – ТороCAD

1.2.6 CAD RELIEF

Програма для створення тривимірної моделі місцевості. Пакет CAD RELIEF працює як додаток програми AutoCAD і дозволяє спеціалісту будувати тривимірну модель рельєфу поверхні у вигляді тривимірних граней і карти в ізолініях.

Унікальні особливості пакета в тому, що він дозволяє моделювати нерівні поверхні. Пакет дозволяє доповнити ЦММ їх другим компонентом - цифровими моделями рельєфу, використовувати ці моделі для архітектурного моделювання і вирішувати завдання вертикального

планування. Крім цього, він дозволяє розширити ГІС AutoCAD Map засобами аналізу поверхонь, отриманих на нерегулярній мережі точок, засобами побудови і TIN-аналізу полів (Статистичних поверхонь) і візуалізації різної статистичної інформації у вигляді тематичних карт в ізолініях, наприклад, для завдань екології.

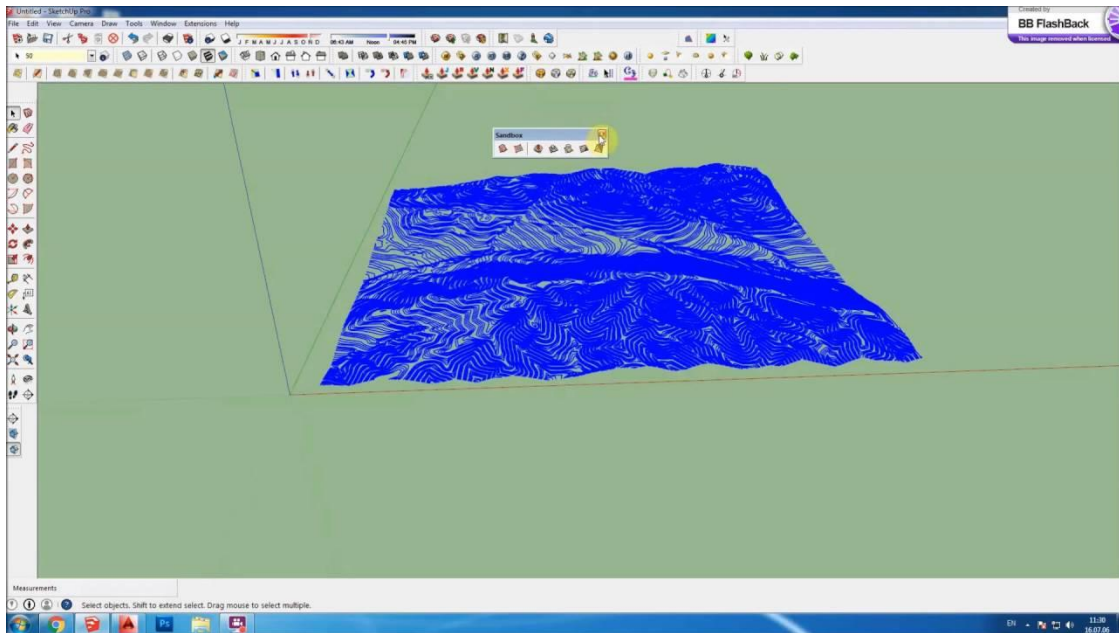


Рисунок 1.7 – CAD RELIEF

1.2.7 CAD TELECOM

Інформаційно-картографічна система для роботи з телефонними мережами і телекомунікаціями. CAD TELECOM є модулем інтегрованої системи автоматизації діяльності підприємства електрозв'язку. CAD TELECOM автоматизує технологію технічної експлуатації та розвитку телекомунікаційної мережі підприємства, технологію ведення, обліку лінійних споруд і лінійних даних.

1.2.8 Професійна ГІС "Карта 2011"

Професійний векторизатор. Панорама-редактор додатково комплектується комплексом геодезичних розрахунків призначених для обробки даних топографо-геодезичних досліджень в камеральних умовах, нанесення результатів обчислень на електронну карту та формування звітних документів. Програмні засоби, що входять до складу геодезичного комплексу, дозволяють вирішувати більшість задач, які стоять перед організаціями, які виконують польові роботи для складання великомасштабних планів і постановки земельних ділянок та об'єктів нерухомості на кадастровий облік.

У ГІС "Карта 2011" передбачений набір функцій, орієнтованих на обробку даних геодезичних вимірювань місцевості, виконаних як традиційними приладами (теодоліти, нівеліри, рулетки) із записом в польові журнали, так і електронними тахеометрами і супутниковими системами. В ході обробки вимірів, отриманих кожним із зазначених коштів, виконується формування звітних відомостей і картографування результатів розрахунків та зрівнювання.

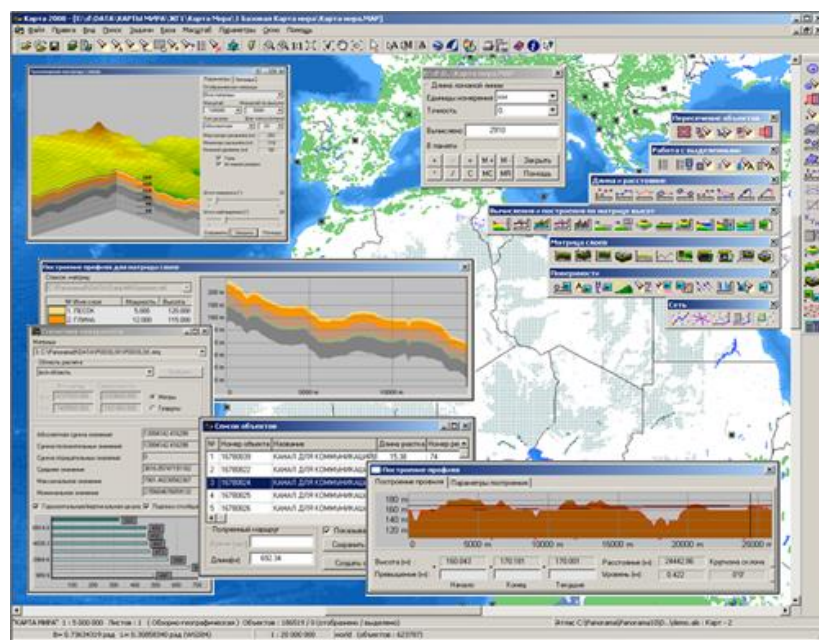


Рисунок 1.8 – ГІС "Карта 2011"

1.3 Постановка задачі

Завданням дипломної роботи є розробка моделей та програмних модулів реконструкції профілю поверхні на основі топографічних карт, або гео-даних.

Для цього в роботі вирішуються наступні завдання:

- дослідження методів отримання гео-даних;
- дослідження і розробка методів сегментації і обробки топографічної карти;
- дослідження і розробка методів розпізнання позначень висоти на ізолініях і вершинах;
- дослідження і розробка методів відновлення плану горизонталей;
- дослідження і розробка методів побудови карти висот на підставі плану горизонталей і розпізнаних позначень висоти;
- розробка інформаційної системи, яка дозволяє працювати з будь-якими гео-даними у міжнародному форматі гео-даних GeoTIFF і будувати на підставі цих даних 3D модель місцевості.

2 МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОФІЛЮ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

2.1 Методи отримання гео-даних

Перші карти з'явилися ще в період первісної історії. Вигини річок, гребні, яри, скалисті піки, тваринні стежки – всі об'єкти позначалися простими насічками, прямими і хвилястими лініями. Подальші карти недалеко відійшли від перших схематичних рисунків.



Рисунок 2.1 – Наскальне зображення карти, понад 13600 років, печера
Абаунц

Винахід компаса, телескопа, секстанта, та інших приладів морської навігації, а також подальший період великих географічних відкриттів призвели до розквіту картографії, но карти все ще залишалися недостатньо точними. Використання різних приборів та математичних методів не могло стати вирішенням проблем – зрештою, карти малювала людина, використовуючи опис або схеми, створені на натурі.

2.1.1 Топографічна зйомка

Новий етап у розвитку картографії розпочався з топографічної зйомки. Вперше наземні знімальні роботи для виготовлення топографічних карт почали виконуватися в 16 столітті, а перші аерофототопографічні зйомки важкодоступних територій були виконані в 1910– і роки. Карти, точність і покриття яких на той момент часу виявилися безпрецедентними, створювалися топографами за допомогою теодоліта.

Після аерозйомки необхідний тривалий і складний етап дешифрування (рис.2.2(б)). Об'єкти на знімку потрібно виявити і розпізнати, встановити їх якісні та кількісні характеристики, а також зареєструвати результати. Метод дешифрування ґрунтується на закономірностях фотографічного відтворення оптичних і геометричних властивостей об'єктів, а також на взаємозв'язках їх просторового розміщення. Простіше кажучи, враховуються три чинники: оптика, геометрія зображення і просторове розміщення.

Для отримання даних про рельєф використовуються контурно-комбінований і стереотопографічний методи. При першому методі безпосередньо на місцевості за допомогою геодезичних приладів визначають висоти найважливіших точок поверхні і потім на аерофотознімки наносять положення горизонталей. Стереотопографічний метод полягає в частковому перекритті один одним двох знімків таким чином, щоб на кожному з них зображувалася одна й та сама ділянка місцевості. У стереоскоп ця ділянка виглядає як тривимірне зображення. Далі по цій моделі за допомогою приладів визначають висоти точок місцевості.

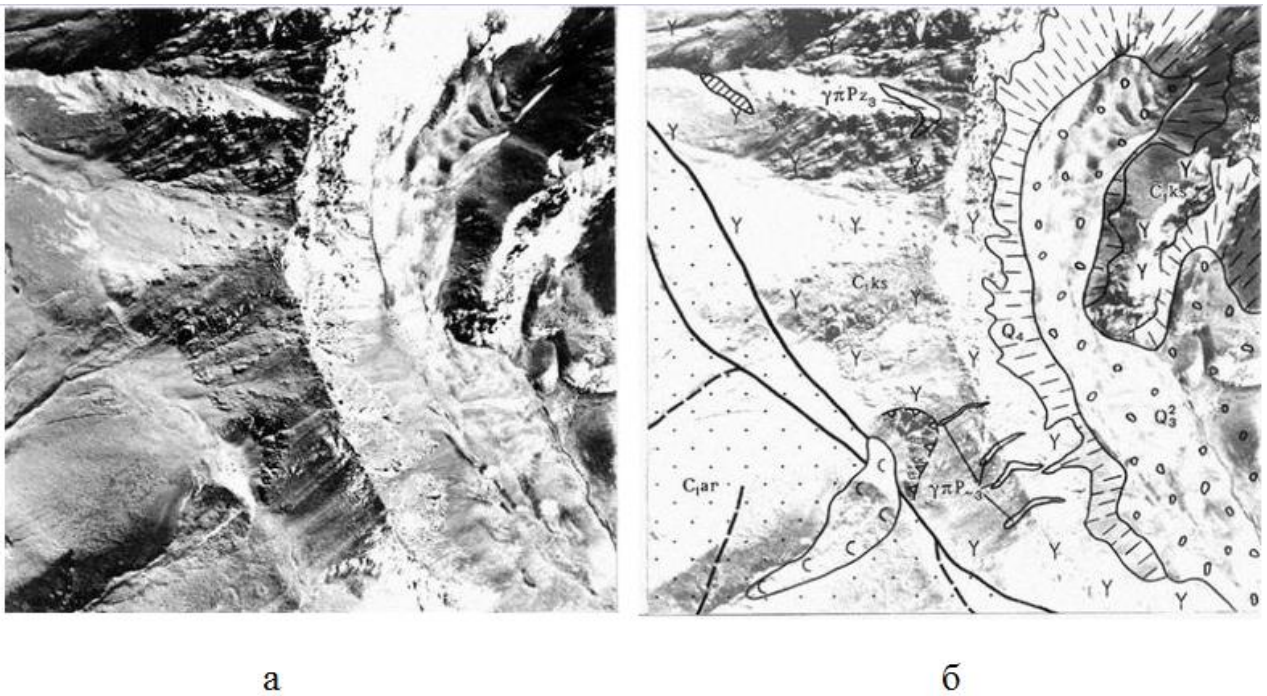


Рисунок 2.2 – Дешифрування знімку в середині ХХ ст:

а – початкове зображення; б – зображення після дешифрування

2.1.2 Супутникова зйомка

Схожим чином, створюючи стереозображення, працюють і супутники. Інформацію по рельєфу (і багато інших даних, включаючи радарну інтерферометрію – побудова цифрових моделей місцевості, визначення зсувів і деформацій земної поверхні і споруд), надають радарні і оптичні супутники дистанційного зондування Землі.

Супутники надвисокої роздільної здатності фотографують не все підряд, а на замовлення для певної території. До таких супутників відносяться, наприклад, Landsat і Sentinel.

Супутники надсилають дані не тільки у видимому спектрі, але і в інфрачервоному (і ще кількох інших). Дані з невидимих для ока людини діапазонів спектра дозволяють аналізувати типи поверхні, стежити за ростом сільськогосподарських культур, виявляти пожежі та багато іншого.

Скануючий спектрорадіометр середньої роздільної здатності MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) розташовано на супутниках

Terra і Aqua, що є частиною комплексної програми NASA EOS (Earth Observing System). Роздільна здатність одержуваних зображень грубіше результатів більшості інших супутників, але охоплення дозволяє отримувати щоденну глобальну колекцію знімків практично в режимі реального часу.

Мультиспектральні дані корисні для аналізу земної поверхні, океану і атмосфери, дозволяючи в оперативному режимі (буквально за кілька годин) вивчати зміни хмарності, снігу, льоду, водних об'єктів, стан рослинності, відстежувати динаміку повеней, пожеж і т.д.

Супутники надають величезну кількість різноманітної інформації і можуть сфотографувати всю Землю, але компанії замовляють дані тільки для потрібної їм території. У зв'язку з високою ціною супутникової зйомки, компанії вважають за краще деталізувати території великих міст. Все, що вважається малонаселеною місцевістю, зазвичай знімається в найзагальніших рисах. У регіонах з постійною хмарністю супутники роблять нові і нові знімки, домагаючись чіткого зображення і підвищуючи витрати. Втім, деякі ІТ-компанії можуть дозволити собі купувати знімки цілими країнами.

Рельєф, умови зйомки і тип камери впливають на появу спотворень в знімках. Процес усунення спотворень і перетворення вихідного знімка в ортогональну проекцію, тобто таку, при якій кожна точка місцевості спостерігається строго вертикально, називається орторектіфікацією.

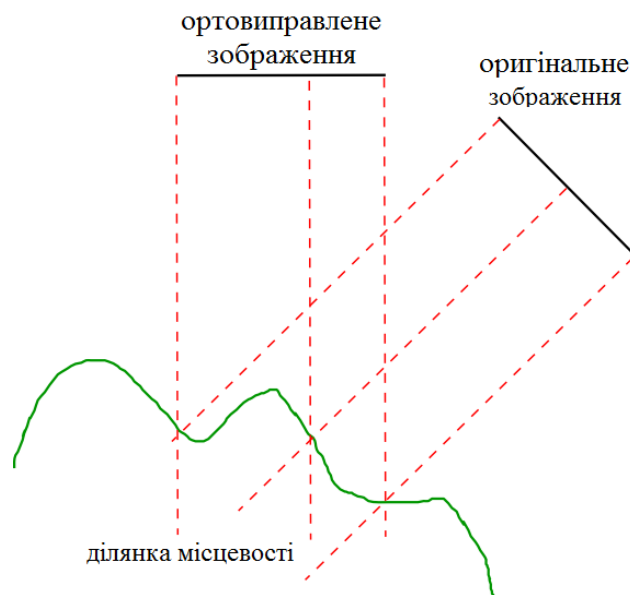


Рисунок 2.3 – Перерозподіл пікселів в результаті орторектифікації

Використовувати супутник, який знімає би лише над заданою точкою, затратно, тому зйомка ведеться під кутом, який може досягати 45 градусів. З висоти в сотні кілометрів це призводить до значних спотворень. Для створення точних карт якісна орторектифікація життєво необхідна [4].

2.2 Реконструкція профілю земної поверхні по цифровим гео-даним

Для реконструкція профілю земної поверхні зазвичай використовують цифрові моделі висот (ЦМВ). Глобальні ЦМВ будуються в основному за даними стереоскопічної оптичної і інтерферометричної радіолокаційної космічної зйомки. Геометрична точність ЦМВ залежить від того, по яким вихідним знімкам і елементам орієнтування вони були отримані. Точність глобальних ЦМВ традиційно оцінюється по більш точним моделям висот, наявних для окремих ділянок, і виражається за допомогою різних усереднених показників, таких, наприклад, як RMSE або LE90. Інформативність моделі визначається, в тому числі відстанню між точками (розміром клітинки або кроком сітки), в яких задана висота.

2.2.1 Джерела ЦМВ

На даний момент існує велика кількість джерел ЦМВ, вони відрізняються джерелами та методами отримання гео-даних, точністю отриманих результатів, алгоритмами обробки, ліквідації артефактів та шумів. Деякі з них існують у вільному доступі, інші на комерційній основі.

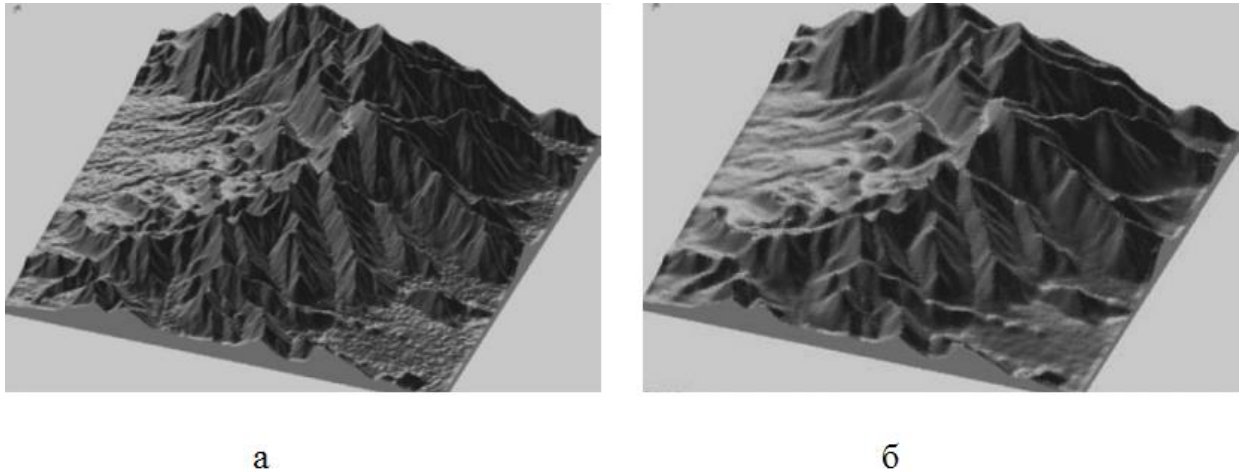


Рисунок 2.4 – Порівняння точності ЦМВ:
а – 30 м. на комірку; б – 90 м. на комірку

2.2.1.1 GMTED2010

Модель GMTED2010 була розроблена за участі USGS і NGA у 2010 році на підставі даних узятих з різних джерел (в основному SRTM, а також: CDED, Reference 3D, NED, GEODATA 9 та ін.), в якості заміни застарілої GTOPO30. Розповсюджується в вільному доступі і має покриття 84 пн.ш. – 56 пд.ш. Характеристики моделі GMTED2010 наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики моделі GMTED2010

Розмір комірки	Абсолютна точність по висоті	
	LE90	RMSE
7,5" (250 м)	56-60 м	26-30 м
15" (500 м)	58-64 м	29-32 м
30" (1000 м)	50-82 м	25-42 м

2.2.1.2 ASTER GDEM2

Модель ASTER GDEM2 була розроблена METI та NASA у 2011 році на підставі стереопари оптичних знімків Terra Aster. Являє собою покращену версію ASTER GDEM: додані нові сцени, виправлені помилки. Для заміни аномальних значень використані дані інших моделей: SRTM, NED, CDED, Alyaska DEM. Розповсюджується у вільному доступі і має покриття 83 пн.ш. – 83 пд.ш. (99% поверхні земної кулі). Розмір комірки становить 1" (30 м), абсолютна точність по висоті у LE90 дорівнює 12–30 м, RMSE 6–15 м.

2.2.1.3 SRTM C-band

Модель SRTM C-band розроблена NASA і NGA у 2003 році на підставі інтерферометричних пар радіолокаційних знімків, отриманих у 2000 році сенсором SIR-C і X-SAR, в результаті зйомки з борту космічного корабля багаторазового використання «Шаттл». Розповсюджується у вільному доступі та має покриття 60 пн.ш. – 56 пд.ш. (80% поверхні земної кулі). Розмір комірки на території США становить 1" (30 м) та 3" (90 м) на інших територіях. Абсолютна точність по висоті у LE90 дорівнює 11,2 – 18 м, RMSE 5,6 – 9,0 м, та відносна точність по висоті у LE90 дорівнює 9 – 14 – 19,6 м, RMSE 4,7 – 9,8 м.

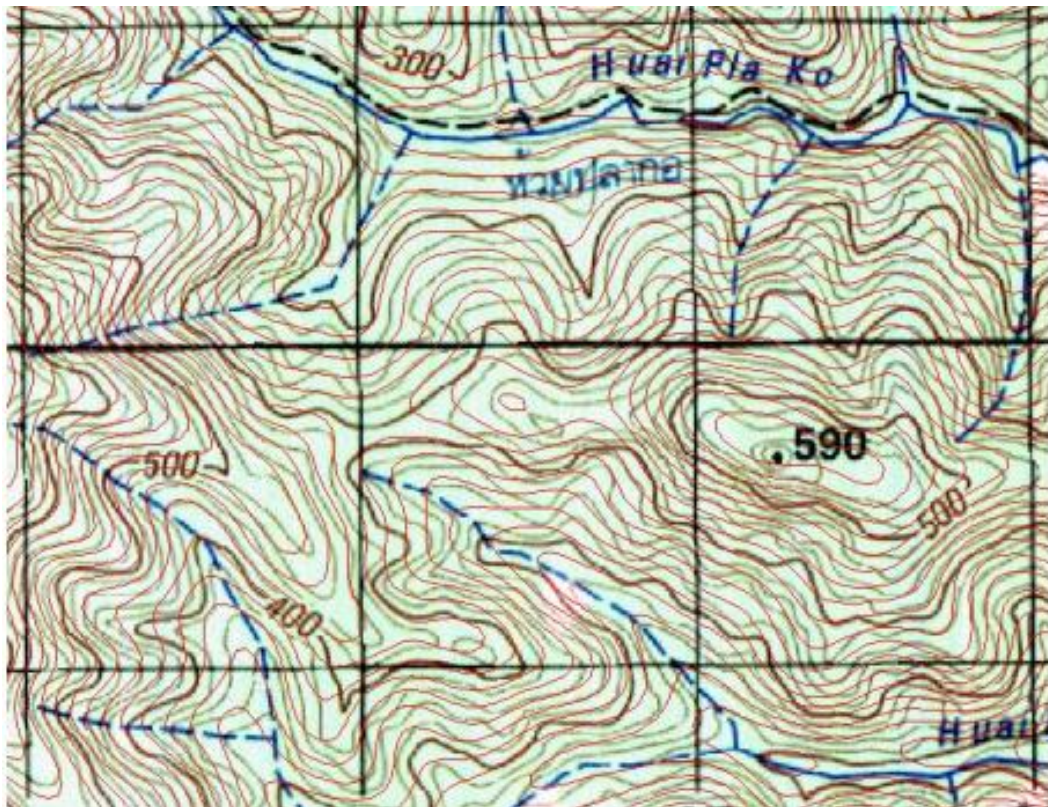


Рисунок 2.5 – Порівняння SRTM і топографічної карти масштабу 1:5000000

2.2.1.4 SRTM X-band

Модель SRTM X-band була розроблена DLR у 2011 році, на даних інтерферометричних пар радіолокаційних знімків, отриманих у 2000 році сенсором X-SAR, в результаті зйомки з борту космічного корабля багаторазового використання "Шаттл". Розповсюджується у вільному доступі та має покриття 60 пн.ш. – 56 пд.ш. Однак покриття містить значні проміжки між смугами зйомки: чим південніше, тим пропусків більше. Розмір комірки становить 1" (30 м). Абсолютна точність по висоті у LE90 дорівнює 16 м, RMSE 8 м, та відносна точність по висоті у LE90 дорівнює 6 м, RMSE 3 м.

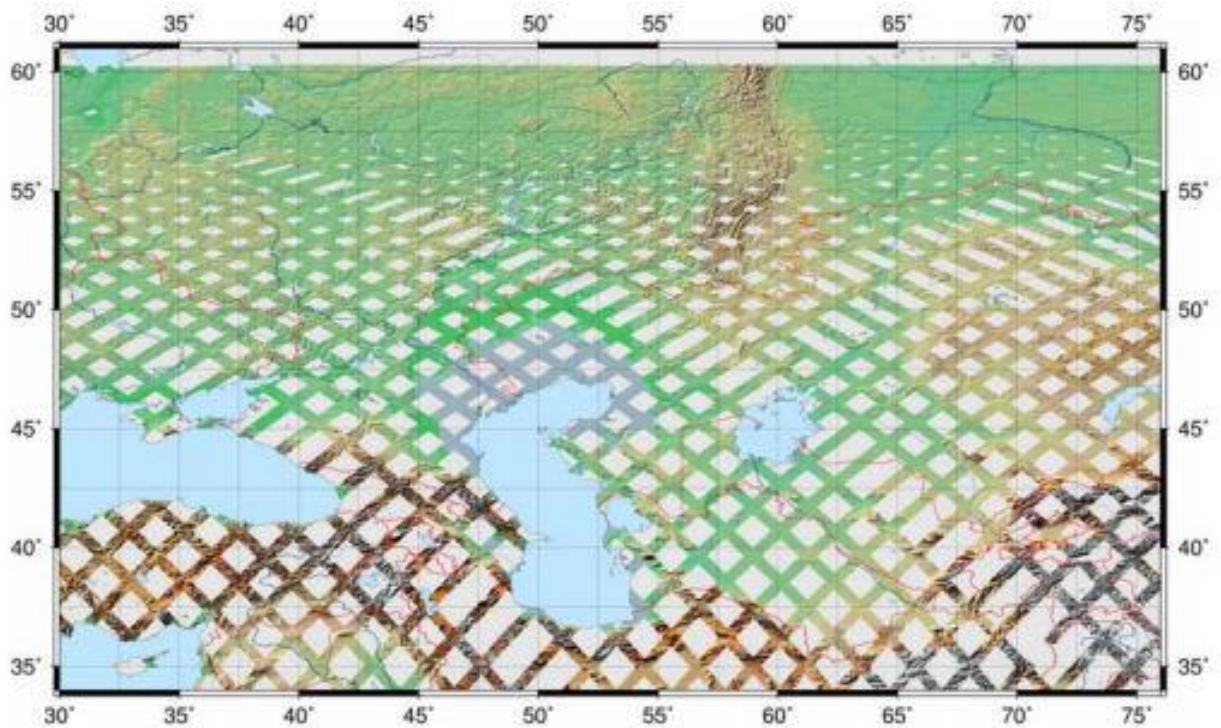


Рисунок 2.6 – Проміжки в покритті земної поверхні даними SRTM-X

2.2.1.5 NextMap World 30

Метод NextMap World 30 розроблено у 2012 році компанією Intermap. Модель поверхні, отримана за даними декількох джерел: SRTM, версія 2, ASTER GDEM2, GTOPO30, лідарні дані ICESat. Проект комерційний, покриття становить 100% земної поверхні. Розмір комірки 1'' (30 м). Абсолютна точність по висоті у LE90 становить від 10 м, RMSE від 5 м. Точність варіюється залежно від території і джерела даних.

2.2.1.6 NextMap

Модель NextMap – продукт компанії Intermap, що включає в себе: DSM (digital surface model), DTM (digital terrain model) і ORI (orthorectified radar image). Висотні моделі отримані за даними різних сенсорів. Розповсюджується на комерційній основі і має покриття у США, Пуерто-

Ріко, Ямайці, східній Європі, Конго, Малайзії, Філіппінах, частини Індонезії і Австралії. Розмір комірки становить 0,15'' (5 м), абсолютна точність по висоті у LE90 становить від 1 м для відкритих ділянок з ухилом менше 10%. На 80% територій, покритих NextMap LE90 не перевищує 5 м. У RMSE приблизно 0,5 – 2,5 м на 80% територій, покритих NextMap. Точність варіюється залежно від території і джерела даних.

2.2.1.7 TanDEM-X Global DEM (WorldDEM™)

Модель TanDEM-X Global DEM (WorldDEM™) розроблена у 2014 році компанією Astrium на підставі інтерферометричних пар радіолокаційних знімків, отриманих сенсорами TerraSAR-X і TanDEM-X. Розповсюджується на комерційній основі і має 100% покриття земної поверхні. Розмір комірки становить 0,4'' (12 м), а за спец. замовленням: 0,2'' (6 м). Абсолютна точність по висоті у LE90 дорівнює 10 м, RMSE 2 м, та відносна точність по висоті у LE90 дорівнює 5 м, RMSE 1 м.

2.2.1.8 World 3D Topographic Data (AW3D)

Модель World 3D Topographic Data (AW3D) розроблена компаніями NTT DATA і RESTEC (Японія) у 2015 році. Основана на даних ALOS JAXA (World 3D Topographic Data Standard) і DigitalGlobe (World 3D Topographic Data Enhanced). Розповсюджується на приватній основі. 100% покриття земної поверхні має розмір комірки 5 м, з абсолютною точністю по висоті у LE90 7 м і у RMSE 3,5 м. Основні великі міста світу і густонаселені області мають розмір комірки від 4 до 2 м, з абсолютною точністю по висоті у LE90 від 6 до 3 м і у RMSE від 3 до 1,5 м.

2.2.2 Оцінка точності цифрових моделей висот

Похибка отриманої ЦМВ є сукупним результатом дії різних чинників, серед яких – похибка результатів первісного знімання, похибка оцифровки та похибка інтерполяційного алгоритму. Знання величини похибки дозволяє при використанні даних у моделюванні та прийнятті рішень оцінити міру ризику, зумовленого наявністю похибки в даних. Для оцінювання точності ЦМВ її порівнюють з еталоном. Точність ЦМВ зазвичай залежить від рельєфу і знижується у місцях з великим перепадом висоти, у місцях з лісовим покривом та у містах. Зазвичай для оцінювання точності ЦМВ використовують метод середньоквадратичної похибки RMSE (Root Mean Square Error), середня абсолютна помилка MAE (Mean Absolute Error). Існує декілька стандартів для оцінювання точності ЦМВ. LE (Linear Error) – показник точності висот точок місцевості. CE (Circular Error) – показник точності планового положення точок місцевості. Вихідним матеріалом для оцінки точності служать різниці висот $H_{ЦМВ}$ і відміток земної поверхні еталону H_{em} :

$$\Delta H = H_{ЦМВ} - H_{em}.$$

Середньоквадратична похибка (RMSE) є часто використовуваною мірою відмінностей між значеннями передбаченими моделлю або оцінкою та фактично спостережуваними значеннями. RMSE являє собою стандартне відхилення відмінностей між прогнозованими значеннями та спостережуваними значеннями. Ці індивідуальні відмінності називаються залишками, коли розрахунки виконуються над зразком даних, який використовувався для оцінки і називаються помилками прогнозування, коли обчислюється поза вибірки. RMSE служить для агрегування значень похибок у прогнозах на різні моменти в єдину міру прогнозованої потужності. RMSE – це показник точності, для порівняння похибок прогнозування різних

моделей для певного набору даних, а не між наборами даних, оскільки він залежить від масштабу. Ефект кожної похибки на RMSE пропорційний розміру квадрату похибки; таким чином більші похибки мають непропорційно великий ефект на RMSE. Отже, RMSE чутливий до викидів. Обчислюється за формулою:

$$RMSE_{\Delta H} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}.$$

Деякі дослідники рекомендували використовувати середню абсолютну похибку (MAE) замість середньоквадратичної похибки. MAE має переваги в інтерпретації над RMSE. MAE – це середня абсолютна різниця між двома змінними, позначеними X і Y. Кожна похибка впливає на MAE прямо пропорційно абсолютному значенню похибки, на відміну від RMSE. Обчислюється за формулою:

$$MAE_{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta H_i|.$$

LE (Linear Error) – це величина, яка із заданою вірогідністю (зазвичай 90% або 95%; відповідні показники позначаються LE90 і LE95) не перевищить відхилення оцінки висоти точки, яку характеризує від істинного значення її висоти. LE90 та LE95 обчислюються за формулами:

$$LE_{90\%} = 1.6449 * RMSE,$$

$$LE_{95\%} = 1.9600 * RMSE.$$

CE (Circular Error) – це величина, яка з заданою вірогідністю (звичайно 90% або 95%, відповідні показники позначаються CE90 і CE95) не перевищують відхилення, що характеризується оцінкою планового

положення точки від її істинного планового положення. Інакше кажучи, з заданою вірогідністю точка опиняється в крузі радіусом CE , центр якого збігається з істинним положенням точки. CE_{90} та CE_{95} обчислюються за формулами:

$$CE_{90\%} = 1.5175 * RMSE,$$

$$CE_{95\%} = 1.7308 * RMSE.$$

2.2.3 Недоліки використання цифрових моделей висот

Важливим недоліком використання існуючих ЦМВ є відсутність у відкритому доступі гео-даних з великою роздільною здатністю і значні витрати часу та коштів на створення нових знімків. Орієнтовно за допомогою доступних на сьогоднішній день глобальних ЦМВ можна отримувати вихідні матеріали в масштабах від 1:25 000 і дрібніше. Через те, що знімки робляться під кутом і на великій швидкості, час фотографування обмежений, знімки потрібно склеювати. Через це в даних виникають похибки які накладаються одна на одну, в результаті чого дані потребують подальшої обробки, також на якість знімків впливає шум, лісовий покрив та будівлі. У гірській місцевості точність визначення ЦМВ, через значні перепади висоти, сильно знижується.

2.3 Генерація 3D моделі по топографічній карті

Генерація 3D моделі по топографічній карті має на увазі роботу з розпізнаванням зображення. Ця задача дуже складна і вирішується за допомогою нейронних мереж.

При розпізнаванні оцифрованої карти перед нами виникають такі проблеми:

- порушення цілісності карти;

- відсутність міжнародного стандарту при створенні карт;
- відмінності в картах гірської і рівнинної місцевості, а також у сучасних картах та давніх картах;
- у деяких місцях може бути велике нагромадження півмасштабних ізоліній, при чому деякі з них можуть бути незамкнуті і інформаційній системі потрібно відрізнити півмасштабні ізолінії від ізоліній перекритих текстом, дорогами, будівлями та іншим;
- ізолінії які виходять за межі карти;
- відсутність позначення висоти на деяких картах;
- спотворення кольору позначок при накладанні декількох символів в одному місці.

2.3.1 Об'єктно-орієнтований підхід до обробки топографічної карти

Об'єктно-орієнтований підхід до обробки даних дистанційного зондування Землі виник в 90-х роках і набув поширення в області аналізу зображень надвисокої роздільної здатності [11]. В рамках даного підходу відбувається аналіз і класифікація зображень на рівні об'єктів, тобто груп пікселів, об'єднаних на основі певної сукупності критеріїв. В якості ознак для класифікації можуть використовуватися статистичні, текстурні і геометричні характеристики об'єктів. Таким чином, кожен об'єкт може бути віднесений до певного класу об'єктів в залежності від своєї форми, текстури та сусідства з іншими об'єктами.

Об'єктно-орієнтований підхід включає в себе два етапи, перший етап - виділення об'єктів, другий – їх розпізнавання [12]. Перший етап включає в себе попередню обробку зображення, сегментацію на окремі регіони і подальшу постобробку отриманих сегментів. На другому етапі для кожного отриманого регіону вибирається набір ознак, після чого проводиться розпізнавання об'єктів. В результаті роботи алгоритму кожному регіону буде

поставлений у відповідність один з класів. На рисунку 2.7 представлена схема об'єктно-орієнтованого підходу.

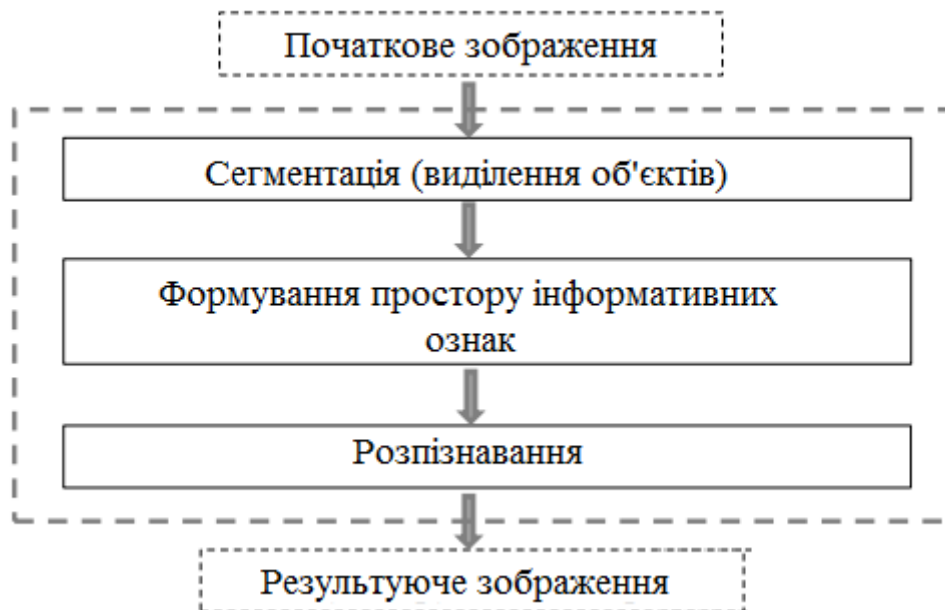


Рисунок 2.7 – Схема об'єктно-орієнтованого підходу

До переваг використання об'єктно-орієнтованого підходу щодо традиційного піксельно-орієнтованого підходу можна віднести: поліпшення якості розпізнавання топографічної карти, можливість виділення більш складних об'єктів, можливість більш простої інтеграції отриманих результатів в ГІС для подальшого використання [14].

2.3.2 Методи сегментації топографічної карти

Як видно зі схеми об'єктно-орієнтованого підходу, представленої на рисунку 2.7 сегментація є ключовим етапом обробки даних і впливає на ефективність усіх подальших кроків аналізу топографічної карти через залежність якості одержуваного в результаті роботи системи розпізнавання рішення від правильно виділених об'єктів.

Проблема перетворення топографічної карти в геоінформаційну систему стояла б не так гостро, якби карти являли собою векторні

зображення, а не растрові. У векторних зображеннях всі об'єкти є математично описаними геометричними елементами, такими, як точки, лінії, багатокутники і т.д., які можуть бути як згруповані, так і ні. У растрових зображеннях як таких об'єктів немає: зображення є двовимірною матрицею пікселів, за якими закріплений тільки певний колір.

Перш за все, необхідно виконати сегментацію безлічі пікселів між декількома типами об'єктів, такими, як пікселі ізоляцій, пікселі водних об'єктів, пікселі певних ґрунтів і т.д. Такий поділ можна зробити згідно з правилом побудови топографічних карт, причому визначальною характеристикою є колір об'єктів, так як об'єкти однієї функціональної групи або мають однаковий колір, або відрізняються відтінками одного кольору. Після сегментації необхідно буде застосовувати різні методи векторизації растрових зображень, наприклад, для перетворення ізоляцій в сплайни.

Кожен піксель на растровому зображенні, як уже говорилося раніше, визначається тільки своїм кольором, вираженим в колірних координатах простору RGB, але цей колір не є стандартним (взятим з деякого задалегідь відомого набору), так як при скануванні відбувається дискретизація рівнів кольору з деякою погрішністю. Реальна карта може бути потертою, вицвілою, пожовклою або потемнілою, сам піксель може лежати на кордоні кількох об'єктів.

Все це призводить до того, що піксель можна описати за допомогою формули:

$$P = \sum_{i=1}^n \omega_i * C_i + E,$$

де P – вектор кольору пікселя в просторі RGB; n - кількість типів об'єктів карти; C_i - вектора кольорів типів об'єктів топографічної карти; E – вектор зашумленості (може мати негативні координати); ω_i – вагові коефіцієнти при векторах кольорів.

У загальному випадку приблизно знають вектора кольорів для всіх типів об'єктів топографічних карт (на різних картах вони можуть відрізнятися, так як не існує суворого стандарту на їх виконання), але не знають вектор зашумленості і вагові коефіцієнти. Тому необхідно реалізувати процедуру, яка розподіляла б безліч пікселів карти між основними функціональними типами об'єктів.

Як відомо, загального рішення задачі сегментації безлічі пікселів цифрових зображень не існує, але розроблені деякі загальні методи, які і можна застосувати в даній задачі.

Серед автоматичних методів виділяється метод кластеризації k -середніх, заснований на колірному поділі зображень на k кластерів. Даний метод дуже добре працює на виділення двовимірних об'єктів, так як середнє колірне відстань між пікселями одного функціоналу – невелике число, тобто легко виставити порогове значення, шуми легко придушуються [6]. Але даний метод може погано себе проявити при роботі з лінійними об'єктами, так як при їх скануванні виходять розмиті криві, і виставити однозначний поріг вже не вийде.

Тому для лінійних об'єктів використовуються спеціальні методи виділення країв або кордонів. В даному випадку оцінюється не вектор пікселя в колірному просторі, а перепад яскравості за напрямками, тобто градієнти. До таких методів належать оператори першого порядку: Собеля, Прюїтта, Робертса і детектор кордонів Кенні, оператори другого порядку, метод узгодженості фаз [7]. Останні два типи методів не підходять для вирішення досліджуваної задачі, так як некоректно працюють на зашумлених зображеннях. З методів першого порядку найбільш підходящою є модифікація детектора кордонів Кенні [8]. Оригінальний детектор містить операцію згладжування за допомогою фільтра Гаусса, що призвело б до втрати якості внаслідок високої інформаційної щільності карт (через маленьких розмірів об'єктів, що несуть інформацію).

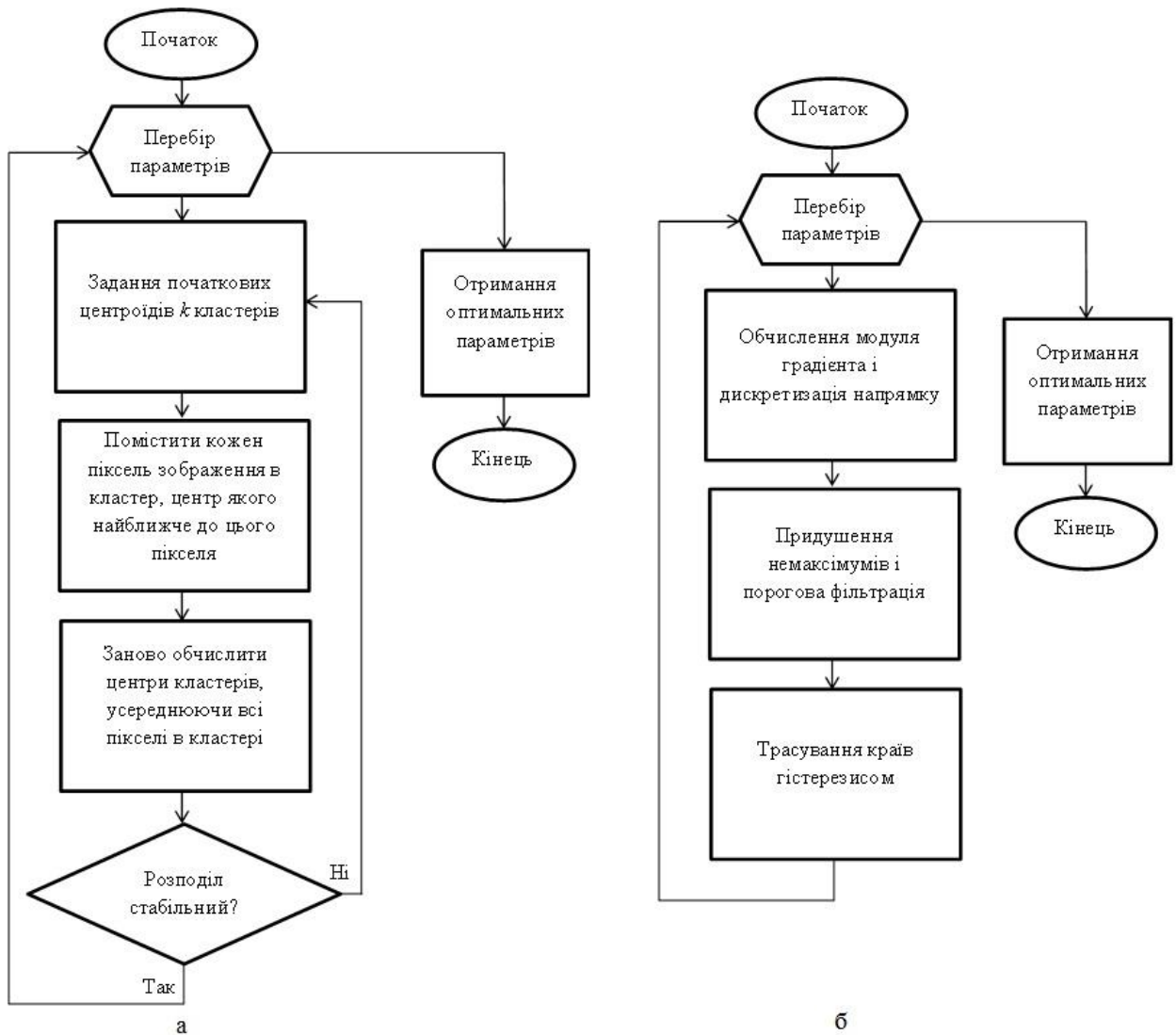


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритмів:

а – кластеризація k -середніх; б – модифікація метода Кенні

Детектор Кенні визначає будь-які кордони, тому для того, щоб виділити необхідні кордони, необхідно виконати його тільки для певного колірного простору, радіус якого вибирається значно більшим, ніж відстань в методі k -середніх.

Крім даних методів, при роботі з зображеннями часто застосовуються штучні нейронні мережі як один з основних методів машинного навчання. Штучні нейронні мережі можуть бути використані для розпізнавання будь-яких типів об'єктів, як двовимірних, так і лінійних [5]. Штучні нейронні мережі є одним з найбільш повільних з представлених методів, але які

володіють найбільшими можливостями і масштабованість. Алгоритм представлений на рисунку:



Рисунок 2.9 – Алгоритм штучної нейронної мережі

У подальшому отримані сегментовані пікселі можна використовувати для розпізнавання цифр, угруповання їх у числа, об'єднання їх з ізолініями і т.д., здійснити векторизацію вихідного зображення і розділити його за функціональними шарами.

2.3.3 Підходи до побудови інтелектуальної системи аналізу топографічних карт

Завдання розпізнавання графічних образів в загальному випадку є однією з найскладніших і погано параметризуємих завдань. Однак в силу

того, що для топографічних карт є певні правила їх побудови та нанесення умовних знаків, ми можемо застосувати для різних елементів карт різні методи аналізу.

Геометричний аналіз при розпізнаванні об'єктів заснований на їх геометричних властивостях: займаній площі, формі, наявності отворів, приналежності. Цей метод дозволяє здійснювати швидкий аналіз деяких певних типів об'єктів, що мають характерні особливості. Так, цифру 8 виділяє серед інших цифр наявність двох отворів, а цифра 1 - сама витягнута з усіх (має найменшу ширину). Але цифри 5 і 2 досить схожі з геометричної точки зору, вони практично симетричні одна одній, особливо якщо на карті використовується маленький шрифт. Тому даний метод непридатний для розпізнавання усіх об'єктів, але здатний досить швидко знаходити деякі з них.

Для розпізнавання об'єктів, що залишилися необхідно застосувати більш інтелектуальний метод нейронних мереж, які необхідно спочатку навчити за наявними зображень топографічних карт. Чим якісніше навчання пройде застосовувана нейронна мережа, тим точніше вона зможе визначати об'єкти. Але дана мережа не зможе розрізнити цифри 6 і 9, так як вони абсолютно рівні по зображенню, а числа висот на топографічній карті можуть розташовуватися під будь-яким кутом до її осей.

Метод функціонального угруповання об'єднує розпізнані об'єкти в функціональні комплекси. Цифри об'єднуються в числа висот, які в свою чергу прив'язуються до ізолініях або височин. Крім того, метод дозволяє досягти найвищого результату при розпізнаванні. При цьому аналізуються сусідні дані, і, якщо була виявлена помилка, відбувається виправлення. Наприклад, якщо були розпізнані поспіль йдуть ізолінії з висотами 240, 250, 290, 270 і 580 м, то зрозуміло, що допущені помилки в третьому і останньому числах.

Першим етапом обробки карти є розпізнавання ізоліній. Це завдання ускладнюється тим, що на карті не усі ізолінії мають безперервний потік

накреслення. Вони можуть перериватися позначеннями висот, написами, перетинатися з лініями іншого кольору (координатна сітка, річки, струмки і інші подібні об'єкти), як це наведено на рисунку 2.10. При цьому потрібно вирішити задачу правильного з'єднання розірваних ізоліній. Якщо для людини тут проблем практично не виникає, то при машинній обробці є значні складності. Початкове перетворення цифрового зображення карти ґрунтується на моделюванні своєрідної експертної системи на основі продукційних правил. Наприклад, якщо поруч знаходяться дві розірвані ізолінії, то це одна ізолінія (якщо відбулося стирання карти в точці проходження ізоліній), або, якщо кольором об'єкта є відтінок блакитного, то потрібно замінити колір на еталонний блакитний (при знебарвленні або виборі нееталонного кольору в якості кольору річки або озера). Під еталонним кольором розуміється не певний стандартний колір, а колір, найбільш часто зустрічається на картах. Тому для побудови даної експертної системи необхідно проаналізувати якомога більший обсяг даних.

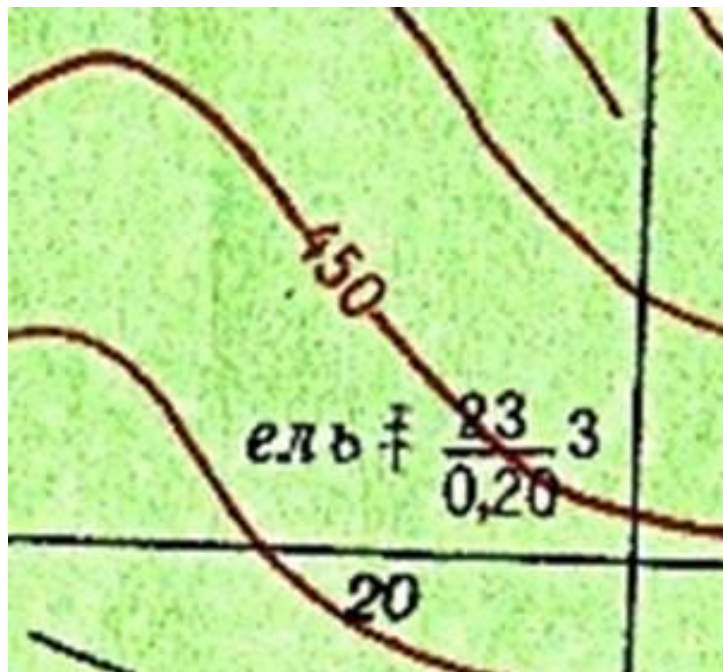


Рисунок 2.10 – Фрагмент карти

На другому етапі ставиться завдання пошуку і розпізнавання позначень висот на ізолініях і вершинах. Тоді топографічну карту можна буде перевести в тривимірний масив, який буде фактично 3D-моделлю місцевості. Для цього потрібно знайти ці позначення на карті, правильно зорієнтувати при необхідності і, нарешті, розпізнати ці числа.

Після проведення перетворень карти і здійснення аналізу з метою розпізнавання об'єктів топографічної карти необхідно здійснити побудова 3D-моделі місцевості. Це можна зробити, перетворивши отримані дані про висоти ізоліній в двовимірний масив даних висот. Для цього необхідно провести апроксимацію висот ізоліній на всю ділянку карти. За отриманим двовимірним масивом поверхні місцевості будується тривимірна поверхня, на якій будуть також відображені розпізнані об'єкти місцевості, рельєф, рослинність, розташування водних об'єктів і височин.

2.3.4 Відновлення плану горизонталей

Однією з основних завдань розуміння зображення топографічних карт є відтворення плану горизонталей. Кожній горизонталі ставиться у відповідність висота над рівнем моря. Значення висот дискретизуються з деяким кроком і не завжди відображаються на горизонталях. З повного плану горизонталей можна отримати об'ємну модель місцевості.

Реальні горизонталі не можуть перетинатися і є замкнутими кривими, але їх відображення на топографічній карті може привести до їх часткового перекриття іншими об'єктами або замикання на краю карти. Крім того, горизонталі можуть мати різний вигляд: тонкі, потовщені (кожна 4-а або 5-та горизонталь) або штрихові (відображають напівкрок). Все це призводить до того, що при виконанні предобробки і сегментації горизонталей оптичними та морфологічними методами може бути втрачено велику кількість інформації про характер рельєфу, топологія відображення горизонталей може істотно змінитися.

Існує кілька основних проблем, які необхідно вирішити для відновлення плану горизонталей. Перша відносяться до відтворення правильної топології плану, тобто зрощення розірваних горизонталей і розмикання помилково з'єднаних. Друга – розпізнавання зображення горизонталі. Третя – визначення конкретного значення відповідної висоти.

2.3.4 Алгоритм відновлення плану горизонталей

Для отримання початкової інформації про розташування горизонталей необхідно навчити штучну нейронну мережу, яка отримує на вході колірні координати сусідніх пікселів. На виході нейронної мережі – міра приналежності даного пікселя до кольору горизонталей. Фактично дана операція виконує більш інтелектуальну сегментацію, ніж інші методи, так як використовує весь колірний спектр, без попередньої обробки зображення топографічної карти в півтонове, чим досягається збереження інформації. Завдяки використанню штучної нейронної мережі досягається гнучкість при сегментації, метод показує досить хороші результати на невеликих шматках топографічної карти [8].

Отримані сегменти далі потрібно обробити, для цього необхідно попередньо провести операцію скелетонізації і поділу розгалуження, так як при цьому не втрачається інформація про топологію вихідної карти (горизонталі спочатку неможуть перетинатися). В результаті вийшов набір криволінійних відрізків, які необхідно з'єднати з урахуванням того, що всі горизонталі можуть бути або замкнутими, або замикатися на краях топографічної карти. Приклад топографічної карти зображено на рисунку 2.11 (а), а отриманні сегменти на даному етапі на рисунку 2.11 (б).

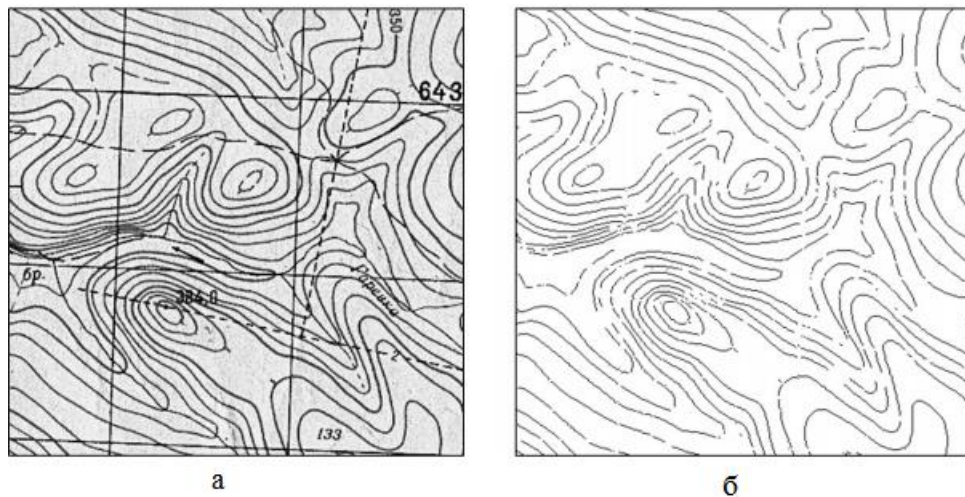


Рисунок 2.11 – Приклад сегментації топографічної карти:

а – відсканована топографічна карта;

б – карта сегментованих горизонталей

Далі, щоб зробити правильне зрощення сегментів, необхідно побудувати їх оптимальну модель, що зберігає основну інформацію і володіє мінімальною кількістю даних для прискорення обробки. Відомо, що будь-який криволінійний відрізок на площині можна апроксимувати сплайном, але інформація про проміжні фрагменти нам абсолютно не потрібна, так як всередині сегмента вважається (з огляду на попередній крок алгоритму), що ніяких розгалужень і розривів бути не може. Таким чином, визначальну роль для завдання з'єднання сегментів грають тільки кінцеві точки сегментів і характеристики їх околиць.

Найпримітивнішим правилом об'єднання сегментів є просторова близькість їх кінцевих точок [9, 10]:

$$|\vec{r}_i - \vec{r}_j| < \rho,$$

де r_i, r_j – вектора i -тої і j -тої кінцевих точок, ρ – максимальна відстань, на якому точки можна поєднати.

При цьому досягається мінімізація сумарної довжини відновлюваних розривів [13]. Проте, це правило не може бути застосоване, так як розриви горизонталей можуть бути значними, що спричинить за собою неправильне з'єднання, особливо в місцях щільного зображення горизонталей (рис.2.12(а)). Способом уникнути цього пропонується використовувати також дані про околиці кінцевих точок: рівняння дотичних і значення кривизни. При цьому використовуються, відповідно, такі поняття, як максимальний кут між дотичними і максимальна різниця кривизни. Сплайн якій усуває розрив не повинен бути вище другого ступеня, так як при використанні кривих третьої і вищих ступенів може виникнути невизначеність через виникнення різних точок перегину (рис.2.12(б)). Для зменшення надмірності геометрична модель сплайна прийнята рівною моделі сегмента горизонталі, хоча довжина сплайна може бути значно менше і являти собою шматочок довжиною кілька пікселів.

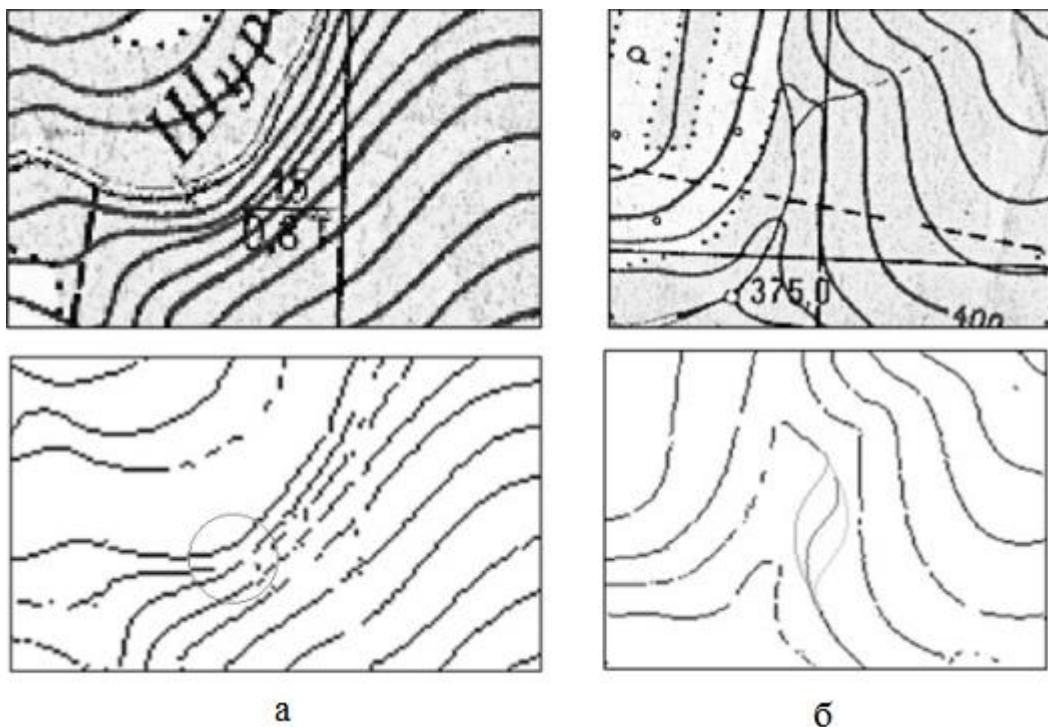


Рисунок 2.12 – Проблеми відновлення плану горизонталей:

- а – приклад помилкової просторової близькості;
- б – невизначеність при виникненні точок перегину

В результаті досліджень було відзначено, що розриви горизонталей відбуваються не у випадкових місцях, а в місцях перекриття їх іншими об'єктами і лініями [8]. Це обумовлено субтрактивністю схеми формування кольорів на топографічні карті: при друці використовується модель СМУК, а не RGB, в результаті перетинання горизонталей коричневого кольору з чорними об'єктами або синіми (наприклад, річками або їх топонімами) призводить до розриву. Тому був зроблений висновок про те, що сплайн має проходити по пікселям певних кольорів. Для отримання маски таких пригнічуючих кольорів також потрібна навчена штучна нейронна мережа.

Проте, дані правила не означають виключення механізму повернення: в будь-якому випадку може статися випадковий перетин сплайном, навіть які відповідають умовам системи правил. Тому необхідно постійно аналізувати, чи не виникало на поточному етапі перетину в побудованих сплайнах і відкочувати результати. Тільки на кінцевих етапах при неможливості вибору правильної комбінації з'єднання кінцевих точок використовується перебір варіантів, так як їх залишається досить мало.

Таким чином, побудований алгоритм зрощування сегментів горизонталей є продукційною моделлю знання, що є логічним наслідком сутності досліджуваного об'єкта.

3 КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ РЕКОНСТРУКЦІ ПРОФІЛЮ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

3.1 Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації

У рамках дипломної роботи був розроблений алгоритм для візуалізації геоданих отриманих у вигляді масиву висот. Для реалізації було обране середовище програмування C#, а саме платформа .NET. з використанням Unity.

На сьогоднішній момент мова програмування C # один з найпотужніших, що швидко розвиваються і затребуваних мов в ІТ-галузі. C # є об'єктно-орієнтованою мовою, підтримує поліморфізм, успадкування, перевантаження операторів, статичну типізацію. Об'єктно-орієнтований підхід дозволяє вирішити завдання з побудови великих, але в той же час гнучких, масштабованих і розширюваних додатків.

.NET Framework – програмна платформа, заснована на використанні загальномовного середовища виконання Common Language Runtime (CLR), яка підходить для різних мов програмування. Функціональні можливості CLR доступні в будь-яких мовах програмування, що використовують цю середу. При компіляції код на будь-якому з підтримуваних мов компілюється в збірку спільною мовою CIL (Common Intermediate Language), що дозволяє зробити окремі модулі однієї програми на окремих мовах.

Unity – багатоплатформовий інструмент для розробки дво- та тривимірних додатків та ігор, що працюють на операційних системах Windows и OS X. Основними перевагами Unity є наявність візуальної середовища розробки, міжплатформеної підтримки і модульної системи компонентів. До недоліків відносять появу складнощів при роботі з багатокомпонентними схемами і труднощі при підключенні зовнішніх бібліотек.

Редактор Unity має простий Drag & Drop інтерфейс, який легко налаштовувати, що складається з різних вікон, завдяки чому можна

проводити налагодження додатків прямо в редакторі. Движок підтримує дві скриптові мови: C #, JavaScript. Розрахунки фізики виробляє фізичний движок PhysX від NVIDIA.

Unity 3D підтримує систему Level Of Detail (скор. LOD), суть якої полягає в тому, що на далекій відстані від гравця високодеталізовані моделі замінюються на менш деталізовані, і навпаки, а також систему Occlusion culling, суть якої в тому, що у об'єктів, що не потрапляють в поле зору камери не візуалізується геометрія і колізія, що знижує навантаження на центральний процесор і дозволяє оптимізувати проект. При компіляції проекту створюється виконуваний файл гри, а в окремій папці – дані гри включаючи всі ігрові рівні і спільні бібліотеки.

Движок підтримує безліч популярних форматів. Моделі, звуки, текстури, матеріали, скрипти можна запаковувати в формат .unityassets і передавати іншим розробникам, або викладати у вільний доступ.

GeoTIFF – відкритий формат уявлення растрових даних в форматі TIFF спільно з метаданими про географічну прив'язку (геореференціований растр). Використовує специфікації TIFF 6.0, в яку додає кілька видів геотегів, які визначають вид картографічної проекції, систему географічних координат, модель геоїда, датум і будь-яку іншу інформацію, необхідну для точного просторового орієнтування космічного знімка.

LibTiff.Net – це бібліотека .NET для формату файлу зображень тегів (TIFF). Ця бібліотека включає в себе засоби для читання та запису TIFF, невеликий набір інструментів для простого керування зображеннями TIFF та документацією по бібліотеці та інструментам.

3.2 Програмна реалізація

В ході дипломної роботи було розроблено програмний продукт у вигляді відео гри написаної на Unity з використанням скриптів на мові C#. Програма спроектована у вигляді декількох незалежних одне від одного

компонентів. Компонент візуалізації використовує масив висот, отриманий від компоненту обчислення гео-даних, який проводить нормалізацію та апроксимацію даних, і може працювати з гео-даними узятими із інтернет ресурсів, або у подальшому з даними отриманими компонентом розпізнання топографічної карти. Компонент розпізнання топографічної карти, має проводити сегментацію карти, розпізнання позначень висоти і відновлення плану горизонталей.

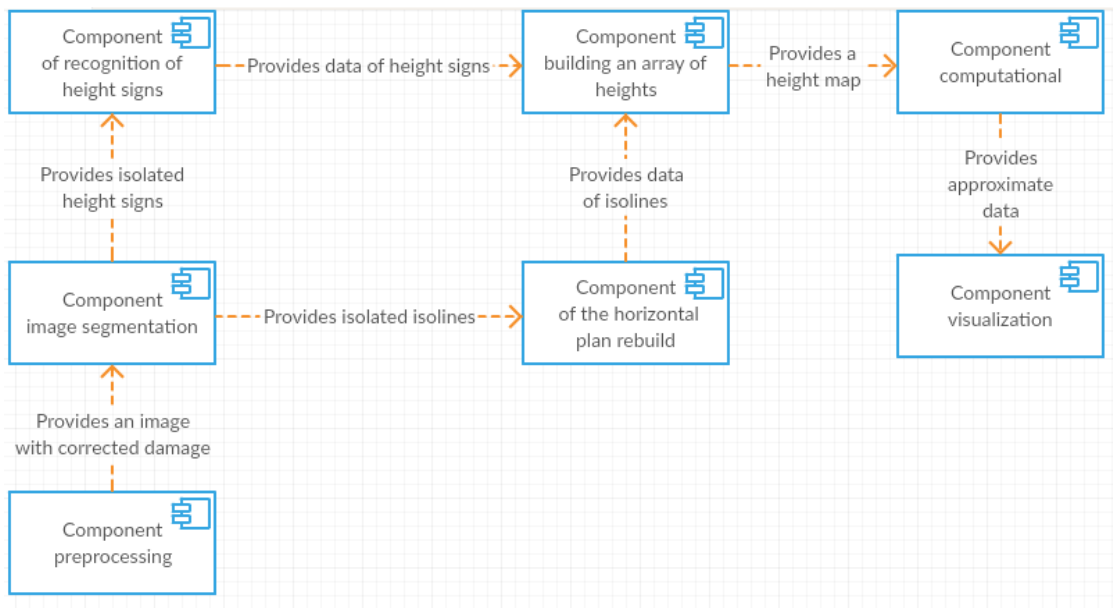


Рисунок 3.1 – Діаграма компонентів спроектованої системи

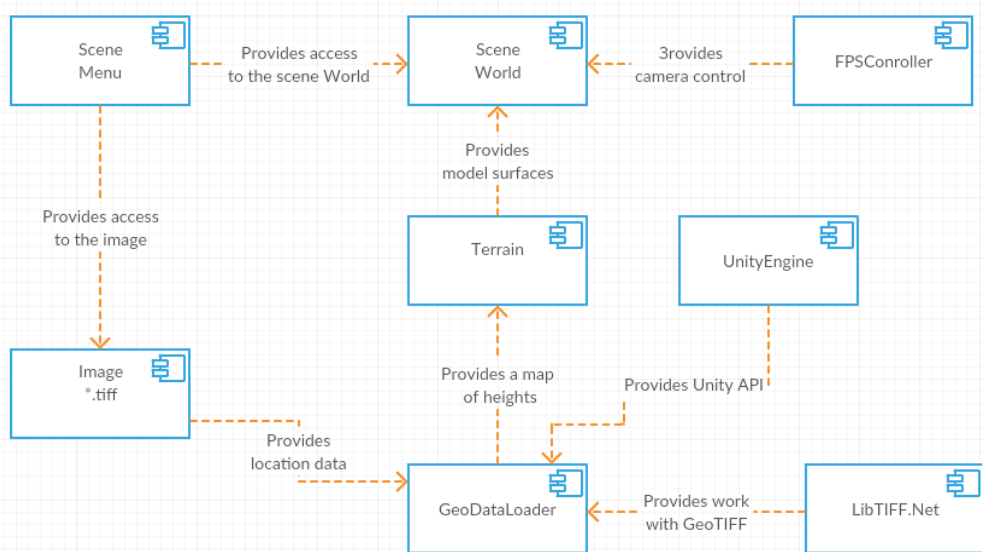


Рисунок 3.2 – Діаграма компонентів підсистеми яка реалізує візуалізацію 3D моделі засобами Unity

Дана програма дозволяє згенерувати ландшафт заданий користувачем. В якості вхідних даних використовуються гео-дані у форматі GeoTIFF, отриманих з інтернет ресурсів. Дані вже пройшли попередню обробку з усунення артефактів та накладання знімків.

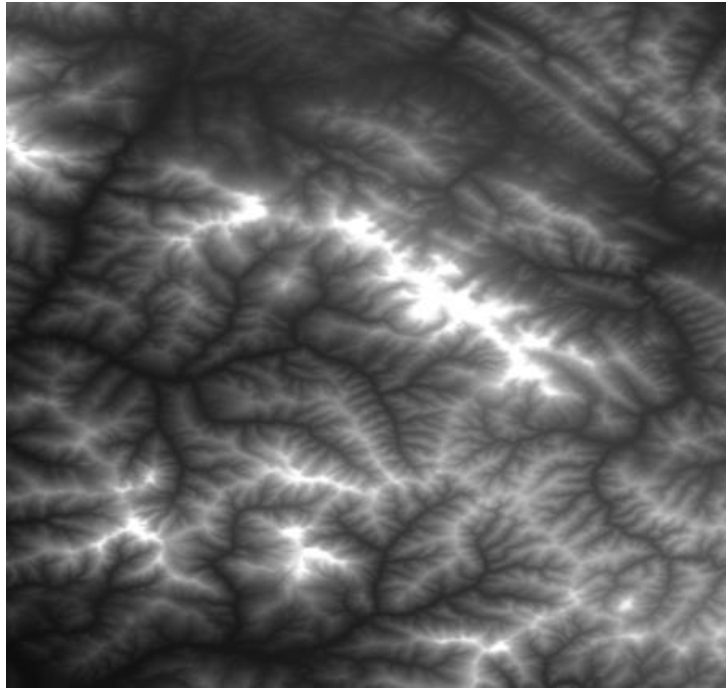


Рисунок 3.2 – Гео-дані г. Говерла, формат GeoTIFF

Файл у форматі GeoTIFF містить растрове зображення формату .tiff і метаданні у вигляді тегів. Наприклад:

- довгота і широта лівого нижнього кута ділянки, в градусах;
- довгота і широта правого верхнього кута ділянки, в градусах;
- число рядків в матриці даних. Кожен рядок описує висоти на фіксованій широті з зазначеного координатами кутів діапазону з рівним кроком;
- число стовпців в матриці даних;
- одиниці виміру висот;
- мінімальна висота над рівнем референтного еліпсоїда (рівня моря) на даній ділянці;
- максимальна висота над рівнем референтного еліпсоїда.

За допомогою бібліотеки LibTiff.Net витягаємо дані із файлу у форматі GeoTIFF, і будуємо масив висот у форматі float. Для подання масиву висот движку Unity необхідно провести нормування висот у масиві. Це зробити доволі легко:

$$level_{i,j} = \frac{h_{i,j} - h_{\min}}{h_{\max} - h_{\min}},$$

де $level [i, j]$ – нормована висота; $h [i, j]$ – висота в точці (i, j) ; h_{\min} , h_{\max} – мінімальна і максимальна висота на ділянці. Для приведення розміру матриці до виставлених вимогами потрібна апроксимація висоти в залежності від координати. Скористаємося найпростішою лінійною апроксимацією. Нехай висота є функція координат точки на ділянці $h = h(x, y)$. Тоді, виберемо базову точку (x_i, y_j) , яка збігається з одним з вузлів заданої координатної сітки і розкладемо цю функцію в ряд Тейлора:

$$h(x, y) \approx h(x_i, y_j) + \frac{\partial h}{\partial x}(x - x_i) + \frac{\partial h}{\partial y}(y - y_j).$$

При уявній складності формули, вона легко реалізується засобами C# [2]:

```
float getHeight(float x, float z)
{
    float height = 0.0f;

    // Обчислюємо крок за координатами
    float dx = terrain_data.x_range / (terrain_data.numder_of_rows - 1);
    float dz = terrain_data.z_range / (terrain_data.number_of_columns - 1);

    // Визначаємо базову точку
    int i = (int) (x / dx);
    int j = (int) (z / dz);

    // Перевіряємо індекси на предмет виходу за розмір масиву даних
    if ((i >= terrain_data.numder_of_rows) || (j >=
terrain_data.number_of_columns))
        return 0.0f;

    // Обчислюємо частинні похідні в точці (i, j)
    float dydx = (terrain_data.normalize_data[i + 1, j] -
terrain_data.normalize_data[i, j]) / dx;
    float dydz = (terrain_data.normalize_data[i, j + 1] -
terrain_data.normalize_data[i, j]) / dz;

    // Обчислюємо висоту
    height = terrain_data.normalize_data[i, j] + dydx * (x - i * dx) + dydz
* (z - j * dz);

    return height;
}
```

Рисунок 3.3 – Реалізація метода лінійної апроксимації

На підставі отриманого масиву висот, інструментами бібліотеки UnityEngine будуюмо елемент Terrain задаючи його розміри і передаючи йому нормалізовані та апроксимовані дані.

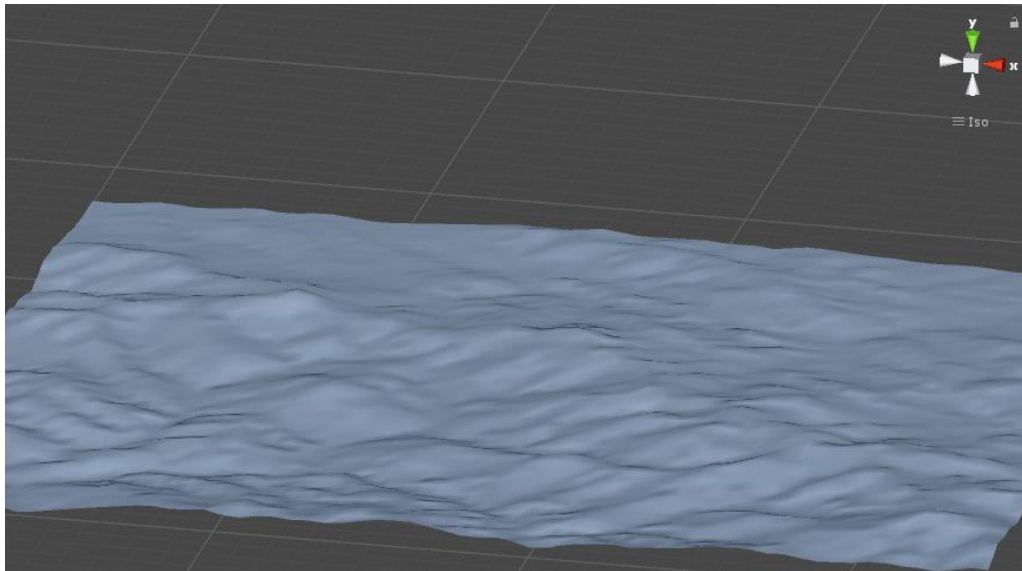


Рисунок 3.4 – Результат генерації елемента Terrain

Для наочності у програму було добавлено умовного персонажа з камерою від першого лиця завдяки якому по сгенерованому ландшафту можливо пересуватися і розглядати форми рельєфу навколишнього середовища.

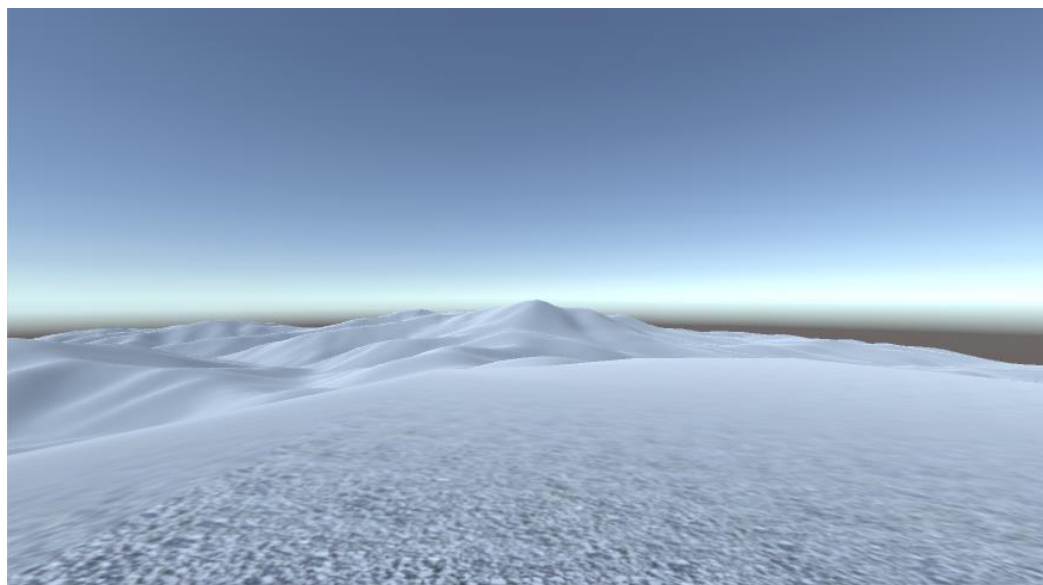


Рисунок 3.5 – Вид на гору Петрос з вершини Говерли, у програмі

3.3 Інструкція користувача

Після запуску програми перед користувачем відкриється головне меню (рис.3.6), з трьома кнопками «Нова Гра», «Інформація», «Вихід». При натисканні кнопки «Інформація» користувач зможе прочитати інформацію про програмний продукт. Кнопка «Вихід» закриває програму, а кнопка «Нова Гра» відкриє меню генерації нового світу (рис.3.7), де потрібно обрати шлях до файлу з гео-даними у форматі GeoTIFF. При натисканні на кнопку «Ввод» відкриється діалог вибору файлу, який автоматично підставить шлях до файлу у поле. Кнопка «Сгенерувати» розпочне генерацію світу на підставі обраного файлу. Кнопка «Назад» поверне користувача до головного меню.

Для переміщення по сгенерованому світу користувачу потрібно керувати персонажем. Напрямок руху персонажу задається натисканням клавіш англійської розкладки, клавіша «W» – рух вперед, «S» – назад, «A» – вліво, «D» – вправо. Для прискорення руху потрібно затиснути клавішу «Shift», для стрибку «Space». Напрямок зору камери задається за допомогою «миші».



Рисунок 3.6 – Головне Меню



Рисунок 3.7 – Меню генерації світу

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі проведено аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. Розглянуті заходи, які дозволяють забезпечити гігієну праці і виробничу санітарію. На підставі аналізу розроблені заходи з техніки безпеки та рекомендації з пожежної профілактики.

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

Роботу, пов'язану з ЕОП з ВДТ, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ЕОМ з ВДТ і ПП, виконують із забезпеченням виконання [31], які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ЕОМ з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне елект-рообладнання, зокрема персональні комп'ютери (ПК) та периферійні пристрої.

Основними робочими характеристиками персонального комп'ютера є наступні:

- робоча напруга $U = +220\text{В} \pm 5\%$;
- робочий струм $I = 2\text{А}$;
- споживана потужність $P = 350\text{ Вт}$.

Робочі місця мають відповідати вимогам Державних санітарних правил і норм роботи з ві-зуальними дисплейними терміналами електронно-

обчислювальних машин, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 [16].

За умов роботи з ПК виникають наступні небезпечні та шкідливі чинники: несприятливі мі-крокліматичні умови, освітлення, електромагнітні випромінювання, забруднення повітря шкідливими речовинами (джерелом, яких можуть бути: принтер, сканер та інші джерела виділення багатьох хімічних речовин - напр., озону, оксидів азоту та аерозолів високодисперсних частинок тоне-ра), шум, вібрація, електричний струм, електростатичне поле, напруженість трудового процесу та інше.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількість оцінок	Нормативні документи
1	2	3	4
фізичні			
- підвищена температура поверхонь обладнання	експлуатація ЕОМ, принтерів, сканерів чи/або серверного обладнання для роботи	2	[17]
- підвищений рівень шуму на робочому місці	-//-	2	[18]
- підвищений рівень вібрації	-//-	2	[19] [20]
- підвищена або знижена рухливість повітря	-//-	1	[17]
- підвищений рівень напруги електричної мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини	-//-	4	[22] [23]

Продовження табл.4.1

1	2	3	4
- підвищений рівень статичної електрики	-//-	2	[22]
- підвищена напруженість електричного поля	-//-	2	[21]
- недостатність природного світла	порушення умов праці (вимог до приміщень)	2	[24]
- недостатнє освітлення робочої зони	порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	3	[24]
психофізіологічні:			
- нервово-психічна перевантаження (розумове, перенапруження аналізаторів-зорових)	- пошук інформації для постановки теми; - пошук та аналіз аналогів і літератури; - пошук наявних технологій, моделювання та аналіз алгоритмів; - виконання роботи за темою диплома, тестування; - оформлення роботи	4	[30] [15]
- фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці-сидіння користувача,) та організації робочого часу - безпервна робота)	2	[30] [15]

4.2 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.2.1 Мікроклімат

Оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають [17] і наведені в табл. 4.2:

Таблиця 4.2 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С ⁰	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до [17]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати [17]. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні проводяться перерви в роботі співробітників, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату. Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).

4.2.2 Освітлення

У приміщенні, де розташовані ЕОМ передбачається природне бічне освітлення, рівень якого відповідає ДБН В. 2.5-28:2015 [31]. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє ДБН і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення.

Розрахунок освітлення.

Для будівель виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/10:

$$\sqrt{a^2 + b^2} \cdot S_b = (1/8 \div 1/10) \cdot S_n \quad (4.1)$$

де S_b – площа віконних прорізів, м²;

S_n – площа підлоги, м².

$$S_n = a \cdot b = 5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вік}} = 1/8 \cdot 25 = 3,125 \text{ м}^2$$

Приймаємо 2 вікна площею $S = 1,6 \text{ м}^2$ кожне.

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників п виробляється по формулі (4.2):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (4.2)$$

де E – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

S – освітлювана площа, м²; $S = 25 \text{ м}^2$;

Z – поправочний коефіцієнт світильника ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп) приймаємо рівним 1,1;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

U – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

M – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

F – світловий потік лампи – 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{5400 \cdot 0,575 \cdot 2} \approx 2.$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 2-х світильників, які складаються з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

4.2.3 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання

Рівень шуму, що супроводжує роботу користувачів персональних комп'ютерів (зумовлений як роботою системних блоків, клавіатури, так і друкуванням на принтерах, а також зовнішніми чинниками), коливається у межах 50–65 дБА [18]. Шум такої інтенсивності на тлі високого ступеня напруженості праці негативно впливає на функціональний стан користувачів. Тому на практиці рекомендують знижувати фактичний рівень шуму у приміщеннях, де створюють комп'ютерні програми, виконують теоретичні та творчі роботи, проводять навчання до 40 дБА, а в приміщеннях, де виконують роботу, що потребує зосередженості, — до 55 дБА. У залах опрацювання інформації та комп'ютерного набору рівні шуму не повинні перевищувати 65 дБА.

Шум часто є причиною зниження рівня працездатності, підвищення рівня загальної та професійної захворюваності, частоти виробничих травм. Шум є загальнобіологічним подразником, який негативно впливає на всі органи і системи організму. У разі тривалого систематичного впливу шуму може виникнути патологія з переважним ураженням слуху, центральної нервової і серцево-судинної систем.

Для зниження шуму на шляху його поширення передбачається розміщення в приміщенні штучних поглиначів. Для зниження рівня шуму стелю або стіни вище 1.5 - 1.7 метра від підлоги повинні облицьовуватися звукопоглинальним матеріалом з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в області частот 63-8000 Гц. Додатковим звукопоглинанням в КВТ можуть бути фіранки, підвішені в складку на відстані 15-20 см. Від огорожі, виконані з щільної, важкої тканини. У приміщенні з ЕОМ коректований рівень звукової потужності не перевищує 45 дБА. Оскільки рівень шуму не перевищує гранично допустимих величин, які встановлені санітарними нормами, заходи для зниження шуму не проводяться.

Віброізоляція можливо здійснювати за допомогою спеціальної прокладки під системний блок, який послаблює передачу вібрацій робочого столу. Вібрація на робочому місці в приміщенні, що розглядається, відповідає нормам [3]. Допустимий рівень вібрацій на робочому місці: для 1 ступеня шкідливості до 3 дБ; для 2-3 - 1-6 дБ; для 3 - більше 6 дБ.

Для захисту від електромагнітного випромінювання передбачаються наступні заходи:

- 1) застосування нових плазмових моніторів, LG W2271TC,
- 2) віддалення робочого місця не менше, ніж на 0,4-0,5 м, оскільки напруженість електричного поля зменшується при віддаленні від джерела поля,
- 3) встановлення раціональних режимів роботи персоналу (обмеження часу перебування),
- 4) раціональне розміщення в робочому приміщенні устаткування, що випромінює електромагнітну енергію.

4.2.4 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти) і

установки в віконному отворі автономного кондиціонера БК-2000. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП (30 м³ на годину на одного працюючого).

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.

4.3 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій

Розрахунок захисного заземлення (забезпечення електробезпеки будівлі).

Загальний опір захисного заземлення визначається за формулою:

$$R_{\text{ззп}} = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_n \cdot n \cdot \eta_3 + R_3 \cdot \eta_n}, \quad (4.3)$$

де R_3 - опір заземлення, якими когут бать труби, опори, кути і т.п., Ом;

$R_{\text{ш}}$ - опір опори, яке з'єднує заземлювачі, Ом;

n - кількість заземлювачів;

η_3 - коефіцієнт екранування заземлювача; приймається в межах $0,2 \div 0,9$; $\eta_3 = 0,7$

$\eta_{\text{ш}}$ - коефіцієнт екранування сполучної стійки; приймається в межах $0,1 \div 0,7$; $\eta_{\text{ш}} = 0,5$;

Опір заземлення визначається за формулою:

$$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (4.4)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, залежить від типу ґрунту, Ом·м;

для піску - $400 \div 700 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; приймаємо $\rho = 400 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

l - довжина заземлювача, м; для труб - 2-3 м; $l = 3 \text{ м}$;

d - діаметр заземлювача, м; для труб - 0,03-0,05 м; $d = 0,05 \text{ м}$;

t - відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі, м; $t = 2 \text{ м}$.

$$R_3 = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 110, \text{ Ом}$$

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою:

$$R_u = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t^1}, \quad (4.5)$$

де L - довжина смуги, що з'єднує заземлювачі (м) і приблизно дорівнює периметру будівлі: $P_{\text{буд.}} = 42 \cdot 2 + 38 \cdot 2 = 160 \text{ м}$; $L = 160 \text{ м}$;

b - ширина смуги, м; $b = 0,03 \text{ м}$;

t_1 - глибина заземлення від рівня землі, м; $t_1 = 0,5 \text{ м}$.

$$R_n = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 160} \cdot \ln \frac{2 \cdot 160^2}{0,03 \cdot 0,5} = 5,99, \text{ Ом}$$

Кількість заземлювачів захисного заземлення визначається за формулою:

$$n = \frac{2 \cdot R_3}{4 \cdot \eta_3}, \quad (4.6)$$

де 4 - допустимий загальний опір, Ом;

2 - коефіцієнт сезонності.

Визначаємо загальний опір захисного заземлення:

$$R_{ззп} = \frac{110 \cdot 5,99}{5,99 \cdot 79 \cdot 0,7 + 110 \cdot 0,5} = 1,7 \text{ Ом}$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова: $R_{ззп} < 4 \text{ Ом}$.

3) При виникненню пожеж при роботі на ПЕОМ від таких можливими джерел запалювання як:

- іскри і дуги коротких замикань;
- перегрів провідників, резисторів та інших радіодеталей ПЕОМ, від тривалої перевантаження та наявність перехідного опору;
- іскри при розмиканні і розмиканні ланцюгів;
- розряди статичної електрики;
- необережному поводженню з вогнем, а також вибухи газо-повітряних і паро-повітряних сумішей.

Важливу увагу слід звернути на пожежну безпеку підприємства в цілому і окремих його приміщень. В приміщеннях не повинно накопичуватися сміття, непотрібний папір, мотлох та ін. речі, які не використовуються у виробничому процесі. Наявний вільний аварійний вихід за межі приміщення в разі пожежі, бути передбачені вогнегасники. Вони повинні бути в робочому стані і перевірятися згідно з нормами. У приміщеннях повинна бути пожежна сигналізація, вогнегасник. У разі виникнення пожежі необхідно повідомити в найближчу пожежну частину, убезпечити інших працівників і по можливості прийняти кроки по запобіганню можливих наслідків та усуненню пожежі.

ВИСНОВКИ

У рамках дипломної роботи було розроблено і частково реалізовано систему 3D реконструкції профілю земної поверхні. Не повна реалізація пов'язана з нестачею обчислювальних потужностей для навчання нейронної мережі. Було вирішено наступні завдання:

- було досліджено методи отримання ЦМВ;
- було проведено порівняння ЦМВ;
- було досліджено методи сегментації зображень;
- розроблено алгоритм розпізнання позначень висот на ізолініях та вершинах;
- розроблено алгоритм відновлення плану горизонталей;
- розроблено і програмно реалізовано метод візуалізації масиву висот.

Отримані при реконструкції 3D моделі можуть бути використанні для рішення інших завдань, пов'язаних з 3D моделюванням земної поверхні, наприклад, для розробки відео-ігор або для планування будівництва.

В результаті проведеної роботи було зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в дипломній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Була наведена схема, розміри приміщення та наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1) Дмитриев Н. В., Тарасян В. С. Распознавание площадных элементов на топографических картах // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 39. – С. 3476–3480. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/971022.htm>.
- 2) Загрузка реальных ландшафтов в Unity [Электронный ресурс] / – Режим доступа: [www/ URL: https://habr.com/post/329246/](http://www.habr.com/post/329246/)
- 3) Using LibTiff.Net [Electronic resource] / – Access mode: [www/ URL: https://bitmiracle.github.io/libtiff.net/?topic=html/e4f25423-eeed-4ef6-a920-9cb539d056c6.htm](http://www.bitmiracle.github.io/libtiff.net/?topic=html/e4f25423-eeed-4ef6-a920-9cb539d056c6.htm)
- 4) Как создаются карты [Электронный ресурс] / – Режим доступа: [www/ URL: https://habr.com/company/mailru/blog/406521/](http://www.habr.com/company/mailru/blog/406521/)
- 5) Тарасян В.С., Дмитриев Н.В. Интеллектуальная система анализа и преобразования топографических карт [Электронный ресурс] / Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21614>
- 6) A novel fast image segmentation algorithm for large topographic maps [Text] / M. Qiguang, X. Pengfei, L. Tiange, S. Jianfeng, C. Xiaojiang // 2015. V. 168. P. 808 – 822.
- 7) Тарасян В.С., Дмитриев Н.В. Сравнение методов сегментации пикселей топографических карт по типам объектов [Электронный ресурс] / – Режим доступа: [www/ URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-metodov-segmentatsii-pikseley-topograficheskikh-kart-po-tipam-obektov](https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-metodov-segmentatsii-pikseley-topograficheskikh-kart-po-tipam-obektov)
- 8) Тарасян В.С., Дмитриев Н.В. Восстановление плана горизонталей при обработке топографических карт [Электронный ресурс] / – Режим доступа: [www/ URL: http://www.nauteh-journal.ru/index.php/ru/----etn17-01?start=10](http://www.nauteh-journal.ru/index.php/ru/----etn17-01?start=10)

9) Ghircoias T., Brad R. Contour lines extraction and reconstruction from topographic maps [Text]/ T.Chircoias, R. Brad // UbiCC Journal. – 2009. –V. 6. – p. 681–692.

10) Pradhan M.P. Knowledge based contour line reconnection techniques [Text] / M.P. Pradhan, M.K. Ghose, P.S. Rai, N. Mukherjee // International Journal of Computer Applications. – 2013. –V. 65 (9). –p. 37–42.

11) Blaschke T., Lang S., Lorup E., Strobl J., Zeil P. Object-oriented image processing in an integrated GIS [Text] /remote sensing environment and perspectives for environmental applications. - Environmental Information for Planning, Politics and the Public 2000. – V. 2. – P. 555-570.

12) Дьяконова С.В. Распознавание объектов урбанизированных территорий на спутниковых изображениях сверхвысокого разрешения [Текст] : материалы междунар. науч.-техн. конф., «Системный анализ и информационные технологии», SAIT, 2012 – С. 188.

13) Дедов С.В. Способ восстановления разрывов изолиний при создании цифровых моделей рельефа по топографическим картам [Текст] / С.В. Дедов, А.М. Кадрелев, А.В. Конищенко, С.А. Орлов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2015. –Т. 13. – № 6. – С. 26–31.

14) Надеран, С.В. Распознавание зданий на спутниковых изображениях сверхвысокого разрешения с помощью нейронных сетей [Текст] : дис. ... канд. техн. наук /С.В. Надеран. – К., 2015. – 136 с.

15) Обзор современных ГИС [Электронный ресурс] / – Режим доступа: www/ URL: http://dl.khadi.kharkov.ua/pluginfile.php/25935/mod_page/content/1/tema6_r.pdf

16) Державні санітарні норми і правила. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»

17) Державні санітарні норми України. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»

- 18) Державні санітарні норми України. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»
- 19) Державні санітарні норми України. ДСН 3.3.6.039-99 «Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації»
- 20) Державний стандарт України. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»
- 21) Державний стандарт України. ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.»
- 22) Державний стандарт України. ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление»
- 23) Державний стандарт України. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитных. Нормы качества электроэнергоснабжения общего назначения»
- 24) Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-28:2015 «Природне і штучне освітлення»
- 25) Державні санітарні норми і правила. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»
- 26) Нормативно-правові акти з охорони праці. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»
- 27) Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»
- 28) Державний стандарт України. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»
- 29) Державний стандарт України. ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»

30) Нормативно-правові акти з охорони праці. НПАОП 0.00-1.28-10
«Правила охорони праці під час експлуатації електронно- обчислювальних
машин»

31) Нормативно-правові акти з охорони праці. НПАОП 0.00-4.15-98
«Про розробку інструкцій з охорони праці»

ДОДАТОК А. Електронні плакати

Комп'ютерна система побудови 3D моделі земної поверхні

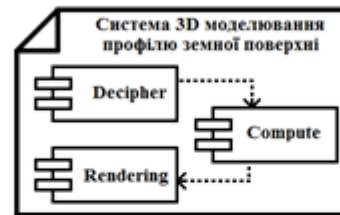


Виконав:
Студент 4 курсу групи КІ-15а
Давиденко Ю.М.
Керівник:
доц. Барбарук В.М.

Актуальність



Постановка задачі



Decipher отримує дані із файлу у форматі GeoTIFF і призводить їх до вигляду зрозумілого системі. Compute формує масив висот за допомогою лінійної апроксимації висоти в залежності від координат. Rendering відповідає за відображення 3D моделі профілю земної поверхні на основі масиву висот.

Підходи до побудови 3D моделей

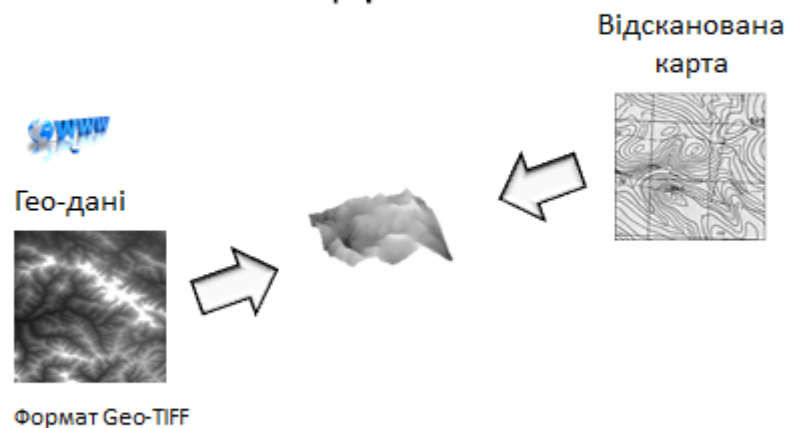
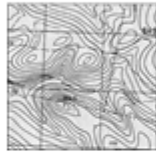


Схема обробки даних

Відсканована
мапа



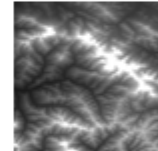
сегментація
горизонталей



відновлення плану
горизонталей



масив висот
в графічній
інтерпретації



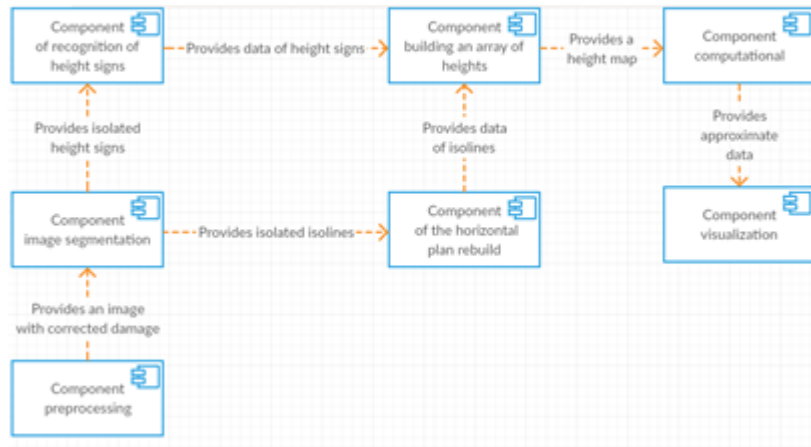
3D
отображення



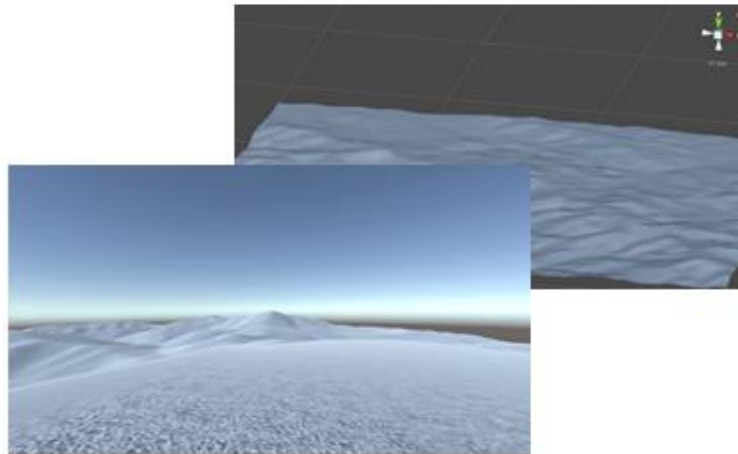
Технології



Діаграма компонентів



Аналіз результатів



Висновок

Було вирішено наступні завдання:

- було досліджено методи отримання ЦМВ;
- було проведено порівняння ЦМВ;
- було досліджено методи сегментації зображень;
- розроблено алгоритм розпізнання позначень висот на ізолініях та вершинах;
- розроблено алгоритм відновлення плану горизонталей;
- розроблено і програмно реалізовано метод візуалізації масиву висот.

Дякую за увагу

