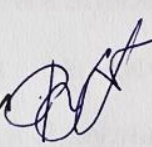
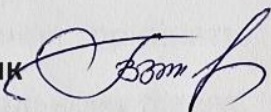


Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра геоінформатики

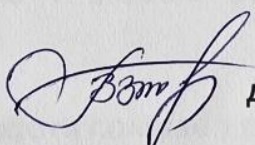
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
спеціальність 103 – Науки про Землю
освітня програма «Геоінформатика»

ТЕМА: «МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ЗАТОПЛЕНЬ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВОДОСХОВИЩ ЗА
ДОПОМОГОЮ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

Виконав студент 4-го курсу
кафедри геоінформатики  Радченко Богдан Олександрович

Науковий керівник  д.т.н., професор Зацерковний В.І.

Робота рекомендується до захисту (протокол №14 номер протоколу) засідання
кафедри геоінформатики від ввести дату 13.06.2023р.

Завідувач кафедри  д.т.н., професор Зацерковний В.І.

Київ – 2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Моделювання зон затоплень при будівництві водосховищ за допомогою геоінформаційних технологій» містить сторінок тексту, рисунків, таблиць, використаних джерела.

Перелік ключових слів (словосполучень): геоінформаційна система (ГІС), геоінформаційні технології (ГІТ), бази даних (БД), системи керування базами даних (СКБД), водні ресурси, підтоплення, прогнозування.

Актуальність і невідкладність вирішення проблеми застосування ГІС в управлінні водними ресурсами полягає в тому, що Україна, яка займає всього 0,4% земної суші і де проживає 0,8% населення планети, має в своїх надрах 5% мінерально-сировинного потенціалу світу.

Метою дипломної роботи є впровадження геоінформаційних технологій в систему управління водних ресурсів, зокрема створенні моделювання водосховища на прикладі річки Пакулька (Чернігівська область) для одержання даних для обґрунтування прийняття ефективних управлінських рішень на локальному або регіональному рівнях.

Об'єкт дослідження – структура і функції геоінформаційних систем для аналізу водних ресурсів.

Предметом дослідження – сучасні геоінформаційні технології з точки зору надаваних ними методів і засобів розв'язку задач оцінки і управління природними ресурсами.

Наукова новизна роботи полягає у розробці основ спеціалізованої системи аналізу природних ресурсів регіону на прикладі водних ресурсів Чернігівської області, розробці принципів організації баз даних ГІС, формуванні масивів інформації по обраній тематиці.

Інформаційну базу дослідження склали дані статистичних бюлетенів Держкомстату України, статистичних щорічників України.

Практична значимість роботи полягає в тому, що запропонований автором підхід для моделювання водосховища за допомогою геоінформаційних технологій дозволяє ефективно управляти водними ресурсами, їх стоком, здійснювати прогнозування водо забезпеченості, розробити ефективну систему раціонального водокористування тощо.

Результати дослідження можна використовувати для створення та використання на міждисциплінарній основі нових моделей і експертних систем, формування нового класу задач управління природно-еколого-економічними системами, заснованих на просторово-логічних відношеннях.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

GPS	–	Global Positioning System – система глобального позиціонування.
АСУ	–	автоматизована система управління.
БД (БнД)	–	база даних (банк даних).
ВР	–	водні ресурси
ГІС	–	геоінформаційні системи.
ГІТ	–	геоінформаційні технології.
ГЛОНАСС	–	глобальна навігаційна супутникова система.
ГП	–	геоінформаційне прогнозування.
ДГМ	–	державна геодезична мережа.
ДЗЗ	–	дистанційне зондування Землі.
ДКН	–	державний кадастр нерухомості.
ІЗ	–	інформаційне забезпечення.
ІКТ	–	інформаційно-комунікаційна технологія.
ІС	–	інформаційна система.
КМУ	–	Кабінет Міністрів України.
ЛОМ	–	локальна обчислювальна мережа.
НПС	–	навколишнє природне середовище.
ОПР	–	особа, що приймає рішення.
ПЗ	–	програмне забезпечення.
СППР	–	система підтримки і прийняття рішень.
СКБД	–	система керування базами даних.
ШСЗ	–	штучні супутники Землі.
ЦМР	–	цифрова модель рельєфу.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК	УМОВНИХ	СКРОЧЕНЬ	І	ПОЗНАЧЕНЬ
.....3				
ВСТУП				6
РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО				
МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ.....14				
1.1.	Функціональна структура ГІС			15
1.2.	Функції ГІС			17
1.3.	Класифікація ГІС			18
1.4.	Елементи геоінформаційних систем та їх призначення.....			20
1.5.	Завдання, які вирішуються за допомогою ГІС.....			24
1.6.	Особливості геоінформаційного картографування			27
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ,				
ЯК ОБ'ЄКТА МОДЕЛЮВАННЯ.....31				
2.1.	Загальні відомості про об'єкт моделювання			31
2.2.	Аналіз клімату на території моделювання			33
2.3.	Аналіз рельєфу на території моделювання			34
2.4.	Аналіз гідрологічних об'єктів на території моделювання			38
2.5.	Аналіз геолого-геоморфологічної будови та рельєфу р. Десна			38
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТИ р. ПАКУЛЬКА				
З ПРИЛЕГЛОЮ ТЕРИТОРІЄЮ50				
3.1.	Створенні цифрової топографічної підоснови території			50
3.2.	Зшивання растрових зображень			54
3.3.	Векторизація			58
3.4.	Трансформація картографічного зображення			65
3.5.	Редагування картографічних зображень			68
3.6.	Генералізація об'єктів			70

РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ

ВОДОСХОВИЩА НА р. ПАКУЛЬКА.....	75
4.1. Загальні відомості про аналіз та моделювання даних	75
4.2. Функції побудови й аналізу поверхонь	76
4.3. Функції створення поверхонь.....	77
4.4. Методи інтерполяції.....	79
4.5. Функції аналізу поверхонь	82
4.6. Побудова 3D моделі водосховища	84
4.7. Визначення площ дзеркал та об'ємів затоплень при різних рівнях води у водосховищі.....	89
4.8. Побудова графіка залежності площі дзеркала затоплення від рівня води в водосховищі	91
4.9. Побудова графіка залежності об'єму затоплення від рівня води у водосховищі	92
ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	95

ВСТУП

А к т у а л ь н і с т ь . Водні ресурси використовуються різнимим галузями господарства як для їх безпосереднього споживання (водопостачання, сільське господарство), так і для технологічних процесів (тепло-гідроенергетика, видобуток корисних копалин тощо). Використання гідроресурсів здійснюється шляхом будівництва водогосподарських систем і гідротехнічних споруд.

Створення водосховищ на ріках пов'язане з необхідністю регулювання річкового стоку для повнішого і раціональнішого використання водних ресурсів річок.

На сучасному етапі розвитку проектування водогосподарських систем і гідротехнічних споруд найбільш вигідно виконувати за допомогою сучасних технологій, зокрема – геоінформаційних технологій (*Зацерковний В. І., 2016*).

ГІС – сучасні комп'ютерні технології для картографування та аналізу об'єктів реального світу, подій та явищ що відбуваються, і будуть відбуватись в прогнозованому періоді.

Структура ГІС, як правило, включає чотири обов'язкові підсистеми:

- уведення даних, що забезпечує введення чи обробку просторових даних, отриманих з карт, матеріалів ДЗЗ тощо.;
- збереження і пошуку, що дозволяє оперативно одержувати дані для відповідного аналізу, актуалізувати і коректувати їх;
- обробки й аналізу, що дає можливість оцінювати параметри, вирішувати розрахунково-аналітичні задачі;
- представлення даних у різному виді – карти, таблиці, зображення, блок-діаграми, цифрові моделі місцевості тощо (*Зацерковний В. І., 2016*).

Завдання, які фахівці вирішують за допомогою геоінформаційних технологій (ГІТ) – різноманітні. Наприклад: комплексне багато аспектне вивчення природно-економічного потенціалу окремих галузей, регіонів, держав; управління територіями та організаціями, в тому числі муніципальне

управління; економічний і демографічний моніторинг; створення й ведення всіх різновидів кадастру, цифрової картографії й дистанційного зондування; проектування інженерних комунікацій та енергетичних систем; управління військами, якісне районне зонування; ландшафтна архітектура, створення навчально-освітніх продуктів, систем, посібників і устаткування та багато інших завдань прикладного характеру (*Зацерковний В. І., 2016*).

Крім просторових запитів, проведення аналізу та обґрунтування рішень ГІС може виконувати також автоматичну побудову карт, яка є набагато простішою та гнучкішою, ніж в традиційних методах ручного або автоматизованого картографування. Процес починається з побудови картографічних баз даних, які можуть бути неперервними та не пов'язаними з масштабом. Далі, використовуючи таку базу даних, можливо створювати електронні карти або їх тверді копії будь-якої території, масштабу, з необхідним семантичним наповненням. Використання в ГІС сучасних технологій СКБД та Internet/Intranet дає можливість швидкого поновлення, експортування та розповсюдження географічних даних кінцевим користувачам. Сучасний досвід функціонування ГІС як за кордоном, так і в Україні підтверджує широкий спектр напрямків використання географічних систем у суспільстві для розв'язування багатьох завдань (*Зацерковний В. І., 2018*).

Для ефективного управління наявними ресурсами, планування розвитку і оперативного управління необхідна автоматизована система збору, збереження і аналізу інформації, придатної для вироблення ефективних управлінських рішень.

Якість управлінських рішень, що приймаються органами державної влади найчастіше залежить від доступності, актуальності та коректності *просторових даних*, які слугують основою для аналізу ситуацій і прийняття рішень. Оскільки просторова інформація найчастіше є вирішальною для забезпечення соціально-економічного розвитку, планування і управління територіями, їх моніторингу, а ГІТ забезпечують єдину просторову уніфікацію такої інформації та її спільне

використання, сучасні геоінформаційні системи (ГІС) визнані у світі одним із універсальних інтегрованих інформаційно-технологічних засобів розв'язку різноманітних регіональних проблем (*Зацерковний В. І., 2009*).

Застосування ГІТ дозволяє ефективно враховувати просторову залежність соціально-економічної інформації при управлінні, виробництві і бізнесі, зробити кардинальні зрушення в галузі забезпечення прийняття управлінських рішень щодо управління територіями, використання природних ресурсів, охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки на різних управлінських рівнях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Широкому впровадженню ГІС в управління водними ресурсами сприяє стрімкий розвиток наземної навігації, що ґрунтується на засобах супутникового позиціонування, (GPS, Галлілео, ГЛОНАСС), телекомунікацій, дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), web-картографування і картографічних сервісів в Internet, а також нагромадження великого об'єму просторових даних, розподілених по державних, галузевих, відомчих і комерційних базах даних (БД).

Розвитку і становленню ГІС суспільство завдячує багатьом з ученим, серед яких Берлянт О.М., Бугаєвський Л.М., Бусигін Б.С., Бурачек В.Г., Данджермонд Дж., Железняк О.О., Іщук О.О., Зацерковний В.І., Калкінз Х., Капралов Є.Г., Карпінський Ю.О., Корольов Ю.К., Кошкар'єв А.В., Лур'є І.К., Мерс М. де, Мокін В.Б., Морозов В.В., Світличний О.О., Серединін Є.С., Тікунов В.С., Томплінсон З.Ф., Шипулін В.Д., Шоломицький А.А., Цветков В.Я. та багато інших.

Визнаючи наукову і практичну цінність розробок названих авторів, треба відзначити, що відсутність цілісної методології геоінформаційної підтримки прийняття рішень у системі управління водними ресурсами не забезпечує ефективності прийняття рішень у процесі їх ефективного використання і відновлення, оскільки сучасний моніторинг сьогодні здійснюється головним чином на підставі суб'єктивних оцінок або з використанням моделей, які не відповідають сучасному рівню управління, що суттєво стримує автоматизацію

розв'язку задач оперативного управління природними ресурсами та викликає об'єктивне протиріччя між високими вимогами до оперативності і ефективності прийняття рішень у процесі управління природними ресурсами та обмеженими можливостями науково-методичного апарату (моделей, методів, алгоритмів).

Усе це обумовило значимість та актуальність теми дипломної роботи та основні напрями дослідження.

У дипломній роботі розвинуто їх ідеї при створенні регіональної системи водних ресурсів на базі ArcGIS, яка дозволяє здійснювати безперервний моніторинг, візуалізацію інформації та розв'язувати актуальні задачі їх ефективного використання.

Метою дипломної роботи є впровадження геоінформаційних технологій в систему управління водних ресурсів, зокрема створенні моделювання водосховища на прикладі річки Пакулька (Чернігівська область) для одержання даних для обґрунтування прийняття ефективних управлінських рішень на локальному або регіональному рівнях.

Об'єкт дослідження – структура і функції геоінформаційних систем для аналізу водних ресурсів.

Предметом дослідження – сучасні геоінформаційні технології з точки зору надаваних ними методів і засобів розв'язку задач оцінки і управління природними ресурсами.

Методи дослідження. Теоретичним підґрунтям розробки є системний підхід та основні положення сучасної теорії управління проектами, теорія геоінформаційних систем і автоматизованої побудови карт, традиційні географічні методи (картографічний, районування, класифікація), методи математичної статистики, а також розробки кафедри аерокосмічної геодезії Національного авіаційного університету. Аналітичні дослідження ГІС виконувались з застосуванням методу декомпозиції складних систем до рівня тематичних підсистем з побудовою аналітичних і алгоритмічних математичних моделей.

Наукова новизна роботи полягає у розробці основ спеціалізованої системи аналізу природних ресурсів регіону на прикладі водних ресурсів Чернігівської області, розробці принципів організації баз даних ГІС, формуванні масивів інформації по обраній тематиці. Запропонована методика автоматизованої побудови тематичних карт, які виступають потужним засобом підвищення ефективності застосування автоматизованих систем управління природними ресурсами, розв'язку чисельних прикладних, розрахункових і інформаційних задач, аналізі стану водних ресурсів і одержанні адекватного рівня змісту картографічних зображень. Одержана серія карт, що характеризує стан водних ресурсів території.

Інформаційну базу дослідження склали дані статистичних бюлетенів Держкомстату України, статистичних щорічників України.

Практична значимість роботи полягає в тому, що запропонований автором підхід для моделювання водосховища за допомогою геоінформаційних технологій дозволяє ефективно управляти водними ресурсами, їх стоком, здійснювати прогнозування водозабезпеченості, розробити ефективну систему раціонального водокористування тощо.

Результати дослідження можна використовувати для створення та використання на міждисциплінарній основі нових моделей і експертних систем, формування нового класу задач управління природно-еколого-економічними системами, заснованих на просторово-логічних відношеннях.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРИТОРІЙ

ГІС – це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують уведення просторово-орієнтованих даних, їх збереження, обробку, маніпулювання, аналіз та візуалізацію (Зацерковний В. І., 2018).

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) є важливим компонентом систем підтримки прийняття рішень (СППР) завдяки розвиненим функціям збереження, обробки і аналізу геоданих, засобам моделювання і наявності інструментів візуалізації. Просторові проблеми, зокрема проблема визначення придатності територій для розміщення об'єктів будівництва, за своєю природою завжди є багатокритеріальними (Chakhar S., Mousseau V., 2008), тому просторові СППР часто використовуються у випадках, коли велика кількість альтернатив має бути оцінена на основі декількох критеріїв.

Можливості ГІС для генерації набору альтернатив і вибору найкращого рішення, як правило, основані на операціях геоінформаційного аналізу поверхні (Surface analysis), близькості (Proximity analysis) і накладення (Overlay analysis). Операції накладання дозволяють визначити альтернативи, що одночасно задовольняють набору критеріїв відповідно до правила прийняття рішення, проте вони мають обмежені можливості для включення переваг особи, яка приймає рішення (ОПР). Крім того, складність просторових відносин в деяких проблемах не може бути представлена картографічно (Кузніченко С. Д., Бучинська І. В., 2021).

На рис.1.1. представлена узагальнена функціональна схема ГІС

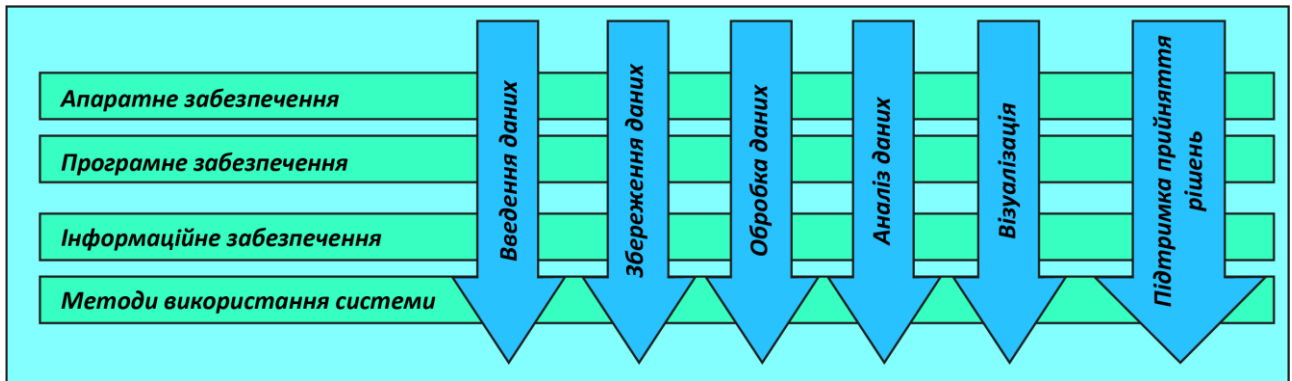


Рис. 1.1. Функціональна схема ГІС

1.1. Функціональна структура ГІС

Під структурою ГІС розуміють сукупність її властивостей, які є істотними з точки зору здійснюваного дослідження і які володіють інваріантністю в інтервалі функціонування (Зацерковний В. І., 2018).

Структуру типової ГІС можна представити у вигляді основних функціональних підсистем (рис. 1.2).

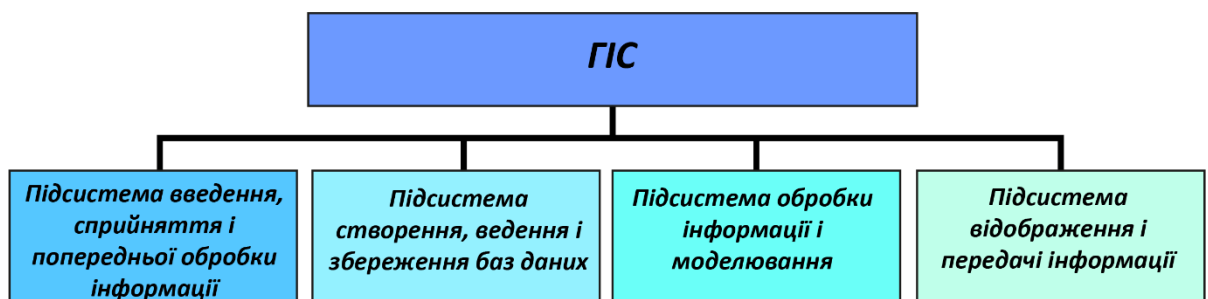


Рис. 1.2. Функціональні блоки ГІС

Підсистема уведення, сприйняття і попередньої обробки інформації призначена для збору і попередньої обробки даних з різних джерел і відповідає за перетворення різних типів просторових даних.

Ця підсистема може бути співвіднесена з першим і другим кроком процесу картографування – збором даних і складанням карт. Вихідна інформація береться з таких джерел, як аерофотозйомка, цифрове дистанційне зондування, геодезичні роботи, словесні описи і замальовки, дані статистики тощо. Використання комп'ютера та інших електронних пристроїв дозволяє

здійснювати підготовку вихідних даних для запису, або кодування точок, ліній і областей до їх подальшого використання. Крім того, джерелами можуть бути готові цифрові карти, цифрові моделі рельєфу, цифрові ортофотознімки тощо.

Програмні засоби попередньої обробки даних, перед усім, повинні забезпечувати можливість здійснення векторизації вихідних графічних даних, редагування векторизованих даних, фільтрацію і стиск вихідної інформації, конвертування даних в необхідні формати (*Суховірський Б. І., 2000*).

Підсистема створення, ведення і збереження баз даних призначена для організації просторових даних з метою їх вибірки, відновлення і редагування. В ГІС, ця підсистема дозволяє створювати запити, що повертають тільки потрібну, контекстно-пов'язану інформацію, вона переносить акцент з загальної інтерпретації інформації на формулювання адекватних запитів. В загальних словах, ця підсистема зберігає або явно, або неявно, геометричні координати точкових, лінійних і площинних геометричних об'єктів і пов'язані з ними характеристики (атрибути).

Для збереження текстових даних. більшість програмних засобів застосовує моделі даних сучасних СКБД, серед яких виділяються ієрархічні, мережні і реляційні моделі. Останнім часом програмне забезпечення ГІС підтримує і так звану об'єктно-реляційну модель даних.

Підсистема обробки інформації і моделювання призначена для аналізу і моделювання даних шляхом генералізації, агрегації, встановленням параметрів і обмежень за допомогою моделюючих функцій. Підсистема аналізу дозволяє значно спростити і полегшити аналіз просторово-пов'язаних даних, практично виключити ручну працю і в значній мірі спростити розрахунки, виконувані користувачем.

Цей блок є головним модулем ГІС, який в основному і визначає цільову спрямованість обробки даних для конкретної просторової задачі. Він складається з пакетів прикладних програм і процедур, утворюючих предметний

геоінформаційний додаток. Основними функціями цього блоку є функції просторового аналізу.

Підсистема відображення і передачі інформації призначена для відображення усієї бази даних або її частини в табличній, діаграмній, або картографічній формі. В картографії, будь то традиційна паперова картографія або її цифровий еквівалент, або комп'ютерна картографія, вихідним продуктом є карта.

Підсистема виводу дозволяє компонувати результати аналізу у будь-якій зручній для користувача формі. Бази даних деяких служб можуть бути підключені в єдину систему, результатом чого буде максимальна інформаційна насиченість даних на виході.

1.2. Функції ГІС

Функція (від лат. function – виконання, здійснення, завершення) – специфічна діяльність системи, спрямована на виконання певних цілей.

Поняття функції використовується в різних значеннях. Воно може означати й здатність до виконання певних завдань.

Виконання ГІС своїх функцій називається функціонуванням системи.

Стратегію створення будь-якої ГІС визначають *функції*, які вона буде виконувати. Крім традиційних функцій, притаманних будь-якій ІС – збору, збереженню, обробці й передачі інформації, ГІС повинні володіти додатковими функціями розв'язання задач моделювання та прогнозування даних, підтримки прийняття рішень тощо.

Умовно функції ГІС можна поділити на вісім груп (Зацерковний В. І., 2018).

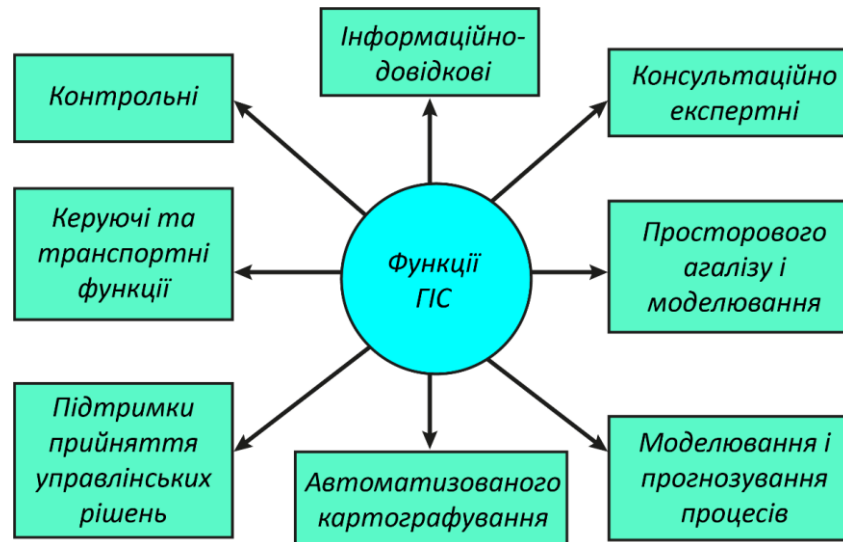


Рис. 1.3. Функції ГІС

1.3. Класифікація ГІС

Під класифікацією часто розуміють розподіл певної сукупності об'єктів на класи по найбільш істотним ознакам. В дійсності, класифікація є операцією об'єднання, бо множина об'єктів, що підлягає класифікації, поєднується у певні групи за характерними ознаками.

На сьогодні не існує єдиної класифікації ГІС, яка б охоплювала всі наявні системи. Це пояснюється головним чином тим, що користувачів цікавлять лише своя сфера діяльності, а розробники здебільшого не потребують класифікації ГІС, оскільки працюють для конкретних споживачів. У зв'язку з цим на за проведеним аналізом літератури на думку автора доцільно використати наступну класифікацію ГІС (рис. 1.4).

З урахуванням апаратних засобів і програмного забезпечення виділяють: інструментальні ГІС і геоінформаційні додатки (рис. 1.5).

Інструментальні ГІС можуть бути повнофункціональними, вузькоспеціалізованими і настільно-картографічними. Вони забезпечують формування складних запитів і просторовий аналіз.

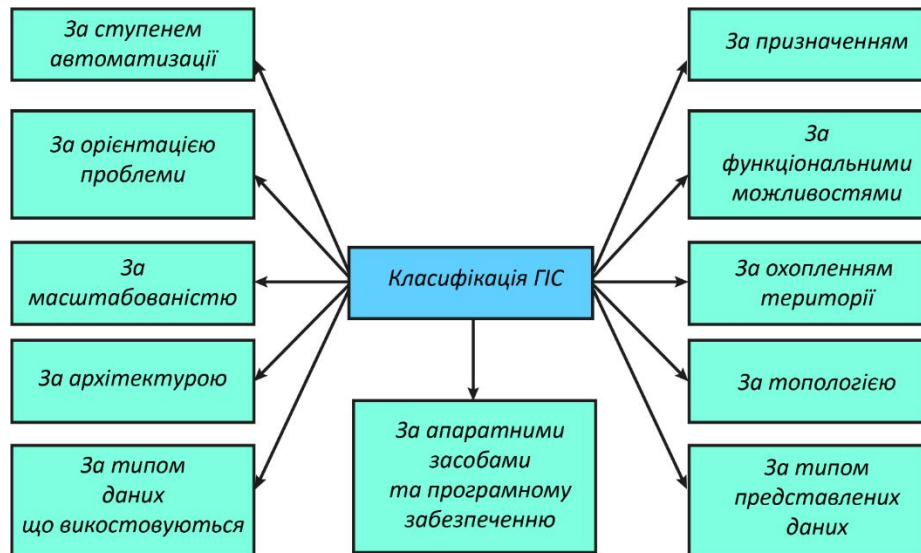


Рис. 1.4. Узагальнена класифікація ГІС

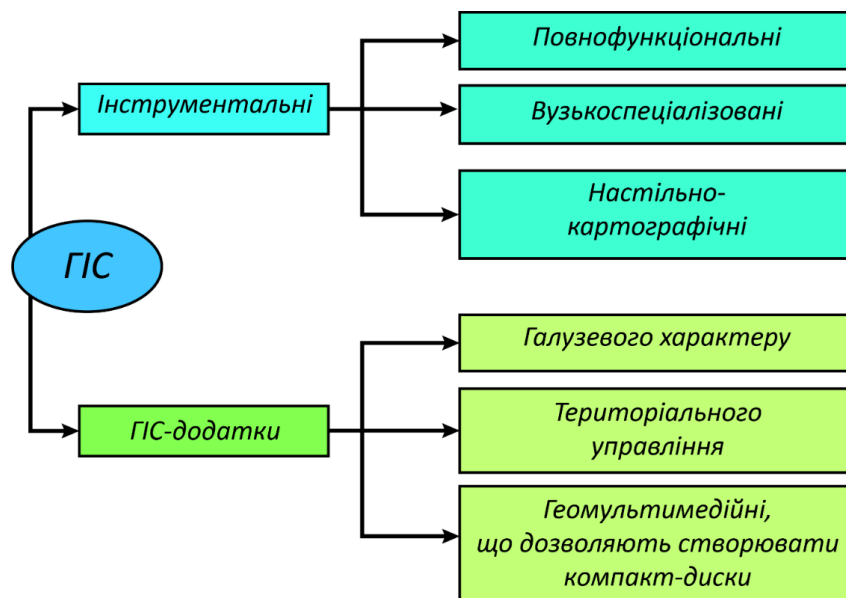


Рис. 1.5. Класи геоінформаційних систем

Повнофункціональні системи містять усі стандартні функції, що включають уведення, збереження, формування складних запитів, просторовий аналіз, виведення твердих копій на друк.

До вузькоспеціалізованих відносяться системи, що виконують одну з основних функцій. До таких систем можна віднести векторизатори і вьювери (вьюери).

Настільно-картографічні системи базуються на програмних продуктах, у яких на високому рівні реалізовані картографічні функції.

Геоінформаційні додатки орієнтовані на одну з предметних областей і зазвичай створюються на базі інструментальних ГІС. Основою інтеграції даних у ГІС слугує географічна (просторова) інформація. Однак деякі задачі, що розв'язуються засобами ГІС, не пов'язані з місцем розташування об'єктів. За формальною ознакою вони відносяться до інформаційних систем, однак за своїм функціональним призначенням належать до класу систем обробки даних і здійснення експертних оцінок.

1.4. Елементи геоінформаційних систем та їх призначення

Для роботи ГІС застосовують комп'ютери різної потужності. Чим більш потужним є комп'ютер, тим оперативніше він дозволяє розв'язувати різного роду задачі, коло яких може бути доволі широким.

Дані до комп'ютера можуть передаватись різними способами (з флешки, CD-дисків, клавіатури, сканера тощо).

За допомогою сканера будь-яке зображення перетворюється в цифрову форму для подальшої обробки. Це дозволяє істотно підвищити продуктивність обробки графічної інформації з великою по площі територією. Растрове зображення може зберігатись у різних форматах, наприклад: TIFF, BMP, JPG тощо.

Принтери і плоттери є найбільш поширеними засобами для виведення результатів виконаної комп'ютером роботи.

Будь-яка ГІС включає в себе п'ять основних елементів, що формують поняття інформаційної системи. До таких елементів відносяться апаратні засоби, методи і правила, дані, користувачі, програмне забезпечення (рис. 1.6).

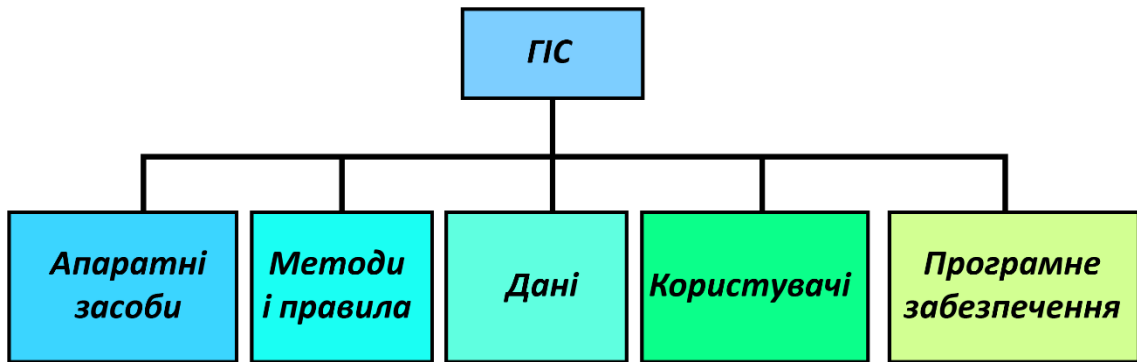


Рис. 1.6. Основні елементи ГІС

Програмні засоби, що призначені для роботи з просторовими даними – це доволі розмаїтий сегмент комп’ютерного ринку програмного забезпечення, який уже динамічно розвивається.

Прикладне програмне забезпечення ГІС являє собою сукупність програмних продуктів, призначених для автоматизації розв’язання функціональних задач ГІС. Прикладне програмне забезпечення може бути як універсальним (текстові редактори, електронні таблиці, системи керування базами даних), так і спеціалізованими, тобто таким, що реалізує функціональні підсистеми об’єктів різної природи.

Програмні засоби ГІС умовно поділять на ряд категорій:

– *інструментальні* (професійні), універсальні і потужні за своїми можливостями пакети прикладних програм, які мають широкі можливості щодо:

- введення, як картографічних, так і атрибутивних даних та їх обробки;
- збереження, в тому числі і розподіленого, підтримуючого мережну роботу;
- виведення і організації складних запитів, похідних карт і схем (оверлейні операції);
- роботи з різними моделями даних;
- виконання всього спектру функцій аналізу та моделювання;
- роботи з різноманітними базами даних;

- створення високоякісних карт;
- орієнтовані на мережеву експлуатацію тощо.

1.5. Завдання, які вирішуються за допомогою ГІС

ГІС загального призначення зазвичай виконує п'ять процедур (завдань) з даними: уведення, маніпулювання, керування, запит й аналіз та візуалізацію.

Уведення. Для використання в ГІС дані повинні бути перетворені в прийнятний цифровий формат. Процес перетворення даних з паперових карт у комп'ютерні файли називається оцифровкою. У сучасних ГІС цей процес може бути автоматизований із застосуванням сканерної технології, що особливо важливо при виконанні великих проектів, або при невеликому обсязі робіт, дані можна вводити за допомогою дигітайзера. Багато даних вже переведені у формати, прямо сприймані геоінформаційними пакетами.

Маніпулювання. Часто для виконання конкретного проекту наявні дані потрібно додатково видозмінити відповідно до вимог системи користувача. Наприклад, географічна інформація може бути в різних масштабах (осьові лінії вулиць є в масштабі 1: 100 000, границі округів перепису населення – у масштабі 1:50 000, а житлові об'єкти – у масштабі 1:10 000). Для спільної обробки й візуалізації всі дані зручніше представити в єдиному масштабі. Геоінформаційні технології надають різні способи маніпулювання просторовими даними й виділенням даних, потрібних для конкретного завдання.

Керування. У невеликих проектах географічна інформація може зберігатися у вигляді звичайних файлів. Але при збільшенні обсягу інформації й росту числа користувачів для зберігання, структурування й керування даними ефективніше застосовувати системи керування базами даних (СКБД), та спеціальними комп'ютерними засобами для роботи з інтегрованими наборами даних (базами даних). У ГІС часто використовується реляційна структура, при якій дані зберігаються в табличній формі. При цьому для зв'язування таблиць

застосовуються загальні поля за допомогою ідентифікатора. Цей простий підхід досить гнучкий і широко використовується (*Зацерковний В.І., 2018*).

Запит й аналіз. При наявності ГІС і географічної інформації ми зможемо одержувати відповіді на прості питання (Хто власник даної земельної ділянки? На якій відстані один від одного розташовані ці об'єкти? Де розташована дана промислова зона?) і більш складні, потребуючі додаткового аналізу, запити (Де є місця для будівництва нового будинку? Який основний тип ґрунтів під ялиновими лісами? Як вплине на рух транспорту будівництво нової дороги?). Запити можна задавати як простим щигликом мишею на певному об'єкті, так і за допомогою розвинених аналітичних засобів. За допомогою ГІС можна виявляти й задавати шаблони для пошуку, програвати сценарії по типі “що буде, якщо...”. Сучасні ГІС мають безліч потужних інструментів для аналізу, серед них найбільш значимі два: аналіз близькості і аналіз накладення. Для проведення аналізу близькості об'єктів відносно один одного в ГІС застосовується процес, названий буферизацією. Він допомагає відповісти на питання типу: Скільки будинків перебуває в межах 100 м від цієї водойми? Скільки покупців живе не далі 1 км від даного магазину? Яка частка добутої нафти зі шпар, що перебувають у межах 10 км від будинку керівництва даного підприємства? Процес накладення включає інтеграцію даних, розташованих у різних тематичних шарах. У найпростішому випадку це операція відображення, але при ряді аналітичних операцій дані з різних шарів поєднуються фізично. Накладення, або просторове об'єднання, дозволяє, наприклад, інтегрувати дані про ґрунти, ухил, рослинність і землеволодінні зі ставками земельного податку (*Зацерковний В.І., 2018*).

Візуалізація. Для багатьох типів просторових операцій кінцевим результатом є подання даних у вигляді карти або графіка. Карта – це дуже ефективний і інформативний спосіб зберігання, подання й передачі географічної (яка має просторову прив'язку) інформації. Раніше карти створювалися на сторіччя. ГІС надає нові інструменти, що розширюють і

розвивають мистецтво й наукові основи картографії. З її допомогою візуалізація самих карт може бути легко доповнена звітними документами, тривимірними зображеннями, графіками й таблицями, фотографіями й іншими засобами, наприклад, мультимедійними (*Зацерковний В.І., 2018*).

Зв'язані технології. ГІС тісно зв'язана із рядом інших типів інформаційних систем. Її основна відмінність полягає в здатності маніпулювати й проводити аналіз просторових даних. Хоча й не існує єдиної загальноприйнятої класифікації інформаційних систем, наведений нижче опис повинен допомогти дистанціонувати ГІС від настільних картографічних систем (*desktop mapping*), систем САПР (CAD), дистанційного зондування (*remote sensing*), систем управління базами даних (СКБД або DBMS) і технології глобального позиціонування (GPS).

Системи настільного картографування використовують картографічне подання для організації взаємодії користувача з даними. У таких системах усе засновано на картах, карта є базою даних. Більшість систем настільного картографування має обмежені можливості керування даними, просторового аналізу й налаштування. Відповідні пакети працюють на настільних комп'ютерах – PC, Macintosh і молодших моделях UNIX робітничих станцій.

Системи САПР здатні виконувати креслення проектів і плани будинків й інфраструктури. Для об'єднання в єдину структуру вони використовують набір компонентів з фіксованими параметрами. Вони ґрунтуються на невеликому числі правил об'єднання компонентів і мають досить обмежені аналітичні функції. Деякі системи САПР розширені до підтримки картографічного подання даних, але, як правило, наявні в них утиліти не дозволяють ефективно управляти й аналізувати більші бази просторових даних (*Зацерковний В.І., 2018*).

Дистанційне зондування й GPS. Методи дистанційного зондування – це мистецтво й науковий напрямок для проведення вимірів земної поверхні з використанням сенсорів, таких як різні камери на борту літальних апаратів,

приймачі системи глобального позиціювання або інших пристроїв. Ці датчики збирають дані у вигляді зображень і забезпечують спеціалізовані можливості обробки, аналізу й візуалізації отриманих зображень. Через присутність досить потужних засобів керування даними і їхнім аналізом, що відповідають системі їх можна віднести до сьогодення ГІС.

Системи керування базами даних призначені для зберігання й керування всіма типами даних, включаючи географічні (просторові) дані. СКБД оптимізовані для подібних завдань, тому в багатьох ГІС убудована підтримка СКБД. Ці системи не мають подібних з ГІС інструментів для аналізу й візуалізації (Зацерковний В.І., 2018).

1.6. Особливості геоінформаційного картографування

Впровадження в географію і картографію сучасних геоінформаційних технологій, баз даних і розвиток технічних засобів привело до застосування геоінформаційного картографування при розв'язанні широкого спектра задач.

Слід зазначити, що ГІС несуть нові ідеї, методи і технології просторового моделювання й аналізу даних. Так, перетворення вихідної інформації до растрового виду дозволяє виконати на її основі моделювання безперервних грид-поверхонь. Широке поширення одержали моделі апроксимації поверхонь просторових географічних розподілів. Цей вид моделювання звичайний у застосуванні до природних явищ, хоча використовується і для карт соціально-економічної тематики (Суховірський Б. І., 2000).

Моделі геополів дають можливість картографувати явища і процеси безперервного поширення (наприклад, рельєф) як способами традиційної картографії, так і у виді тривимірних представлень, аналітичного відмивання рельєфу, растрових зображень з безперервною шкалою. Подібні процедури мають в багатьох розповсюджених пакетах програм (ERDAS, IDRISI, Surfer, модулях розширення багатьох векторних ГІС). Користувачі цих програм

найчастіше використовують методи і параметри, задані "за замовчуванням", не задумуючись про те, як поведуться апроксимуючі функції, яким способом будується цифрова модель поверхні, чи досить вихідних точок для даної функції, як розподілені вони по всій території, що в підсумку може привести до незадовільних результатів. Тому при створенні цифрових моделей поверхонь важливо приділяти увагу як попередньому аналізу вихідних даних, так і оцінці точності виконаної апроксимації. Тільки у випадку адекватно побудованої цифрової моделі можливо її подальше використання для комп'ютерного картографування і проведення досліджень (Суховірський Б. І., 2000).

Для виконання попереднього аналізу вихідних даних можна оцінити статистичні числові характеристики. Вони дають перше уявлення про розподіл даних, але більш наочний розподіл відображають гістограми частот. Щоб порівняти просторову мінливість даних можна побудувати гістограми по окремих областях, а якщо одержати варіограму, то вона наочно покаже картину варіювання вихідних показників у залежності від відстані між крапками. Аналіз цих графічних зображень розподілу даних дає можливість судити про радіус впливу, установлюваному при апроксимації, що фактично робить методи локальними. При виборі радіуса впливу можна також проаналізувати статистичні характеристики даних у межах заданого "ковзного вікна", обчислені за допомогою широко представлених у більшості ГІС так званих функцій аналізу сусідства (Суховірський Б. І., 2000, Зацерковний В.І., 2018).

Особливу увагу варто приділяти і числу вихідних точок, характеру їхнього розміщення по всій території, тому що, установлюючи радіус впливу задаючи кількість крапок, використовуваних у розрахунку інтерпольованого значення, ми не тільки додаємо методам локальний характер, але тим самим визначаємо наявність порожніх елементів растра. Якщо в область пошуку не потрапило ні однієї крапки, то досліджуваному осередку привласнюється значення "Немає даних", і в результаті при комп'ютерному картографуванні і проведенні подальших досліджень на картах виділяються області, в яких явище не

зображується. При нерівномірній мережі точок варто також звернути увагу на осередки, у яких значення розраховувалося тільки по одній чи двох вихідних точках, що потрапили в область пошуку, і оцінити вірогідність такого розрахунку. Для аналізу мережі вихідних точок можна застосовувати геоінформаційні функції аналізу сусідства, а концентрацію точок дозволяє оцінити функція розрахунку щільності, наприклад реалізована в модулі розширення Spatial Analyst ГІС ArcView.

Після попереднього аналізу вихідних даних визначають придатний чи ні метод апроксимації для створення цифрових моделей поверхонь, а потім оцінюють точність виконаної апроксимації. На основі створеної цифрової моделі виконується візуалізація поверхні у виді ізолінійних карт, тривимірних зображень, аналітичного відмивання тощо. Більшість растрових ГІС будують похідні карти: ухилів і експозиції схилів, зон видимості тощо.

Доволі часто при дослідженнях потрібно оцінити взаємозв'язок просторових характеристик явищ, однак у ГІС такі функції не завжди представлені. Звичайно, досвідченому програмісту легко реалізувати алгоритм для обчислення коефіцієнтів кореляції, але варто помітити, що і будь-якому користувачу нескладно побудувати кореляційні моделі взаємозв'язків явищ на основі раніше створених цифрових моделей цих поверхонь, користуючись тільки побудованими в ГІС функціями.

Як відомо, коефіцієнт кореляції приблизно дорівнює косинусу кута α між напрямками градієнтів двох порівнюваних статистичних поверхонь $r = \cos \alpha$. Кути між напрямками градієнтів є кути між напрямками експозицій схилів, обчислення яких реалізовані практично в кожній растровій ГІС (чи в пакеті програм, що створюють ЦМП). У них також реалізована можливість додавання вираховання поверхонь тощо. Тому якщо вже побудовані цифрові моделі поверхонь, то далі розв'язок задачі не становить труднощів. Досить обчислити різницю значень експозиції двох порівнюваних поверхонь і знайти косинус цієї різниці, тобто кута між градієнтами, як правило, вираженого в радіанах.

Приймаючи в увагу, що розрахунок як ухилів, так і експозиції схилів у ГІС базується на наближених значеннях часток похідних рівнянь поверхонь по осях X и Y, то бачимо, що пропонований підхід заснований на методиці "векторного способу" обчислення коефіцієнтів кореляції.

Інший підхід, заснований на способі визначення коефіцієнтів кореляції по вибірці. Може бути також легко реалізований у більшості растрових ГІС за допомогою функцій аналізу сусідства. У результаті їхнього виконання створюються растрові шари зі значеннями осередків, рівними якій-небудь обчисленій статистичній характеристиці (*Зацерковний В.І., 2018*).

РОЗДІЛ 2.

ОЦІНКА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЯК ОБ'ЄКТА МОДЕЛЮВАННЯ

2.1. Загальні відомості про об'єкт моделювання

Чернігівська область (*Чернігівщина*) – знаходиться в північно-східній частині України, межує на заході з Київською, на півночі — з Гомельською областю Республіки Білорусь та Брянською областю Російської Федерації, на сході – з Сумською, на півдні – з Полтавською областями України (https://uk.wikipedia.org/wiki/Чернігівська_область) (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Чернігівська область на карті України

Наявного населення 968 тис. (23-тє місце серед регіонів України, менше населення лише в Кіровоградській і Чернівецькій областях). Територія 31 865 км². Чернігівщина за площею посідає третє місце серед інших областей України (https://uk.wikipedia.org/wiki/Чернігівська_область).

Адміністративний устрій області та схема планування території представлені на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Адміністративний устрій області та схема планування території об'єкта моделювання

Область лежить на півночі України на лівобережжі середньої течії Дніпра, в басейні Десни. Поверхня області – переважно низовинна й плоска, подекуди – пологохвиляста рівнина, похилена на південний захід. Лежить у межах Придніпровської низовини (рис. 2.3).

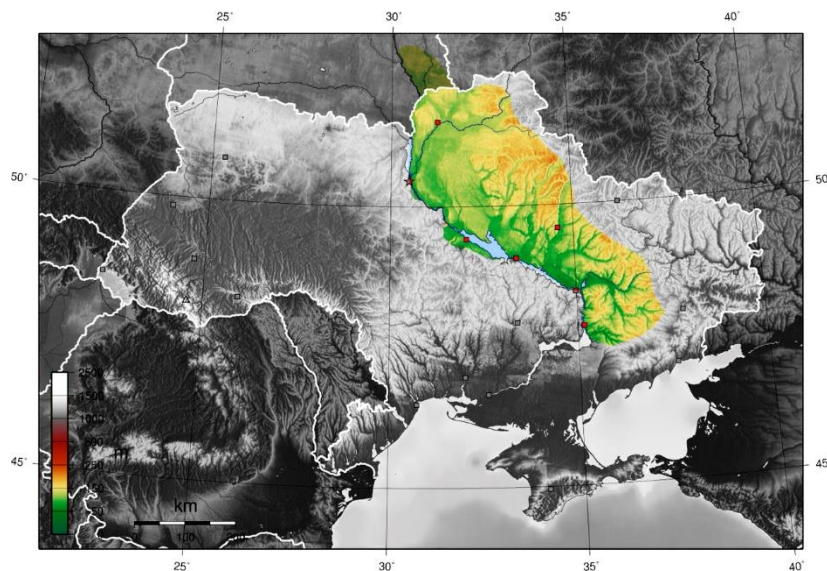


Рис. 2.3. Придніпровська низовина на карті рельєфу України

У північно-східній частині області поширений карст (лійки, карстові провалля). На південному сході – підвищена горбисто-хвиляста частина, розташована в межах Полтавської рівнини (100-220 м). Тут переважають

ерозійно-аккумулятивні форми рельєфу (яри, балки) у поєднанні з аккумулятивними льодовиковими та водно-льодовиковими валами. На піщаних терасах – еолові форми рельєфу (пасма, горби, дюни). У заплавах Дніпра, Десни та її притоків поверхня заболочена, вкрита торфовищами ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Чернігівська область](https://uk.wikipedia.org/wiki/Чернігівська_область)).

На Чернігівщині є різноманітні корисні копалини. Важливе значення мають паливні – нафта і природний газ (північна частина Дніпровсько-Донецької нафтогазоносною області). Найзначніші поклади торфу – у Ріпкинському, Чернігівському та Семенівському районах. Промислове значення мають вапняки, гіпс, крейда, піски (скляні та будівельні), мергель. Налічується близько 15 родовищ глин, придатних для виготовлення черепиці, кахлів, гончарних виробів та художньої кераміки. В Ічнянському районі експлуатується єдине в Україні родовище бішофіту, унікальне за своїми запасами та лікувальними властивостями. Є джерела мінеральних вод ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Чернігівська область](https://uk.wikipedia.org/wiki/Чернігівська_область)).

2.2. Аналіз клімату на території моделювання

Клімат помірно-континентальний з достатньою кількістю опадів, теплим літом (+18°, +19,5° у липні) і порівняно м'якою зимою (-6°, -8° у січні). Кількість опадів на рік – 550 мм (у південній та центральній частинах), 580 мм (у північно-східній). Річок завдовжки понад 10 км – 196. Головні річки – Дніпро (на західній межі області) та його ліва притока Десна з притоками (Сейм, Доч, Остер – ліві, Убідь, Мена, Снов, Білоус – праві). На північному заході тече р. Сож (притока Дніпра), а на півдні – Удай (притока Сули). На території області споруджено 15 водосховищ та 675 ставків; до області відноситься частина Київського водосховищ. Є багато заплавних озер, у долині Снову – карстові провальні озера. На півночі області переважають дерново-підзолисті ґрунти, на півдні – чорноземи глибокі вилуговані та опідзолені. Поширені ясно-сірі лісові, темно-

сірі опідзолені, а в заплавах річок – лучні та болотні ґрунти. Основні лісові масиви знаходяться на півночі, на правобережжі Десни: переважно, хвойні бори та дубово-соснові субори. У лісостеповій зоні області ростуть дубові, трапляються грабово-дубові ліси. В заплавах річок ростуть вільха чорна, верба, тополя, на річкових терасах – луки. Тваринний світ досить різноманітний, налічує понад 400 видів, з них ссавців – 48, птахів – 286, земноводних – 11, плазунів – 7, риб – 50. Серед несприятливих природних процесів переважає площинний змив, вітрова ерозія (на півночі), карст (на південному сході). Північно-західна частина області радіаційно забруднена внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Меліорації: ґрунтозахисні заходи, осушування заболочених земель з наступним водорегулюванням. В області 642 території та об'єкти природно-заповідного фонду, з них державного значення: 11 заказників, 7 пам'яток природи, дендропарк, зоопарк, парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва, 49 заповідних урочищ (<https://geomap.com.ua/uk-gr/514.html>).

2.3. Аналіз рельєфу на території моделювання

Більша частина території Чернігівської області перебуває у межах одного з найбільших геоструктурних елементів, які визначають тектонічне районування України – Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), але на північному сході частково зачіпає Воронезьку втеклізу. У складі ДДЗ на території Чернігівської області виділяють окремі геологічні структури, зокрема, Ніжинську депресію, Срібнянську депресію та ін. (<https://geomap.com.ua/uk-gr/514.html>).

Східчасті скиди і флексури складають її окремі елементи. Кристалічний фундамент залягає дуже глибоко (10-20 км), в південному напрямку глибина залягання зменшується. Осадкові утворення представлені нижнім карбоном – четвертинними відкладами. Більшу частину опадів становлять кам'яновугільні теригенні опади.

Опади тріасової системи представлені континентальними, кольоровими, запісоченими глинами. Нижня і середня юра представлена глинисто-піщаними опадами морського походження. Верхню юру складають континентальні піски, глини, вуглисті породи. Її верхня пачка складена гравелітами і вапняком морського походження. Нижнемілкові опади представлені піском і глинистим піщаником терригенного походження. Верхньокрейдові відклади вже складені глауконітовим піском і піщаником морського походження, поступово зверху переходять у мергельно-крейдяні опади (сеноман-маастритський вік). Відклади палеогену і неогену представлені піском і буро-червоним суглинком. Породи четвертинного віку пов'язані з різними рельєфоутворюючими факторами (<https://geomap.com.ua/uk-gr/514.html>).

Лесові ґрунти і лесовидні суглинки приурочені до давніх річкових терас і до вододільним частин. Вони розділені похованими ґрунтами на шари, що утворилися в різний час. Алювіальні відклади поширені в терасах і притоках річок. Також є опади елювіального і делювіального походження. Потужність відкладень четвертинного часу може варіювати від декількох метрів до п'ятдесяти метрів і більше. Розвинені такі інженерно-геологічні процеси, як зсуви, осипи і обвали.

Також на території Сумської та Чернігівської областей простягається Українське Полісся з різноманітними природними пейзажами, обумовлених геологією місцевості. Це підняття, горби, дюни, складені водно-льодовиковими пісками. Поліська ж низовина являє собою вирівняну піщану поверхню з піднесеними острівцями, складеними лессовими породами (<https://geomap.com.ua/uk-gr/514.html>).

Річкові долини широкі, іноді глибокі – в місцях, де річка врізається в породи кристалічного фундаменту. У руслах річок багато боліт. В локальних місцях Поліської низовини є височини, наприклад р. Золотуха недалеко від р. Ромни.

У складі низовини наступні форми рельєфу: моренна, морено-зандрова, зандрова, алювіальна, тераси річкових долин, лесові. Ландшафт слабоволнистий, низинний. Знижені місця покриті лессовими породами. Заплави річок складені алювіальними відкладами голоценового часу.

Основні водоносні горизонти пов'язані з породами кайнозойського мезозойського часу. По течії р. Десна нижче Чернігова розвинена заболоченість території, також на східній закруті річки проявляються карстові процеси. Височини схильні до процесу ерозії, утворення ярів. Це все вказує на важливість проведення комплексу геологічних робіт при проведенні будь-яких інженерних робіт (<https://geomap.com.ua/uk-gr/514.html>).

Теригенні сірокольорові породи палеогенового віку незгідно лежать на породах мезозойського віку. Ці опади різні за складом, які утворилися в найрізноманітніших умовах, виходять на поверхню в долинах річок, в балках та ярах. В центрі западини вони вкриті потужними шарами неогену і четвертички. Нижня частина палеогену представлена піском, піщаником, алевритом, глинисто-піщаними породами. Оголюються вони по берегах р. Псел. Потужність відкладень – десятки метрів. Їх покривають глина, мергель з лінзами піску і пісковика еоценового віку. Піски кварцового складу. У канівському ярусі вони дрібно- і тонкозернисті, київський ярус характеризується середньозернистим піском. В пісках київського ярусу присутня глиниста складова у вигляді невеликих прошарків. За фізико-механічними властивостями глинисті породи палеогенового віку відносяться до слабо/середньо стиснутих ґрунтів (<https://geomap.com.ua/uk-gr/514.html>).

Четвертинні породи накопичувалися в результаті дії льодовиків, піддавалися тектонічним переміщенням, розмивалися водою. В основному ці опади утворилися в результаті руху льодовика, і його танення. Потужність досягає сорока – вісімдесяти метрів. Відкладення окського і дніпровського зледеніння не розчленовані. Вони зустрічаються повсюдно на глибині тридцять – п'ятдесят метрів, їх потужність сильно варіює – досягає до 50м. Товща

складається з піщано-гравійного матеріалу, присутні також галька і валуни, прошаруй супіски, суглинку і глини. Переважає піщаний матеріал. Майже повсюдно зустрічаються відкладення дніпровської морени потужністю десять - двадцять метрів, вони тільки розмиті в місцях розвитку терас. Морена ділиться на два шари, які часто розділені прошарками піску. Нижня частина представлена глинистим, субпіщаним і субглинистим матеріалом бурувато-жовтувато-червонуватого кольору з прошарками піску з уламками гравію, валунів. Глинистий матеріал твердий або напівтвердий, тугопластичний. Верхня частина з більш піщаним матеріалом (<https://geomap.com.ua/uk-gr/514.html>).

Геологічний розріз в районі Чернігова представлений п'ятнадцятиметровим шаром алювіальних верхньочетвертинних відкладень: темно-сірий супісок, дрібно, середньозернисті піски, зверху лежать техногенні опади. Безнапірні ґрунтові води розкриваються на глибині 4-5 м, але в результаті сезонних коливань можуть піднятися на висоту 0,5 м. Територія потенційно схильна до підтоплень. Причиною служать і лесовидні суглинки (хороший водоупір) та витoki води з водопроводів, і відсутність зливної каналізації.

Таким чином, наведене свідчить, що через складність інженерно-геологічних умов перед проектуванням і будівництвом необхідно проводити інженерно-геологічні дослідження Чернігів.

2.4. Аналіз гідрологічних об'єктів на території моделювання

Водні ресурси області включають підземні води, водні системи річок, озер, боліт та інших гідрологічних об'єктів (рис. 2.4).

У центральній частині Чернігівської області поширені джерела мінеральних вод, що мають значний туристичний та рекреаційний потенціал. Зокрема, у Менському районі виявлено мінералізовану питну лікувально-

столову воду. Внаслідок видобутку кварцових пісків на території Ріпкинського району утворилась система водойм, відомих під назвою Голубі озера.

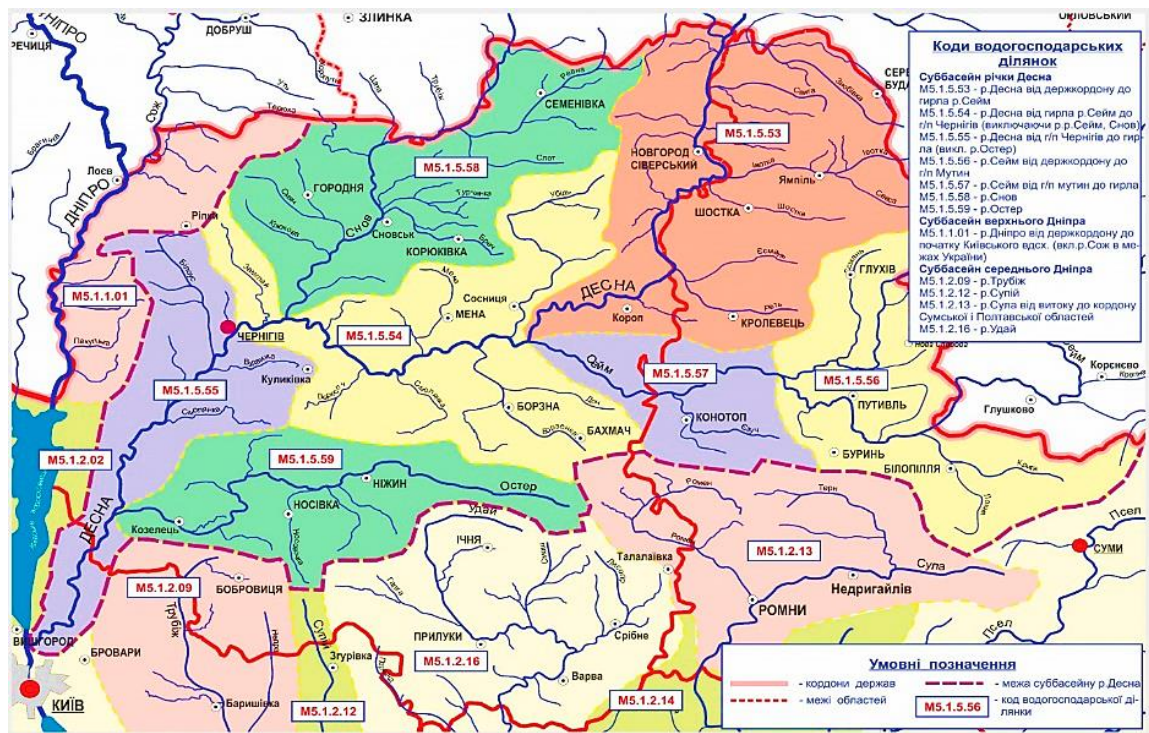


Рис. 2.4. Картосхема гідрологічних об'єктів Чернігівської області

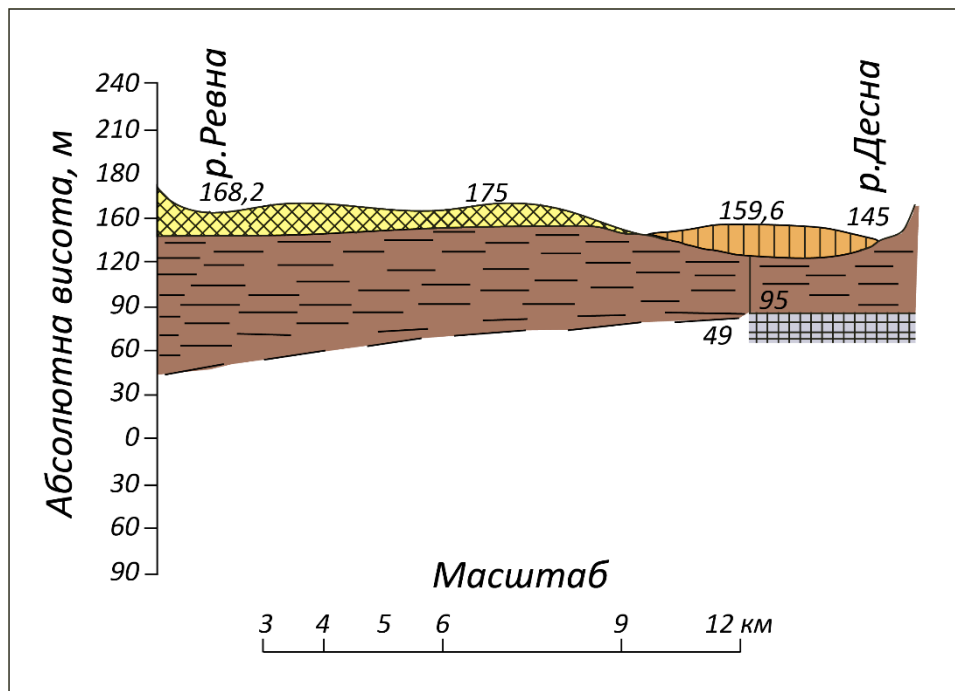
2.5. Аналіз геолого-геоморфологічної будови та рельєфу басейну р. Десна

Річка Десна є рівнинною річкою Придніпровського Полісся, яка має широкозаплавну долину, в межах якої відбуваються процеси вільного меандрування русла. Ширина долини коливається в межах 4-12 км. Ширина русла річки Десни в межах області коливається від 85 до 200 м. Максимальна швидкість течії становить 1,0 м/с, а мінімальна – 0,3 м/с. Середня витрата води – 168-361 м³/с, максимальна – 8090 м³/с (18.04.1917 р.). Модуль поверхневого стоку в регіоні 3,2 – 3,6 л/с з 1 км². Для річки характерні значні природні коливання підйому та спаду води (високі у весняну повінь та низькі у літньо-осінню та зимову межень). Амплітуда коливань рівня на окремих ділянках річки

сягає 8-9 м. Глибина русла в меженний період становить 2,5-4,0 м (Геологія ССРСР, 1958, Симоненко В. О.

Геологічна будова басейну річки Десна визначається ДДЗ, яка протягом тривалого геологічного часу не раз опускалась і її заливало морем.

В геологічній будові Десни бере участь складний комплекс відкладів майже всіх періодів історії Землі (докембрійський, девонський, кам'яно-вугільний, крейдяний, третинний, четвертинний) (рис. 2.5).



Умовні позначення:

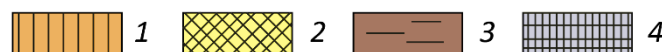


Рис. 2.5 Геологічна будова р. Десна:
 1) четвертинні відклади (суглинки та піски) ; 2) третинні відклади (піски);
 3) крейдяні відклади (темні глини); 4) девонський період (вапно та доломіти)
 (0

В межах басейну річки Десна (Чернігівський район) на глибині 2751 м виявлена товща осадово-ефузивних порід (базальти, діабазиди, пісковики), які залягають на кристалічному докембрійському фундаменті. Результати вивчення палеонтологічних залишків відкладень, в яких зустрічаються вулканогенні породи, а також умови їх залягання і поширення в ряді солянокупольних структур Дніпровсько-Донецької западини і на території Чернігівської

аномальної зони свідчать про те, що ефузивні породи з'являються в самому кінці франського століття (верхи ливенських шарів і кордон між Задонського і ливенськими шарами), а в основному в фаменського століття (***Помилка! Джерело посилання не знайдено.***

Формування вулканітів соляно купольних структур, мабуть, передувало утворенню осадово-ефузивної товщі Чернігівської аномальної зони (опорна свердловина в с. Мохнач). Цим, однак, не виключається можливість виявлення на території ДДЗ в девоні та більш ранніх інтрузивно-ефузивних утворень, пов'язаних з першими вулканічними проявами в нижньо-палеозойських тектонічних осередках (***Помилка! Джерело посилання не знайдено.***

В історії розвитку басейну вулканічна діяльність відповідає переломному етапу, що передував загальному прогинанню області і опускання її під рівень моря; причому під час вулканічної діяльності переважали висхідні коливання, періодично замінюються рухами зворотного напрямку. Вулканічні процеси розвивалися декількома етапами протягом верхнефранського часу і в фаменського століття (***Помилка! Джерело посилання не знайдено.***

Вулканічні осередки приурочені до зон порушень Дніпровсько-Донецької западини. За регіональним глибоким розломів та тріщин цих зон відбувалося підняття магматичних мас, формувалися у вигляді невеликих покривів і, можливо, давали міжпластові інтрузії. Вулканічні процеси в верхньому девоні та в кінці його мали широке поширення на території басейну (***Помилка! Джерело посилання не знайдено.***

Кам'яно-вугільні відклади зустрічаються в південній частині басейну річки Десна. Вони представлені, хоча і не всюди в однаковому співвідношенні, всіма трьома відділами: верхнім (не розчленованість), середнім (московський і башкирський яруси) і нижнім (Намюрській, візейський і турнейського ярусу). Проте в районі м. Чернігова поклади турнейського ярусу відсутні. Майже всю територію басейну вкривають юрські відклади (відомі в Бобровиці на глибині 152,35 м, в районі Бахмача – на глибині понад 47 м). Вище йдуть крейдяні

відклади значної потужності. Вони виходять нам поверхню, відслонюючись по правому березі річки. Десна, на південь від Новгород-Сіверського ***Помилка! Джерело посилання не знайдено.***, Дериколенко О. І., Пістун М.Д., Мачихін Ф.М., Іщук С.І., 1975, Симоненко В., 1958).

У південно-західній частині території басейну річки Десна крейда прикрита більш молодими відкладами. Наявність вапнякових порід та тріщин у них сприяє розвитку карстових процесів.

Стійкий літологічний склад крейдяних відкладень в басейні та на великих просторах поза її меж свідчить про спокійних і досить одноманітних умовах їх накопичення, кілька змінюються до схилових частинах і до районних острівних піднять. Поступовий перехід між окремими ярусами, подібний склад порід, велика кількість видів форамініфер, властивих всій мергельно-крейдяний товщі верхньої крейди, свідчать про мало мінливих фізико-географічних умовах басейну протягом верхньо-крейдяного часу (***Помилка! Джерело посилання не знайдено.***).

Третинні відклади також поширенні на території басейну річки Десна. У відслоненнях вони зустрічаються вдовж правих берегів рік Десни та Снов. Ці відклади представлені: опоковидними породами, що залягають безпосередньо над крейдою та глауконітовими пісками (виходи можна спостерігати на правому березі р. Десни, в районі с. Бужанка, Коропського району); сірими та ожовтими пісками (спостерігаються вздовж правого берега р. Десни, між селами Грем'яч – Бужанка); синіми або зеленуватими глинами та мергелями (виявлені в глибоких свердловинах в районах сіл Ріпки, міст Городні та Чернігова). Глинисті мергелі виходять тільки вздовж правого берега Десни в північно-східній частині басейну Десна до с. Бужанка; сірозеленими та зеленими глауконітовими пісками, суглинками і глинами (виходить на поверхню м. Любеч); білими та жовтими кварцовими пісками (в природних відслоненнях зустрічаються в західній частині басейну); глинами закінчується

третинна система басейну річки Десна (Дериколенко О. І., Пістун М.Д., Мачихін Ф.М., Іщук С.І., 1975,0).

Наймолодшими є четвертинні відклади. Більшість їх пов'язана з Дніпровським зледенінням, в межі якого входила вся територія басейну р. Десна. В той час територія басейну була частиною гігантської заплави, на якій відбувалися різнофазні льодовикові процеси, внаслідок яких утворилась морена, суглинки, флювіогляційні та інші відклади.

Так, наприклад, льодовикові відкладення (морена) покривають плато, його схили, древні тераси гляціальні зони, які зовсім відсутні на більш молодих терасах. Флювіогляціальні відкладення поширені в гляціальні і перигляціальної зонах. У віковому відношенні вони належать до Лихвінського, Дніпровської і Валдайської епох. Еолові відкладення (лес і лесовидні суглинки) покривають плато і його схили, древні річкові (лесові) тераси і схили до річкових долинах і древнім балках. Відсутні вони лише на заплавах і піщаних терасах річкових долин, а також на крутих схилах. У басейні р. Удай ці породи представлені тонким, палево-жовтим, шаруватим лесовидний суглинок з дрібними валунами кристалічних порід флювіогляціальними пісками та давнім алювієм. Умови залягання морен на території басейну показано на рис. 2.6.

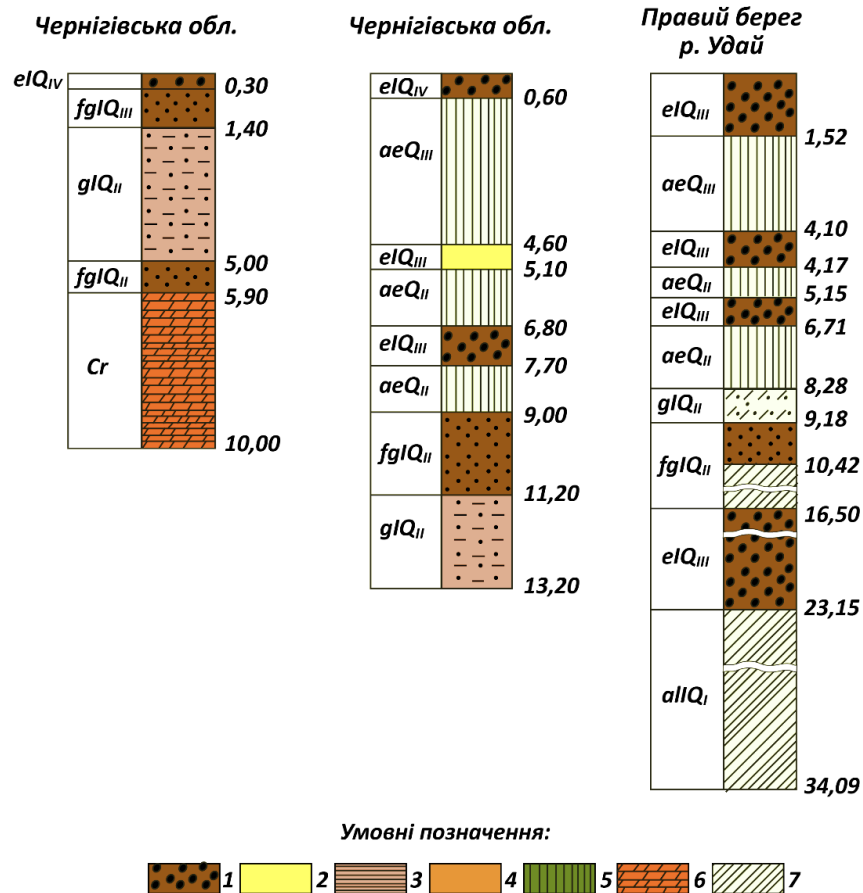


Рис. 2.6 Умови залягання морен на території басейну Десна:
 1) сучасний ґрунт; 2) пісок; 3) глина; 4) морена; 5) лес; 6) суглинок; 7) крейда
 (Погуляев Д.И., 1935)

Річка Десна верхів'ям своїм заходить в область впливу двох зледенінь – дніпровського (ріського) і поліського (вюрмського). Оскільки льодовик приніс велику кількість уламкового матеріалу (щебеню, валунів, піску, глини) і відклав усе це, головним чином, у формі морени. Так утворились моренні рівнини, які згодом були прикриті товщею пісків або лесу. Лише в окремих місцях морена виступає на поверхню (Геология СССР, 1958).

Води, що витікали з-під льодовика, приносили дрібний матеріал і, відкладаючи його в при льодовиковій зоні, утворювали піщані рівнини, які тепер займають велику територію в північній частині басейну р. Десна.

Величезні реліктові долини також є наслідком льодовикової епохи. Діяльність вітру створила піщані насоси, які поширені – не тільки поблизу річок, а й на вододілах – дюни.

Річка протікає в межах Придніпровської рівнини, тому геоморфологія долини Десни в деталях нагадує геоморфологію долини Дніпра.

Як окрема геоморфологічна область вона характеризується розвитком структур з горизонтальним або майже горизонтальним заляганням пластів. З числа осадових формацій для будови рельєфу низовини особливе значення мають четвертинні покривні відкладення. Потужність їх досягає 40 м, їх склад мінливий. Представлені вони алювіальними відкладами, лесом і мореною дніпровського зледеніння, зандрові пісками валдайського (вюрмського) заледеніння. Четвертинні відкладення підстиляють третинні, які в більшій чи меншій мірі розмиті. Корінні відкладення мають спокійне залягання. Виняток становлять центральні райони низовини, в межах яких яскраво виявлена соляна тектоніка, що впливає на рельєф сучасної поверхні (0).

Первинні риси рельєфу Придніпровської низинної рівнини збереглися на значному просторі, особливо в східній частині. В ортографічному відношенні територія басейну річки Десна являє собою здебільшого одноманітну низовинну рівнину (середня висота якої становить 120 м над рівнем океану). Проте в окремих її частинах рельєф досить складний (численні річкові долини, яри, морени, давні прохідні долини, денудаційні і карстові форми). Найбільшої висоти (до 229 м) територія басейну річки Десна досягає в північно-східній частині, в межах Придеснянського плато, яке круто обривається до Десни і утворює її високий правий берег (рис. 2.7).

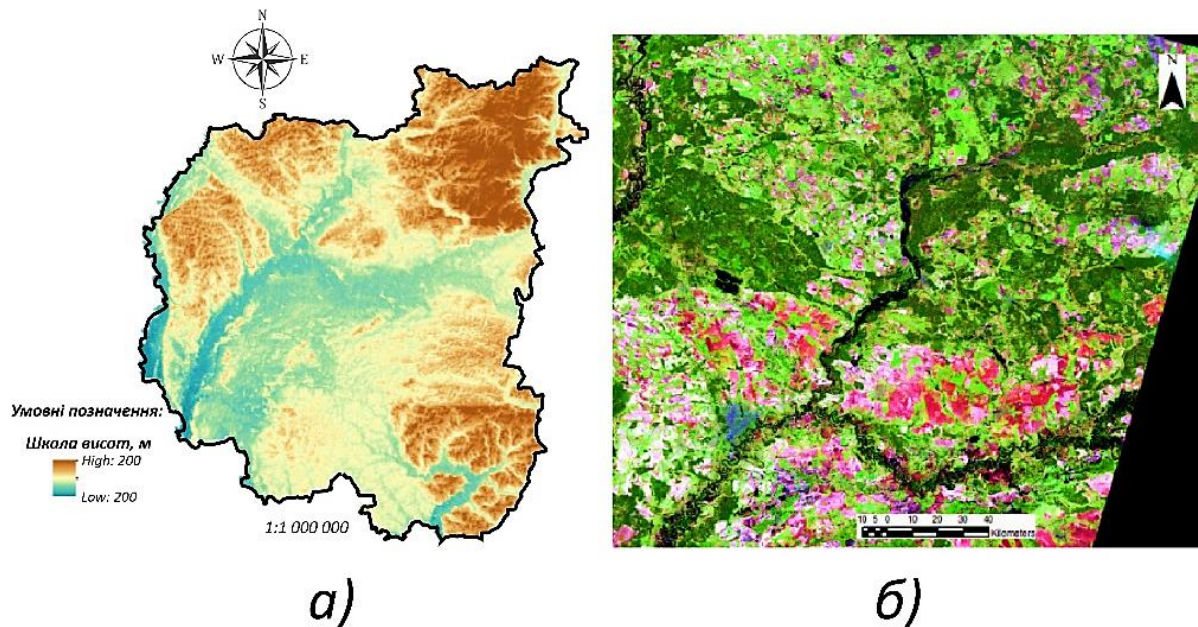


Рис. 2.7. Рельєф басейну р. Десна Чернігівської області:
а) гіпсометрична карта; б) космічний знімок Landsat-8 весняного періоду з синтезом каналів SWIR-NIR-RED

Нахил поверхні обумовлений падінням корінних порід в сторону осьової частини Дніпровсько-Донецької западини – зі сходу на захід і на південь (*Геологія ССРСР, 1958*). Рельєф рівнини долинно-балковий, вироблений ерозійною діяльністю текучої води. Найбільш юний рельєф в межах низовини має її північна частина Полісся та надзаплавні тераси річок. Полісся має акумулятивний гляціо-алювіальний рельєф, що утворився в Валдайський льодовиковий час.

Первинний рельєф його відповідав поверхні Зандра. У післяльодовиковий час поверхню Зандра зазнала значних зміни за рахунок утворення еолово-деструктивних форм поверхні та діяльності річок. Території між річками Дніпром та Десною властивий м'який, слабо хвилястий рельєф. Стародавні нерівності тут згладжені товщею покривних поліських пісків. У Новгород-Сіверському районі рельєф басейну ускладнюється. На характері поверхні тут позначаються виходи нижньотретинних і крейдових порід (*Дериколенко О. І., Пістун М.Д., Мачихін Ф.М., Іщук С.І., 1975*).

В цілому річкова сітка Полісся дуже густа. Відмінною рисою рельєфу Полісся можна вважати величезну кількість боліт. Вище зазначалося, що ріки Полісся відрізняються великою заболоченістю. Залежно від геологічної структури, орографії та покривних відкладів, сполучення форм поверхні Полісся дуже змінюється. На підставі цього в його межах виділяються окремі великі геоморфологічні територіальні одиниць, а саме: Дніпровсько-Деснянську терасову рівнину (головну роль в рельєфі відіграють тераси Дніпра та Десни), Любецько-Чернігівську рівнину (в будові рельєфу беруть участь лесовидні суглинки, морена, алювіальні відклади), Городнянську рівнину (поширенні водно льодовикові піски і суглинки з островами морен, рівнина розчленована прохідними долинами), долину Замглай (одна з найбільш реліктових долин Полісся, яка з'єднує долину Дніпра та Десни), Сновсько-Деснянську рівнину (площа якої покриті пісками водно льодовикового та алювіального походження), Придеснянську алювіальну низовину (охоплює в основному тераси Десни та в окремих місцях заболочена), Борзнянсько-Сосницьку лесову рівнину (виділяється значним розвитком лесовидних суглинків; заболочених ділянок мало), Новгород-Сіверську еродовану рівнину (характеризується розвитком ярів, корінні крейдянні породи беруть участь в будові рельєфу) (0).

Своєрідними ландшафтами характеризуються прохідні піщано-болотні долини. Найбільша з них – давня прохідна Дніпра – Замглай (рис. 2.8).

Долина Замглай простягається в субмеридіональному напрямі від Дніпра до Десни на 60 км, при ширині 8-10 км. Дно долини зайнято низинними болотами з торфовищами. Потужність торфу сягає в середньому 1,5-2 м, а максимально – до 5-6 м. Торфові родовища розробляються. Частина боліт Замглаю меліорована і використовується під сільськогосподарські угіддя. Піщані лучно-болотні місцевості прохідних долин поширені також у північно-східній частині Чернігівського Полісся на межі з Новгород-Сіверським Поліссям, у межиріччі Снову – Десна (*Геологія СРСР, 1958*).

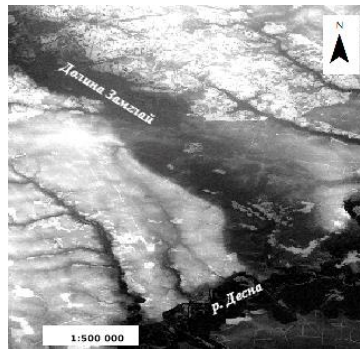


Рис. 2.8. Долина Замглай в басейні р. Десна Чернігівської області

Геолого-геоморфологічна будова долини р. Десна представлена на рис. 2.9.



Рис. 2.9. Геолого-геоморфологічна будова долини р. Десна:
1)заплавна тераса; 2) алювіально-аккумулятивні відклади; 3) заплавна рівнина, утворена діяльністю дніпровського зледеніння; 4) надзаплавна тераса

Заплавна тераса Десни має значну, на кілька кілометрів, ширину. Складена пісками, іноді глинястими пісками та суглинками. Цікаво зазначити, що в алювії заплави Десни дуже часто спостерігаються прошарки похованого ґрунту. Таких прошарків можна іноді спостерігати два. Рельєф заплави звичайний. Прируслова її частина досить висока, піщана, подекуди нерівна через нагромадження дюних пісків (*Геологія СРСР, 1958*).

Серединна заплава відрізняється плоскою, згладженою поверхнею. Тут також спостерігаються численні заплавні озера та стариці. Присхилова частина

заплави похилена в бік від ріки – до уступу другої тераси. Друга тераса складена пісками, іноді глинястими пісками; над рівнем ріки вона підіймається на 12 – 16 м. Від заплави друга тераса відмежована дуже різко виявленим уступом. Рельєф другої тераси складний, типовий для піщаних просторів (*Геологія ССРСР, 1958*).

В районі Чернігова Десна має дві тераси – заплавну і надзаплавну (рис. 2.9). Заплавна тераса Десни біля м. Чернігова подекуди досягав 12 км завширшки. По луговій терасі ріка утворює численні блукаючі меандри, заплавні озера та стариці. Тут, як і вище по течії, виділяються прируслова, серединна та присхилова заплава. Друга тераса підіймається над рівнем ріки на 10-13 м. Скупчення пісків спостерігається в частинах, що прилягає до заплави та русла. В сторону від річки рельєф піщаних нагромаджень поступово згладжується і поверхня тераси набуває хвилястого характеру. Часто можна спостерігати зовсім рівні площадки тераси. Вони лежать у місцях, де піски, що складають терасу, стають більш глинястими (*Геологія ССРСР, 1958*).

Нерідко можна спостерігати покрив з лесоподібних алювіальних суглинків. В межах другої тераси р. Десни цілком зберігся алювіальний акумулятивний рельєф. Зокрема, особливо яскраво виявлені мінливі форми гривки, з покрученими розпливчастими контурами, видолінками. Також дуже часто трапляються округлі, блюдцеподібні зниження – сліди давніх річищ, знівельованих у процесі формування заплави тераси. У зниженнях лежать мілкі озерця води – “замри вода”. Часто вони заболочені. На південь друга тераса р. Десна зливається з поліською (вюрмською) алювіальною долиною Дніпра. Таку ж геоморфологічну будову, як долина р. Десна, мають і її найголовніші притоки (*Геологія ССРСР, 1958*).

Гідрогеологічні умови басейну р. Десна безпосередньо пов'язані з її геологічною будовою, рельєфом місцевості та поверхневим стоком. Форми поверхні зумовили напрям сучасних річок. Верхів'я річок лежать на невеликій висоті над рівнем океану, тому падіння їх незначне, течія повільна, спокійна.

Води басейну р. Десна є частиною Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Прісні води тут залягають до глибини 500-600 м. Потужність водоносних шарів велика. Для водопостачання використовують хороші за якістю підземні води мергельно-крейдової товщі сенон-турона, а також відклади сеноманського, раньокрейдового і юрського періодів (*Геологія ССРСР, 1958*).

Пакулька – річка, що протікає в Чернігівському районі Чернігівської області України, ліва притока річки Дніпро) несе свої води в Дніпро з заболоченій смуги західного регіону Чернігівської області. Довжина річки 45 км, а площа її басейну – 253 км² (*Швець Г.І., Дрозд Н.І., Левченко С.П., 1957*). Витік річки розташований біля села Пльохів (Чернігівський район). Далі річка протікає біля сіл Скугарі та Бірки, далі по територіях сіл Малійки та Ведильці, потім поруч з селом Линея, потім по території сіл Пакуль, Папірня, Пильня, далі на березі річки розташовані села Завод та Рудня, потім річка протікає по території села Пустинки, після чого тече вздовж течії Дніпра, поки не увіллється в нього (*Геологія ССРСР, 1958*).

РОЗДІЛ 3.

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТИ р. ПАКУЛЬКА З ПРИЛЕГЛОЮ ТЕРИТОРІЄЮ

3.1. Створенні цифрової топографічної підоснови території

При створенні цифрової топографічної підоснови території з використанням паперових планшетів як джерело точної координованої інформації основною задачею є одержання адекватного зображення планшета в пам'яті комп'ютера.

Нехай є деякий паперовий чи плівковий планшет (ПП). Скануванням планшета називається процес одержання його растрового зображення. Растрове зображення – це трійка (M, P, p) , де M – матриця цілих чисел; P – упорядкована палітра кольорів, кожен колір має фіксований номер; p – розрізнення. Осередок матриці називається пікселем і містить номер кольору з заданої палітри P . Рядки і стовпці матриці називаються рядками і стовпцями растрового зображення. Далі кожен піксель покриває квадратну ділянку вихідного зображення; розмір квадрату характеризується величиною в дюймах $q = 1/P$, таким чином, розрізненість – це кількість пікселів в одному дюймі (Герасимов Ю.Ю., Кильпеняйнен С.А., Соколов А.П., 2002).

Матриця формується таким чином, що сусідні пікселі відповідають сусіднім ділянкам вихідного зображення. З палітри кольорів вибирається найбільш придатний для даної ділянки, і його номер поміщується у відповідний осередок матриці. Пари номерів (i, j) , де i – номер рядка в матриці, j – номер стовпця, є *координатами пікселя*. Кожна точка ПП, що має координати (x, y) , при скануванні покривається деяким пікселем з координатами в растровому зображенні (i, j) . Таким способом встановлюється відповідність між ділянками на сканованому ПП і пікселями. Далі при використанні растрової копії

вважається, що піксель (i, j) має координати на ПП $(i-q, j-q)$. Якщо $(x, y) \wedge (i-q, j-q)$, то вектор $\beta = (i-q, j-q) - (x, y)$ називається абсолютною погрешністю координат.

Для довільної точки величина β буде випадковою, найкращу верхню оцінку для $|\beta|$ позначимо $\max(|\beta|)$. Величина $D = \max(|\beta|)$ називається погрешністю сканування. Вона виникає під впливом ряду факторів, що будуть розглянуті нижче.

Використовуючи паперовий планшет, можна вимірювати відстані між двома його точками і кути між відрізками. Отримані величини використовують для обчислення відстаней і кутів між точками і відрізками на місцевості. При цьому результати обчислень будуть трохи відрізнятися від існуючих, внаслідок неточності виготовлення ПП.

Обчислення, виконувані комп'ютером з використанням растрового зображення планшета, виконуються в координатній формі. Наприклад, довжина відрізка обчислюється за формулою:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}, \quad (3.1)$$

де (x_1, y_1) і (x_2, y_2) - координати кінців відрізка в растровому зображенні.

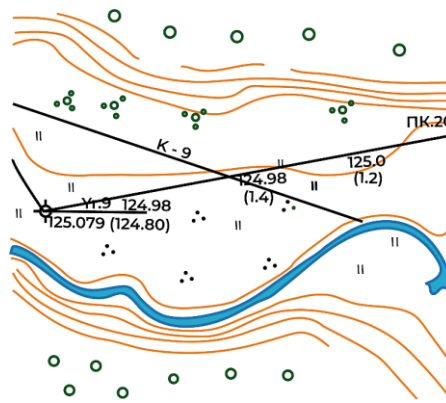


Рис. 3.1. Растровий подання фрагмента сканованої карти

Всі обчислення виконуються зі збереженням великого числа знаків після коми, тому результат обчислень настільки точний, наскільки точні вихідні дані, тобто програмне забезпечення в більшості випадків зберігає вихідну точність, а

якщо це не так, то завжди можна вказати верхню оцінку погрішності. У наведеному прикладі вихідні дані – це координати кінців відрізка.

Фактори, що визначають погрішність сканування D. Погрішність сканування D залежить від низки факторів випадкового характеру:

- 1) Неточності сканера;
- 2) Нещільності прилягання ПП до поверхні скла планшетного сканера;
- 3) Деформації паперової чи плівкової основи планшета;
- 4) Повороту планшета щодо лінії руху скануючого променя;
- 5) Неточності визначення оператором крапок перетинання ліній координатної сітки хрестів), що маються на растровому зображенні фрагмента (рис. 3.1). Вплив факторів на погрішність відбувається незалежно один від одного.

Вибір сканера. При створенні технології сканування планшетів потрібно із самого початку орієнтувалися на можливість використання сканерів довільного формату. Справа в тім, що перелік факторів, що визначають точність растрової копії не залежить від формату сканера. Тому для досягнення необхідної точності в будь-якому випадку необхідно забезпечити компенсацію перекручувань, а це можливо тільки при дотриманні визначеного техпроцесу.

Такі показники робочого місця, як продуктивність, вартість експлуатації і початкові вкладення, навпроти, істотно залежать від обраного сканера. Як порівняння розглянемо наступні два варіанти.

Сканер великого формату дозволяє сканувати всю робочу поверхню планшета одним фрагментом. Таким чином, робота оператора зі сканером зводиться до мінімуму. У результаті виходить єдиний файл, що потім обробляється, фактори перекручувань зберігаються, як наслідок, потрібна їхня компенсація.

Точність широкоформатних сканерів становить:

– для роликкових сканерів (наприклад, фірм Contex, Vidar) точність уведення складає 0,2% довжини оригіналу, погрішність має несистематичний характер;

– для популярного барабанного сканера ProfScan (рис. 3.2.) погрішність (відповідно до паспорта) не перевищує 0,2 мм між будь-якими двома крапками, реальна погрішність менше.

Офісні планшетні сканери (добре зарекомендували себе сканери фірми Umax) дають більш високу точність, чим широкоформатні, і мають систематичну повторювану помилку, що може бути зменшена програмними засобами.

Висока вартість устаткування припускає значні первісні вкладення в його придбання. У випадку оренди (лізингу) устаткування підвищується собівартість виготовлення растрових копій. Вкладення в дороге устаткування і його зміст окупляться, якщо воно буде максимально завантажено, тобто якщо мається велика кількість матеріалу, що потребують цифрування (Зацерковний В. І., 2016).

При використанні планшетного сканера малого формату (рис 3.3.) поверхня сканується пофрагментно з наступною склейкою фрагментів у єдине зображення.



Рис. 3.2. Барабанний сканер



Рис. 3.3. Планшетний сканер

Одночасно виконується часткова компенсація перекручувань. Точність склеєного зображення вище, ніж при використанні широкоформатного сканера, за рахунок більш високої точності планшетного сканера. Зразкова

За допомогою інструментів даної панелі можна зшити декілька растрових зображень в одне. Для цього спочатку потрібно відкрити потрібні нам зображення за допомогою інструмента «Insert» (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Кнопка «Insert»

Після цього відкриється діалогове вікно вставки растрового зображення (рис. 3.7.)

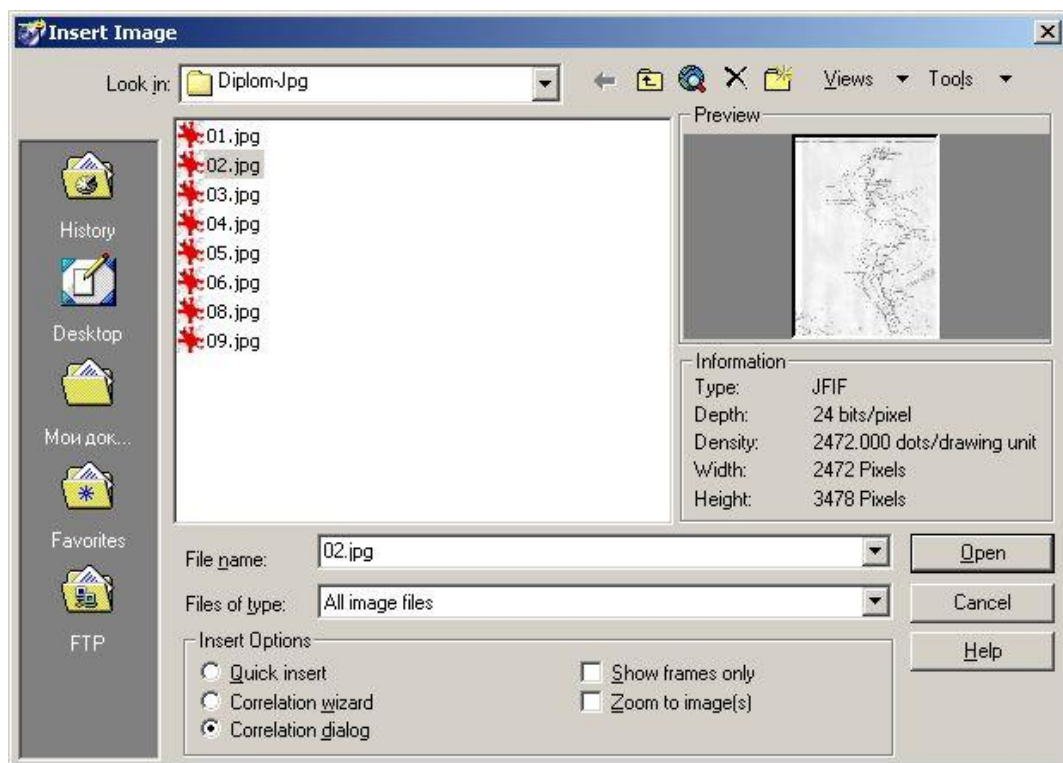


Рис. 3.7. Діалогове вікно вставки растрового зображення

Дане діалогове вікно призначене для пошуку в пам'яті комп'ютера фрагментів карти та додавання їх в програму. Вибравши потрібне нам растрове зображення та натиснувши на кнопку «Open», з'явиться нове вікно «Image Correlation», яке призначене для встановлення параметрів вставки (рис. 3.8.).

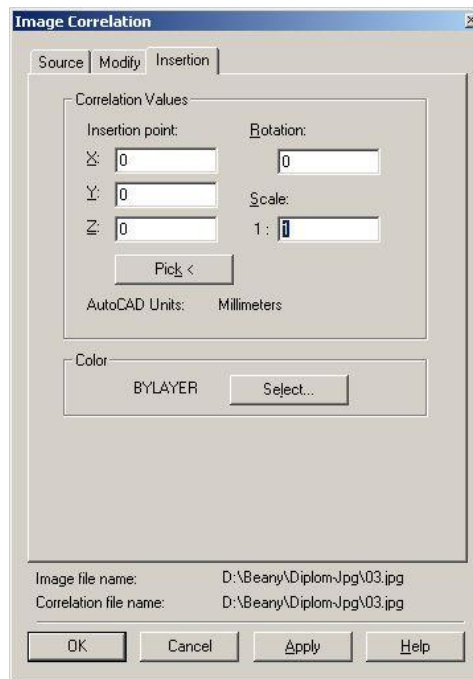


Рис. 3.8. Вікно «Image Correlation»

В даному вікні можна встановити координати вставки (Insertion Point: X,Y,Z), кут повороту зображення на екрані комп'ютера (Rotation: 0-360°), а також масштаб зображення (Scale). Також натиснувши на кнопку «Pick», можна графічно, прямо на екрані вказати розміщення, кут повороту та масштаб зображення за допомогою маніпулятора миші.

Після вставки мінімум двох зображень, можна приступати до зшивання їх за допомогою інструменту «Match» (рис. 3.9.).



Рис. 3.9. Кнопка «Match»

Спочатку програма пропонує нам вказати зображення, яке буде приєднуватися до іншого (а можливо і деформуватися, за рахунок наявності помилок сканування). Потім необхідно вказати на приєднуваному зображенні першу опорну точку, а далі цю ж саму точку на іншому зображенні (рис. 3.10).

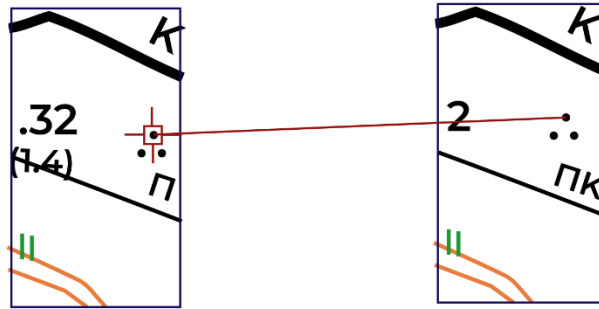


Рис. 3.10. Вставка опорних точок

Виконавши це, необхідно вказати ще одну або дві опорні точки на обох зображеннях. Доцільно при цьому використовувати досить високе збільшення екранного відображення для зменшення помилок при встановленні опорних точок.

Після того, як опорні точки будуть визначені, програма перетягне приєднуване зображення на ту позицію, яка є більш оптимальною при такому розміщенні опорних точок (рис. 3.11).

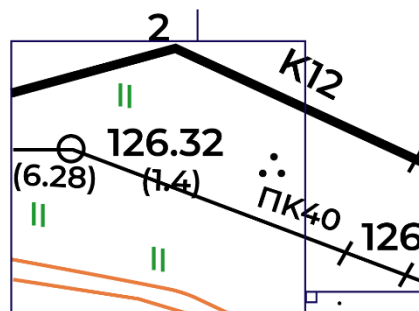


Рис. 3.11. Зшиті растрові зображення

Однак, після такого зшивання ці растрові зображення не будуть одним файлом, це все одне буде декілька зображень, які були точно накладені одне на одне. Щоб ці зображення стали одним файлом, використовують інструмент «Merge Images» (рис. 3.12.)



Рис. 3.12. Кнопка «Merge Images»

Після натискання кнопки «Merge Images», програма запропонує вибрати мінімум два растрових зображення, які необхідно зшити. По закінченню процесу зшивання зображень в один файл, який може тривати декілька хвилин, отримане зображення можна зберегти в пам'яті комп'ютера. Для цього служить інструмент «Save» панелі інструментів «CAD Overlay Toolbar» (рис. 3.13.)



Рис. 3.13. Кнопка «Save»

3.3. Векторизація

Сканери перетворюють картографічний оригінал в растрову модель з високою точністю і розрізненністю всього за декілька хвилин. Скановані растрові картографічні матеріали використовуються для створення векторних цифрових карт. При прийнятній якості вихідних карт (гарне розрізнення ліній і контурів, відсутність фону і забруднень, чітка передача кольору) можуть використовуватися системи розпізнавання графічних образів і автоматичного промальовування їхніх контурів. Процедури розпізнавання растра і промальовування векторних графічних примітивів позначаються терміном **векторизування** (Зацеровний В. І., 2016).

Векторизація – процес перетворення растрового зображення у векторне. Зворотний растрезації. Це процес окреслення об'єктів поверх растрових зображень планшетів і, тим самим, указівка геоінформаційній системі, що розуміти під виділеним об'єктом – будівлю, земельну ділянку тощо.

При векторизації змінюється спосіб представлення карти в комп'ютері – вона заміняється на так звану векторну або, як іноді говорять, – цифрову.

Векторизація може відбуватись:

- вручну;
- автоматично;

– напівавтоматично.

В ГІС зображення подається у вигляді точкових, лінійних, полігональних (площинних) об'єктів, заданих координатами, тобто у векторній формі. Знаючи докорінні відмінності подання зображення в растрових і векторних моделях (що були розглянуті раніше), можна легко зрозуміти, в чому полягає процес векторизації.

За своєю сутністю – це заміна сукупності растрових точок на векторні примітиви, які є їх геометричними аналогами. Растрове зображення є ніби „підкладкою” у процесі векторизації.

В процесі векторизації відбувається аналіз зображення і розпізнавання картографічних символів. Найбільш вдало розпізнаються злиті відрізки прямих ліній та інші графічні примітиви (окружності, прямокутники). У випадку розривів ліній, зміни товщини, перетинання з іншими лініями або текстом, наявності фону або точкових перешкод, процес розпізнавання значно ускладнюється і потребує більш інтелектуальних алгоритмів векторизації.

Ручна векторизація виконується оператором за допомогою екранного курсору (який керується зазвичай маніпулятором „миша”) по „підкладці”, виведеній на екран монітора. У цьому випадку процес векторизації дуже схожий на процес традиційного цифрування дигітайзером з властивими перевагами й недоліками.

Автоматична векторизація припускає майже повну відсутність втручання оператора в роботу системи і застосовується при великій кількості нескладних документів, для карт з наявністю переважно лінійних елементів та високою якістю оригіналу. При цьому способі досягається велика швидкість цифрування та економія часу, але з іншого боку, як правило, призводить до значних витрат часу на редагування результатів векторизації.

Якість векторизації багато в чому залежить від якості вихідних картографічних оригіналів, а оскільки саме вони є недостатньо якісними, то автоматична векторизація не знайшла широкого застосування. Також досить

вагомим є той факт, що програмні пакети автоматичної векторизації дуже дорого коштують.

Напівавтоматична (інтерактивна) векторизація набула найбільшого поширення, оскільки в ній знайшли своє відображення і ручна і автоматична векторизація. Векторизація здійснюється по растровій „підкладці” і ставить у відповідність до кожного растрового графічного елемента його векторний аналог.

Ці пристрої потребують постійної участі оператора. Крім того, вони легко можуть помилятися на складних картах і картах з низькою контрастністю зображення. Наприклад, коли лінія розщеплюється на дві, цілком звичайною є ситуація, коли сканер не знає, куди йти далі. Ця проблема може виявитися ще більшою, коли лінії зображуються пунктиром, який дигітайзер не може простежити через розриви або через те, що колір світліше і має менший контраст, чим вихідна лінія.

Основним завданням векторизації є більш повне і точне уведення даних з вихідного картографічного джерела з одночасним формуванням лінійно-вузлової структури і паралельним введенням атрибутивної інформації (*Светличний А.А., Андерсон В.Н., Плотницький С.В., 1997*).

При векторизації також вирішуються завдання:

– мінімізації числа векторних примітивів (дві лінії різних шарів, які перетинаються, повинні залишатися двома лініями, а не чотирма, які зійшлися в одній точці);

– оновлення інформації, частково втраченої або спотвореної через знос паперового носія; дефекти інструментів для креслення; дефекти виконання; похибки сканування;

– “розшарування” зображення за його змістовним значенням (наприклад, шарів рельєфу, автодоріг, меж земельних ділянок і таке інше);

– уведення атрибутивної інформації для графічних об’єктів; побудова коректної топологічної структури, що відповідає вимогам ГІС.

Таким чином, виконавши векторизацію карти (плану), можна створити файли векторних і атрибутивних даних, які несуть в собі набагато більше інформації, чим вихідний паперовий матеріал.

Для векторизації можуть застосовуватись як спеціальні програмні комплекси – векторизатори, котрі входять до складу деяких ГІС, так і спеціалізоване програмне забезпечення, використовуване поза пакетів ГІС. В даний час розроблені і широко використовуються ряд векторизаторів: „ИНФОСО”, „TRACK”, „Easy Trace”, „MapEDIT” та інші.

Ручна векторизація

Ручне уведення даних, переважно застосовується для уведення атрибутивних даних, однак іноді може застосовуватись і для просторових даних (уведення пар координат в спеціальний текстовий файл, або використання просторових даних, які зберігаються тематичними шарами в інших географічних базах даних).

Для ручного уведення просторових даних стандартом є дигітайзер. **Дигітайзер** (рис. 3.14.) – пристрій для ручного цифрування картографічної і графічної документації, тобто перетворення її в цифрову форму у вигляді послідовності точок, положення яких описується прямокутними декартовими координатами площини цифрування.

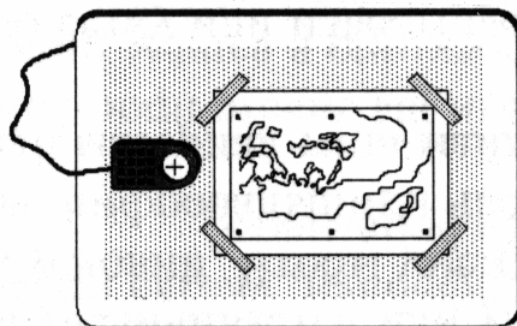


Рис. 3.14. Цифрування карти за допомогою дигітайзера

Процес ручного дигітизування представляє собою розпізнавання користувачем об'єкта на карті-джерелі і створення векторного елементарного

графічного об'єкта шляхом обведення меж цього об'єкта. Карта-джерело може використовуватися як у вигляді паперового оригіналу, так і у вигляді її сканованої копії, яка виводиться на екран дисплея в спеціальному картографічному редакторі. У першому випадку, виконується *апаратне дигітизування*, у другому – цифрування з використанням стандартного пристрою уведення – (*екранне дигітизування*).

Точність і повнота ручного введення даних визначаються кількома факторами. У першу чергу, це якість вихідних картографічних матеріалів (зношеність паперової карти, якість сканування); точність установки системи координат на цифрованому джерелі або його сканованій копії; кваліфікація оператора, що виконує введення даних.

Фрагмент карти р. Пакулька було оцифровано за допомогою ГІС програми Autodesk AutoCad. Цифрування полягає в обведенні контурів усіх об'єктів карти векторами або точками.

Перед початком уведення даних, в програмі відкривають раніше відскановане, растрове зображення карти (рис. 3.15.).

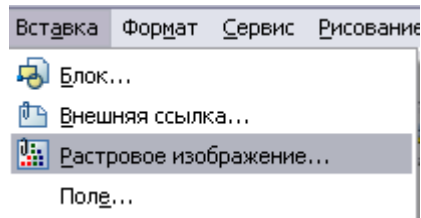


Рис. 3.15. Вставка растрового зображення

Зображення необхідно ввести в потрібному нам масштабі, тому в наступному вікні вказуємо масштаб, а також по-необхідності координати вставки та кут нахилу зображення (рис. 3.16).

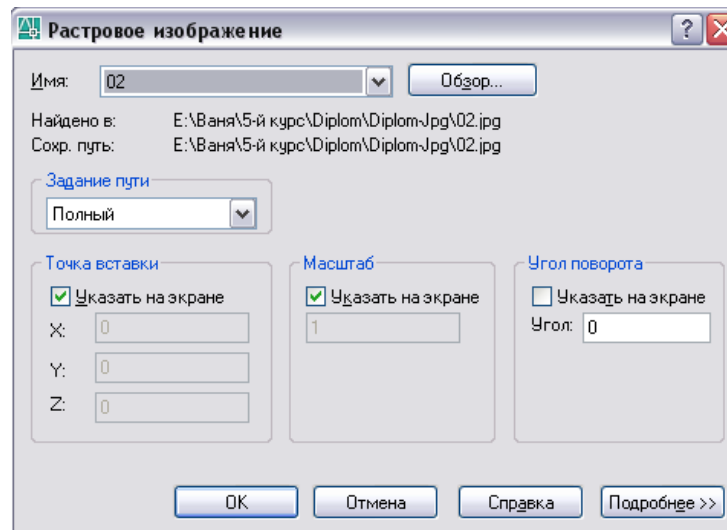


Рис. 3.16. Меню вставки растрового зображення

Далі за допомогою панелі інструментів «Малювання» (рис. 3.17) виконуємо оцифровку карти.



Рис. 3.17. Панель інструментів «Малювання»

Для наочності та кращого сприйняття карти слід оцифровані об'єкти розкинути на окремі шари в залежності від їх типу за допомогою редактора шарів (рис. 3.18). Це: гідрографія, рослинність, горизонталі, інженерні споруди, текст тощо.

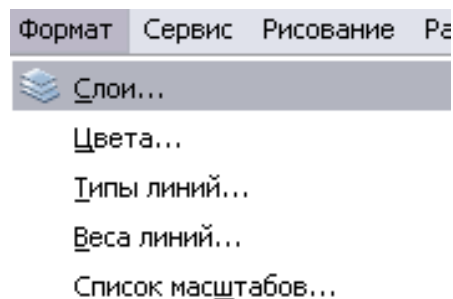


Рис. 3.18. Відкриття редактору шарів

На рис. 3.19 представлений фрагмент оцифрованої карти за допомогою Autodesk AutoCad.

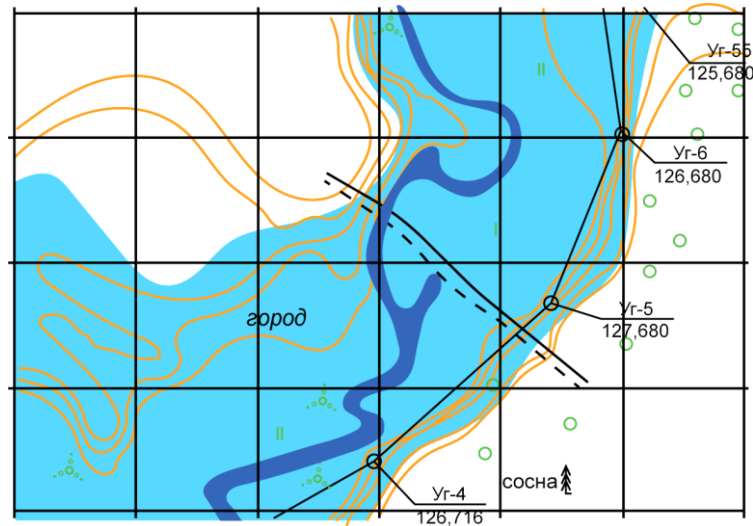


Рис. 3.19. Фрагмент оцифрованої карти

Після повної оцифровки дану цифрову карту експортують в інші програмні засоби ГІС для подальшої її трансформації, генералізації та прив'язки даної карти до реальної системи координат в якій була вихідна паперова карта.

3.4. Трансформація

Оскільки поверхня Землі є сфероїдом, то для створення плоскої карти сферичної поверхні і для того, щоб зробити отримані дані осмисленими і ввести масштаб, потрібно перетворити ці величини на реальні координати в такій же картографічній проекції (map projections), в якій була і вихідна карта. Це математичні перетворення, які звичайно називають проекційними перетвореннями (projective transformations).

Картографічна проекція – це спосіб відображення еліпсоїда на площині, який встановлює однозначну відповідність між точками земного еліпсоїда і зображеннями цих точок на площині. Проекційні перетворення – це перетворення із однієї картографічної проекції в іншу (Зацерковний В. І., 2018).

Під час вибору проекції потрібно передбачити:

- які просторові якості слід зберегти;
- де розташована територія (на полюсі чи в районі екватора);

– яку конфігурацію має територія (ближча до квадрата чи протяжна в напрямку схід-захід);

– наскільки велика територія.

На крупномасштабних картах викривленнями можна знехтувати, оскільки карта відображує лише невелику частину земної поверхні, а на дрібномасштабних картах, на яких невеликий відрізок на карті являє собою значну відстань на Землі, викривлення можуть мати велике значення. Особливо це важливо, коли потрібно порівнювати чи вимірювати обриси площ або відстаней.

Картографічні проекції за характером викривлень поділяються на рівновеликі, рівнокутні, довільні та рівнопроміжні.

Залежно від призначення ГІС і конкретних завдань, які треба розв'язувати, вихідний картографічний матеріал може бути поданий у різному вигляді і відповідно в різних картографічних проекціях. Тому інколи виникає потреба або в приведенні всіх цифрових карт до єдиної проекції, або у виборі нової проекції, яка оптимально відповідає специфіці науково-технічних і виробничих завдань. В тому й іншому випадку ця проблема має дві складові:

– вибір оптимальної проекції;

– перетворення цифрового картографічного зображення з однієї проекції на іншу;

Перетворення цифрового картографічного зображення з однієї проекції на іншу, є в більшості ГІС. Існує два методи виконання таких перетворень.

Перший з них базується на послідовному перетворенні прямокутних координат вихідного зображення на географічні координати і подальшому обчисленні за ними нових прямокутних координат, але вже у заданій картографічній проекції (*Зацерковний В. І., 2018*).

У таких випадках, коли ці параметри повністю або частково невідомі, для перетворення використовуються інший метод, що ґрунтується на використанні апроксимуючих залежностей між координатами обох проекцій.

Другий спосіб менш точний і залежить від того, наскільки вдало були вибрані апроксимуючі моделі для даних проєкцій, скільки точок було задіяно для розв'язування.

3.5. Редагування картографічних зображень

Другим після введення графіки кроком, як правило, є виявлення і виправлення помилок. Одержати бездоганно правильну графіку після оцифровки чи векторизації навіть при наявних функціях коректування в процесі цифрування практично неможливо. Технологія і способи наступної обробки електронних карт багато в чому визначають і якість кінцевого продукту. Найбільш типові помилки графіки електронних карт – пропущені чи зайві об'єкти, незв'язаність чи перехід через вузол дуг, чи відсутність більш ніж одна мітка в полігонах, повторно оцифрованні дуги.

Більшість цих помилок виявляється програмним способом, якщо програма дозволяє будувати і підтримує топологічні відносини об'єктів. Підтримка топологічних відносин – одна з найважливіших особливостей програмних продуктів, що визначають якість вироблених у них електронних карт. Так, у ARC/INFO автоматично будуть виявлені всі названі типи помилок: повислі дуги незамкнених полігонів чи несполучених дуг, помилки міток. Виявлення останніх особливо зручно для ідентифікації дрібних, непомітних на око "петель" – зайвих, як правило, дуже маленьких по площі полігонів, що можуть виникнути в різних ситуаціях навіть при акуратному цифруванні чи векторизації. Позбутися від таких помилок досить просто в автоматичному режимі, хоча ця процедура ховає у собі багато небезпечного для якості карти. Так процедура автоматичного замикання вузлів, яку можна застосувати до всієї карти, може забрати помилки в одних ситуаціях і породити в інші. Причому виявити останні (наприклад, "схоплювання" дуже дрібних дуг) буде набагато складніше, оскільки ці помилки не будуть порушувати логіки топологічних

відносин. Уникнути такої ситуації можна при ретельному підборі допусків автоматичного виправлення помилок. Проте, як свідчить досвід, що при використанні автоматичних алгоритмів виправлення помилок, усе-таки частину роботи краще залишити для "ручного" виправлення.

Виявлення пропущених чи помилково створених при автоматизації графічних об'єктів, що не порушують топологічних відносин, зручно проводити шляхом накладення отриманої векторної карти на відскановане зображення. У ARC/INFO ця процедура досить добре пророблена для візуального сполучення карти і зображення незалежно від того, що вони існують у різних системах координат (цифрова карта – у координатах приладу, що знімається, паперова – в одиницях проекції з урахуванням масштабу). Крім того, багато операцій перевірки засновані на топологічних відносинах і їх можна легко дописати на мовах настроювання SML і AML, що істотно прискорить процес перевірки і редакції карти (Зацерковний В. І., 2018).

Після того як явні помилки графіки усунуті, займаються більш дрібними дефектами, що, потім, можуть істотно позначитися на якості карти. Мова йде про точність передачі форми лінійних об'єктів.

3.6. Генералізація об'єктів

Генералізація – формалізований відбір, згладжування (спрощення) чи фільтрація зображення просторових об'єктів у відповідності до певних критеріїв (рис. 3.20.).

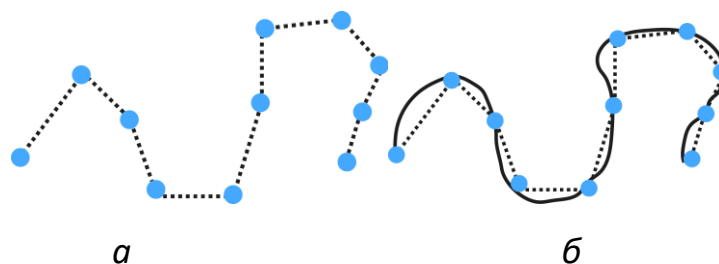


Рис. 3.20. Приклад генералізації

Відбір здійснюється на основі узагальнення позиційних і атрибутивних даних, виділення головних типових якісних і кількісних рис об'єкта (Зацерковний В. І., 2018).

У більшості випадків генералізацію можна звести до одного з наступних типів:

– *картографічна* – добір, узагальнення, виділення головних, типових рис об'єктів відповідно призначенню і масштабу, змісту карти й особливостям території, що картографується ;

– *тематична* – провадиться при вибірці з БД інформації, необхідної для задоволення запитів користувачів відповідного управлінського рівня;

– *динамічна* – узагальнення інформації, що дозволяє спостерігати головні, найбільш стійкі в часі закономірності, типові довгострокові тенденції розвитку процесів і явищ;

– *технічна генералізація* – пов'язана з технічними обмеженнями засобів збору, передачі, збереження й обробки інформації;

– *директивна генералізація* – проводиться на основі вимог вищого рівня до подання інформації нижніх рівнів в узагальненому вигляді.

Але у будь-якому випадку необхідно вирішувати завдання картографічної і тематичної генералізації.

РОЗДІЛ 4.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВОДОСХОВИЩА НА р. ПАКУЛЬКА

4.1. Загальні відомості про аналіз та моделювання даних

Процедура аналізу даних починається з пошуку і відбору даних у відповідності до запиту користувача. У ГІС підтримується можливість аналізу даних у різних режимах: *модельному експертному, довідковому*. В разі необхідності виконується статистичний аналіз (кореляційний, регресивний, факторний, дисперсійний), що дає можливість робити висновки про однорідність вибірки, вирішувати завдання *класифікації, районування*. Вірогідність результатів моделювання також встановлюється з використанням статистичних критеріїв (*Зацерковний В.І., 2018*).

Важливе місце в ГІС відводиться системам *імітаційного моделювання*, під якими розуміється вивчення природних об'єктів за допомогою реалізованої на комп'ютері математичної моделі, що дозволяє відстежити поведінку об'єктів у різних режимах, реалізація досліджень яких у природних умовах дуже дорога чи неможлива (наприклад, моделювання наслідків екологічних катастроф).

Просторовий аналіз дозволяє одержати реальні процеси шляхом розробки й застосування моделей. Такі моделі виявляють тенденції географічних даних і таким чином роблять нову інформацію доступною (*Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф., 2002*).

Результати аналізу можуть бути представлені у вигляді карт, звітів чи того й іншого разом. Карти краще використати для відтворення географічних взаємозв'язків, а звіти більше підходять для представлення атрибутивних даних і документування будь-яких обчислювальних значень (даних). Карти і звіти дають можливість обмінюватися даними, які знаходяться в БД ГІС.

У міру розширення сфери застосування геоінформаційних технологій склався певний набір функцій, які характерні для використання в ГІС. Класичні функції просторового аналізу включають: *оверлейні операції, буферизацію, побудову й аналіз рельєфу, аналіз мереж* тощо (Зацерковний В.І., 2018).

4.2. Функції побудови й аналізу поверхонь

Функції побудови й аналізу поверхонь використовують представлення тем ґрид у вигляді поверхонь, наприклад, висоти, концентрації або якої-небудь величини (рельєфу, забруднення або шуму).

Існують дві групи цих функцій: *для створення поверхонь і для аналізу поверхонь.*

Функції першої групи називаються інтерполяторами поверхні й створюють безперервні поверхні за значеннями вхідних точок.

Інтерполяція – відновлення функції на заданому проміжку за відомими її значеннями в кінцевій множині точок, що належать цьому інтервалу.

Можуть застосовуватися наступні методи інтерполяції: *Метод вагових функцій, Слайн, Крігінг і Тренд.*

Друга група функцій виконує певні обчислення по безперервних темах ґрид, результатом яких є різне представлення поверхонь або одержання моделей, які не прочитуються явно по вихідній поверхні. Функції аналізу поверхні звичайно створюють карти експозиції, ухилу, ізоліній або відмивання рельєфу (Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф. “,2002).

4.3. Функції створення поверхонь

Відвідування кожної ділянки досліджуваної області для виміру висоти, величини або концентрації якого-небудь об'єкта це надзвичайно вартісний і тривалий процес. Замість цього вибирають тестові точки й, користуючись

функціями створення поверхонь, привласнюють обчислені значення іншим точкам. Вхідні точки можуть бути як випадково, так і регулярно розподіленими, і містити обмірювані значення висоти, величини або концентрації (Зацерковний В.І., 2018).

Моделювання поверхні може здійснюватися за *регулярними* й *нерегулярними* точками й моделями тримірної візуалізації. Розрахунок проводиться за числовими характеристиками, які знаходяться в базах даних. Моделюватися можуть як зображення дійсного рельєфу чи безперервного поля, сучасного чи з урахуванням динамічних змін, так і уявні поверхні, побудовані за одним чи кількома показниками (Зацерковний В.І., 2018).

Просторова інтерполяція точкових даних ґрунтується на виборі аналітичної моделі топографічної поверхні. У загальному вигляді топографічна поверхня являє собою функцію змінних x, y, z , яка задана в деяких точках досліджуваної ділянки простору, кількість і взаємне розташування яких може бути різним (рис. 4.1 а.). Завдання інтерполяції полягає в тому, щоб побудувати за даними цю функцію для всієї області (рис.4.1 б.). Чим густіша мережа точкових даних, тим точніше буде побудована поверхня.

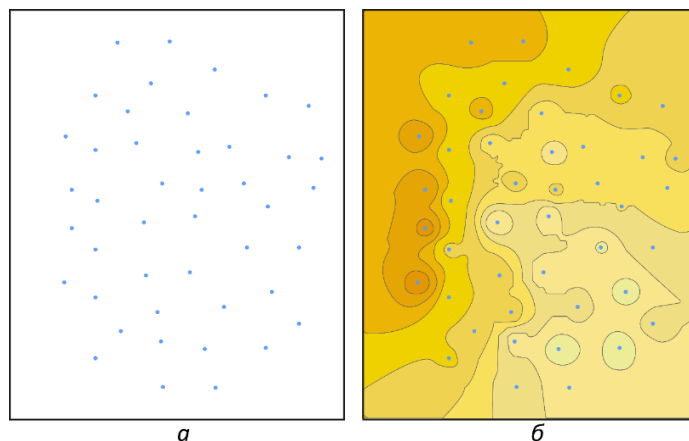


Рис.4.1. Ілюстрація побудови поверхні

Кожний символ у точковій темі представляє місце, у якому вимірюється, наприклад, висота. Висота в інших місцях не вимірюється, тому ці значення залишаються невідомими.

Отримана тема грид дає найкраще наближення значень до реальної поверхні для кожної точки. Інтерполятори поверхні мають певні критерії одержання найкращої оцінки. Залежно від об'єктів, які представлені своїми значеннями й від конкретного розподілу контрольних точок, різні інтерполятори дають більш гарний результат оцінки реальних значень. Незалежно від вибору конкретного інтерполятора, чим більше вхідних точок і чим вище їхній розподіл, тим точніше буде результат.

Інтерполяція застосовується для таких цілей:

- математичний опис поверхні безперервними чи дискретними величинами, наприклад, функцією чи координатами фіксованих точок;
- скорочення даних, тобто стиснення їх заради видалення зайвої або надлишкової інформації;
- аналіз даних за допомогою вирівнювання поверхні, визначення її перегинів (за допомогою тренд-аналізу) тощо;
- комбінація вищезазначених завдань, наприклад, для побудови горизонталей (ізоліній) тощо.

Як приклад, на рис. 4.2. представлено побудову ізоліній, отриманих за результатами інтерполяції, показаними на рис. 4.1.б.

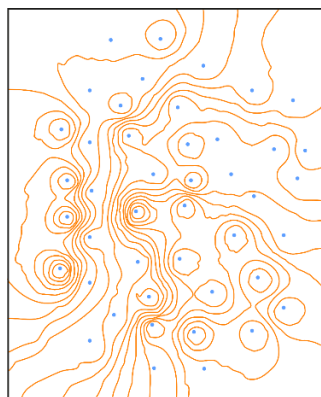


Рис. 4.2. Побудова ізоліній

4.4. Методи інтерполяції

Метод зворотних вагових відстаней (ЗВВ) припускає що кожна вхідна точка має вплив, який убуває з відстанню. Чим ближче точка до комірки, що опрацьовується, тим більше її вага. При визначенні вихідного значення для кожної точки поверхні можуть використовуватися або задане число точок, або всі точки усередині заданого радіуса. При використанні цього методу передбачається, що вплив змінної, по якій ведеться розрахунок, зменшується разом з відстанню від тестової точки.

Сплайн – це широко використовуваний метод інтерполяції, що використовує умову мінімальної кривизни поверхні, проведену через вхідні точки. Це схоже на натягування листа гуми через певні точки при мінімізації сумарної кривизни поверхні. У методі, при проходженні через тестову точку підбирається математична функція для певного числа найближчих вхідних точок. Цей метод є кращим для плавно змінюваних поверхонь, таких як рельєф, зміна рівня ґрунтових вод або концентрація забруднюючих речовин. Проте, його не доцільно застосовувати при великих змінах поверхні на короткому інтервалі, коли може з'явитися помилка інтерпольованих значень.

Крігінг – це спеціалізований метод інтерполяції, заснований на припущенні, що відстань або напрямок між тестовими точками вказує на просторову кореляцію, що допомагає дати опис поверхні. Крігінг підбирає математичну функцію для заданого числа точок або для всіх точок усередині заданого радіуса, щоб прорахувати вихідне значення для всіх точок досліджуваної області. Ця функція найбільше підходить для випадку, якщо користувач знає про просторово корельовану відстань або спрямований ухил у даних. Метод широко використовується в ґрунтознавстві та геології.

Тренд – підбирає математичну функцію, поліном заданого порядку, для всіх вхідних точок. При обчисленні математичної функції для опису

результуючої поверхні, тренд використовує підбір функції методом найменших квадратів. Тобто, для всіх вхідних точок сумарна різниця між реальними й розрахунковими значеннями буде мінімальна. Результуюча поверхня необов'язково буде проходити через вхідні точки.

При виконанні інтерполяції повинні враховуватися:

- кількість вихідних точок;
- положення вихідних точок;
- проблема седлових точок;
- область вмісту точки даних.

Можна сказати, що чим більше є вихідних точок, тим більш точною буде інтерполяція і тим з більшою ймовірністю інтерпольована поверхня буде відповідати високим вимогам. Однак, існує межа кількості об'єктів, які можуть бути інтерпольовані для будь-якої поверхні. Поступово досягається момент зниження віддачі: більша кількість точок не поліпшує істотно якість результату, але лише збільшує час обчислень й об'єм даних.

Кількість вихідних точок часто є функцією форми поверхні. Чим складніше поверхня, тим більше точок даних потрібно.

Щоб інтерполяція працювала належним чином, інтерпольовані точки повинні бути оточені точками з відомими значеннями з усіх боків. Звичайно інтерполяція виконується по певній області досліджень. Із наближенням до границі алгоритм інтерполяції змушений використовувати вихідні точки тільки із трьох і навіть двох сторін від інтерпольованої.

Найкращі результати інтерполяції досягаються тоді, коли є можливість розширювати границю в усіх напрямках для вибору вихідних точок. При їхній відсутності алгоритм буде використовувати те, що є, допускаючи систематичну помилку вздовж границі.

Для вирішення проблеми необхідно просто розширити границі шару за межі вихідної області дослідження. Немає необхідності розширювати саму область дослідження, щоб задовольнити потреби у більшій кількості вихідних

точок. Досить створити шар, зовнішні границі якого ширше вихідної точки досліджень, потім провести інтерполяцію, після чого знову повернутися до вихідних границь, “відрізавши” краї.

Розширювати область необхідно настільки, щоб гарантувати правильність обчислень. Найчастіше досить 10% у кожну сторону для забезпечення гарних результатів, але при цьому варто враховувати й складність поверхні.

Вирішується це завдання шляхом підбора, досвіду тощо.

4.5. Функції аналізу поверхонь

Про групу функцій аналізу поверхонь можна попередньо сказати, що додаткова інформація може бути отримана при створенні нових даних і заданні шаблонів для існуючих поверхонь.

Експозиція. Функція експозиції визначає максимально нахилений вниз напрямок від кожної комірки до сусідньої. Значення вихідної теми грід виражають напрямок експозиції відповідно до компаса. "0" відповідає точному напрямку на північ, 90-градусна експозиція відповідає напрямку на схід тощо.

При порівнянні карти експозиції з моделлю рельєфу, потрібно відзначити, що комірки праворуч від вершин пагорбів (зафарбовані жовтим і зеленим), звернені на схід, а чарунки ліворуч від вершин (зафарбовані синім і ліловим) звернені на захід і північний захід.

Завданнями експозиції можуть слугувати наприклад, пошук всіх південних схилів на місцевості, у рамках завдання пошуку кращої ділянки для будівництва будинку або обчислення сонячної освітленості для кожної точки досліджуваної області, щоб допомогти у визначенні біорізноманітності в області.

Ухил. Функція ухилу визначає максимальну швидкість зміни величини від чарунки до сусідніх чарунок. Вихідна тема грід ухилу може бути обчислена або

у відсотках ухилу (наприклад, 10%-ухил) або в градусах ухилу (наприклад, 45-градусний ухил).

Завданнями обчислення ухилу можуть слугувати, як приклад, всі плоскі області, що підходять для будівництва центра роздрібної торгівлі або області, де виникає найбільший ризик лавин, грязьових потоків або сильної ерозії тощо.

Ізолінії. Функція ізоліній будує вихідну лінійну тему. Значення кожної лінії виражає всі суміжні ділянки з однаковим значенням висоти, величини або концентрації, представлені вхідною темою ґрид. Ця функція не з'єднує центри чарунок, вона інтерполює лінію, що представляє точки, що мають однакове значення. Рідко буває, що лінія проходить через центри вихідних чарунок. Так як лінії є згладженими, то це реалістичне подання ізоліній поверхні.

Ізолінії задаються через установлені інтервали. Обраний інтервал дозволяє передавати форму поверхні, при цьому покладається, що висота між контурними лініями змінюється безперервним образом, тому що вважається сама поверхня безперервною. Інтервал необхідно вибирати таким чином, щоб відобразити форму поверхні якнайкраще.

Якщо зрівняти ізолінії з побудованими раніше картами рельєфу й ухилу то можна побачити, що чим ближче ізолінії, тим більше ухил. Також можна ідентифікувати окрему ізолінію, вибравши спочатку інструмент ізолінії, а потім потрібне місце на виді. Функція перерисовує ізолінію, що виражає величину, яку представляє обрана точка. Отримана в результаті ізолінія проходить через точку, обрану перехрестям курсору.

Освітленість рельєфу. Функція освітленості рельєфу використовується для визначення гіпотетичної освітленості поверхні як для аналізу, так і для графічного зображення. Аналіз освітленості рельєфу використовується для визначення тривалості світлового періоду й інтенсивності сонячного випромінювання в даному місці. Відображення освітленості рельєфу значно поліпшує вигляд рельєфу поверхні. Аналіз може виконуватися по вхідній темі ґрид.

Азимут (вказує, де перебуває джерело випромінювання стосовно вхідної теми ґрид) і висота (ухил або кут джерела випромінювання над обрієм) можуть змінюватися для одержання різного ефекту.

Прикладами завдання функції освітленості рельєфу можуть слугувати дослідження чи існує яка-небудь кореляція між автомобільними аваріями й положенням сонця над дорогою, або наочне зображення розподілу освітленості по території різних типів землекористування.

4.6. Побудова 3D моделі водосховища

Щоб змодельювати зони затоплення при будівництві водосховища на р. Пакулька, необхідно на основі її цифрової карти побудувати 3D модель місцевості. Це необхідно, оскільки дає змогу перед побудовою водосховища встановити:

- площі земель які будуть затоплені, для проведення грошової оцінки тих земель, що опиняться під водою;
- об'єми води затоплення, для визначення часу за який річка повністю наповнить водою водосховище до необхідної відмітки;
- залежність об'ємів води затоплення від площі затоплення.

Щоб побудувати 3D модель водосховища на р. Пакулька, потрібна цифрова карта даної річки з прилеглою до неї територією. Технологія отримання цифрової карти описана в розділі 3. Дану модель можна побудувати за допомогою багатьох ГІС, проте, використаємо технології розробки 3D моделі за допомогою програми ArcView GIS.

3D модель водосховища р. Пакулька було побудовано на основі шару горизонталей цифрової карти водосховища. Для цього необхідно експортувати даний шар з цифрової карти в векторний файл обмінного формату з розширенням .dxf (рис. 4.3).

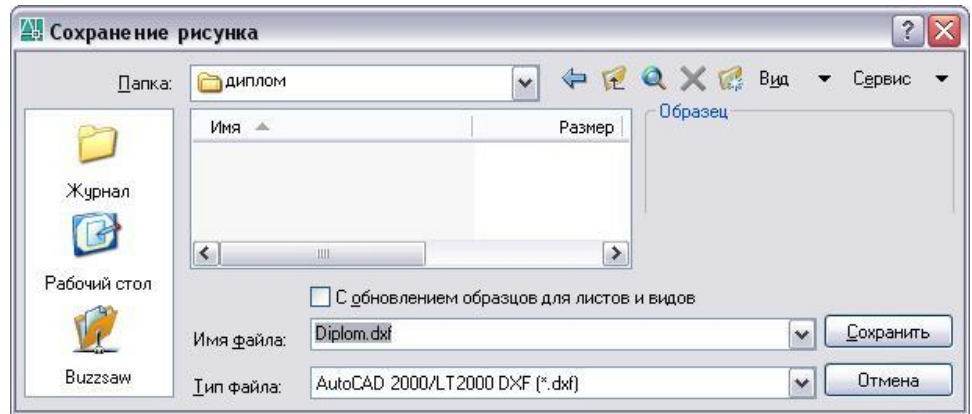


Рис. 4.3. Збереження в форматі DXF

Отриманий файл в форматі DXF тепер можна відкрити в програмі ArcView GIS. Та для цього спочатку необхідно підключити модуль розпізнавання формату DXF. У головному вікні програми вибираємо пункт меню File->Extension та ставимо опцію «Cad Reader» активною (рис. 4.4).

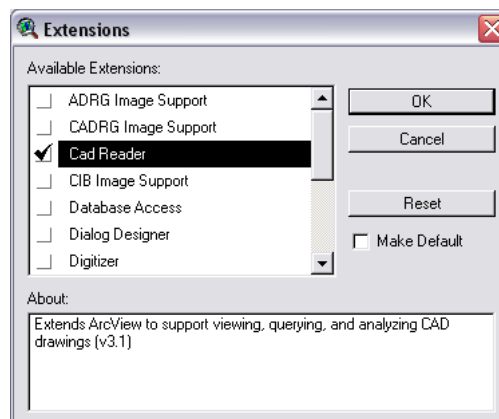


Рис. 4.4. Підключення модулю розширення «Cad Reader»

Відкритий в програмі файл DXF, необхідно зберегти в іншому форматі, а саме в шейп-файлі. Ці файли мають розширення .shp та є основними файлами покриття програми ArcView GIS. Файли можуть містити три види об'єктів, а саме точки, лінії і полігони. На відміну від формату DXF, шейп- файл окрім векторних даних може містити також атрибутивну інформацію, яка зберігається в спеціальній базі даних. Таблиця атрибутивної інформації може містити дуже багато властивостей об'єктів, які містяться в шейп-файлі. Наприклад: довжини ліній, площі полігонів та саме необхідне – це третю координату Z. Саме частина

роботи зводиться в доданні в атрибутивну таблицю шейп-файлу горизонталей нового поля, яке буде містити дані координати Z.

Для цього спочатку файл горизонталей необхідно поставити на редагування : меню Theme->Start Editing (рис. 4.5). За цим відкриваємо атрибутивну таблицю файлу: меню Theme->Table (рис. 4.6).

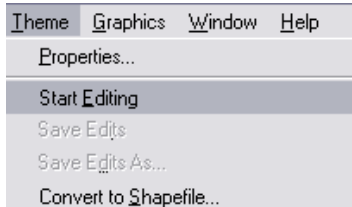


Рис. 4.5. Включення режиму редагування

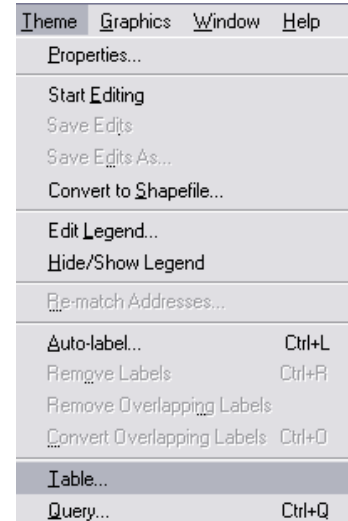


Рис. 4.6. Відкриття атрибутивної таблиці

Після даних команд з'явиться атрибутивна таблиця шейп-файлу, яку можна редагувати. Щоб додати поле до даної таблиці, натискаємо пункт меню «Edit->Add Field», де вибираємо тип поля, його ширину в таблиці, та привласнюємо йому ім'я Height (рис. 4.7.).

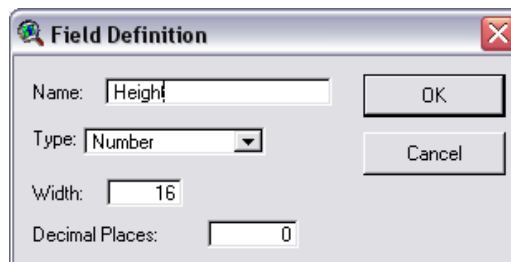
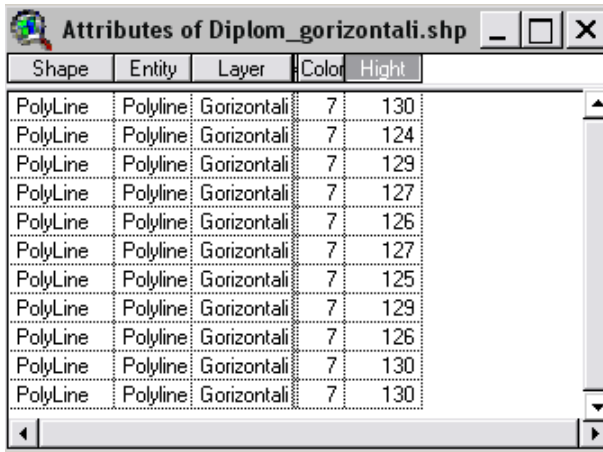


Рис. 4.7. Додавання поля

Коли з'явиться нове поле, то додаємо до цього поля дані висоти горизонталей, як показано на рис. 4.8. Тепер наша таблиця має поле з даними висоти горизонталей і можна приступати до створення 3D TIN моделі місцевості.

Спочатку необхідно підключити модуль розширення «3D Analyst» (рис. 4.9.), після чого в програмі з'явиться ще один пункт меню «Surface», в якому містяться інструменти по створенню та редагуванню TIN моделей.



Shape	Entity	Layer	Color	Hight
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	130
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	124
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	129
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	127
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	126
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	127
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	125
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	129
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	126
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	130
PolyLine	Polyline	Gorizontali	7	130

Рис. 4.8. Атрибутивна таблиця

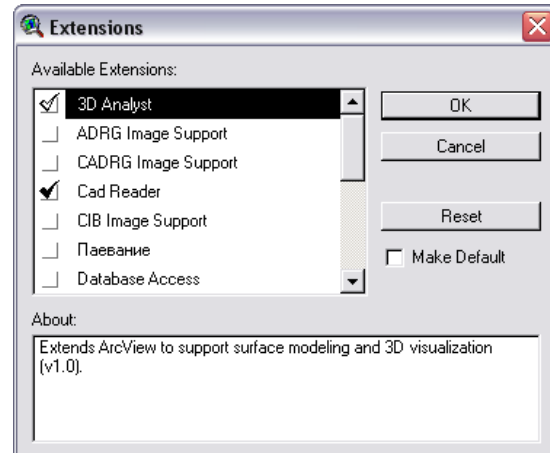


Рис. 4.9. Підключення модуля «3D Analyst»

Вибираємо шейп-файл горизонталей та натискаємо: меню «Surface - >Create TIN from Features». З'явиться діалогове вікно параметрів створення TIN моделі, де в полі «Height source» вибираємо наше нове поле висот горизонталей «Hight» (рис. 4.10.)

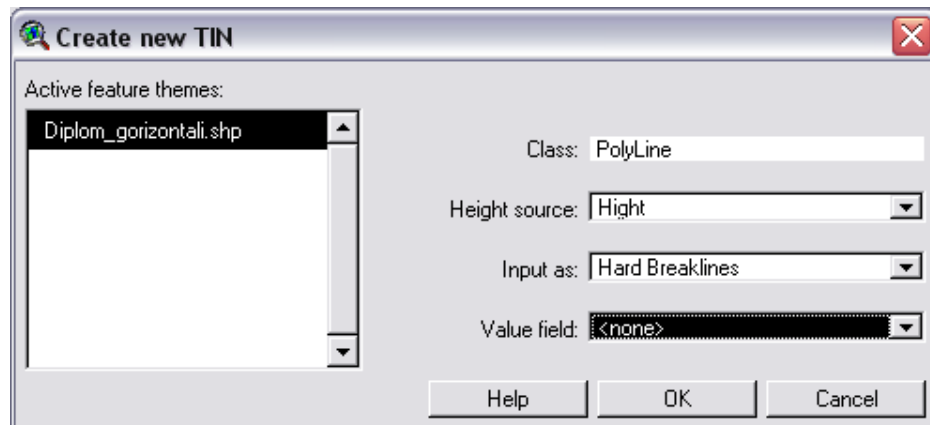


Рис. 4.10. Вікно параметрів створення TIN моделі

Натиснувши кнопку ОК, програма запропонує вибрати ім'я та місце збереження в пам'яті комп'ютера створюваної моделі. Після цього нова TIN модель буде автоматично добавлена до програми (рис. 4.11.). На рис. 4.11

модель має двовимірне відображення, щоб відобразити її в тривимірному вигляді, натискаємо: меню «View->3D Scene» (рис. 4.12.).

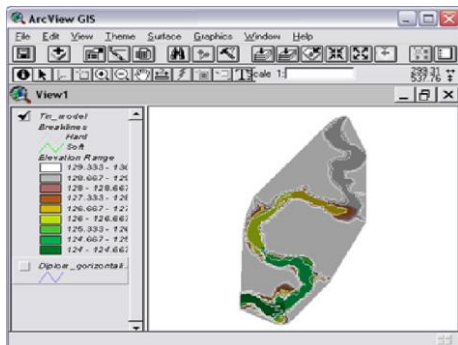


Рис. 4.11. Нова TIN модель

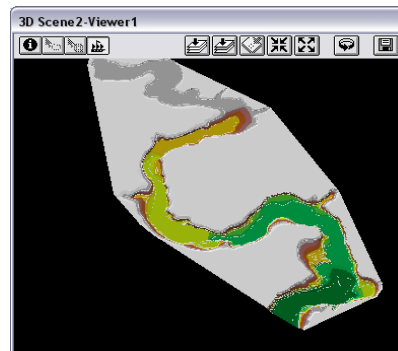


Рис.4.12. Тривимірне відображення моделі

4.7. Визначення площ дзеркал та об'ємів затоплень при різних рівнях води у водосховищі

В програмі ArcView GIS була створена тривимірну модель водосховища. Для визначення площ дзеркал та об'ємів затоплення необхідно проаналізувати цю модель. Найбільше для цього підходить ГІС програма Arc Scene.

За допомогою команди меню «File->Add Data» додаємо до проекту програми створену TIN модель та інші потрібні дані. Наша модель та інші шари даних будуть розміщені у вікні даних (рис. 4.13). В цьому вікні можна встановлювати видимість шарів та колір штриховки для відображення на екрані.

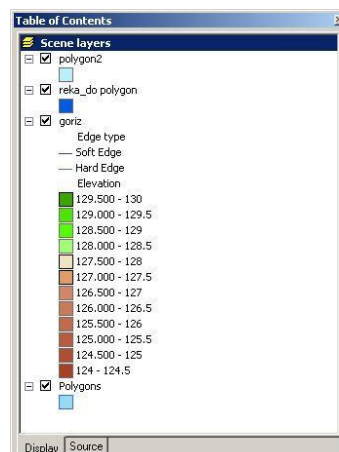


Рис. 4.13. Таблиця змісту

Панель інструментів «Tools» слугує для візуального аналізу створеної тривимірної моделі, тобто інструменти панелі слугують для обертання, збільшення, зменшення маніпулювання даної моделі (рис. 4.14.).



Рис. 4.14. Панель інструментів «Tools»

За допомогою модуля «3D Analyst» програми можна виконувати безліч команд над створеною моделлю (рис. 4.15.).

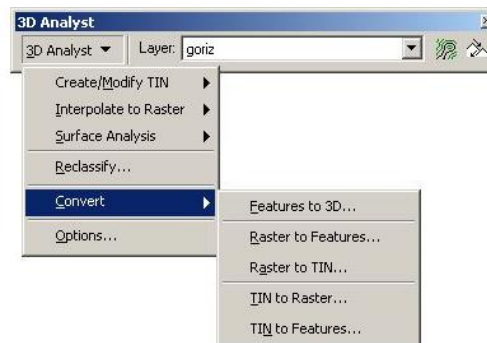


Рис. 4.15. Модуль «3D Analyst»

Зокрема команда: «3D Analyst->Surface Analyst->Area & Volume» дає змогу порахувати площу та об'єм в межах якоїсь горизонталі (рис. 4.16.).

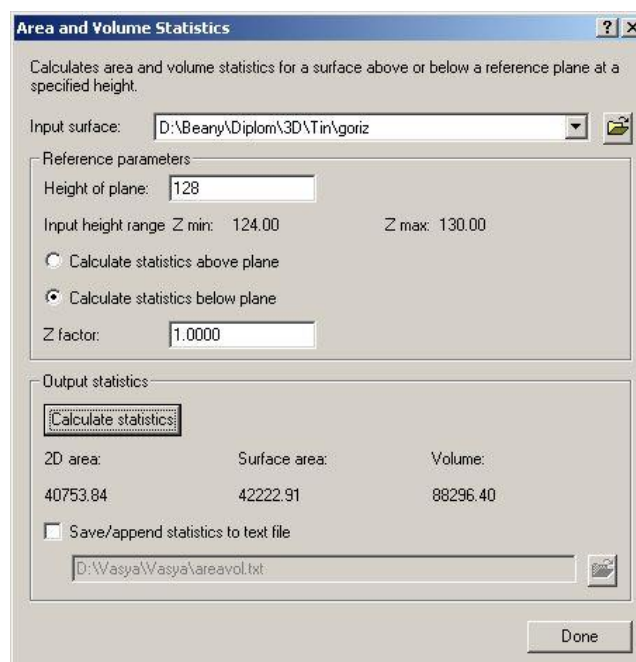


Рис. 4.16. Вікно визначення площі та об'єму

В даному вікні необхідно задати в полі «Input Surface» нашу TIN модель, у вікні «Height of plane» висоту необхідної нам горизонталі. Опція «Calculate statistic above plane» означає, що об'єм буде рахуватися вище заданої висоти горизонталі до максимальної висоти горизонталі, а опція «Calculate statistic below plane» навпаки – від мінімальної висоти до заданої в полі «Height of plane».

При параметрах, що представлені на рис.4.16. вихідні дані будуть наступними:

Z min = 124.00 m;

Z max = 130.00 m;

Ввімкнена опція «Calculate statistic below plane»;

Height of plane = 128.00 m;

Тоді:

2D Area = 40753.84 m² – 2D площа 128-ї горизонталі;

Surface Area = 42222.91 m² – площа 128-ї горизонталі враховуючи рельєф;

Volume = 88296.40 m³ – об'єм водосховища з рівнем води до 128-ї горизонталі.

4.8. Побудова графіка залежності площі дзеркала затоплення від рівня води в водосховищі

Щоб побудувати такий графік, необхідно знати усі площі затоплення при всіх можливих рівнях води в водосховищі. Всі ці дані не важко отримати за допомогою модуля «3D Analyst», та команди «3D Analyst->Surface Analyst->Area & Volume» (рис. 4.16.). Дані, отримані в результаті розрахунків, знаходяться в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Висота горизонталі	Площа дзеркала
124,00	0,00

124,50	5175,05
125,00	6371,29
125,50	17280,65
126,00	19376,70
126,50	27835,56
127,00	29973,36
127,50	37910,44
128,00	40753,84
128,50	43780,64
129,00	46990,86

Тоді графік матиме вигляд (рис. 4.17.)

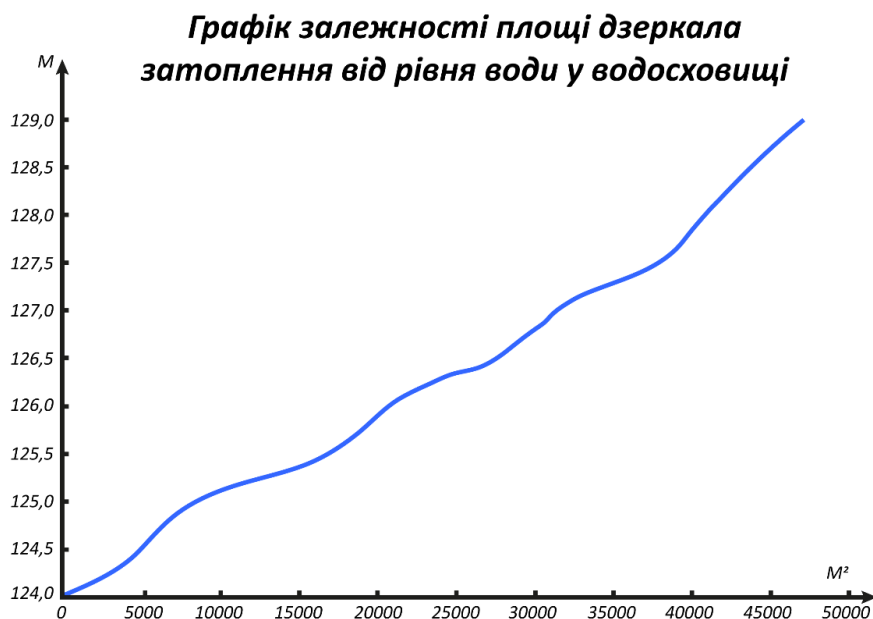


Рис. 4.17 Графік залежності площі дзеркала затоплення від рівня води у водосховищі

4.9. Побудова графіка залежності об'єму затоплення від рівня води у водосховищі

Щоб побудувати такий графік залежності об'єму води затоплення, за допомогою модуля «3D Analyst», та команди «3D Analyst->Surface Analyst->Area & Volume» визначаємо усі об'єми (рис. 4.16.). Дані, отримані в результаті розрахунків, знаходяться в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Висота горизонталі	Об'єм
124,00	0,00
124,50	2341,00
125,00	5217,08
125,50	13332,71
126,00	22497,18
126,50	35908,82
127,00	50355,39
127,50	68637,97
128,00	88296,40
128,50	109422,38
129,00	132107,61

При цьому ми отримаємо такий графік(рис.4.18)

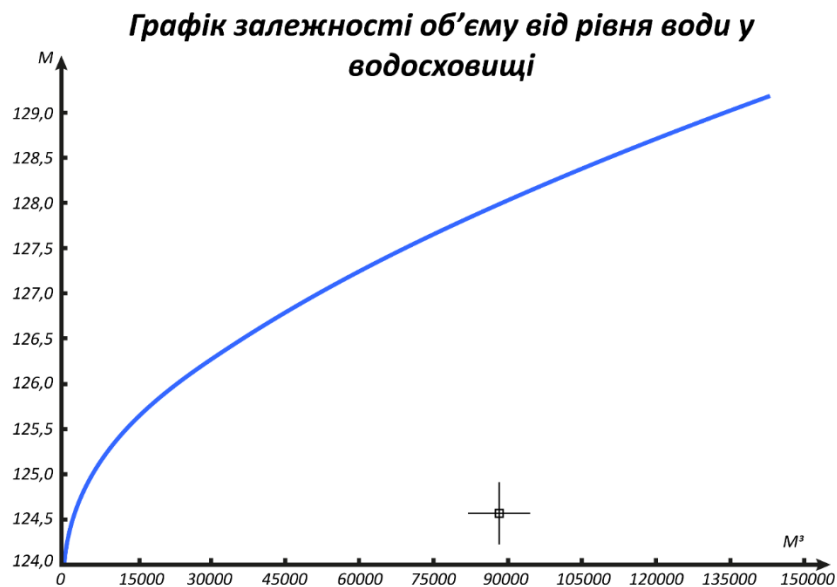


Рис. 4.18. Графік залежності об'єму від рівня води у водосховищі

ВИСНОВКИ

Необхідність регулювання річкового стоку для більш ефективного використання водних ресурсів річок пов'язане з необхідністю створення на них водосховищ.

В процесі проектування водогосподарських систем і гідротехнічних споруд на сучасному етапі розвитку суспільства неможливо обійтись без сучасних інформаційних технологій, перед усім, геоінформаційних, без створення цифрових моделей і карт, моделюванні сценаріїв їх розвитку.

Проведене моделювання зон затоплення при будівництві водосховища на р. Пакулька передбачало створення за допомогою геоінформаційних технологій тривимірної моделі цього водосховища.

Одержана модель дозволяє вирішити ряд завдань, а саме: визначення залежності площ дзеркал затоплення від рівня води у водосховищі; визначення залежності об'єму затоплення від рівня води у водосховищі тощо. Це дає змогу ще на стадії проектування водосховища визначити площі земель, які будуть затоплені.

Проведенні розрахунки засвідчили, що річка Пакулька повністю заповнює водосховище за проектом через 2 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Анохин В.Н., Шумахер Д.А. “Опыт создания цифровых карт.” - Санкт-Петербург: НИЦ «Природопользование», 2000 г.

Берлянт А.М., Мусин О.Р., “Взаимодействие картографии и геоинформатики.” - М.: «Научный мир», 2000 г.

Геология СССР/ гл. ред. П. Я. Антропов ; М-во геологии и охраны недр СССР, Гл. упр. геологии и охраны недр при Совете министров УССР. - Москва : Госгеолтехиздат. Т. 5, ч. 1: Украинская СССР. Молдавская СССР. Геологическое описание платформенной части / ред.: В. А. Ершов, Н. П. Семенов. – 1958. – 1000 с.

Герасимов Ю.Ю., Кильпеляйнен С.А., Соколов А.П. “Геоинформационные системы: Обработка и анализ растровых изображений.”; ООО “Дата+”. Москва, 2002. 118с.

Гуральник М., Максимов В. “Что вначале CAD или GIS? GEO + CAD.”- <http://www.sapr.ru>

ДеМерс Майкл Н. “Географические информационные системы. Основы”- М.: Дата+,1999.-490с.

Дериколенко О. І., Пістун М.Д., Мачихін Ф.М., Іщук С.І. Чернігівська область: (економіко-географічна характеристика). Київ: Вища школа, 1975. 175 с.

Зацерковний В. І. Використання геоінформаційних технологій в екологічному моніторингу Чернігівської області / В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець, Ю. С. Сімакін // Аграрний вісник ПРИЧОРНОМОР’Я. – Одеса : ОДАУ, 2009. – Випуск 51. – С. 82-86.

Зацерковний В. І. Геоінформатика / В.І. Зацерковний, Л.В. Тустановська – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2018. – 467 с.

Зацерковний В. І. Геоінформаційні системи в науках про Землю / В.І. Зацерковний, І.В.Тішаєв, І.В. Віршило, В.К Демидов. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. – 510 с.

Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф. “О применении геоинформационных технологий при создании и анализе цифровых моделей поверхностей.” - ГИС - центр. Статьи -2002 г.

Кузнiченко С. Д., Бучинська І. В. Моделі, методи та інструментальні засоби багатокритеріального аналізу рішень в геоінформаційних системах: монографія. Житомир: ТОВ «505», 2021. 202 с.

Погуляев Д.И. Геология и полезные ископаемые Западной области. Санкт-Петербург, 1935.-189 с.

Светличний А.А., Андерсон В.Н., Плотницький С.В. “Географические информационные системы: технология и приложения” - Одесса: Астропринт, 1997. 196с.

ОСуховірський Б. І. “Географічні інформаційні системи. Навчальний посібник.” - Чернігів: ДКП РВВ, 2000. 197 с.

Суховірський Б.І. “Геоінформаційні системи і технології в регіональному розвитку.” - К.: Знання України, 2002. -210с.

Швець Г.І., Дрозд Н.І., Левченко С.П. Каталог річок України. Київ: Видавництво Академії наук Української РСР. 1957. 192 с.

Цветков В.Я. “Географические информационные системы” М.: Финансы и статистика, 1998.-287с.