Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних електронних систем

Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ОБРОБЛЕННЯ ФОТОКАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Виконав: студент 4-го курсу, групи КОІС-20б
спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
за освітньою програмою «Комп'ютеризовані оптико-інформаційні системи»
_____Демчишин Я.А.
Керівник: к.т.н., доц. каф. БМІОЕС
_____Кожем'яко А.В.
«17» 06 2024 р.
Рецензент: к.т.н., доц. каф. ОТ
_____Колесник І.С.
«17» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри_Л.Г. Коваль
«17.06»__2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань –15 – автоматизація та приладобудування
Спеціальність – 152 – метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
Освітньо-професійна програма – Комп'ютеризовані оптико-інформаційні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМІОЕС
_____ Коваль Л.Г.
«_11_» __03_____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Демчишину Ярославу Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптико-електронна система оброблення фотокартографічних зображень

керівник роботи Кожем'яко Андрій Вікторович , к.т.н., доцент

затверджені наказом ВНЗ № 80 від « 11» _березня 2024 року.

2. Термін подання студентом роботи: 15.06.2024

3. Вихідні дані до роботи:
3.1 Види оптико-електронних складових для оброки картографічних зображень
3.2 Методи аналізу цифрових зображень.
3.3 Перелік основних компонентів оптико-електронної системи.

4. Зміст текстової частини:
Вступ 1. Аналіз характеристик оптико-електронної системи оброки картографічних зображень
2. Математична складова оптико-електронної системи
3. Розробка структурної схеми оптико-електронної системи. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Структурна схема контролю сканера карт 2. Структурна схема оптико-електронної системи аналізу картографічних збражень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Спеціальна частина	Кожем'яко А.В., к.т.н.,доц, доцент каф. БМІОЕС		

7. Дата видачі завдання «11» березня 2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
	початок	закінчення	
Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	03.03.2024	11.03.2024	виконано
Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	12.03.2024	29.03.2024	виконано
Аналіз вирішення поставленої задачі на даному етапі	30.03.2024	05.05.2024	виконано
Розробка методу і структури системи	06.05.2022	17.05.2024	виконано
Розробка програмних модулів аналізу та класифікації системи	18.05.2024	24.05.2024	виконано
Експериментальні дослідження системи	24.05.2024	31.05.2024	виконано
Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	01.06.2024	07.06.2024	виконано
Нормоконтроль	05.06.2024	09.06.2024	виконано
Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	11.06.2024	16.06.2024	виконано
Захист БДР ЕК	19.06.2024	20.06.2024	виконано

Студент _____ (підпис) Демчишин Я.А.

Керівник роботи _____ Кожем'яко А.В.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 67 сторінки формату А4, містить 19 рисунків та 1 таблицю, список використаної літератури містить 15 джерел.

У бакалаврській дипломній роботі була вивчена ефективність застосування процесу сегментації зображення в контексті поставленої проблеми. Було проведено аналіз різних методів аналізу картографічних зображень, а на основі отриманих результатів було розроблено алгоритм для виявлення ізоліній на зображенні.

Обробка та аналіз цифрових зображень вимагає технологій, розроблених для роботи з великими даними. Результати роботи свідчать про високу швидкість обчислень та виявлення картографічних елементів на зображенні. Визначені лінійні ділянки дозволили встановити пороги сегментації на обох типах зображень.

Ключові слова: оптико-електронна система, картографічні зображення, сегментація, контур, ізолінія, автоматизація.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 67 A4 pages, contains 19 figures and 1 table, and the bibliography includes 15 sources.

In the bachelor's thesis, the effectiveness of the image segmentation process was studied in the context of the problem. Various methods of analyzing cartographic images were analyzed, and based on the results obtained, an algorithm was developed to detect isolines in the image.

Digital image processing and analysis requires technologies designed to work with big data. The results of the work indicate a high speed of computation and detection of mapping elements in the image. The identified linear areas made it possible to set segmentation thresholds for both types of images.

Keywords: optoelectronic system, cartographic images, segmentation, contour, isoline, automation..

ЗМІСТ

ВСТУП 10
1 АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ 12
1.1 Основні принципи фотограмметрії та геоінформаційних систем 12
1.2 Елементи картографічного представлення та координати 15
1.3 Поняття картографічного простору 18
1.4 Основні параметри зображень в цифровій картографії 20
2 МОДЕЛІ ТА СТРУКТУРИ ДАНИХ НА КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ 23
2.1 Представлення об’єктів на картографічних зображеннях 23
2.2 Об'єкти картографічних зображень 25
2.3 Логічні моделі картографічних зображень. Растровий та векторний формат 27
2.4 Елементи, з яких складається растровий шар картографічних зображень 31
2.5 Сусідські або координаційні оператори 37
2.6 Картографічне моделювання в растровому форматі 42
3 ЦИФРОВА ОБРОБКИ КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ 46
3.1 Класифікація методів обробки зображень карт 46
3.2 Сегментація зображень та її роль в картографії 48
3.3 Розпізнавання образів в системах технічного зору 49
3.4 Розробка структурної схеми системи технічного зору 50
3.5 Розробка алгоритму обробки зображення та виділення ключових точок 52
3.6 Програмна реалізація методу інтерполяції з точок картографічних

елементів 54
ВИСНОВКИ 59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 60
Додаток А ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ 62
Додаток Б Оптико-електронна система аналізу картографічних зображень. Схема електрична структурна 64
Додаток В Схема структурна фотокартографічного сканера 65
Додаток Г Блок-схема алгоритму 66
Додаток Д Код програми біінарізації та сегентації 67

ВСТУП

Цифрові зображення є важливим джерелом інформації для розуміння та пояснення різних фізичних процесів загалом. Цифрове зображення містить багато інформації, яку зазвичай потрібно впорядкувати, щоб краще зрозуміти процеси, які його створюють. Найпоширеніший спосіб впорядкувати зображення - розділити його на частини, які мають спільну характеристику або властивість. Ці властивості можуть бути статистичними (інтенсивність і текстура), морфологічними/геометричними (форма) тощо. З усіх знайдених областей нас зазвичай цікавить одна, яку ми називаємо "об'єктом", решту областей ми називаємо "фоном". Математичний метод поділу набору даних (у нашому випадку цифрового зображення) на підмножини (області або зони), що не перетинаються або розділяються за певною ознакою, називається "сегментацією".

Зазвичай сегментації передує етап попередньої обробки зображення, на якому вихідне зображення перетворюється на більш придатне для полегшення подальшої сегментації. Таким чином, попередня обробка має на меті покращити зображення і в основному використовує такі методи, як підвищення контрастності та придушення шуму [1]. Методи підвищення контрастності включають розширення контрасту, вирівнювання гістограми та методи, засновані на специфічних особливостях цифрового зображення, такі як вейвлет-перетворення, нечітка логіка та математична морфологія.

Теми роботи є **актуальною**, оскільки фотокартографічні зображення є важливим інструментом для створення карт, моніторингу довкілля, планування міської та сільської територій, а також для виконання різноманітних геодезичних робіт. Використання оптико-електронних технологій для обробки таких зображень дозволяє значно підвищити ефективність і точність отриманих результатів. Це досягається завдяки автоматизації процесів, високій роздільній здатності зображень та застосуванню сучасних алгоритмів обробки.

Одним зі способів вирішення цієї проблеми є розробка оптико-електронних систем, які поєднують в собі оптичні та електронні компоненти для оброблення зображень. Такі системи дозволяють значно підвищити точність і швидкість обробки даних, що є критично важливим для сучасних наукових та практичних завдань у галузі геодезії та картографії.

Мета бакалаврської дипломної роботи полягає в розширенні функціональних можливостей оптико-електронної системи оброблення фотокартографічних зобрадень, за рахунок використання методів сегментації для виділення ізоліній, що дозволить спростити роботу із цифровими картами.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні **задачі**:

- охарактеризувати фактори створення комфортного мікроклімату;
- аналізувати систему та визначити оптимальні параметри показників мікроклімату в приміщенні;
- провести математичні розрахунки;
- виконати комп’ютерне моделювання системи.

Об'єктом дослідження є процес розробки оптико-електронних систем для обробки фотокартографіних зображень для гео-інформаційних систем.

Предметом дослідження є методи сегментації та виділення контурів на цифрових картографічних зображеннях в оптико-електронних системах.

Оптико-інформаційні системи працюють за принципом модуляції світлового променя, що передає дані через атмосферу до приймача. У таких системах зазвичай використовують лазери або світлодіоди як джерела світла. Передача даних відбувається за допомогою модуляції світлового сигналу, який потім поширюється через атмосферу. Приймач, оснащений детектором, отримує цей сигнал і демодуляє його для відновлення початкової інформації.

1 АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

1.1 Основні принципи фотограмметрії та геоінформаційних систем

Фотограмметрія є науковою дисципліною, що досліджує засоби, методи і технології вимірювання та аналізу об'єктів за їх фотографічними зображеннями. Вона має важливе значення у багатьох галузях, включаючи картографію, геодезію, архітектуру, інженерію, археологію та екологію.

Геоінформаційні системи можна умовно визначити як системи, що дозволяють зберігати просторові дані для консультацій, маніпулювання та представлення. Представлення просторових даних є сферою вивчення картографії, тому необхідно почати з введення деяких базових понять цієї науки.

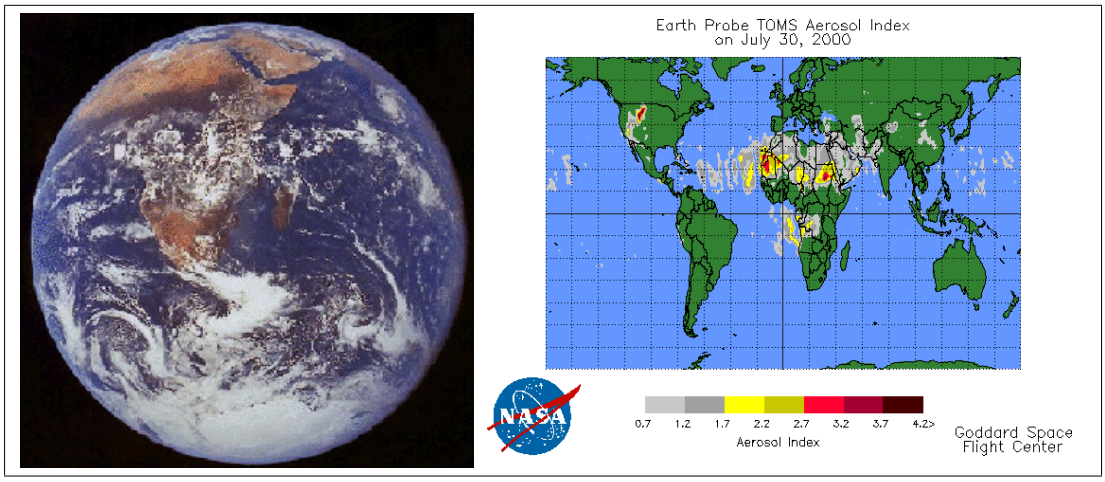


Рисунок 1.1 — Сфера Землі та проекція

Геодезія - це наука, яка вивчає форму і розміри Землі, а також положення на ній. Геодезія визначає геоїд як поверхню, на якій всі її точки відчувають таке ж гравітаційне тяжіння, як і на рівні моря. Через різну щільність матеріалів, що складають земну кору та мантію, а також через зміни, спричинені ізостатичними рухами, ця поверхня не є регулярною, а містить хвилястість, яка змінює розрахунки місцезнаходження та відстаней.

Через цю нерівність земної поверхні форму Землі часто описують за

допомогою еталонних моделей, які називаються сфероїдами або еліпсоїдами. Вони визначаються двома параметрами: розміром великої піввісі (*a)* і розміром малої піввісі (*b)* (рисунок ??). Сплющеність сфероїда визначається коефіцієнтом як:

$$f = (a - b)/a \qquad (1.1)$$

Реальне сплющення Землі становить приблизно 1/300 . Змінюючи начення коефіцієнтів *a* і *b*, можна отримати різні еліпсоїди. Було запропоновано кілька еталонних еліпсоїдів, зазвичай відомих за іменем їхнього творця. Причина наявності різних сфероїдів полягає в тому, що жоден з них не може повністю пристосуватися до всіх нерівностей геоїда, хоча кожен з них досить добре пристосований до певної ділянки земної поверхні. Тому в кожній країні буде використовуватися найзручніший, залежно від того, в якій частині планети вона розташована, оскільки основне завдання еліпсоїда - призначити пару географічних координат, які також називають кутовими координатами, кожній точці поверхні тієї країни, де він використовується.

На рисунку показано, що еліпсоїд (заданий параметрами *a* і *b*) є моделлю геоїда, але для того, щоб присвоїти географічні координати різним точкам на поверхні Землі, необхідно "прив'язати" еліпсоїд до земної поверхні.

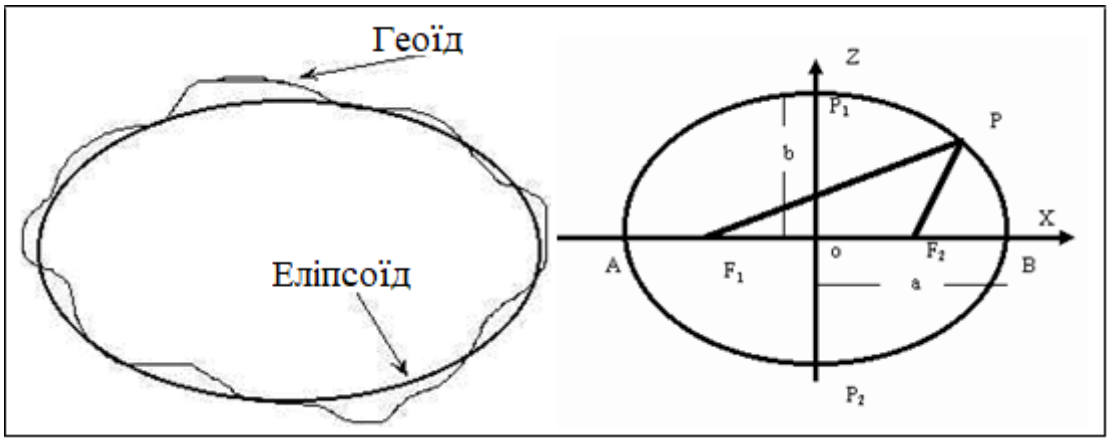


Рисунок 1.2 — Сфероїд і геоїд

Еліпсоїд привводять до геоїда за допомогою фундаментальної точки, в якій еліпсоїд і геоїд є дотичними. Таким чином еліпсоїд стає системою відліку

земної сфери.

Виникає поняття референцної точки, яка є множиною, утвореною параметрами a і b еліпсоїда, географічними координатами, широтою і довготою (λ і ω), фундаментальної точки і напрямком, що визначає північ (рис. 1.3). Наприклад, європейська система координат має в якості референц-еліпсоїда еліпсоїд Хейфорда, також відомий як Міжнародний еліпсоїд 1924 року, а в якості фундаментальної точки - Потсдам (Німеччина). Параметри цієї точки відліку будуть такими:

a=6378388, b=6356911.946

Фундаментальна точка: λ = 13 03 58,741 E; ω = 52 22 51,446 N

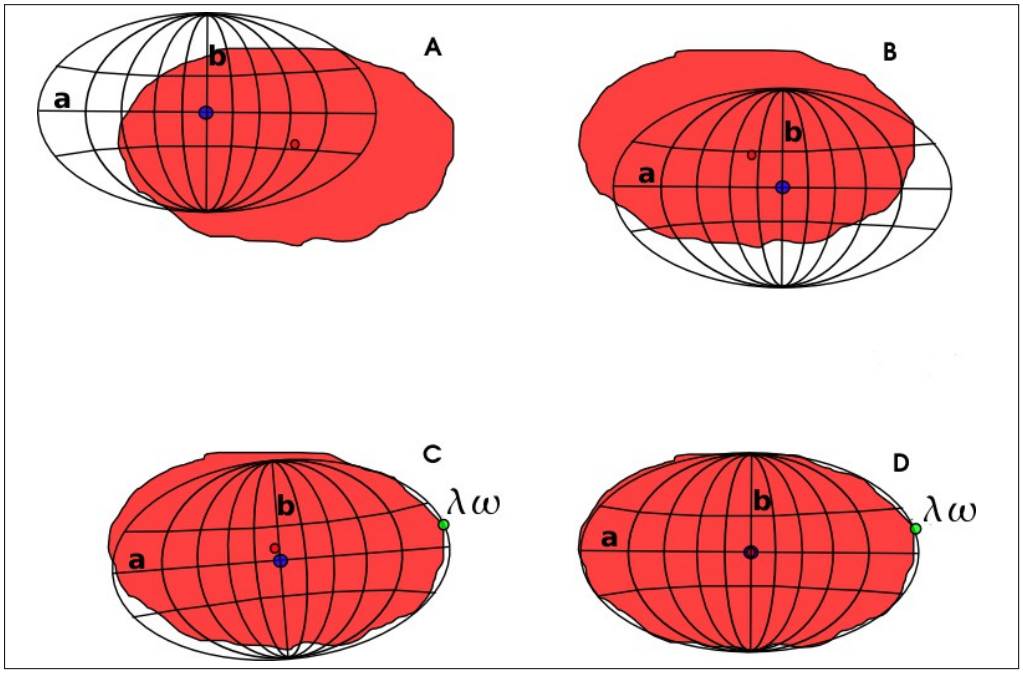


Рисунок 1.3 — Параметри, що визначають точку відліку

Напрямок відліку визначається меридіанами і спрямований на магнітну північ. Встановлення початкової точки системи координат є завданням національних геодезичних служб.

До другої половини 20-го століття метою різних референцних пунктів було слугувати моделлю геоїда на невеликих ділянках земної поверхні, до яких вони були особливо придатні.

Мета полягає в тому, щоб система координат була дійсною для всієї планети, щоб її можна було використовувати в усьому світі, як, наприклад, систему координат WGS-84, яка зазвичай використовується в системах глобального позиціонування (GPS). Для цього потрібен додатковий параметр - відстань центру еліпсоїда від центру мас Землі.

Тому, якщо дані з топографічних карт (європейська система координат) та GPS-координат (система координат WGS-84) мають бути об'єднані в ГІС, необхідно встановити відповідність між ними. Позиції GPS повинні бути зміщені на 0,07 хвилини на північ і на 0,09 хвилини на схід.

Найважливіші відмінності між еліпсоїдом і геоїдом полягають у висоті. На рисунку показано різницю у висоті між еліпсоїдом WGS-84 і геоїдом.

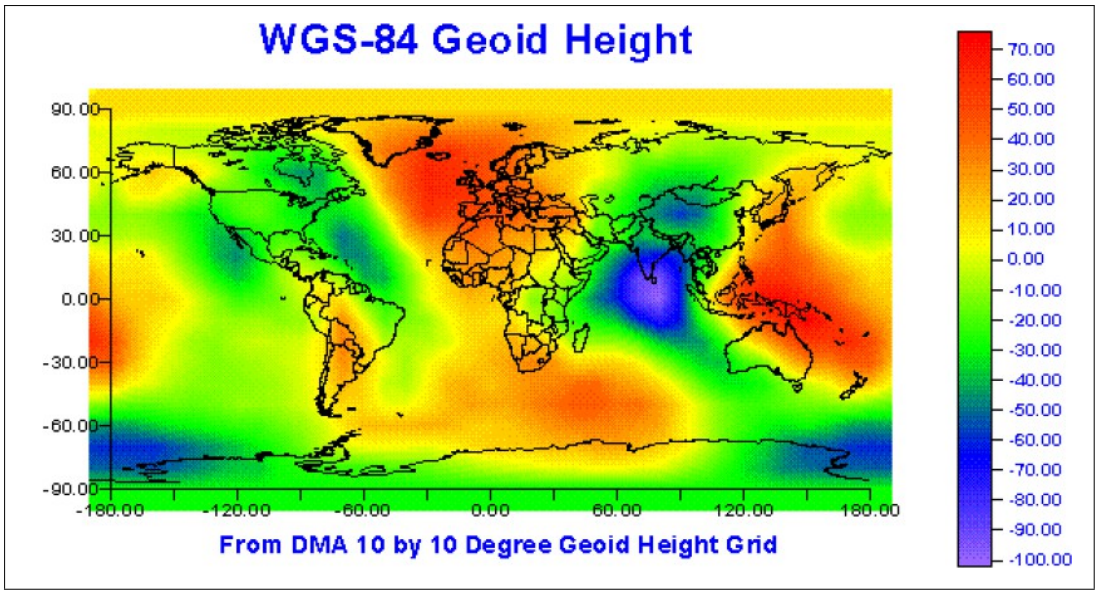


Рисунок 1.4 — Різниця між сфероїдом і геоїдом

1.2 Елементи картографічного представлення та координати

Природною системою координат сфероїда, а отже, і точкою відліку, є система кутових координат (широта і довгота), яку часто називають географічними координатами. Щоб визначити широту і довготу, ми повинні визначити вісь обертання Землі. Площина, перпендикулярна до осі обертання, яка перетинає Землю через її центр, визначає екватор у точці перетину зі

сфероїдом. Решта ліній перетину з поверхнею Землі нескінченної кількості площин, перпендикулярних до осі обертання, визначають різні паралелі або лінії постійної широти. Нарешті, меридіани можна визначити як лінії перетину з земною поверхнею нескінченної кількості площин, що містять вісь обертання. Паралелі та меридіани завжди перетинаються під прямим кутом.

Отже, широта і довгота визначають положення точки на референц-сфероїді системи відліку, що використовується. Вважається, що поверхня сфероїда збігається з рівнем моря, тому відстань між поверхнею сфероїда і поверхнею землі в будь-якій точці є її висотою.

Існує два основних способи визначення напрямку між двома точками на еліпсоїді:

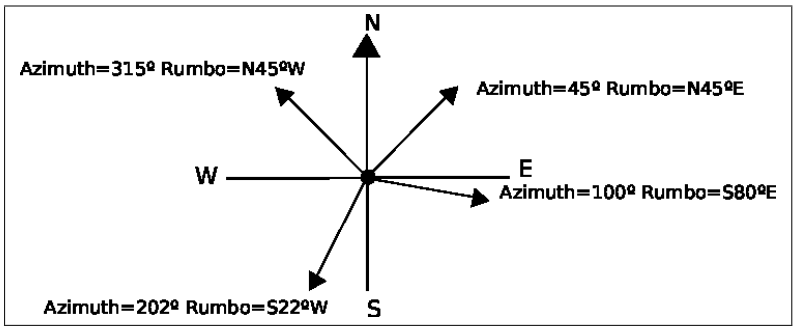


Рисунок 1.5 — Вимірювання азимутів і румбів на карті

Азимут — кут, утворений лінією, що з'єднує точку відправлення з північчю, і лінією, що з'єднує точку відправлення з точкою прибуття. Виражається в кутах, виміряних за годинниковою стрілкою від напрямку на північ. Він змінюється в межах від 0 до 360 (рис. 1.5). Азимут: гострий кут, утворений напрямком на північ або на південь від початкової точки та лінією, що з'єднує ці дві точки. Він змінюється від 0 до 90, йому передує буква N або S, залежно від напрямку відліку, і закінчується іншою літерою, яка вказує на напрямок (E або W), до якого спрямований кут. З кожним просторовим об'єктом можуть бути пов'язані різні змінні (біноміальні, якісні, порядкові або кількісні). Наприклад, дорога може бути пов'язана з її шириною, категорією або потоком

транспортних засобів; муніципалітет - з населенням, доходами тощо; свердловина - з кількістю води, що видобувається за рік, рівнем води або її складом. Зазвичай, при представленні об'єкта, одна зі змінних, пов'язаних з ним, також буде представлена.

Сукупність наук, задіяних у створенні карт (геодезія, картографія, географія, геологія, екологія тощо), розробили широкий спектр методів для відображення фактів земної поверхні на картах:

Ізолінії. Це лінії, які з'єднують точки з однаковим значенням, і тому використовуються для відображення кількісних змінних. Хорошим прикладом є контурні лінії на топографічних картах або ізобари на картах погоди;

Хороплети. Області зі значенням між двома пороговими значеннями, зафарбовані однорідним кольором. Дозволяють представити кількісні змінні у більш спрощений спосіб;

Символи для позначення присутності об'єктів у точковому вигляді. Вони можуть бути представлені різними символами або кольорами для представлення якісних змінних (наприклад, правляча партія), або різними розмірами для представлення кількісних змінних (наприклад, кількість мешканців);

Лінії символізують об'єкти, природні або штучні, у лінійній формі (дороги, річки). Різна ширина ліній, різні кольори або різні типи ліній можуть бути використані для представлення таких властивостей, як ширина річок або категорії доріг.

Полігони представляють багатокутні об'єкти, які через свій розмір можуть бути представлені як такі (завжди залежно від масштабу карти) або як однорідні ділянки місцевості відносно якісної змінної (тип гірської породи). Для представлення якісних або кількісних змінних можна використовувати різні кольори або відтінки, наприклад, на карті муніципалітетів населення муніципалітету може бути представлене штрихуванням.

У катографії зазвичай розрізняють топографічні карти, які вважаються картами загального призначення, і тематичні карти (геологічні, рослинності

тощо), які відображають лише один з аспектів дійсності. На картах, особливо топографічних (рис. 1.6), намагаються відобразити максимальну кількість потенційно цікавих для користувача елементів, уникаючи при цьому заплутування його надлишком інформації.

Рисунок 1.6 — Топографічна карта Вінниці

Одна зі стратегій, що використовується для цього, полягає в усуненні частини інформації (наприклад, контурної лінії, яка перетинає популяцію), покладаючись на здатність нашого мозку реконструювати об'єкти з часткової інформації. Ця стратегія називається генералізацією.

1.3 Поняття картографічного простору

Картографія є засобом представлення як об'єктів у географічному просторі, так і самого простору, тому варто звернути увагу на природу самого простору. Простір був об'єктом вивчення, хоча і з різних точок зору, дуже

різних дисциплін: філософія - з суто концептуальної точки зору; математика - з використанням формальної мови для його опису; фізика - з теоретичної точки зору; в той час як географія, нарешті, зробила це більш емпіричним шляхом.

З математичної точки зору визначено різні типи просторів. По-перше, можна виділити метричні та неметричні простори. Перші - це ті, в яких можна встановити міру відстані, з якої можна вивести різні метричні властивості (площа, периметр, форма тощо), а також використовувати різні визначення відстані:

Евклідова відстань відповідає традиційному поняттю відстані як гіпотенузи прямокутного трикутника. Найчастіше використовується для розв'язання геопросторових задач, як симетрія:

$$d(A, B) = d(B, A)$$

$$d(A, B) <= d(A, C) + d(B, C)$$

Нарешті, географічний простір, тобто той, що походить від емпіричного підходу до реального світу, є 3-вимірним евклідовим простором, хоча його представлення зазвичай є двовимірною проекцією.

Картографічна генералізація означає відбір і спрощене представлення об'єктів земної поверхні з рівнем деталізації, що відповідає масштабу і призначенню карти. Основна мета полягає в тому, щоб максимізувати інформацію, яка міститься на карті, та її корисність шляхом обмеження її складності для забезпечення її читабельності. Існує чотири основні цілі генералізації:

— зменшити витрати на вибірку, необхідну для створення карти.

— підвищення стійкості карти до помилок вибірки

— слугувати різним цілям, оскільки карта, що детально зображує лише один аспект реальності, не буде придатною для інших цілей.

— покращити візуалізацію даних, щоб уникнути скупчення даних.

— ступінь узагальнення зазвичай залежить від масштабу карти.

Загалом, можна встановити наступні порогові значення:

—у масштабі 1:10000 і вище узагальнення дуже обмежене або взагалі відсутнє;

—у масштабі 1:20000 починає з'являтися узагальнення. вулиці та дороги розширюються, будівлі групуються, спрощуються та зміщуються, а земельні ділянки об'єднуються у великі полігони землекористування;

—у масштабах від 1:20000 до 1:200000 межі полігонів та лінійних об'єктів спрощуються, дороги символізуються, кількість зображених об'єктів значно зменшується, але щільність об'єктів на карті зростає;

—починаючи з масштабу 1:500000, карта є повністю символічним зображенням, непридатним для інтеграції в геоінформаційну систему.

1.4 Основні параметри зображень в цифровій картографії

Традиційно картографію представляють на папері, використовуючи для її вивчення весь набір методів, представлених у попередній темі, оскільки не існує іншого кращого носія інформації. Така картографія, хоча і дуже зручна для певних цілей завдяки простоті транспортування та роботи з нею, має певні недоліки:

—вихідні дані спрощуються, щоб зробити карту читабельною (узагальнення), тому багато локальних деталей втрачається;

—великі площі розділені між кількома аркушами, які, якщо вони створені різними авторами, матимуть різну інформацію на краях.

—поєднання інформації з різних карт є складним і неточним, особливо якщо вони мають різні масштаби;

—вони є статичними документами, оскільки їх оновлення займає багато років через високу вартість, і переважно якісними, оскільки важко представити кількісні показники без використання ізоліній, що передбачає значну дискретизацію значень;

—невідповідність критеріїв між аркушами та між виданнями.

Починаючи з середини 20-го століття, низка явищ призвела до розвитку цифрової картографії: зростає як попит на просторові дані, так і їхня доступність, а також методи їхнього аналізу.

Необхідність відстежувати прискорені зміни, яких зазнає земна поверхня внаслідок процесів динамічного характеру, робить паперові карти абсолютно неадекватним інструментом через їхню статичність.

Сукупність технологічних розробок, які в усьому світі називають інформаційними технологіями, уможливили обробку великих обсягів просторових даних за дуже низьких витрат: розробка інструментів оцифрування та автоматизації картографування, розробка програм та інструментів для інтеграції та аналізу цієї інформації, особливо географічних інформаційних систем (ГІС), доступність просторової інформації через регулярні часові інтервали (супутникові знімки), зниження вартості обладнання (закон Мура), щоб ГІС і дистанційне зондування перестали бути прерогативою великих дослідницьких центрів або адміністрації, поява компакт-дисків та розвиток Інтернету, що усуває витрати на зберігання та розповсюдження цифрової інформації.

Фундаментальні відмінності між паперовими та цифровими картами полягають у наступному: у той час як паперова картографія є статичною, цифрова картографія є динамічною в тому сенсі, що її набагато легше, як технологічно, так і економічно, оновлювати. Інформація повинна бути ідеально структурованою та однозначною, щоб її могли інтерпретувати програми. Комп'ютери не можуть виводити інформацію, вилучену або змінену в результаті процесів узагальнення, які могли бути використані. Поширеним прикладом є контурні лінії, вирізані для введення текстової мітки. Поняття шару вводиться як файл або частина файлу, що містить просторову інформацію про одну змінну (в деяких випадках файл може зберігати декілька шарів). Термін карта зарезервований для комбінації шарів, підготовлених для відображення або

друку. Інформація різних типів не повинна змішуватися в одному шарі.

Три типи програмного забезпечення традиційно використовуються для управління просторовими даними:

CAD (Computer Aided Design) - програми для автоматизованого проектування. Вони дозволяють малювати на екрані точки, лінії та області у визначеній користувачем системі координат. Вони використовуються переважно в архітектурі, інженерії та дизайні. Вони також можуть бути використані, хоча і в обмеженому вигляді, для створення карт.

Програми для автоматичного створення карт. Програми для створення карт на текстових принтерах з використанням різних символів для позначення різних об'єктів або значень змінних.

Програмне забезпечення для дистанційного зондування. Вони давали змогу створювати карти як нові зображення, отримані з оригінальних знімків, зроблених супутником. До початку 1990-х років вони вимагали спеціального обладнання через низьку потужність персональних комп'ютерів.

Всі ці програми, разом з іншими, такими як програми управління базами даних або статистичні програми, почали зближуватися на початку 1970-х років до нового типу комп'ютерних програм - географічних інформаційних систем (ГІС), орієнтованих на кодифікацію, управління та картографування просторових змінних та об'єктів.

Таким чином, ГІС розвинулися з поєднання концепцій, ідей, методів роботи, термінології і навіть упереджень, які внесли професіонали з різних галузей. Взаємодія цих фахівців призвела до того, що розвиток не завжди йшов в одному напрямку і з'явилися зовсім різні погляди на те, що таке ГІС. Наприклад, з огляду на важливість, яку надають часу, картографи опиняються на одній крайності, а екологи - на іншій. [3]Для перших час не має значення, тоді як другі вивчають процеси, що відбуваються в просторі, але з відносно високою швидкістю.

2 МОДЕЛІ ТА СТРУКТУРИ ДАНИХ НА КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

2.1 Представлення об’єктів на картографічних зображеннях

Функція будь-якої комп'ютерної програми полягає у виконанні набору інструкцій, написаних формальною мовою, здатною маніпулювати символами, які представляють певну реальну ситуацію; у випадку ГІС - об'єктами та просторовими змінними. Люди здатні без особливих проблем давати собі раду, навіть якщо їхні знання про світ неоднозначні і неповні; це не стосується комп'ютерів, описи реальності, з якими вони працюють, не повинні містити жодної двозначності. Тому формальні мови слідують суворим логічним правилам і передбачають точне знання реальних ситуацій, що символізуються.

Хорошим прикладом цього є контурні лінії, обрізані для вставки тексту, що описує їхню висоту. Цей варіант підходить для паперової карти, яку інтерпретує людина, але комп'ютер інтерпретує, що криві були обрізані, і що є інші маленькі криві, які створюють дивні візерунки. З іншого боку, для того, щоб комп'ютер міг правильно обробити ці криві, їх висота повинна бути інтегрована як змінна, пов'язана з об'єктом, а не як мітка, написана поруч з ним.

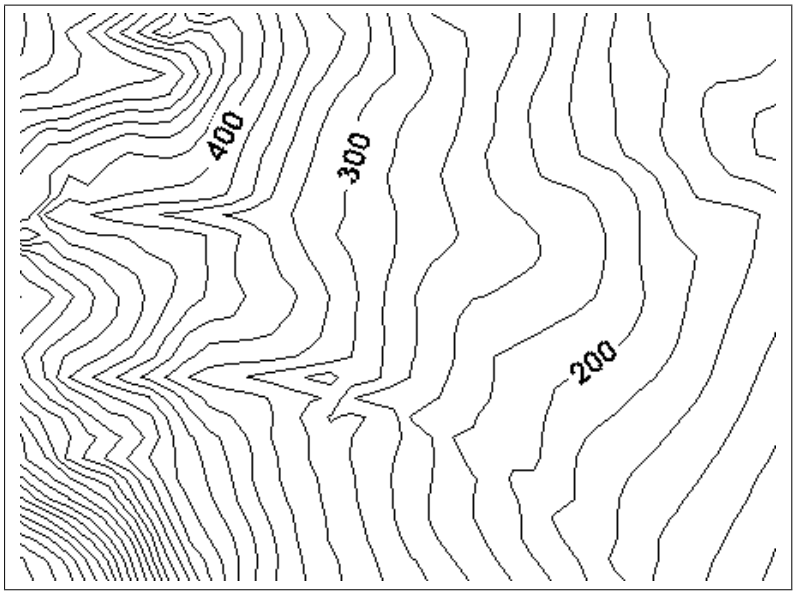


Рисунок 2.1 — Представлення контурних лінії на картах

У ГІС, окрім присвоєння кожній точці поверхні пари координат відповідно до системи проекцій, ми повинні формально визначити структури даних (кінцевий набір дискретних даних, якими легко маніпулювати за допомогою комп'ютера), що представляють об'єкти і змінні, а також інструкції, які комп'ютер буде використовувати для маніпулювання цими структурами даних. Зрештою, це проблема мови. У цій темі ми розглянемо теоретичні основи кодування різних елементів і атрибутів земної поверхні в цифровому форматі для обробки за допомогою ГІС-програми.

Тому кодування всієї релевантної інформації про ділянку території у вигляді структури даних є набагато складнішим, ніж у попередньому випадку. Це великий стрибок, який краще зрозуміти, якщо врахувати існування декількох рівнів абстракції:

Відчутна реальність (гори, озера, поля тощо). Власний рівень менеджерів, які займаються питаннями просторового управління та планування.

Концептуальна модель. Рівень науковців (географів, геологів, екологів тощо), які розробляють, перевіряють або застосовують теорії та гіпотези про змінні та процеси, що відбуваються в космосі. [2]Вони розглядають існування двох фундаментальних типів елементів на земній поверхні: сутності та змінні. Вони повинні вміти взяти абстрактну проблему з попереднього рівня і визначити змінні, що беруть участь у її вирішенні.

Логічна модель. Рівень ГІС-спеціалістів, які використовують інструменти системи для виконання на комп'ютері завдань, необхідних менеджерам або науковцям. Замість того, щоб працювати з реальністю, вони працюють з її представленнями, які зазвичай бувають двох типів: растрові та векторні. Вони повинні вирішити, яке з них є найбільш підходящим для представлення змінних, отриманих при розробці концептуальної моделі, і які процедури є найбільш підходящими для її отримання з наявними вихідними даними.

Цифрова модель або структура даних. Рівень комп'ютерних науковців та розробників ГІС, місія яких полягає в оптимізації структур даних, що

використовуються для зберігання інформації, та розширенні репертуару інструментів, щоб максимально задовольнити потреби науковців та технічних спеціалістів з ГІС.

Як показано на рисунку, кожен з цих етапів взаємопов'язаний з іншими. Спілкування один з одним стає тим складнішим, чим далі вони знаходяться в ієрархії, тому для належного розвитку проекту необхідна наявність фахівців на різних рівнях, і в той же час потрібен постійний діалог між ними. Однак часто трапляється так, що люди перебувають на кількох рівнях цієї ієрархії, особливо коли впровадження ГІС в організації робить перші кроки.

2.2 Об'єкти картографічних зображень

Якщо розглядати реальність як зіставлення об'єктів, то будь-який об'єкт, що з'являється в просторі (будинки, дороги, озера, типи гірських порід тощо), можна змоделювати у відповідному масштабі як об'єкт, витягнутий з евклідової геометрії. За кількістю вимірів їх можна класифікувати на три типи:

Точкові об'єкти. Геометричні об'єкти нульової розмірності, їх просторове розташування представлено парою координат (X,Y).

Лінійні об'єкти. Геометричні об'єкти однієї розмірності, їх просторове розташування представляється у вигляді послідовності пар координат, які називаються вершинами, за винятком першої та останньої, які називаються вузлами (на рисунку ?? вершини показані білим кольором, а вузли - чорним).

Полігональні об'єкти. Геометричні об'єкти другої розмірності. Вони представлені у вигляді замкненої лінії (рисунок ??.c) або у вигляді послідовності ліній, які називаються дугами (рисунок ??.d).

Вибір того чи іншого типу для представлення певного об'єкта значною мірою залежатиме від масштабу та типу абстракції, подібно до того, як це відбувається при картографічному узагальненні. Таким чином, місто може бути точковим або полігональним, а русло річки - лінійним або полігональним. Місто

має сенс розглядати як полігональне лише в містобудівних дослідженнях. Майже для всіх гідрологічних застосувань має сенс представляти водотоки як лінійні об'єкти і кодувати їхню ширину та глибину як просторові властивості.

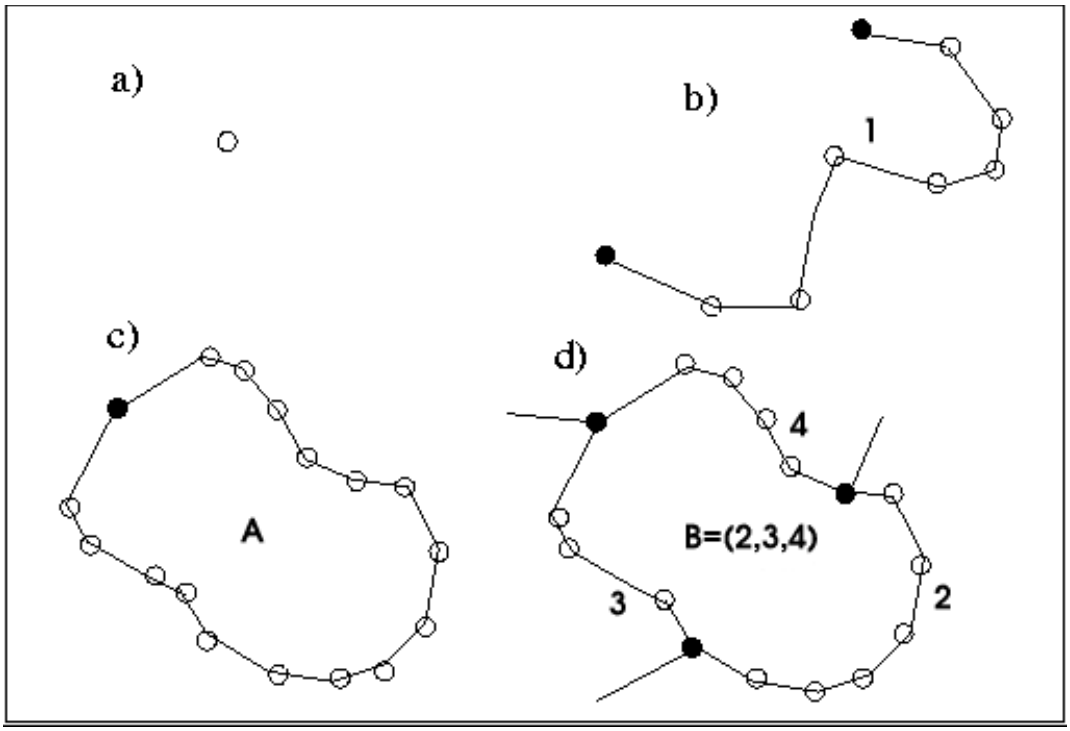


Рисунок 2.2 — Типи об'єктів у векторному форматі:

a) точка, b) лінія, c) полігон d) Полігон у форматі Arc-Node.

Ідентифікатор. Це кількісна змінна, яка ідентифікує кожен об'єкт у наборі об'єктів одного типу. Тому кожен об'єкт має унікальний ідентифікатор.

Позиція. Вказує на розташування об'єкта в просторі, зазвичай двовимірне. Неявно також вказує на його розмір та форму. Таким чином, кожен тип об'єкта має, залежно від кількості вимірів, низку просторових властивостей розміру та форми, що безпосередньо випливають з його просторового кодування:

Лінійні об'єкти мають довжину, звивистість та орієнтацію.

Полігональні об'єкти мають площу, периметр, максимальне подовження та різні індекси форми, які безпосередньо обчислюються з них.

Просторові властивості. Це кількісні змінні, що вимірюються в

просторових величинах і вказують на певний аспект просторової протяжності об'єктів, який не може бути представлений через масштаб роботи, тому що це величина в третьому вимірі, або через складність її представлення через тип абстракції, що використовується для її представлення (наприклад, глибина русла річки або ширина дороги).

2.3 Логічні моделі картографічних зображень. Растровий та векторний формат

Логічна модель - це спосіб відбору та організації змінних і об'єктів для досягнення найкращого можливого представлення. У ГІС існує, в основному, дві логічні моделі, відомі як растровий і векторний формат, які дають початок двом основним типам шарів просторової інформації.

У растровому форматі простір поділено на регулярний набір комірок, кожна з яких містить число, що може бути ідентифікатором об'єкта (якщо це шар, що містить об'єкти) або значенням змінної (якщо шар містить цю змінну).

У векторному форматі різні об'єкти представлені у вигляді точок, ліній або полігонів. Представлення точок або ліній є миттєвим, однак при представленні багатокутників виникають дві різні ситуації.

Якщо полігони виглядають ізольованими один від одного, як у випадку з міськими центрами, кожен полігон кодується як замкнута лінія, це об'єктно-орієнтована модель, на якому полігон А кодується як одна лінія.

Якщо полігони накладаються один на одного, як у випадку з муніципалітетами, кодування полігонів як замкнутих ліній має проблему, яка полягає в тому, що кожна з внутрішніх ліній має бути повторена.

Альтернативним форматом є модель Arc-Node, в якій лінії кодуються окремо, а потім кожен багатокутник визначається з набору ліній, що його складають. Таким чином, багатокутник В кодується як об'єднання дуг 2, 3 і 4. Таким чином, кодування багатокутників за цією моделлю вимагає двох кроків:

Оцифровка, під час якої вводяться дуги. Реконструкція топології, під час

якої визначаються полігони і створюється таблиця зв'язків полігонів з дугами. Реконструкція топології вимагає, щоб розташування дуг було топологічно правильним, тому початкова і кінцева вершини трьох дуг повинні точно збігатися.

Найбільшою перевагою моделі Arco-Node є те, що вона економить пам'ять, полегшує оцифрування та деякі операції ГІС-аналізу і на сьогоднішній день є найбільш широко використовуваною моделлю.

Зазвичай вважається, що векторний формат більше підходить для представлення якісних об'єктів або змінних, а растровий - для представлення поверхонь. Однак, це не обов'язково так.

Для представлення поверхонь можемо розглянути до 4-х можливих моделей (рисунок 2.3):

Регулярна сітка точок, кожній з яких присвоюється значення змінної, виміряної в цій точці.

TIN (Triangle Irregular Network - трикутна нерегулярна мережа), точки зосереджені в тих областях, де представлена змінна має найбільшу варіабельність.

Ізолінії (рядки, в яких ідентифікатор замінюється значенням змінної).

Растровий, робоча область розділена на комірки.

Перші три є представленнями у векторному форматі, оскільки для представлення регіоналізованих змінних використовуються точки або лінії. Фундаментальна проблема, яку вони створюють, полягає в тому, що вони не представляють весь простір, а тому вимагають більш-менш складної інтерполяції, щоб дізнатися, яким є значення в конкретній точці. Растрова модель заповнює простір і дозволяє отримати значення в будь-якій точці миттєво. Векторний формат Дуго-вузловий або об'єктно-орієнтований, якщо полігони не дотикаються, то це той самий растровий формат, об'єкти, що збігаються в просторі, не можуть з'являтися в одному шарі.

Переваги та недоліки растрового та векторного форматів**.** Зрозуміло, що

поверхні найефективніше представляти в растровому форматі, а у векторному форматі їх можна представити лише за допомогою гібридних моделей (точкові сітки, TIN та ізолінії), які не придатні для подальшого аналізу, оскільки всі операції, які дозволяє растрова модель, будуть набагато повільнішими у векторній моделі. Загалом, будь-який тип фізичного моделювання природних процесів, що базується на геоінформаційних системах, потребує растрової моделі даних.

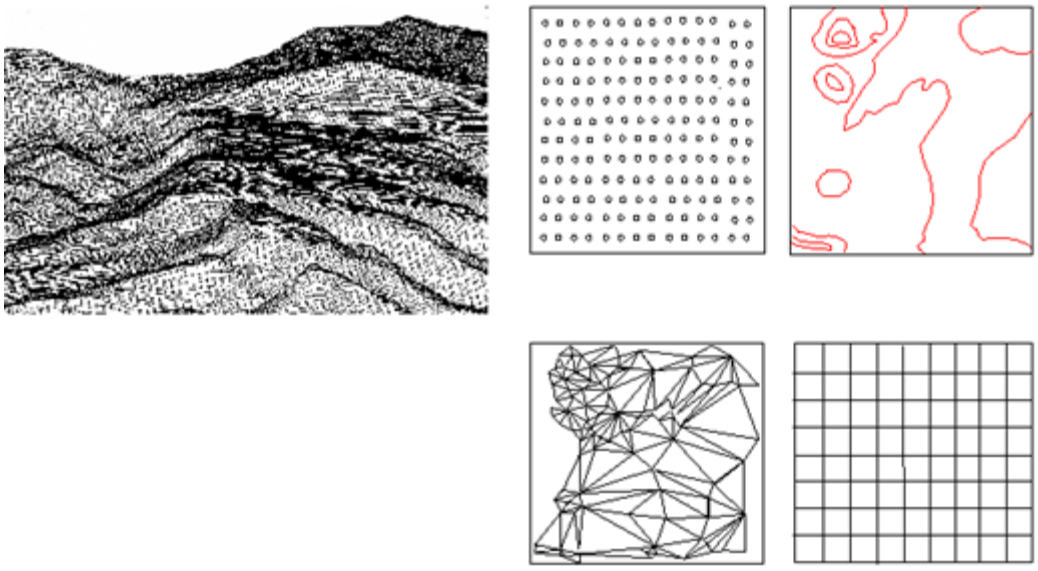


Рисунок 2.3 — Логічні моделі для представлення поверхонь

Традиційно вважається, що для представлення об'єктів ефективніше використовувати векторний формат, оскільки він займає менше місця на жорсткому диску (хоча остання проблема може бути компенсована різними системами стиснення і в будь-якому випадку стає менш актуальною через збільшення ємності жорстких дисків) і файли можна обробляти швидше, якщо метою є просто візуалізація шару. Однак векторний формат повільніший за растровий для використання інструментів просторового аналізу та запитів про конкретні географічні позиції.

До переваг растрової моделі можна віднести простоту, швидкість виконання операторами і те, що це модель даних, яка використовується для

супутникових знімків або цифрових моделей місцевості. До недоліків растрової моделі можна віднести її неточність, яка залежить від роздільної здатності даних, і великий обсяг пам'яті, необхідний для зберігання даних. Останню проблему можна компенсувати за допомогою різних систем стиснення. Крім того, у багатьох випадках при роботі з векторними даними плутають поняття точності та акуратності, тому точність у координатах векторної моделі є більш теоретичною, ніж реальною.

Для представлення об'єктів використовуються альтернативи (рисунок 2.4):

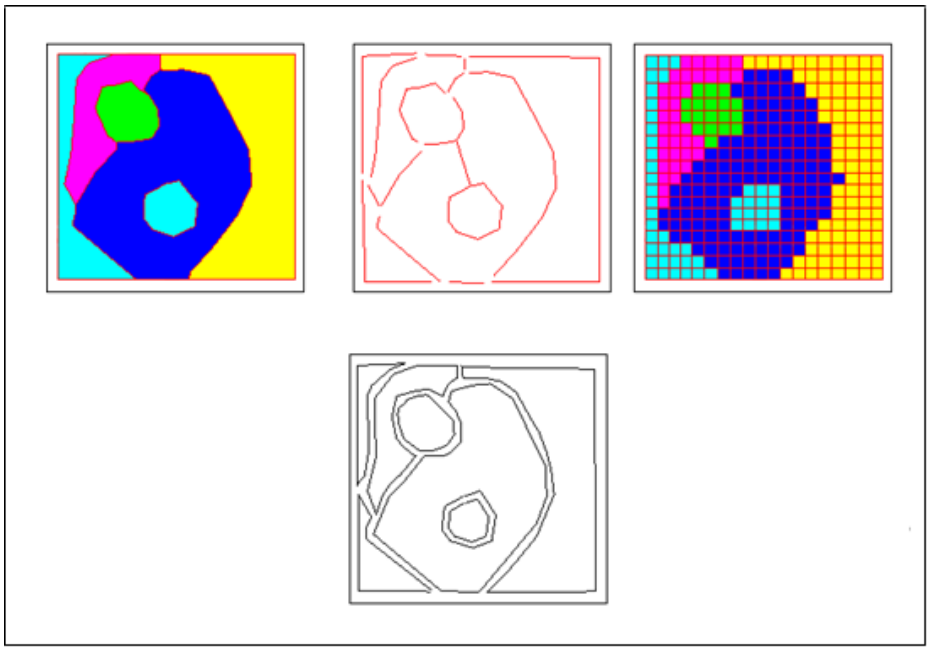


Рисунок 2.4 — Логічні моделі для представлення якісних змінних

Сьогодні спостерігається тенденція до поєднання обох моделей, чому сприяє збільшення потужності комп'ютерів. Мета полягає в тому, щоб представити різні просторові явища за допомогою найбільш підходящої моделі даних у кожному конкретному випадку. Загалом, форми можуть бути закодовані у векторній моделі, а процеси - у растровій, що вимагає ефективних інструментів для переходу від одного формату до іншого. Нарешті, одночасна візуалізація даних в обох форматах є простою завдяки сучасним графічним можливостям.

Кожна з логічних моделей може бути реалізована по-різному, що призводить до різних цифрових моделей (форматів файлів), які відрізняються, а отже, несумісні між різними програмами. Формати файлів можуть бути загальнодоступними (що полегшує розробку інструментів імпорту-експорту) або приватними (за які доведеться платити роялті для реалізації цих інструментів). Растровий формат ґрунтується на поділі досліджуваної території на матрицю комірок, зазвичай квадратів. Кожна з цих комірок отримує єдине значення, яке вважається репрезентативним для всієї площі, яку вона охоплює. Таким чином, цей формат охоплює весь простір, що є фундаментальною перевагою, оскільки значення можуть бути отримані негайно для будь-якої точки простору.

2.4 Елементи, з яких складається растровий шар картографічних зображень

Шар у складається з чотирьох основних елементів: матриця даних, яка може містити три типи даних, числові значення, якщо змінна, що представляється, є кількісною, числові ідентифікатори у випадку якісної змінної. Ці ідентифікатори відповідають текстовим міткам, що описують різні значення якісної змінної, унікальні числові ідентифікатори для кожного з представлених об'єктів, якщо растровий шар містить об'єкти (точки, лінії або полігони).

Хоча растровий формат в основі своїй відповідає концепції світу як набору змінних, його також можна використовувати для представлення об'єктів. Якщо припустити, що на тлі нічого не існує (значення $NULL$ у всіх клітинках), ми можемо представити точкові об'єкти за допомогою ізольованих клітинок зі значенням (відмінним від нуля), яке зазвичай виконує роль ідентифікатора; лінії будуть складатися з рядків сусідніх клітинок зі значеннями, відмінними від нуля полігони - з наборів полігонів з однаковими значеннями, відмінними від нуля.

Якщо набір полігонів закриває простір, результат подібний до

представлення якісної просторової змінної, з тією різницею, що на полігональній карті кожен полігон має власний ідентифікатор. Наприклад, на карті землекористування, що розглядається як якісна змінна, всі богарні поля матимуть однакове значення, але на полігональній карті, представленій у растровому форматі, кожен полігон має власний ідентифікатор, а потім кожному ідентифікатору присвоюється його землекористування.

Матриця даних зберігається у файлі у вигляді списку числових значень, але растровий шар також потребує інформації, яка дозволяє програмі та користувачеві знайти ці значення у просторі та зрозуміти їхнє значення. Зокрема, він потребує:

Геометрична інформація про матрицю та її положення в просторі:

— кількість стовпців (n)

— кількість рядків (m)

— координати кутів шару (e, w, s)

— роздільна здатність або розмір пікселя за широтою та довготою

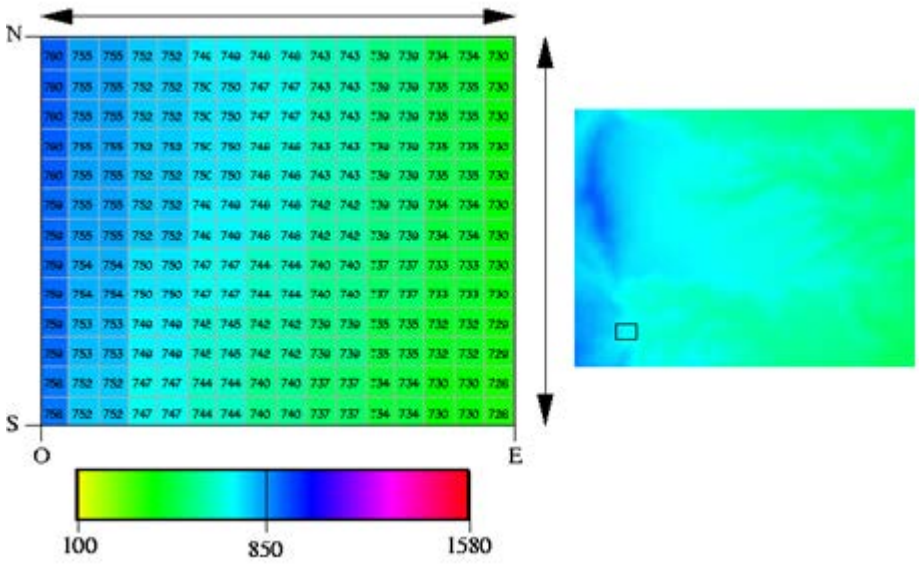


Рисунок 2.5 — Кодування кількісної змінної в растровому форматі

Кольорова діаграма, яка дозволяє вам вирішити, яким кольором зафарбувати кожну клітинку на екрані. Якщо змінна є якісною, таблиця, в якій

кожному числовому ідентифікатору відповідає описова текстова мітка.

Існує ряд домовленостей щодо форми представлення даних. Таким чином, перший стовпчик у растровому шарі, стовпчик з нульовим номером, - це стовпчик зліва (західний), номер якого збільшується праворуч (східний), тоді як перший рядок з нульовим номером буде верхнім (північним), номер якого збільшується вниз (південним), у напрямку, протилежному напрямку географічних координат і зображень у векторній моделі..

Це призводить до створення ряду взаємозв'язків між змінними, які визначають просторове розташування комірок і які будуть використовуватися для відображення та запиту растрового шару на екрані.

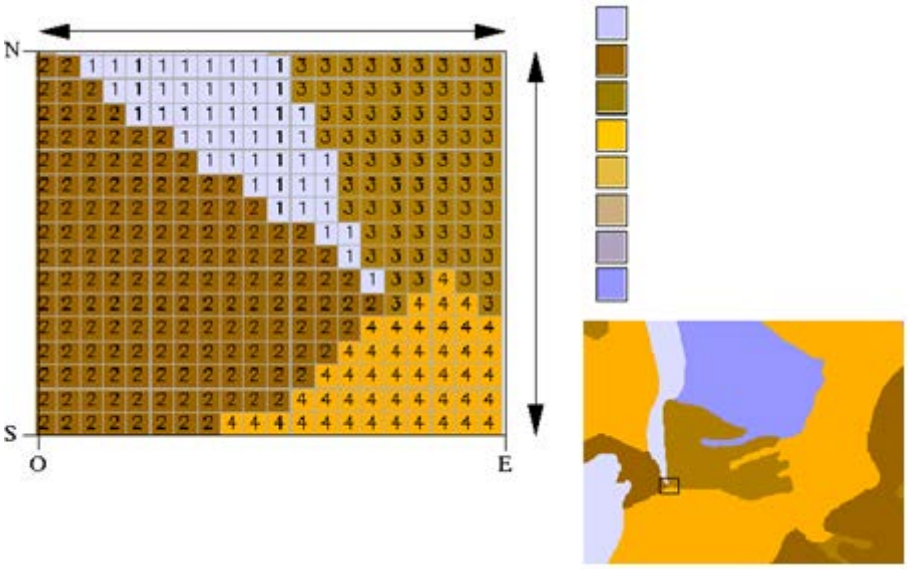


Рисунок 2.6 — Кодування якісної змінної в растровому форматі

Останні два рівняння також припускають, що перший рядок і перший стовпець є рядком 0 і стовпцем 0.

$$X = w + (c + 0{,}5) * r \quad (2.1)$$

$$Y = s + (n - f + 0{,}5) * r \quad (2.2)$$

І навпаки, номер стовпчика та рядка можна отримати зі значень X та Y:

$$c = int(X - w)/r \quad (2.3)$$

$$f = n - (int(Y - s)/r) \quad (2.4)$$

Знаючи номер рядка і стовпця комірки, також легко отримати порядковий номер пікселя:

$$N = n * f + c \quad (2.5)$$

так, щоб перша клітинка була нульовою, а остання - $(n * n) - 1$.

Екран комп'ютера має очевидну схожість з растровим шаром. Це прямокутний простір, розділений на пікселі, які можуть набувати різних кольорів. Тому при відображенні растрового шару на екрані комп'ютера програма повинна встановити відповідність між межами частини растрового шару, що відображається в кожен момент часу, і кількістю рядків і стовпців, доступних у вікні, в якому буде відображатися інформація. Таким чином, іноді зафарбовуються не всі комірки, а лише кожна друга, кожна третя і т.д.; в інших випадках для зафарбовування однієї і тієї ж комірки потрібно зафарбувати кілька пікселів.

Інструменти масштабування і панорамування в усіх ГІС-програмах вимагають постійного перерахунку цих співвідношень, оскільки відображуваний регіон постійно змінюється.

Щось подібне відбувається з інструментами інтерактивних запитів. Щоб скористатися ними, користувач повинен натиснути на точку на екрані, яка показує растровий шар; оскільки програма знає взаємозв'язок між рядками і стовпчиками графічного вікна і рядками і стовпчиками відображуваного регіону, можна зробити швидкий перерахунок з одних одиниць в інші і звідти отримати позицію в пам'яті шуканого значення, використовуючи рівняння ??

Що стосується відображення, користувач може вибрати, які комірки він хоче бачити, а які ні, залежно від значень цих комірок в одному або декількох растрових шарах. Для цього необхідно визначити маску. Маска в растровому шарі біноміальної змінної, яка містить тільки одиниці і *NULL*, так

що будуть представлені тільки ті клітинки, які мають значення 1 в масці. Маску можна визначити за допомогою процедур алгебри карт.

Растровий формат. Алгебра карт були представлені основні ідеї щодо кодування та зберігання просторової інформації в растровому форматі, а також основи візуалізації та консультації цієї інформації. Окрім цих базових утиліт, одним із фундаментальних застосувань геоінформаційних систем є отримання нових шарів інформації на основі вже наявних. Для цього існує набір обчислювальних інструментів з матрицями даних, які в загальному відомі як алгебра карт.

Алгебра карт включає в себе великий набір операторів, які виконуються над одним або декількома вхідними растровими шарами для створення одного або декількох вихідних растрових шарів. Оператор - це алгоритм, який виконує однакову операцію над усіма комірками растрового шару. Ці оператори визначаються рівняннями, наприклад, оператор $B = A$ 100 створює новий шар (B), присвоюючи кожній комірці значення відповідної комірки шару (A), помножене на 100 (малюнок ??). Кожен растровий шар є матрицею чисел, і операція виконується для всіх чисел у матриці, тобто для всіх комірок растрового шару. Однак, хоча обидва методи оперують з матрицями, алгебра карт має небагато спільного з математичною концепцією алгебри матриць.

Оператори в алгебрі карт. Можна визначити нескінченну кількість операторів, хоча зазвичай їх класифікують відповідно до комірок, що беруть участь в обчисленні:

— місцеві оператори

— сусідні або координаційні оператори блокові оператори територіальні оператори

— широкосмугові оператори глобальні оператори

— місцеві оператори

Локальні оператори створюють новий шар з одного або декількох

попередніх шарів. Кожна клітинка нового шару отримує значення, яке є функцією значень цієї ж клітинки в інших шарах.

$$Zm = f(Z_1, Z_2, .., Z_n) \quad (2.6)$$

Функція, представлена через f (), є комбінацією операторів та функцій різних типів:

арифметика (додавання, віднімання, множення, ділення, квадратний корінь, степінь, ...) Логіка (AND, OR, XOR, NOT)

відносні (>, >=, <, <=, ==, !=) Тригонометричні (sin, cos, tan, ...)

умовний (якщо умовний, то інструкція, якщо не інструкція)

Що стосується арифметичних операторів, то це можуть бути прості операції, такі як множення на 100 шару висот в метрах для отримання шару висот в сантиметрах або додавання 12 місячних шарів опадів для отримання річного шару опадів.

Простим прикладом використання алгебри карт з реальною моделлю може бути оцінка потенційної ерозії за допомогою моделі USLE, основним рівнянням якої є

$$E_{x,y} = R_{x,y} * K_{x,y} * L_{x,y} * S_{x,y} * C_{x,y} * P_{x,y} \quad (2.7)$$

де R – дощова ерозія, K – схильність ґрунту до ерозії, L – довжина схилу, S – крутизна схилу, C - коефіцієнт, що залежить від типу культури і P - коефіцієнт, що залежить від практики вирощування. [1]Якщо є растровий шар для кожного з цих факторів, дуже просто отримати оцінку ерозії.

Включення логічних та умовних операторів дозволяє розробляти складні оператори, в яких не тільки значення, але й операції, що визначають вихідний шар, залежать від значень у вхідних шарах. Найпростішим випадком є перекласифікація або обчислення нового значення на основі значення тієї ж

комірки в іншому шарі на основі набору простих правил перекласифікації.

Наприклад, багато методологій оцінки впливу на довкілля працюють не безпосередньо зі значеннями схилів, а з перекласифікованими схилами. ,Операція перекласифікації виконується за умови, що шар *S* містить значення нахилу у відсотках, і що ми хочемо створити шар перекласифікованих нахилів, який назвемо *S* , з порядками типу:

1. якщо S < 3, то S = 1: низький нахил

2. якщо 3 <= S і S < 10, то S =2: помірний нахил якщо 10 <= S і S < 25, то S =3: середній нахил

3. якщо 25 <= S і S < 50, то S =4: Високий нахил якщо S >= 50, то S =5: Дуже високий нахил

Як бачимо, в цьому випадку рекласифікація передбачає перехід від кількісної змінної до напівкількісної, щоб текстові мітки можна було присвоїти використаним числовим ідентифікаторам. Усі ГІС-програми мають модуль, який дозволяє перекласифікувати шари інформації за подібними критеріями. У GRASS модуль, що відповідає за перекласифікацію, називається r.reclass, приклад типу використовуваного кодування.

2.5 Сусідські або координаційні оператори

Оператори околиць присвоюють кожній клітинці значення, яке є функцією значень набору суміжних клітинок в одному або декількох шарах. Суміжні з коміркою X клітинки плюс сама комірка утворюють околицю. Як правило, ми працюємо з околицями у формі квадрата змінного розміру, розмір визначається як кількість клітинок на стороні квадрата, завжди непарне число (3, 5, 7 і т.д.).

Найпоширенішими прикладами операторів сусідства є фільтрація шарів, статистичні оператори та оператори спрямованості.

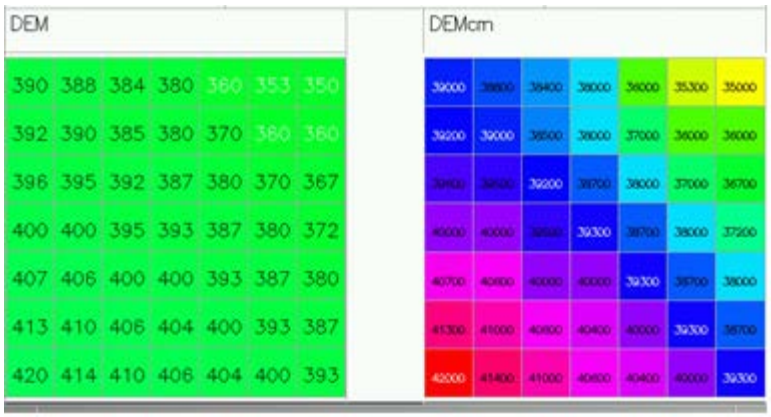


Рисунок 2.7 — Локальний арифметичний оператор

Рисунок 2.8 — Логічний локальний оператор

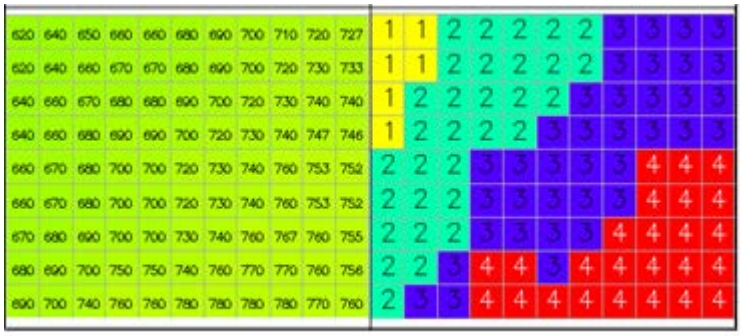


Рисунок 2.9 — Перекласифікація

Фільтрація шарів діє шляхом переміщення вікна, зазвичай 3x3 клітинки, по всьому шару. Це вікно присвоює центральній комірці середньозважене значення значень у 9 комірках, охоплених вікном. Різні вагові коефіцієнти дають різні результати.

Статистичні оператори. Вони обчислюють статистику (середнє, стандартне відхилення, мінімум, максимум тощо) зі значень усіх комірок, що утворюють околицю, і присвоюють її центральній комірці вихідного шару. Наприклад, індекс ландшафтного різноманіття можна визначити як кількість різних видів землекористування у 25 (5x5) комірках, найближчих до даної комірки.

Спрямовані оператори. Вони дозволяють оцінити набір параметрів, пов'язаних з розташуванням різних значень в межах околиці. Їхнє основне застосування - аналіз цифрових моделей рельєфу (нахил, орієнтація, кривизна і т.д.).

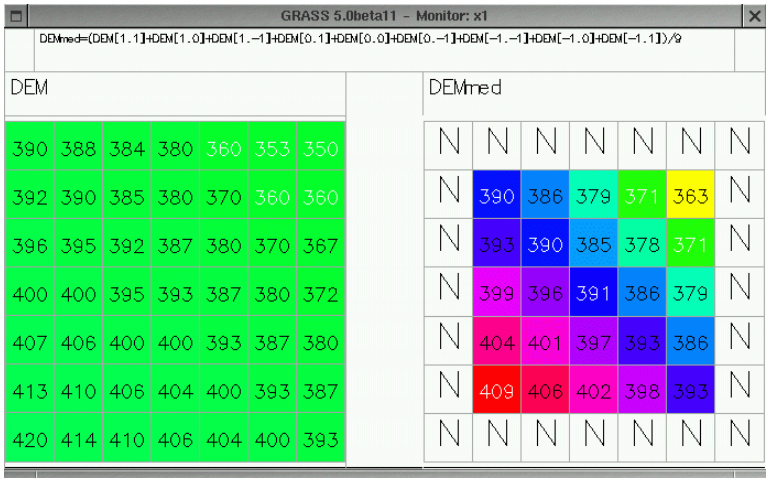


Рисунок 2.10 — Оператор сусідства, фільтр середнього значення

Оператори блоків. Вони діють подібно до операторів області, але замість того, щоб застосовувати вікно до кожної окремої клітинки, переміщуючи його комірку за коміркою, вони застосовуються до цілих блоків того ж розміру, що й вікно, і присвоюють однаковий результат усім клітинкам, включеним до блоку. На рис. 2.9 показано різницю між оператором сусідства і блочним оператором. В обох випадках оператор усереднення застосовується до того самого набору даних.

Блокові оператори дозволяють масштабувати растрові шари, як показано

на рис. 2.11 результат можна розглядати як збільшення розміру комірки.

Ідентифікація однорідних полігонів на картах якісних змінних. Ми починаємо з якісної змінної, наприклад, землекористування, і отримуємо карту, на якій кожній однорідній групі з однаковим значенням присвоюється унікальний ідентифікатор . Таким чином вони перетворюються на карту об'єктів (полігонів).

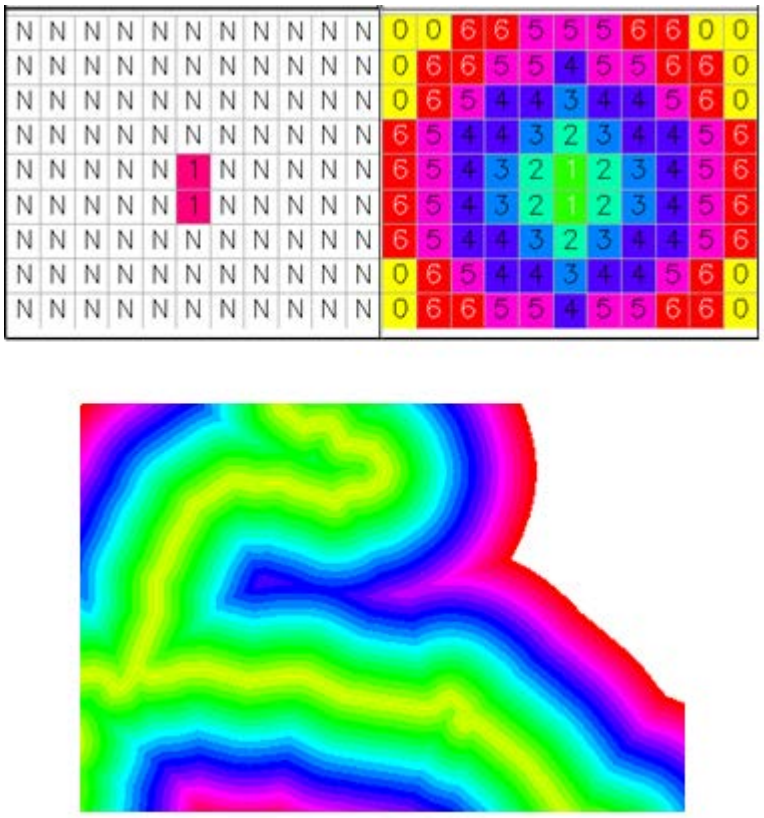


Рисунок 2.11 —Розрахунок відстаней

Прикладами корисності такого оператора можуть бути дослідження візуального впливу сміттєзвалища (чим більша площа, з якої його видно, тим більший вплив) або проектування мережі веж для спостереження за лісовими пожежами (метою буде максимізація площі візуального охоплення кожної з них).

І лінії стоку, і водозбірні басейни, і візуальні басейни майже виключно

застосовуються до цифрових моделей рельєфу і тому будуть більш детально розглянуті у відповідній темі, де також більш детально обговорюватиметься застосування ГІС в галузі гідрології.

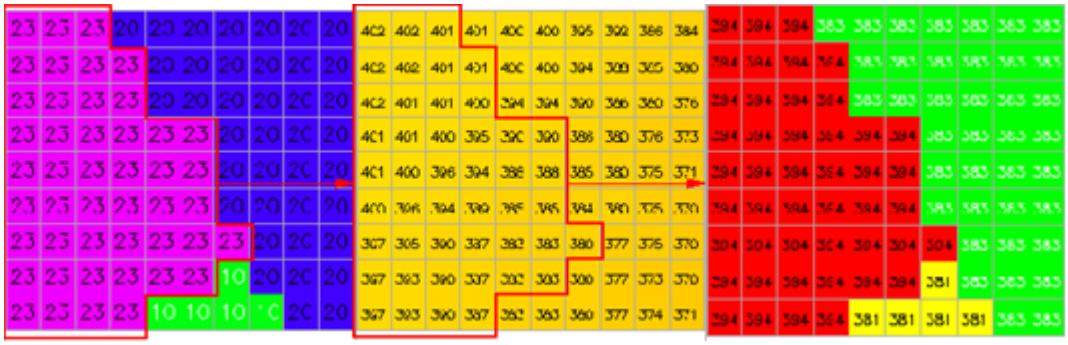


Рисунок 2.12 — Зональний оператор: середня висота за зонами

Зона або оператори зон

Це ті, що обчислюють певний параметр (площа поверхні, периметр, індекси форми, відстані, статистику) для попередньо відомої площі. Це можуть бути різні рівні якісної змінної (наприклад, поверхні з різною літологією) або оцифровані та введені користувачем.

Одним з найпоширеніших випадків є отримання середнього значення кількісної змінної для різних значень якісної змінної (рисунок ??). Наприклад, отримання середньої висоти для кожного типу землекористування з карти рельєфу та карти землекористування.

Інший цікавий випадок - обчислення площі, яку займає кожен з об'єктів на полігональній карті або кожне із значень якісної змінної (в обох випадках оператор однаковий).

Корисність такого типу операторів полягає в тому, що вони можуть подолати аналіз по клітинках, характерний для місцевих або районних операторів, і проводити аналіз на однорідних кластерах клітин. Вони дозволять, наприклад, розрахувати середній нахил земельної ділянки або визначити площу

різних ділянок лісу в певній місцевості, щоб визначити, які з них є придатними для реінтродукції видів.

Глобальні оператори. Оператор евклідової відстані, дозволяє обчислити для всіх комірок їхню відстань до серії об'єктів у растровому шарі. Оператор зваженої відстані дозволяє ввести поняття тертя, тобто вартості перетину кожної комірки. Якщо, наприклад, ми намагаємося визначити найкоротший шлях пішки до об'єкта посеред гірського масиву, ми повинні враховувати більшу чи меншу легкість перетину різних комірок (через нахил, рослинність, наявність стежок і т.д.). Оператор найближчого об'єкта, доповнює попередні, оскільки вказує для кожної клітинки, яка є найближчим об'єктом. Це корисно для розв'язання задач розподілу послуг (лікарні, школи тощо).

Використання оператора розширеної лінії потоку на шарах, що представляють відстані або задані відстані, дозволяє визначити найкоротшу відстань між двома точками з урахуванням різних факторів, що впливають на вартість проходження комірки.

2.6 Картографічне моделювання в растровому форматі

Використання алгебри карт означає вихід за рамки початкового етапу представлення та консультування даних в ГІС і початок більш просунутого використання (аналіз, моделювання процесів, прийняття рішень тощо), що дозволяє вирішувати конкретні просторові проблеми. Для цього необхідно вийти за рамки уявлення про алгебру карт як про набір операторів, які використовуються окремо, і зрозуміти алгебру карт як мову, за допомогою якої можна виражати більш-менш складні моделі, що дозволяють вирішувати проблеми.

Різні ГІС-програми використовують різні стратегії реалізації алгебри карт. Ранні ГІС-програми містили модулі для найпоширеніших операторів (нахил, орієнтація, арифметика). З часом були розроблені модулі загального

призначення, які дозволяли виконувати прості локальні операції, математичні операції між картами або з однією картою; в той час як найпоширеніші операції з районами або областями все ще виконувалися в окремих модулях через їхню складність.

Останні версії найсучасніших ГІС, таких як GRASS, мають модуль, який діє як інтерпретатор мови програмування, що дозволяє здійснювати операції на місцевому рівні, рівні району, розширеного району або області. Більш складні операції з розширеними районами (басейнами водозбору або річковими басейнами) все ще виконуються в окремих модулях, оскільки їх складно програмувати і вони працюють за дуже негнучкими схемами, які завжди будуть виконуватися однаковим чином.

Відповідно до системного підходу до ГІС, алгебра карти - це набір операторів, а кожен оператор - це компонент інформаційної системи, який перетворює набір інформаційних входів у набір виходів. Входами і виходами можуть бути не тільки просторові шари, але й таблиці або візуалізації на екрані чи принтері .

Цей тип графіків називається блок-схемами і широко використовується як в системній динаміці, так і в комп'ютерному програмуванні. Для розробки цих діаграм було запропоновано кілька методів, хорошим варіантом є представлення карт за допомогою прямокутників, а модулів - за допомогою овалів. Зв'язки між елементами зображуються стрілками.

Оскільки оператори алгебри карт беруть один або кілька вхідних шарів і створюють вихідний шар, ГІС-аналіз можна уявити як своєрідний логічний "Меккано", за допомогою якого різні частини (оператори) збираються в складні аналізи, які в кінцевому підсумку утворюють нові макрооператори. Ми також можемо уявити набір операторів як електронні компоненти або частини Меккано, які можна з'єднати разом, щоб налаштувати систему відповідно до наших потреб, тобто, щоб вирішити проблему.

У нижній частині рисунка показано, як ці модулі комбінуються для

розв'язання задачі з картографічної алгебри, починаючи з 3 карт і закінчуючи картою і таблицею. Для розв'язання задачі будуть задіяні не тільки операторні модулі ГІС, але й інші програми, присутні в операційна система і навіть інструменти, розроблені користувачем. У деяких випадках ці інструменти створюються шляхом комбінування деяких операторів, що призводить до появи нового макрооператора .

Концептуалізація та формулювання просторової проблеми за допомогою картографічного моделювання

Застосування цих ідей до вирішення проблем у середовищі ГІС вимагає, перш за все, декомпозиції поставленої проблеми на низку підпроблем, а тих, у свою чергу, на інші, доки вони не будуть перетворені на низку операторів, пов'язаних між собою у блок-схему, які передають і перетворюють просторову інформацію.

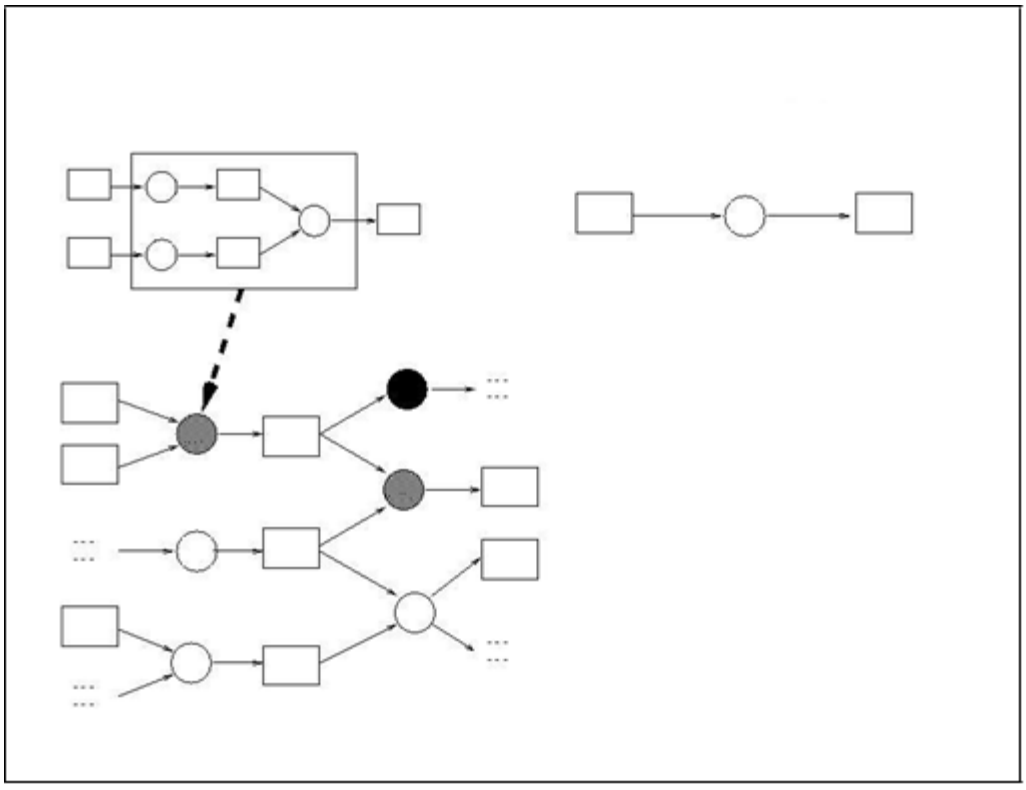


Рисунок 2.13 — Застосування операторів за допомогою алгебри карт

Першим кроком у розробці моделі для вирішення просторової задачі є

визначення того, як модель повинна працювати. Для цього почніть з чіткого визначення кінцевого результату, який ви хочете отримати (зазвичай це одна або кілька карт і деякі звіти), і застосуйте наступну рекурсивну процедуру:

Кожна операція алгебри карт передбачає оцінку змінної за іншими змінними, а отже, передбачає наявність помилок.

Помилки можуть походити з джерел або виникати в процесі оцифрування та подальшої обробки даних. Крім того, помилки можуть поширюватися і збільшуватися при виконанні операцій над даними. Бажано, щоб джерела даних інформували про очікувані помилки в даних.

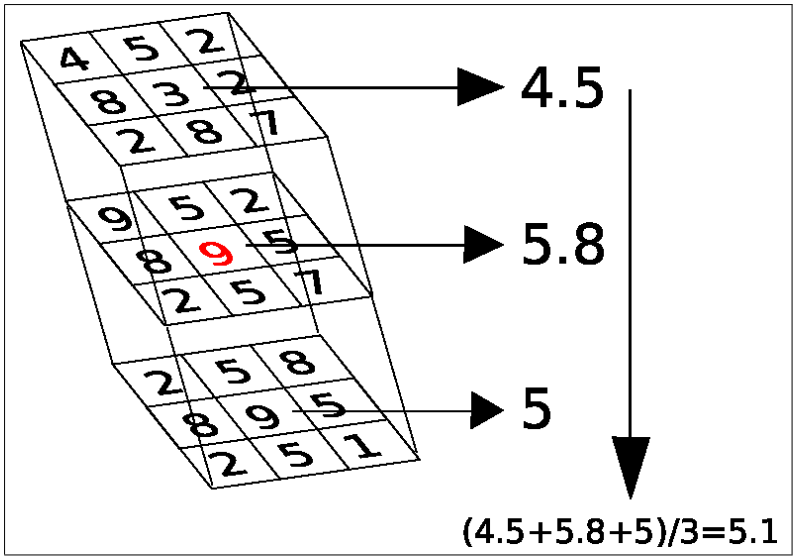


Рисунок 3.13 — Емуляція тривимірного середнього оператора

Оцифрування пов'язане з помилками в розташуванні оцифрованих об'єктів. Похибка оцифрування в один міліметр на карті масштабу 1:50 000 означає похибку в 50 метрів, яка додається до власної початкової похибки карти.

3 ЦИФРОВА ОБРОБКИ КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ

3.1 Класифікація методів обробки зображень карт

Обробка картографічних зображеннь з метою їх ідентифікації є однією з ключових і практично значущих викликів при розробці систем штучного зору. Це важливий аспект, який вимагає особливої уваги, оскільки він має безпосередній вплив на ефективність та надійність таких систем.

Проблема має явно виражений комплексний ієрархічний характер і включає в себе ряд ключових етапів: сприйняття поля зору, сегментація, нормалізація виділених об’єктів, розпізнавання. Особливо важливий обов’язковий етап, як розуміння (інтерпретація) зображень, включається частково в етап сегментації і остаточно вирішується на етапі розпізнавання. Це важливо для забезпечення точності та надійності процесу розпізнавання.

Основним елементом будь-якої задачі розпізнавання зображень є відповідь на питання: чи відносяться дані (вхідні) зображення до класу зображень, який представляє даний еталон? На перший погляд, відповідь можна отримати, порівнюючи безпосередньо зображення з еталонами (або їх ознаки). Однак виникає ряд труднощів і проблем, специфічних, особливо, при створенні систем технічного зору (СТЗ). Це включає в себе виклики, пов’язані з обробкою великих обсягів даних, варіативністю умов освітлення та перспективи, а також необхідністю врахування різноманітних факторів, таких як шум, спотворення та інші виклики, що виникають при роботі з реальними зображеннями.СТЗ обробки картографічних зображень відповідно до схеми, наведеної на рис.3.1. На схемі вказані процедури і методи обробки .

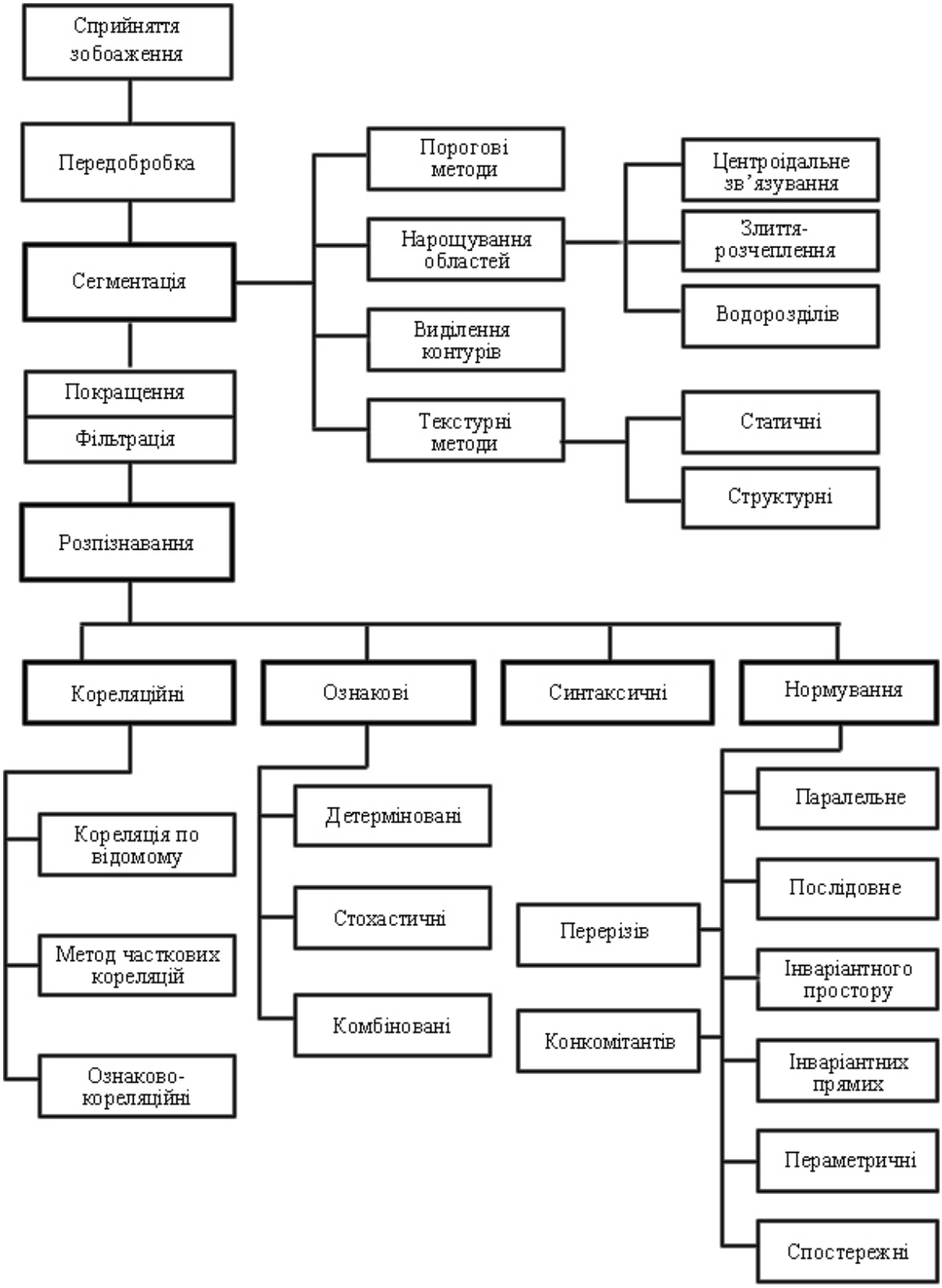


Рисунок 3.1 – Основні методи аналізу зображень

Операція перед-обробки застосовується практично завжди після зняття інформації з відео датчиків і має на меті зниження перешкод на зображенні, що виникли в результаті дискретизації і квантування, а також придушення

зовнішніх шумів. Як правило, це операції усереднення і вирівнювання гістограм.

3.2 Сегментація зображень та її роль в картографії

Сегментація, яка зазвичай визначається як процес виявлення однорідних регіонів на зображенні, є важливим етапом, який є досить складним і в загальному вигляді не алгоритмізований до кінця для довільних зображень. Найбільш поширені методи сегментації, засновані на визначенні однорідної яскравості (кольорів) або однорідного типу текстур, є важливими інструментами в цьому процесі.

При наявності стабільних відмінностей в яскравості окремих областей поля зору, застосовуються порогові методи. Методи нарощування областей є ефективними при наявності стійкої зв’язності всередині окремих сегментів. Метод виділення кордонів є добре застосованим, якщо межі досить чіткі і стабільні. Ці методи служать для виділення сегментів за критерієм однорідної яскравості. Варто зазначити, що один з найефективніших методів нарощування областей передбачає вибір початкових точок або за допомогою оператора (алгоритм центроідального зв’язування), або автоматично. Особливо ефективним тут видається метод водорозділів, заснований на пошуку локальних мінімумів з подальшою угрупованням навколо них областей по зв’язності.

Всі ці методи є дуже прийнятними з точки зору обчислювальних витрат, однак, для кожного з них характерна неоднозначність розмітки точок в реальних ситуаціях через необхідність застосування евристик (вибору порогів збігу яскравості, вибір цифрових масок і т.д.). У зв’язку з цим, заслуговує на увагу запропонований метод багатозначної розмітки, заснований на комбінації різних прийомів для зниження невизначеності. Важливе практичне значення мають алгоритми прискорення процесу розмітки, які допускають паралельну

обробку на основі логічного аналізу сусідніх елементів. Це важливий аспект, який допомагає забезпечити ефективність та швидкість процесу розмітки, що є критичним для реального часу та великих обсягів даних. [3].

Для аналізу та розбиття характеристик зображень, таких як однорідність, шорсткість, регулярність, використовуються текстурні методи, які умовно поділяються на дві категорії: статистичні та структурні. Прикладом статистичного підходу є застосування матриць співпадінь, які формуються з вихідних зображень, з подальшим обчисленням статистичних моментів і ентропії. У контексті структурного підходу, наприклад, на основі мозаїки Вороного, створюється множина багатокутників. Багатокутники зі спільними характеристиками об'єднуються в регіони. Для дослідження загальних характеристик часто використовуються атрибути - моменти багатокутників.

Після сегментації виникають перешкоди у вигляді, як різних змін ізольованих елементів зображення, так і у вигляді спотворень деяких зв'язкових областей. Не зупиняючись детально на методах боротьби з подібними перешкодами, відзначимо лише, що на практиці найбільшого поширення набули цифрові фільтри-маски і нелінійні фільтри типу медіанних. При цьому у разі сегментації шляхом виділення меж використання усереднюючих фільтрів-масок неможливо, так як межі при цьому не підкреслюються, а розмиваються. Для підкреслення контурів застосовуються спеціальні оператори інтегрального типу.

3.3 Розпізнавання образів в системах технічного зору

Розпізнавання - це зазвичай останній етап обробки, який лежить в основі процесів інтерпретації та розуміння. Вхідними для розпізнавання є зображення, виділені в результаті сегментації і, частково, відреставровані. Вони відрізняються від еталонних геометричними спотвореннями і спотвореннями яскравості, а також збереженими шумами. Задача розпізнавання зображень може складатись з багатьох аспектів та вирішуватися багатьма шляхами. Суть

задачі розпізнавання образів полягає в тому, щоб віднести вхідні дані до певного класу за допомогою виділення істотних ознак із загальної маси несуттєвих даних. Розпізнавання образів є однією з найфундаментальніших проблем теорії інтелектуальних систем. З іншого боку, задача розпізнавання образів має величезне практичне значення. Немає універсального методу для вирішення усіх задач комп'ютерного зору. Для кожної задачі необхідно вибирати свій підхід.

3.4 Розробка структурної схеми системи технічного зору

Розроблювана система складається з апаратної та програмної частини.

Апаратна частина включає в себе оптичну систему. А також блок попередньої обробки зображення, блок керування. Крім того зовнішню пам'ять на накопичувачі та Flesh пам'ять, порт для передачі.

Програмована частина складається з: для обробки даних отриманих оптичною системою та ллгоритму обробки зображення та виділення ключових точок. Програми співставлення ключових точок з еталонами.

Розроблена структурна схема системи технічного зору наведена в додатку А. Ключовим елементом в схемі є блок управління. він виконує задачі прийняття та оброблення картографічних даних. А також математичні розрахунки при виділення ключових ознак із отриманих результатів.

Розглянемо можливі реалізації структурних блоків даної схеми та оберемо найдоцільнішу конфігурацію системи технічного зору, яка задовольняє поставленим задачам.

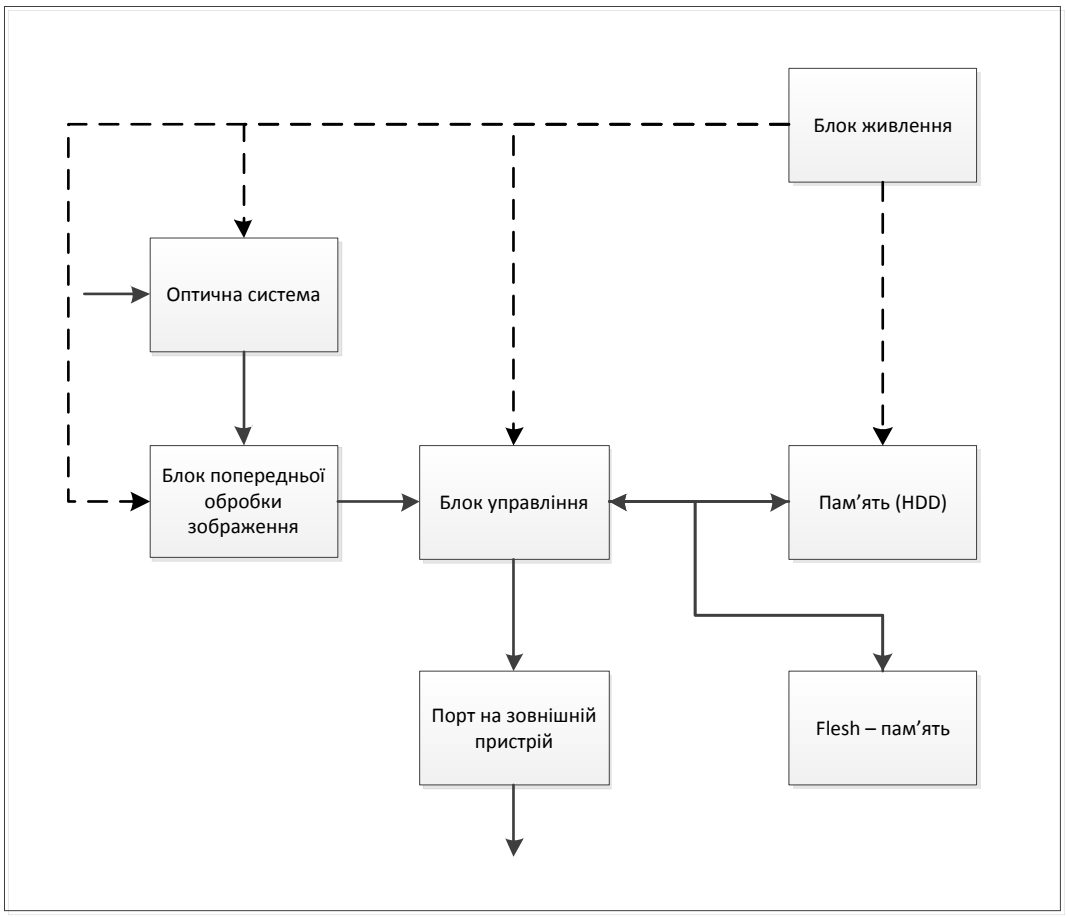


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи технічного зору

Використання комп'ютера для цього блоку керування є найоптимальнішим вибором. Оскільки прийнятий сигнал з оптичної системи обробляється на комп'ютері за допомогою спеціального пакету програмного забезпечення, який забезпечує необхідні перетворення та обробку даних (драйверами). Існує можливість етапної перевірки результатів моделювання та тестування розробленого рішення. Є можливість моделювати блок керування на іншій елементній базі. Цей варіант також добре підходить для систем, які не повинні бути в русі. Це особливо корисно для задач відеоспостереження, контролю якості та ін.

Реалізація блоку керування за допомогою ПК є доцільною для розроблюваної системи технічного зору, оскільки, як вже зазначалося, ПК має набір прикладних програм, немає потреби розробляти складну систему

керування та програмування потоків даних, оскільки це реалізується за допомогою операційної системи. Тому для СТЗ ми обираємо цю реалізацію блоку керування. Як вже було визначено в попередньому пункті, на блок керування приходить цифровий сигнал з блоку попередньої обробки. Крім того, комп’ютери можуть мати вбудовану оптичну систему.

Додаткова пам’ять у системах технічного зору необхідна для зберігання баз даних класифікації об’єктів, накопичення інформації, ведення журналу та ін. В деяких випадках система технічного зору керує більш складними процесами, тому слід передбачити вихід на зовнішній пристрій індикатор, перемикач, двигун, іншу більш складну систему автоматики та керування.

Також важливим питанням є вибір блоку живлення для цієї системи технічного зору, оскільки для малопотужних систем необхідно використовувати акумулятор з достатнім зарядом, який зможе забезпечити довготривалу роботу системи. Оскільки в якості блока керування використовується комп’ютер, то всі наведені в цьому розділі блоки інтегровані в цей блок.

3.5 Розробка алгоритму обробки зображення та виділення ключових точок

За розглянутим методом в попередньому розділі було розроблено та винесено в додаток Б алгоритм (див. рис. 5.1) виділення ключових точок і побудови дескриптора. Як можемо бачити з рисунку 5.1 першим блоком даної блок-схеми йде не початок, а назва функції це пов’язано з тим, що даний модуль виділення ключових точок може бути включений до інших програм.

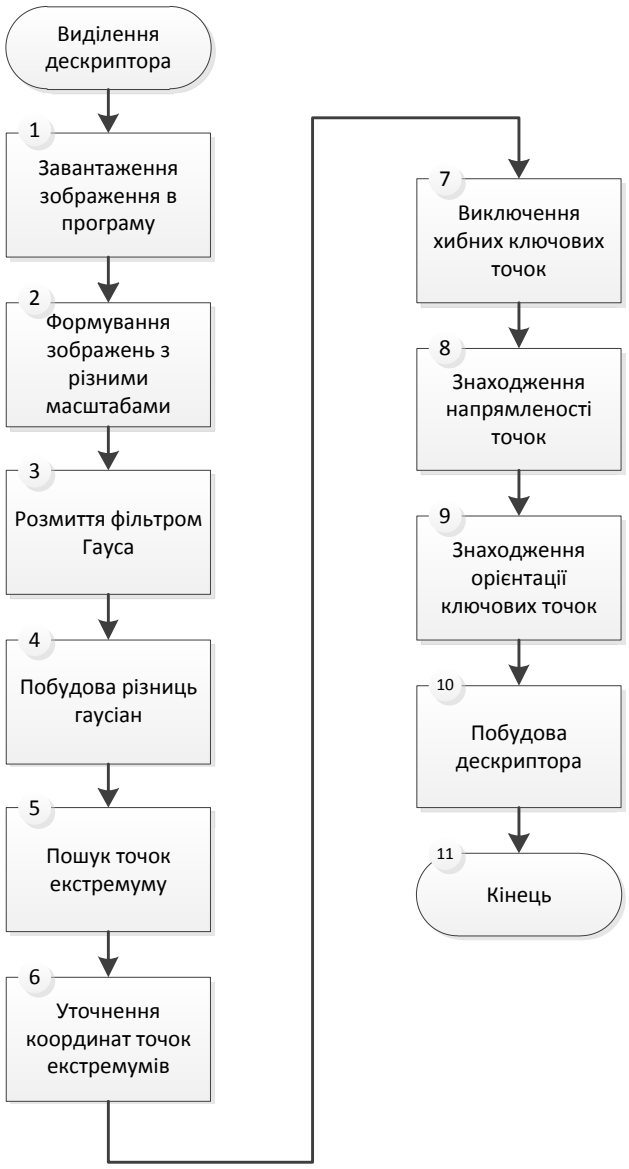


Рисунок 5.1 – Блок-схема алгоритму побудови дескриптора

Першочергово виконується завантаження зображення з оптичної системи (вершина 1). На комп’ютер зображення приходить в відповідному форматі, готовому для обробки, що забезпечує апаратна частина оптичної системи.

Наступним кроком виконується масштабування зображення (вершина 2). На даному етапі формується визначена кількість копії зображення в масштаб, що в двічі менше за сформоване зображення на попередньому кроці. Дана операція виконується шляхом проріджування зображення (виключення кожного другого рядка та стовпця матриці) та розмиття його фільтром Гауса. На

першому кроці береться вхідне зображення без розмиття. Як зазначалось в попередньому розділі, побудова піраміди Гауса забезпечить інваріантність, що до масштабу.

Далі виконується розмиття усіх масштабованих зображень (вершина 3) з різним радіусом ядра Гауса, що забезпечить формування октави гаусіан, яка буде необхідною для подальшого використання.

3.6 Програмна реалізація методу інтерполяції з точок картографічних елементів

Різні методи інтерполяції можна розділити на два основні типи:

Глобальні методи, що використовують всю вибірку для оцінки значення в кожній новій точці.

Локальні методи, що використовують лише найближчі точки відбору проб.

Глобальні методи передбачають залежність змінної, що інтерполюється, від інших опорних змінних. Залежно від типу використовуваної допоміжної змінної можуть виникнути дві ситуації:

Варіації Z в межах різних класів V є випадковими і не є просторово автокорельованими.

Найпоширенішим методом інтерполяції отриманих змінних є спочатку використання глобальної процедури, якщо це можливо з фізичних міркувань. Наприклад, температура знижується з висотою, тому, якщо є карта висот і температур, виміряних в обсерваторіях на відомій висоті, легко оцінити регресійну модель, а потім застосувати її за допомогою методів алгебри карт, розглянутих у попередніх темах. У випадку властивостей ґрунту, вони залежать від типу та використання ґрунту, тому процедура класифікації дасть хороші результати.

Після застосування глобального методу слід проаналізувати залишки,

тобто різницю між початковими виміряними значеннями та значеннями, розрахованими за допомогою цього методу. Якщо ці залишки не відповідають умовам, викладеним у попередньому розділі (особливо якщо вони не є просторово незалежними), для інтерполяції цих залишків слід використовувати локальні методи, оскільки очевидно, що існує локальна структура просторових варіацій, незалежна від загальної структури, змодельованої глобальними методами.

Інтерполяція з контурних ліній

Інтерполяція з точок необхідна, коли апріорі нічого не відомо про просторовий розподіл змінної і необхідно виміряти її в серії вибіркових точок, з яких можна оцінити її просторовий розподіл.

У випадку топографії, якщо ми маємо топографічну карту, справа дещо інша, оскільки ми маємо справу не з точками, а з ізолініями, отриманими в результаті аналізу пар стереоскопічних кадрів.

Процедура полягає в тому, щоб, по-перше, оцифрувати контурні лінії, а по-друге, використати одну з програм для інтерполяції кривих. Загалом, основа всіх цих методів полягає у виконанні лінійної або поліноміальної інтерполяції між кривою та кривою. Як правило, після того, як контурні лінії доступні в цифровому форматі, потрібно виконати три процедури:

Векторна растеризація та інтерполяція за значеннями комірок,

Пряма інтерполяція з контурних ліній за допомогою сплайнів,

Розкладання контурних ліній на точки та інтерполяція з використанням нерегулярної сітки тріангуляції.

Оскільки останні два способи вже частково розглядалися в попередніх розділах, нижче розглядаються проблеми інтерполяції з растрових контурних ліній. Ця процедура широко використовується майже у всіх ГІС і є надійним методом інтерполяції.

Існує три основні проблеми, які можуть призвести до помилок і які іноді нелегко виправити:

Криві повинні бути замкнутими і обрізати межі створеного растрового шару, це проблема паперових картографічних файлів, оскільки контурні лінії можуть бути обрізані для вставки міток висот.

Якщо криві растровані, вони не повинні перекриватися, оскільки на практиці це еквівалентно тому, що деякі криві не будуть замкнені.

Растрові контурні лінії зберігають своє значення, надаючи матриці висот віялоподібного вигляду.

Перша проблема вирішується на етапі оцифрування і не є серйозним ускладненням. Одним із рішень може бути ручне ретушування контурних ліній растру, але це не тільки забирає багато часу, але й призводить до довільного зсуву контурних ліній. Іншим більш прийнятним рішенням є створення ЦМР особливо крутих ділянок з меншою роздільною здатністю. Потім ці матриці висот можна зменшити до відповідного розміру комірки і накласти на оригінал. Щодо третьої проблеми, то рішенням буде використання растрового шару контурних ліній і збереження відфільтрованих значень растрового шару контурних ліній. Нарешті, остання з проблем вирішується за допомогою

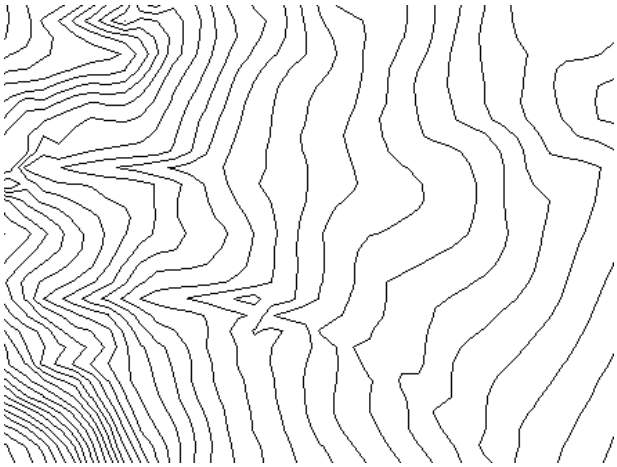


Рисунок 3.3 — Контурні лінії у векторному форматі

Як приклад, на рис.3.3 показано набір контурних ліній, на основі яких має бути інтерпольована матриця висот. На рисунку ?? показано результат

растрування цих контурних ліній з надмірно великим розміром комірки та з відповідним розміром комірки. Логічно, що результат першої інтерполяції буде поганим.

Рисунки 3.3 показують проблему вертикальної точності кривих. У першому випадку криві побудовані в метрах, і результуюча матриця висот показує повторення в сусідніх комірках, які не обов'язково повинні відбуватися, тому карта схилів є явно помилковою. З іншого боку, якщо контурні лінії перевести в сантиметри (рисунок ??), то і ЦМР, і карта схилів стають набагато кращими.

Модель містить не лише чітку інформацію про висоту на місцевості, вибрану в різних точках (TIN-модель) або комірках (растрова модель), але й інформацію про зв'язки (відстань та сусідство) між різними значеннями висоти. Це дозволяє обчислювати за допомогою різних процедур алгебри карт нові топографічні змінні. [2]На рисунку показано цифрову модель рельєфу невеликої ділянки площею трохи більше 2 *км,* розташованої за кілометр на південь від Плієго. ЦМР створена з контурних ліній у масштабі 1:5000 і буде використана для представлення різних похідних карт.

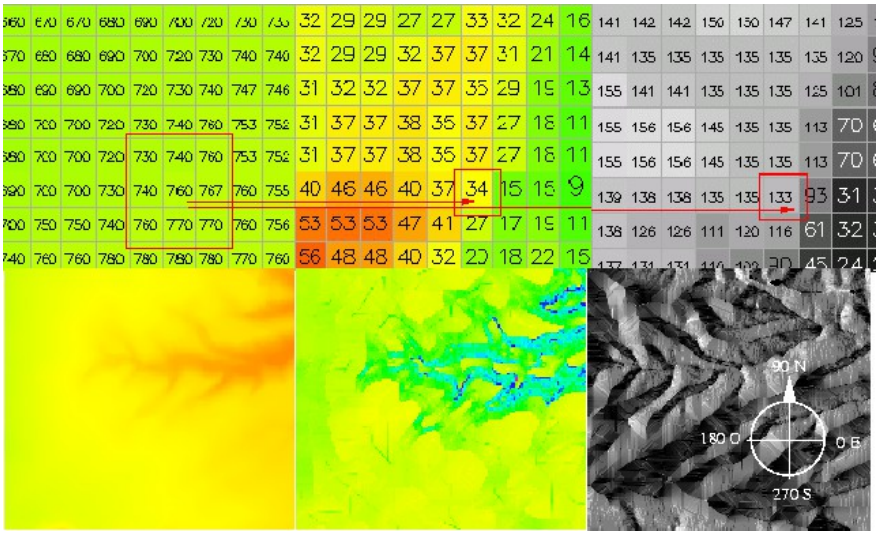


Рисунок 3:4— Оператор сусідства, розрахунок нахилів та орієнтації

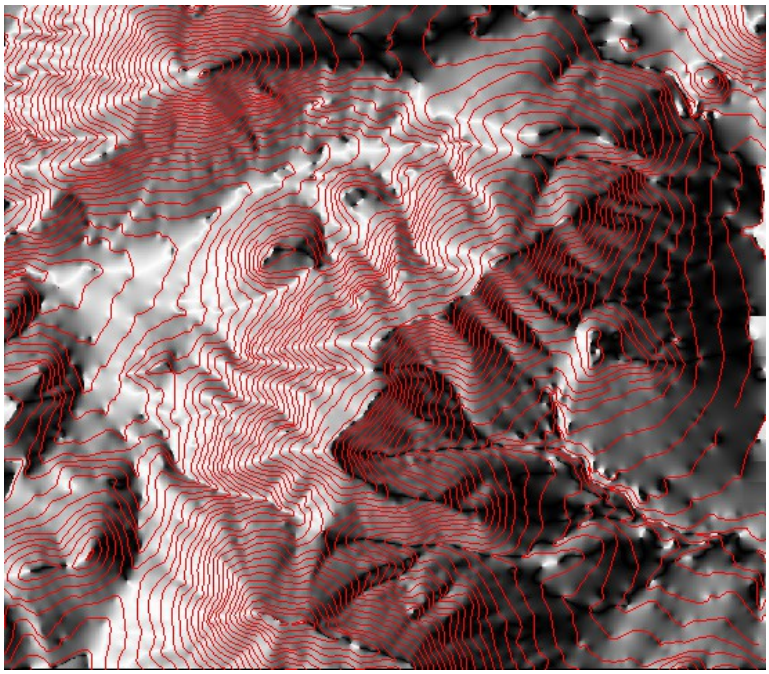


Рисунок 3.5 — Приклад обробки картографічного зображення

Параметри, які було розглянуто (нахил, орієнтація, кривизна та шорсткість), утворюють набір нових растрових шарів. Таким чином, кожна комірка переходить від характеристики одним значенням висоти до представлення набору змінних, які можуть бути використані для характеристики, з геоморфометричної точки зору, різних комірок в одиницях ландшафтного типу. Однак не слід забувати про сильну залежність усіх цих параметрів від масштабу.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі була вивчена ефективність застосування процесу сегментації зображення в контексті поставленої проблеми. Отримані результати продемонстрували порівняно високу швидкодію та потенціал для використання алгоритму в режимі реального часу. Було проведено аналіз різних методів аналізу картографічних зображень, а на основі отриманих результатів було розроблено алгоритм для виявлення ізоліній на зображенні.

Обробка та аналіз цифрових зображень вимагає технологій, розроблених для роботи з великими даними. Яскравим прикладом системи, яка використовує інструменти, розроблені для великих даних, є географічні інформаційні системи (ГІС), де обробляється все більше і більше інформації в різних масштабах. Наприклад, для певної географічної області можна об'єднати інформацію про топографію, рослинність, вологість, геологію, транспортні шляхи, населення тощо.

Розробка програмного забезпечення відбувалася в декілька етапів, які включали в себе детальний аналіз області застосування та концепцій сегментації зображення, обґрунтування вибору алгоритмічної основи, розробка послідовного алгоритму роботи для сегментації зображення, розробка програмної реалізації, порівняльна оцінка характеристик алгоритмів Оцу та градієнтного методу.

Результати роботи будуть відображатися за дуже короткий проміжок часу, що свідчить про високу швидкість обчислень та виявлення картографічних елементів на зображенні. Визначені лінійні ділянки дозволили встановити пороги сегментації на обох типах зображень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кожем’яко В.П. Погляд на природу штучного інтелекту / В.П. Кожем’яко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – № 1. – С. 26-30. – ISSN 1997-9266.

2. Попов М. Організація функціонального просторового середовища для вирішення завдань розпізнавання об’єктів / М. Попов, В. Безкровний // Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів (УкрОБРАЗ’94): Друга Всеукр. міжнар. конф., 20-24 грудня 1994 р.: праці. – К., 1994. – С. 109-112.

3. Кожем’яко В.П. Квантові перетворювачі на оптоелектронних логіко-часових середовищах для око-процесорної обробки зображень / В.П. Кожем’яко, Т.Б. Мартинюк, О.І. Суприган, Д.І. Клімкіна. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 126 с. – ISBN 978-966-641-219-8.

4. Хьюбел Д.Х. Глаз, мозг, зрение / Д.Х. Хьюбел; пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 239 с.

5. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: навч. посібник /А.В. Катренко.– Львів: Новий світ, 2000. – 424 с.

6. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ / Ю.П. Сурмин. – К.: МАУП, 2003.– 368 с. – ISBN 966-608-290-X.

7. Bernal, J. Feature Detectors and Feature Descriptors: Where We Are Now / J. Bernal, F. Villarino, J. Sanchez // CVC Technical Report # 154. — 2010. — P. 1 — 108.

8. Lowe, D. G. Distinctive Image Features From Scale-Invariant Keypoints / D.G. Lowe // Internation Journal of Computer Vision 60. — 2004. — Vol. 4. — P. 91 — 110.

9. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications / Richard Szeliski., 2010. – 993 с.

10. Mehmet Sezgin and Bulent Sankur, Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation, Journal of Electronic Imaging 13(1), 146–165 (January 2004). doi:10.1117/1.1631315.

11. Nobuyuki Otsu, « A threshold selection method from gray-level histograms », IEEE Trans. Sys., Man., Cyber., vol. 9, 1979, p. 62–66 (DOI 10.1109/TSMC.1979.4310076).

12. Кожем’яко В.П., Колесницький О.К., Рейда О.М., Гринчишин Р.М. Проектування та аналіз оптичних телескопічних систем. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 81 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ

БАКАЛАВРСЬКОЇ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: « Оптико-електронна система оброблення фотокартографічних зображень »

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра БМІОЕС

Науковий керівник: Кожем'яко А.В., к.т.н., доцент каф. БМІОЕС

Показники звіту подібності:

Unicheck	
Оригінальність	92,3
Схожість	8,7

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

☐ **1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.**

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований системою щодо роботи

Автор _____ Демчишин Я.А.
(підпис)

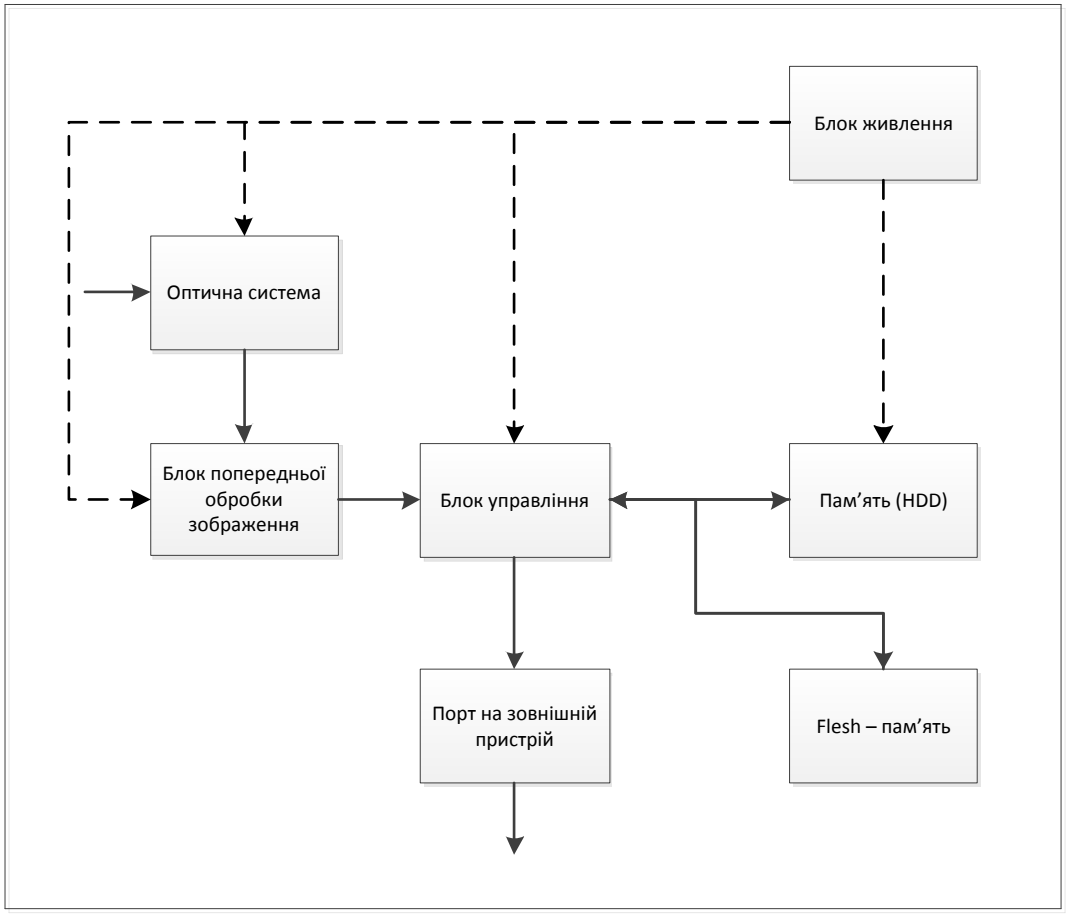
Опис прийнятого рішення Робота допускається до захисту

Особа, відповідальна за перевірку _____ Тужанський С.Є.
(підпис)

Додаток Б

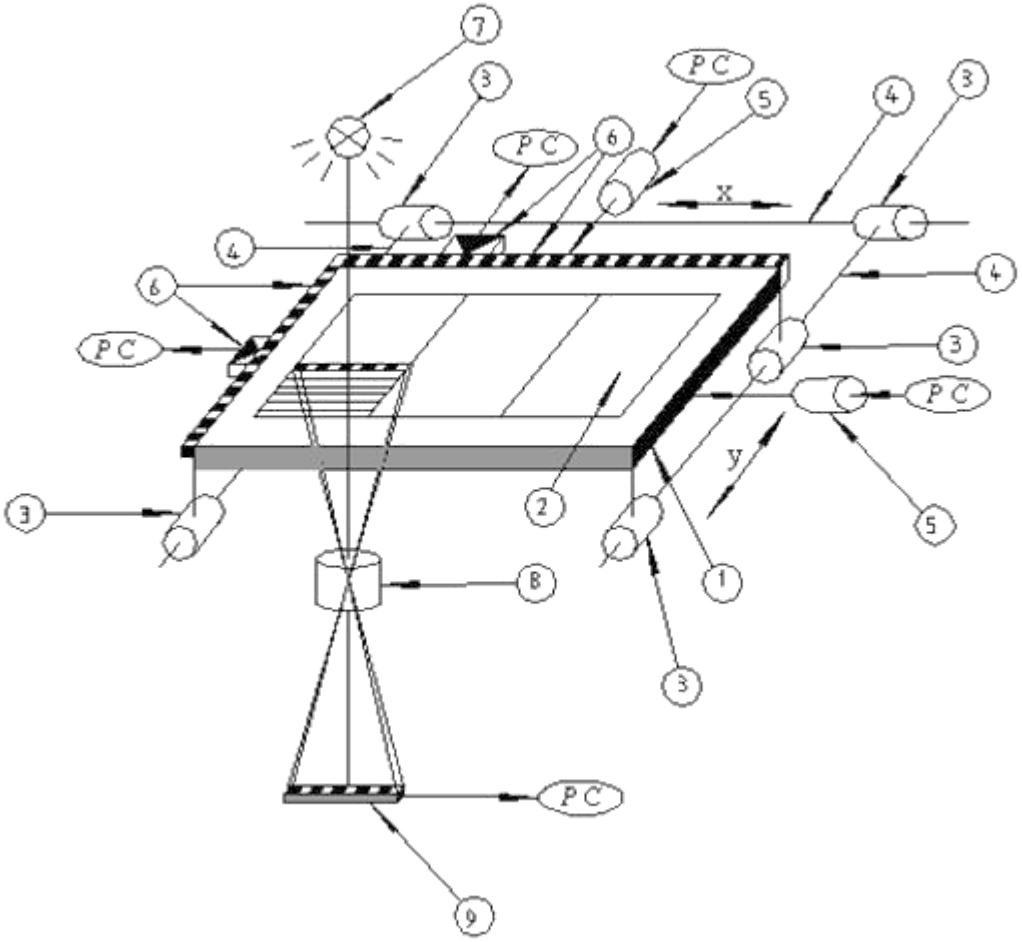
Оптико-електронна система аналізу картографічних зображень.

Схема електрична структурна



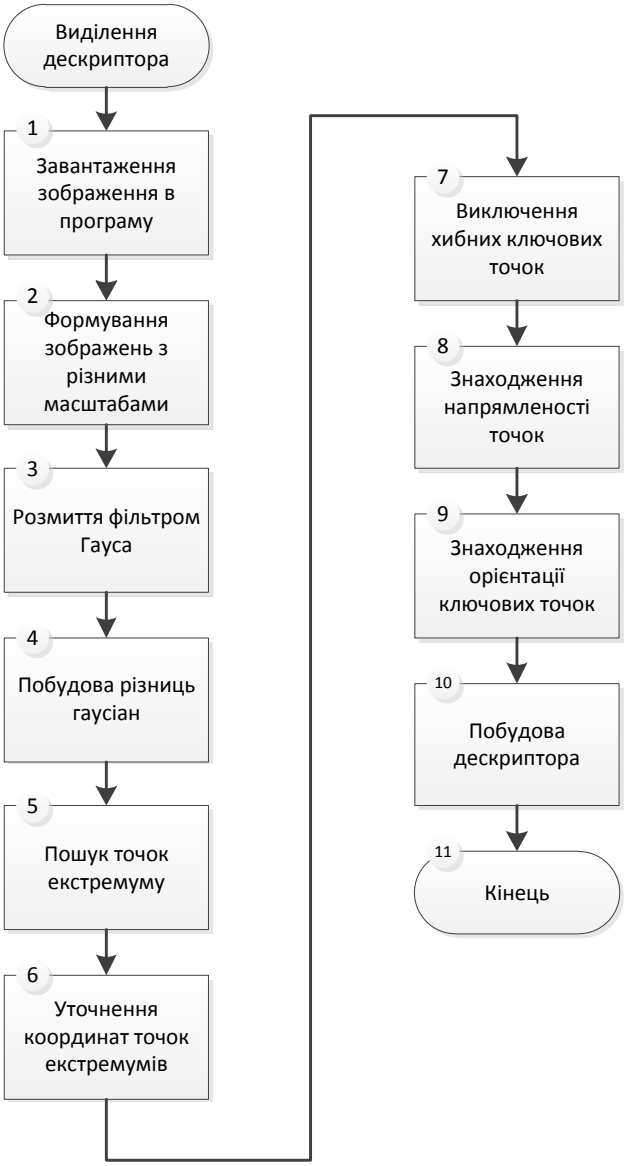
Додаток В

Схема структурна фотокартографічного сканера



Додаток Г

Блок-схема алгоритму



Додаток Д

Код програми біінарізації та сегентації

```
# coding=utf-8
import numpy as np
import cv2
import tflearn


def main():
    print("OpenCV version: " + cv2.__version__)
    filename = 'secondSample.jpg'
    picture = cv2.imread(filename)
    print("Image loaded: " + filename)

    print("Image binarization and thresholding")
    gray_img = gray_style_converter(picture)
    binarized, black = binarize_img(gray_img)
    cv2.imwrite("gray.jpg", gray_img)
    cv2.imwrite("black.jpg", black)
    print("Start analyzing the image")
    picture = cv2.imread(filename, 0)
    template = cv2.imread("data/symbols/1.png", 0)
    result = cv2.matchTemplate(picture, template, cv2.TM_CCORR_NORMED)

    height = result.shape[0]
    width = result.shape[1]
    for i in range(0, height):
        for j in range(0, width):
            if result[i][j] >= 0.95:
                print(str(i) + " " + str(j))
    resolve(black)
```

```
def binarize_img(image):
    height = image.shape[0]
    width = image.shape[1]
    result = np.zeros([height, width], np.ubyte)
    ret, thresh = cv2.threshold(image, 127, image.max(), cv2.THRESH_TOZERO)
    midle = image.max() / 2
    for i in range(0, height):
        for j in range(0, width):
            if image[i][j] < midle:
                result[i][j] = 255
            else:
                result[i][j] = 0
    thresh = cv2.blur(thresh, (3, 3))
    return thresh, result


def gray_style_converter(image):
    b, g, r = cv2.split(image)
    result = np.around(0.2125 * r + 0.7154 * g + 0.0721 * b).astype(np.uint8)
    return result


# функції активації
def f(x):
    return 1 / (1 + np.exp(-x))


def nonlin(x, deriv=False):
    if deriv:
        return f(x) * (1 - f(x))
```

```
    return 1 / (1 + np.exp(-x))


def resolve(image):
    template = cv2.imread("data/symbols/1.png", 0)
    template2 = cv2.imread("data/symbols/2.png", 0)
    template3 = cv2.imread("data/symbols/3.png", 0)
    template4 = cv2.imread("data/symbols/4.png", 0)

    vesa = 2 * np.random.random((template.shape[1], template.shape[0])) - 1
    vesa2 = 2 * np.random.random((template2.shape[1], template2.shape[0])) - 1
    vesa3 = 2 * np.random.random((template3.shape[1], template3.shape[0])) - 1
    vesa4 = 2 * np.random.random((template4.shape[1], template4.shape[0])) - 1

    for iter in xrange(100000):
        first = nonlin(np.dot(template, vesa))
        second = nonlin(np.dot(template2, vesa2))
        third = nonlin(np.dot(template3, vesa3))
        fourth = nonlin(np.dot(template4, vesa4))
```