

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ**

*Кременчуцький льотний коледж*

*Циклова комісія аеронавігації*

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни

Авіаційна географія (Геоінформаційні системи та картографія)  
обов'язкових компонент освітньої програми першого рівня вищої освіти

*Аеронавігація*

**За темою №6 – «Геоінформаційні системи»**

**Харків 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Педагогічною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації  
Протокол від 29.06.2023 №14

**Розробник:**

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст 2-й категорії Ємець В.В.

**Рецензенти:**

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, викладач-методист Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф.

### **План лекції**

1. Поняття про геоінформатику та географічні інформаційні системи
2. Компоненти інформаційних систем
3. Географічні дані
4. Геоінформація та задачі геоінформатики
5. Визначення ГІС та галузі її застосування
6. Компоненти ГІС
7. Функції ГІС
8. Моделі даних у ГІС
9. Векторна і растрова моделі даних

### **Рекомендована література**

#### **Основна**

1. В.І. Зацерковний, В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, А.О. Терещенко  
Геоінформаційні системи і бази даних. Монографія. Ніжин: НДУ ім. М.  
Гоголя, 2014 р.

#### **Додаткова**

2. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем. Навч.  
посібник – Х.:ХНАМГ, 2010

#### **Інформаційні ресурси в мережі Internet**

3. <https://www.google.com.ua>
4. <https://3planeta.com/gps-tools/ru/index.html>

## 1. Поняття про геоінформатику та географічні інформаційні системи

Термін «геоінформатика» складається з трьох слів: *географія*, *інформація* й *автоматика*, які вказують на три складові частини і три основні джерела цієї наукової дисципліни.

Предметом геоінформатики є безліч просторово-часових інформаційних потоків, які охоплюють інформацію про географічне, геологічне та космічне середовища. Вона вивчає принципи, техніку і технологію одержання, накопичення, передачі, обробки та подання даних, які мають просторово-часову прив'язку, тобто географічно координовані дані.

Геоінформатика інтегрує в себе теорію, методи й традиції класичної картографії та географії з можливостями і апаратом прикладної математики, інформатики і комп'ютерної техніки. Поєднання цих наук отримало назву «*геоматика*», яка займається зв'язком необхідних прикладних задач з можливостями людини, обчислювальної техніки і програмних засобів, що опрацьовують географічну (просторову) інформацію і передають її споживачам за допомогою комп'ютерної техніки і каналів зв'язку.



Рисунок 1. Предмет і методи геоінформатики

Геоінформатика надає можливість, з одного боку, об'єднати науки про Землю, а з іншого – забезпечує їх взаємозв'язок з іншими науками як природного, так і гуманітарного напрямів.

У прикладних задачах ГІС виступають як засіб прийняття рішень, а в наукових дослідженнях ГІС виступають як системи, що спрямовані на одержання нових знань і наукових даних.

### ***Класи вирішуваних завдань***

- ***Інформаційно-довідкові завдання:*** ГІС дозволяють переглядати будь-яку ділянку будь-якої карти з наявної бази даних (БД) і отримати доступ до інформації, пов'язаної з об'єктами на даній ділянці карти
- ***Просторовий аналіз і моделювання:*** Клас найбільш складних, але, в той же час, і найбільш корисних для підтримки прийняття рішень задач, наприклад, моделювання різних позаштатних ситуацій і прогнозування екологічних та соціальних наслідків аварій.

## **2. Компоненти інформаційних систем**

***Інформаційна система (ІС)*** – це система запитів-відповідей для множини даних, яка передбачає послідовність операцій: отримання даних, їх зберігання і аналіз і використання для прийняття рішень.

Функціонально ІС можна представити у вигляді сукупності чотирьох підсистем:



Рисунок 2. Складові інформаційної системи

ІС включає декілька головних компонентів, а саме: інформаційне забезпечення, програмне забезпечення, апаратне забезпечення, правове забезпечення і лінгвістичне забезпечення.

***Інформаційне забезпечення*** – сукупність методів і засобів для розміщення і організації інформації, які включають системи класифікації і кодування інформації, уніфіковані системи документації, методи створення внутрішньої інформаційної бази ІС.

***Програмне забезпечення*** – сукупність програмних засобів для створення і експлуатації ІС засобами обчислювальної техніки, яке включає в себе:

- ***системне ПЗ*** – забезпечує взаємодію людини з комп'ютером і апаратних засобів між собою, здійснення базових операцій введення-виведення інформації та її резервування;

- **комунікаційне ПЗ** – забезпечує користувачів ІС засобами обміну інформації, колективного використання всіх ресурсів (апаратних, програмних, інформаційних);
- **прикладне ПЗ** – призначене для розв’язку різноманітних прикладних задач (бухгалтерських, економічного аналізу, технологічних, математичних тощо) і призначене для застосування в різних галузях (текстові та табличні процесори, бази даних тощо).

**Апаратне забезпечення** – комплекс технічних засобів, що застосовуються для функціонування інформаційної системи. Включає в себе технічні засоби, призначені для збору, введення, обробки і збереження інформації, внутрішні і периферійні засоби телекомунікації, засоби візуалізації, які комплектуються з урахуванням специфіки предметної галузі, змісту та способів використання відомостей, що отримуються і зберігаються в системі тощо.

**Правове забезпечення** – сукупність правових норм, що регламентують створення та функціонування ІС.

**Лінгвістичне забезпечення** – сукупність мовних засобів, які використовуються на різних стадіях створення і експлуатації ІС для ефективної розробки та забезпечення спілкування людини і ЕОМ.

ГІС являє собою специфічний підклас інформаційних систем і включає такі базові поняття, як: *геоінформація, геоінформаційна система, геоінформаційні технології*.

### 3. Географічні дані

Будь-який конкретний або абстрактний об’єкт реального світу, який може бути визначений однозначним змістом і межами й описаний у ГІС у вигляді набору геоданих, має назву реального просторового об’єкта або географічного об’єкта.

**Просторовий об’єкт (Spatial Entity Object)** – будь-який конкретний об’єкт (процес або явище), які можуть бути визначені однозначним змістом і межами й описані у вигляді набору даних.

Географічні об’єкти в ГІС подаються як набір просторових і атрибутивних даних із загальною назвою географічні дані (Geographic data).

**Географічні дані (Geographic Entity)** – це дані, які описують певну частину поверхні Землі або об’єкти, що знаходяться на цій поверхні. Вони показують об’єкти з точки зору розташування їх на поверхні Землі, тобто представляють собою географічну карту місцевості.

**Просторові дані** – це дані про місце розташування об’єктів або поширення явищ, які представлені в певній системі координат у словесному або числовому опису.

Географічні дані (геодані) містять чотири інтегрованих компоненти (рис.4):

- **географічне положення** (розміщення) просторових об'єктів подається 2-х, 3-х або 4-х мірними координатами в географічно співвіднесеній системі координат (широта/довгота);
- **атрибути** (семантичні дані) – властивість, якісна або кількісна ознака, яка характеризує просторовий об'єкт, але не пов'язана з його місцем розташування;
- **просторові відношення** – внутрішні взаємовідношення між просторовими об'єктами (наприклад, напрямок об'єкта *A* щодо об'єкта *B*, відстань між об'єктами *A* і *B*, вкладеність об'єкта *A* в об'єкт *B* тощо);
- **часові характеристики** подаються у вигляді строків одержання даних, визначають їх життєвий цикл (строків придатності або достовірності), зміну місця розташування або властивостей просторових об'єктів у часі.

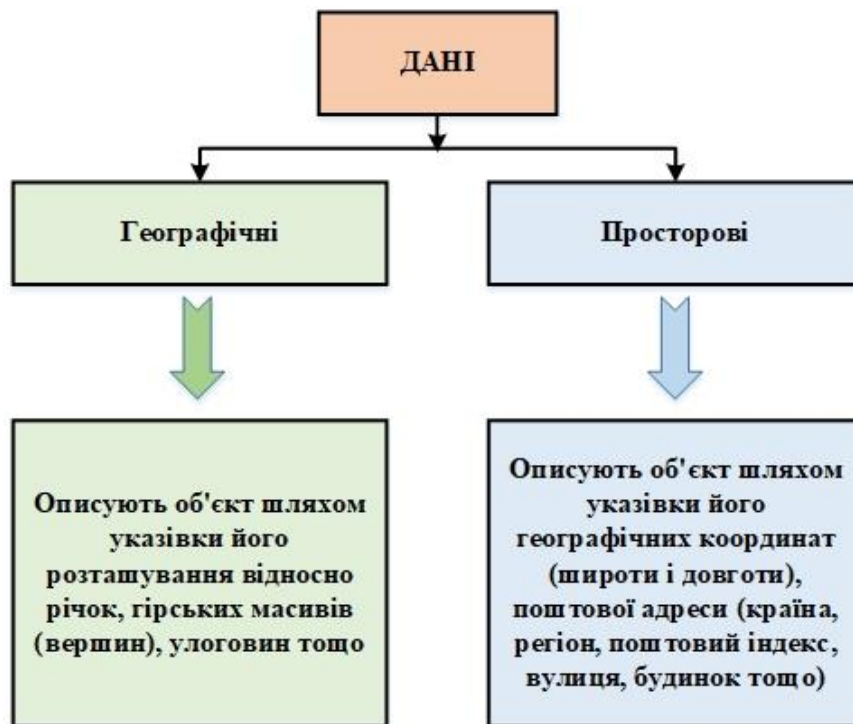


Рисунок 3. Приклади географічних і просторових даних



Рисунок 4. Компоненти (складові) географічних даних

**Геодані** – це дані про локальні просторові властивості: місце розташування, форму, розміри та просторові відношення географічних об'єктів,

явищ, процесів у реальному земному просторі. Геодані утворюють особливий клас даних – геопросторові, географічно координовані дані.

Геодані можна отримати в результаті:

- ❖ Вимірів (кількісні характеристики об'єктів);
- ❖ Спостережень (якісні або кількісні характеристики об'єктів).

За обробкою виділяють такі геодані:

- Геометричні (положення та форма об'єктів);
- Топологічні (просторові зв'язки між об'єктами);
- Графічні (сигнатура, колір, відображення);
- Метадані (алфавітно-цифрові дані опису семантики), до яких відносяться:
  - географічна широта та довгота;
  - прямокутні координати;
  - поштові адреси; поштові індекси і інші коди, які ідентифікують попередньо поділені ділянки території;
  - місцеположення, зафіксоване на карті або в просторі;
  - результати геостатистичної обробки тощо.

За змістовністю геодані поділяються на **базисні** (позиційні, координатні) та **спеціальні** (тематичні, атрибутивні).

Просторові характеристики визначають положення об'єкта в заздалегідь визначеній системі координат. Координатна компонента характеризує місце розташування, форму, розміри, просторові відношення об'єктів дослідження в ГІС.

Традиційно просторовий опис пов'язують з координатними системами. Такий тип даних має назву *позиційного*, оскільки він відображає ту частину про об'єкти, яка визначає їх місце розташування (позицію) на земній поверхні або в певній системі координат. Основною вимогою до просторового опису є точність відображення.

Положення або розміщення просторових об'єктів визначається *відносно* (топологічно) або *абсолютно*.

Відносне положення може задаватися в локальній системі координат або за допомогою коду, який визначає належність об'єкта до тієї або іншої групи (підмножини) об'єктів. Така група об'єктів може співвідноситися з певним територіальним утворенням, наприклад, суб'єктам держави або адміністративним районом.

Геодані можна пов'язувати між собою в топологічні відношення, що дає можливість при використанні ГІС та ГІТ отримувати нові відомості.

Абсолютне положення може задаватися в локальній системі координат або за допомогою системи координат, єдиній для всіх об'єктів.

**Атрибутивні (семантичні)** дані – це дані, якими описується змістова, значеннєва інформація про географічні об'єкти, властивості географічних об'єктів.

Атрибути поділяються на *внутрішні* та *зовнішні*. До внутрішніх атрибутів відносять ідентифікатори (унікальні мітки) масивів даних, а також опис топології просторових об'єктів. Зовнішні атрибути – це інформація, яка



зазвичай міститься в легенді карти, наприклад, для гіпсометричної карти – це шкала висот, для карти ґрунтів – виділені на ній ґрунтові різновиди, для ландшафтно́ї карти – морфологічні або інші одиниці ландшафту тощо.

Тематичний аспект (тема) обумовлений наявністю ознак певної тематики або предметної сфери. Це можуть бути економічні, статистичні, технічні, організаційні та інші типи даних. Основною вимогою до тематичних є «повнота», яка означає, що цих даних достатньо для вирішення практичних задач і немає необхідності проводити додатковий збір даних.

#### 4. Геоінформація та задачі геоінформатики

**Геоінформація** – це сукупність геоданих, що визначають міру наших знань про досліджуваний просторовий об'єкт (геооб'єкт).

Геоінформація включає в себе будь-яку інформацію, що відноситься до об'єктів, явищ, процесів, які локалізовані в просторі.

Географічний світ складається з природного і створеного людиною середовища. Методи аналізу просторово-часової інформації про географічний світ вимагають введення деяких обмежень. Враховуючи цю обставину, опис географічного світу можна побудувати за допомогою трьох базових понять: *сутностей*, їх *властивостей* і *зв'язків* (рис. 5).



Рисунок 5. Геоінформаційне подання географічного світу

Головним завданням геоінформатики є дослідження та використання просторових відношень. Згідно з міжнародним стандартом ISO OSI/TC 211: Geographic Information/Geomatics, International Draft Standard геоінформатика спрямована на розвиток і застосування методів та концепцій інформатики для дослідження просторових об'єктів і явищ на підставі просторових відношень.

**Метою геоінформатики** є вивчення загальних властивостей геоінформації, закономірностей і методів її отримання, фіксації, накопичення, обробки і використання, а також розвиток теорії, методології і технологій створення ГІС з метою збору, систематизації, збереження, аналізу, перетворення, відображення і поширення просторово-координованих даних.

## 5. Визначення ГІС та галузі її застосування

**Геоінформатика** – це наука з яскраво вираженим міждисциплінарним характером, яка інтегрує різні технології та предметні сфери. Технологічно, історично та "генетично" геоінформатика формувалася і продовжує розвиватися в оточенні суміжних наук і технологій, предметно і методично споріднених з нею і на їх інтеграції (рис. 6).

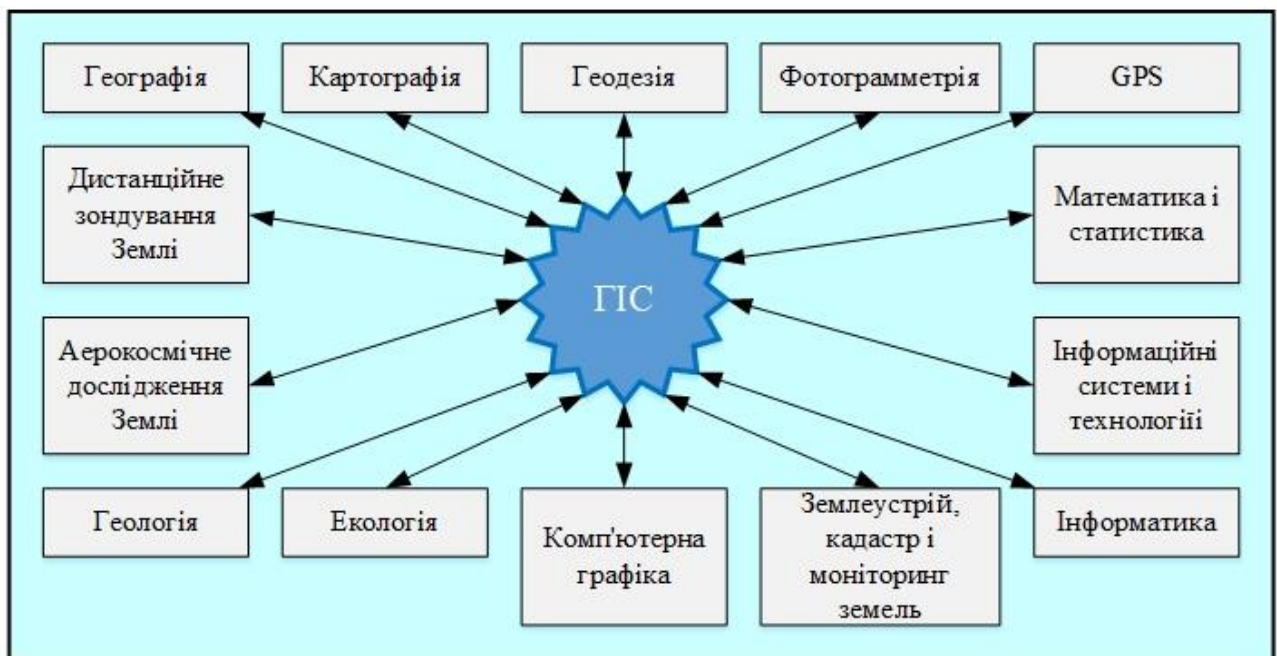


Рисунок 6. Зв'язок ГІС з іншими дисциплінами

Основними складовими геоінформатики є:

1. Загальна геоінформатика
2. Прикладна геоінформатика
3. Спеціальна геоінформатика

**Загальна геоінформатика** – розділ геоінформатики, що вивчає загальні властивості просторової інформації без конкретизації її змісту, займається дослідженням і розробкою наукових засад, концепцій і узагальненим аналізом безвідносно до її прикладного характеру.

**Прикладна геоінформатика** – що вивчає практичні методи робіт з ГІС і ГІТ.

**ГІТ (геоінформаційні технології)** – сукупність методів і прийомів практичного використання досягнень геоінформатики для маніпулювання просторовими даними, їх подання і аналізу.

**Спеціальна геоінформатика** – розділ геоінформатики, що слугує основною для аналізу систем і методів обробки просторових даних.

За даними статистики, від 70 до 90% інформації, з якою зіштовхується пересічна людина в повсякденному житті, має просторову або територіальну прив'язку: дані про населення, економічний розвиток, природні ресурси, управління територіями, надзвичайні ситуації, типи ґрунтів, виробничу діяльність копаній, тощо. Обсяг цієї інформації зростає по експоненті, тому назвати галузі застосування ГІС досить складно. Головні з них:

- теоретичні і експериментальні дослідження в галузях розвитку наукових і методичних основ геоінформатики;
- розробка технічних засобів збору, реєстрації, збереження, передачі і обробки просторової інформації з використанням обчислювальної техніки;
- створення ГІС різного призначення й типу (довідкові, аналітичні, експертні тощо), просторового охоплення і тематичного змісту;
- розробка та створення баз і банків даних у різних галузях і предметних сферах, а також систем керування базами просторових даних;
- розробка баз знань у різних галузях;
- розробка математичних методів, математичного, інформаційного, лінгвістичного та програмного забезпечення для ГІС;
- розробка й удосконалення геоінформаційного картографування та інших видів геомодельовання;
- застосування системних підходів до аналізу багаторівневої і різноманітної геоінформації;
- розробка комп'ютерних геообразжень нових видів і типів, анімаційних, мультимедійних, віртуальних та інших електронних продуктів;
- розробка та вдосконалення інфраструктури просторових даних, методів і технології збереження й використання геоінформації на основі розподілених баз даних і знань;
- застосування телекомунікаційних систем збору, аналізу, обробки і поширення просторово-часової геоінформації;
- взаємодія геоінформатики, картографії й аерокосмічного зондування.

ГІС ефективні в усіх галузях, де здійснюється облік й управління територією та об'єктами на ній. Ці системи виявилися надзвичайно ефективними для розв'язку задач управління і планування, які зустрічаються в будь-якій сфері діяльності людини, від цивільного будівництва до моніторингу навколишнього середовища та різноманітних науково-практичних досліджень. ГІС використовують для вивчення як природних, так і антропогенних явищ.

ГІС – це технологія, яка дозволяє розкрити всі грані інформації, укладеної в простих табличних адресах, а також в інших даних, які описують розташування (коди поштового індексу, коди області або району, широту і довготу) просторового об'єкта. ГІС підтримує управління даними, аналіз і

прийняття рішень, створюючи, таким чином, основу, на якій дані (наприклад, метеорологічні) об'єднані з просторовими (картографічними) даними, щоб надати новий зміст місцю розташування об'єкта. Тому карти можуть використовуватися для організації запитів з бази даних, або база даних використовується для створення карт та інших наочних зображень.

**Таким чином, ГІС утворює основу для потужної системи спостереження за ресурсами, процесами, явищами, подіями, яка використовує просторово-координатну-координатну прив'язку (позиціонування) – найбільш важливий фактор для будь-якого виду діяльності.**

## 6. Компоненти ГІС

Основні компоненти ГІС зображено на рисунку 7.



Рисунок 7. Компоненти ГІС

**Інформаційне забезпечення** ГІС є відповідним чином закодованою просторовою інформацією, тобто інформацією, пов'язаною з місцем її розташування. Просторові дані складаються з цифрових представлень реально існуючих дискретних просторових об'єктів (процесів, явищ, подій).

У багатьох випадках найбільш складною частиною постачання даних у ГІС є їх співвіднесення з місцем розташування об'єкта – цей процес називається геокодуванням, або геоприв'язкою.

**Геокодування** – процес, що перетворює опис місця розташування (координати, адресу або назву місця) в місце розташування на поверхні Землі.

Маючи справу в ГІС з розміщеними в географічному просторі об'єктами, їх положення може бути описано за допомогою:

– географічної прив'язки (територіальний принцип: материк, країна, місто). В цьому випадку геоприв'язкою виступає певна територія;

- адресної прив'язки (країна, індекс, вулиця, дім, поверх, корпус, квартира або кадастровий номер об'єкта);
- координатної прив'язки (кутові градуси, мінути, секунди) іноді з позначенням висоти;
- атрибутивної прив'язки (ліворуч від вокзалу, напроти виходу, південніше східної околиці села Гадюкино, збоку від заправки, на рівнині, на 30-му кілометрі траси Е-95, в горах, тощо).

Елемент, що визначає місце об'єкта, називається геокодом.

Однорідні дані в ГІС формують тематичний шар даних, або оверлей (*overlay* – покриття, тема). Саме з цього терміну й походить форма подання даних у ГІС – шарове або пошарове. Комбінуючи тематичні шари та їх послідовність, можна отримувати тематичні карти та здобувати нові знання.

**Апаратне забезпечення** – це комп'ютерне обладнання, на якому інстальована ГІС, а також набір периферійних пристроїв, що забезпечують уведення і виведення інформації. ГІС можуть працювати на різних типах апаратних платформ від централізованих серверів до окремих персональних або пов'язаних мережею настільних комп'ютерів.

**Програмне забезпечення** – це сукупність взаємопов'язаних програмних модулів, які забезпечують виконання основних функцій ГІС (можливість уведення, збереження, обробки та аналізу даних, їх візуалізації, надання підтримки прийняття рішень), а також безпосереднє керування ГІС у цілому.

**Кадрове забезпечення** ГІС складають як кваліфіковані технічні фахівці, які розробляють і підтримують системи, створюють і керують даними, так і безпосередньо користувачі, які використовують їх у повсякденній роботі.

**Функціональне забезпечення** – методологічний апарат, закладений у ГІС. Сучасні ГІС включають засоби розробки, які дозволяють нарощувати функціональність і перетворювати універсальні ГІС у спеціалізовані системи для конкретних галузей, сфер знання, робочих колективів.

## 7. Функції ГІС

### 7.1 Типовий набір функцій ГІС:

- введення даних в машинну середу (*data input*) шляхом їх імпорту з існуючих наборів цифрових даних або за допомогою оцифрування джерел;
- перетворення або трансформація даних (*data transformation*), включаючи конвертування даних з одного формату в інший, трансформацію картографічних проекцій, зміна систем координат;
- зберігання, маніпулювання та управління даними у внутрішніх і зовнішніх базах даних;
- картометричні операції, включаючи обчислення відстаней між об'єктами в проекції карти або на еліпсоїді, довжин кривих ліній, периметрів і площ полігональних об'єктів;
- операції обробки даних геодезичних вимірювань;

- операції накладення (накладення);
- операції "картографічної алгебри" (map algebra) для логіко-арифметичної обробки растрового шару як єдиного цілого;
- просторовий аналіз (spatial analysis) - група функцій, що забезпечують аналіз розміщення зв'язків та інших просторових відносин об'єктів, включаючи аналіз зон видимості / невидимості, аналіз сусідства (див. Аналіз близькості), аналіз мереж, створення і обробку цифрових моделей рельєфу, аналіз об'єктів в межах буферних зон та інше.;
- просторове моделювання або геомодельовання (spatial modeling, geo-modeling), включаючи операції, аналогічні використуваним в математико-картографічному моделюванні і картографічному методі дослідження;
- візуалізація вихідних, похідних або підсумкових даних і результатів обробки, включаючи картографічну візуалізацію, проектування і створення (генерацію) картографічних та інших просторових - зображень, включаючи тривимірні;
- висновок даних (data output) - графічній, табличній і текстовій документації, в тому числі її тиражування, документування, або генерацію звітів (reporting);
- обслуговування процесу прийняття рішень (decision making)

## *7.2 Додатковий набір функцій:*

- цифрова обробка зображень (даних дистанційного зондування);
- кошти експертних систем;
- кошти настройки на вимоги користувача (customization);
- кошти розширення функціональних можливостей ГІС:
  - а) вбудовані макромови (макриси);
  - б) інструментарій розробника (developer's toolkit).

Кожному просторовому об'єкту відповідає запис в базі даних з набором атрибутивної інформації. ГІС зберігає інформацію у вигляді набору тематичних шарів, які об'єднані на основі географічного положення. Цей простий, але дуже гнучкий підхід довів свою цінність при вирішенні різноманітних реальних завдань.

## ***Приклади шарів:***

- населені пункти;
- гідротехнічні споруди (шлюзи, канали, насосні станції, греблі);
- мости;
- ЛЕП;
- газопроводи;
- заповідні території (місцевого, національного і міжнародного значення);
- сільгоспугіддя (ріллі, сади, виноградники, пасовища, рисові чеки);

- землі водного, лісового, природоохоронного та с / г призначення;
- рослинний покрив (плавні, ліси);
- адміністративний поділ, державний кордон;
- водотоки (річки, протоки, малі річки);
- водойми (озера, рібпруды, тощо);
- рельєф.

## 8. Моделі даних у ГІС

Усі ГІС будуються на основі формальних моделей, які описують розміщення об'єктів (процесів, явищ) у просторі.

Формальна модель є узагальненою системою понять, яка може бути застосована для опису й моделювання об'єктів (процесів, явищ), що відбувається на певній території. Моделі є тим підґрунтям, на якому будуються ГІС.

***Рендеринг, комп'ютерна візуалізація – це процес отримання зображення за моделлю за допомогою комп'ютерної програми.***

Від вибору моделі даних залежить цінність баз даних просторової й атрибутивної інформації, що формуються в процесі створення ГІС.

***Моделі даних – це найвищий, концептуальний рівень організації даних, що визначає організацію даних у ГІС, які є створеними та готовими до відображення та перетворення на результат даними.***

Виділяють чотири моделі даних:

- ***концептуальні моделі подання реальності***, які ґрунтуються різних властивостях реальності, необхідних для її інтерпретації і аналізу;
- ***моделі просторових об'єктів***, що визначають процес перетворення реального розмаїття в набір дискретних об'єктів, способи опису просторових об'єктів і організації просторових даних у комп'ютерних середовищах – побудові *цифрових моделей просторових об'єктів*, які засновані на поняттях геометрії і просторової розмірності;
- ***моделі просторових даних*** – цифрові подання даних у базах геоданих, що відбивають логічні правила формалізованого цифрового опису об'єктів (векторного, растрового, пошарового);
- ***моделі системи керування базою даних (СКБД)*** – комплекс програм і мовних засобів, призначених для створення, ведення і використання баз даних, що розроблені в інформатиці.

Організація даних має ієрархічну структуру, яку можна представити у вигляді піраміди (рис.8).



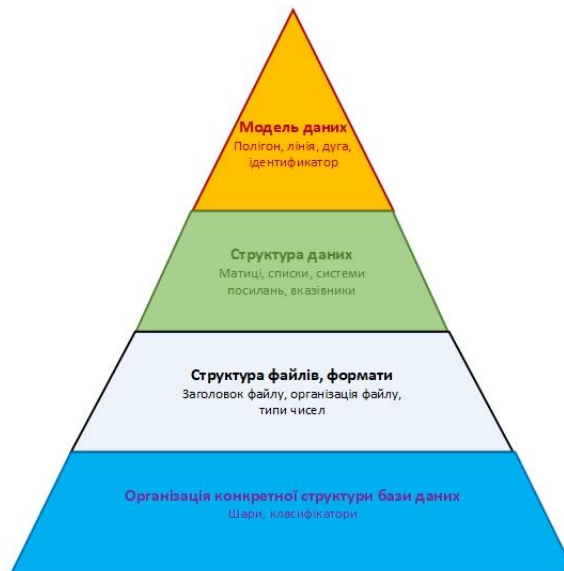


Рисунок 8.

*Другий рівень ієрархії* – рівень структури даних: це матриці перетворення, векторні дані, посилання, списки та інші специфічні для кожної з ГІС способи структурування даних.

*Третій рівень* – рівень представлення файлів і форматів. Цей рівень максимально деталізує модель даних та уможливорює нормалізацію даних.

*Четвертий, фізичний, рівень* – описує організацію конкретної структури бази даних.

Усі дані, що зберігаються в базах даних, умовно поділяються на такі типи:

- *база геоданих* – просторова база даних, що містить набори даних, які відображають геоінформацію в контексті загальної моделі даних ГІС. До них відносяться векторні об'єкти та зображення, растри, топологія, мережі, тривимірні об'єкти, а також усі об'єкти, що входять до складу тематичних шарів і є однією зі складових моделі даних;
- *база геовізуалізації* – це набір карт і інших видів, які показують просторові об'єкти та функціональну взаємодію між об'єктами на земній поверхні;
- *тип геообробки ГІС* – інструментарій для одержання нових наборів геоданих із наявних наборів даних.

## 9. Векторна і растрова моделі даних

ГІС може працювати з двома істотно відрізняються типами просторових даних - векторними і растровими. Обидві моделі мають свої переваги і недоліки. Сучасні ГІС можуть працювати як з векторними, так і з растровими моделями даних.



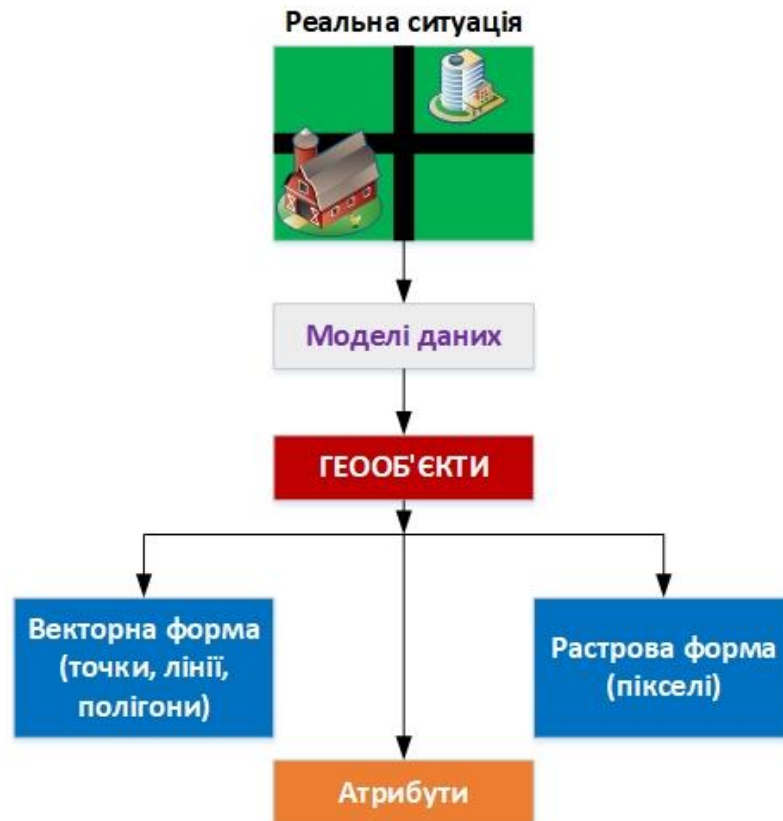


Рисунок 9. Просторове подання даних у ГІС

*Структура просторових даних – це фізичний спосіб кодування параметрів об'єктів, що використовується для їх збереження і аналізу.*

#### 9.1 Растрова модель подання даних

**Растрова модель** оптимальна для роботи з безперервними властивостями (описує безперервні об'єкти і явища). Растрове зображення являє собою набір значень для окремих елементарних складових (осередків), воно подібно відсканованій карті або зображенні. Найменший неподільний елемент растрової моделі, залежно від способу подання називають *пікселем* або *коміркою*.

**Піксель** (*pixel – picture element*) – *найменший елемент поверхні візуалізації, що отримують у результаті дискретизації – розбивки на неподільні елементи – дискрети (комірки або точки растру), завдяки якому можуть бути незалежним чином визначені колір, інтенсивність та інші характеристики об'єкта дослідження.*

**Комірка** (*cell*) – *одиниця інформації про географічний простір.*

Для подання цифрових тривимірних зображень використовується тривимірний аналог пікселя – **воксель** (*voxel – volume element*).

Упорядкована сукупність комірок утворює **растр**, який є моделлю карти або геооб'єкта.

**Растр** (*raster, tessellation*) – *набір даних, що мають географічний характер, значення яких організовані в прямокутний масив об'єктів.*

Растр, утворений пікселями, представляє собою зображення (*image*).

**Растрова модель даних** (*raster data model*) – *цифрове подання даних у*

вигляді сукупностей комірок растру (пікселів) з привласненням їм значень класу об'єкта.

Місце розташування елементів растрових моделей – упорядкована пара координат (номер рядка і номер стовпчика), які однозначно визначають положення кожного елемента відображуваного простору у растрі.

Растрова модель складається з  $n$  рядів комірок і  $m$  колонок (рис.10). Загальна кількість комірок растру і центральних точок  $n \times m$  і  $(n+1) \times (m+1)$  точок кутів. Растрові ряди і колонки орієнтуються за осями координат растру.

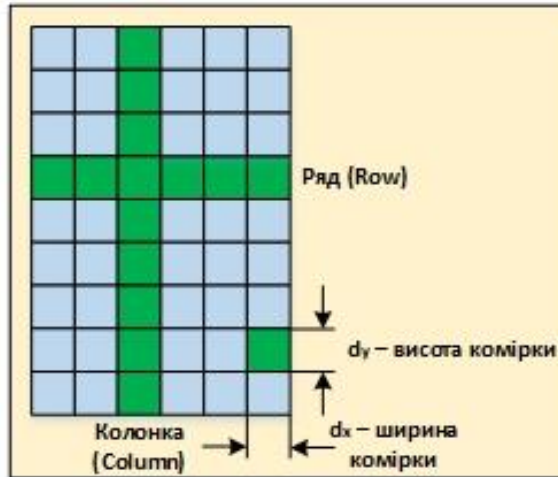


Рисунок 10.

Кожна комірка растрової моделі має ширину  $d_x$  (розмір по осі  $X$ ) та висоту  $d_y$  (розмір по осі  $Y$ ). Комірки одного растру мають однакові розміри.

Положення кожної комірки описується координатами  $X$  (колонка),  $Y$  (рядок), іноді зі значенням висоти  $Z$ .

Поверхні подаються в вигляді регулярної матриці двомірних комірок зі значенням висоти  $Z$ . Кожна комірка зберігає своє значення  $Z$ . Тривимірна растрова модель представляє собою сукупність суміжних блоків.



Рисунок 11.

Растрове подання просторових об'єктів передбачає позиціонування *точкових, лінійних і площинних об'єктів* вказівкою їх положення в прямокутній матриці (рис.12).

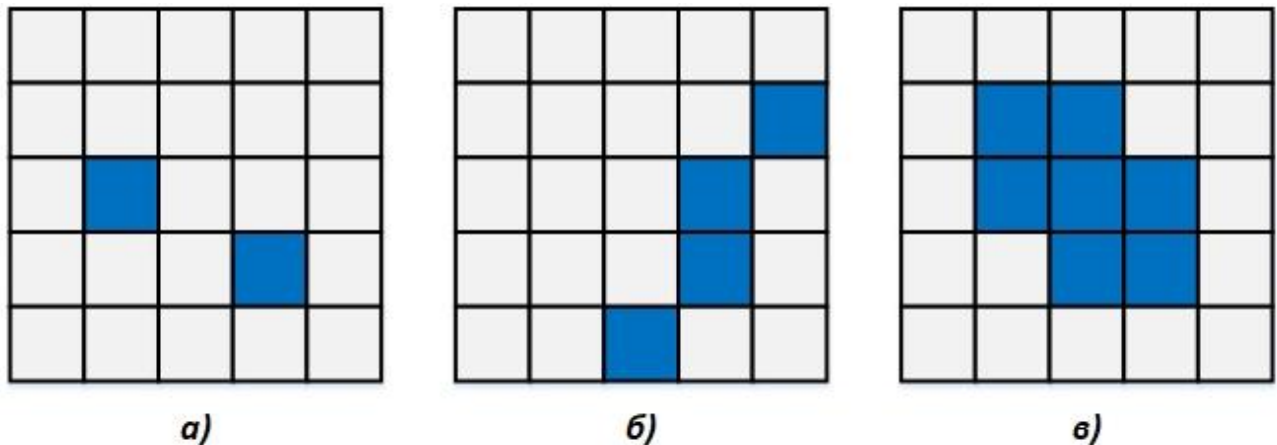


Рисунок 12.

*Точкові об'єкти* (рис.12,а) подаються окремими комірками, що мають номер, координати і атрибути. Точковий 0-мірний об'єкт, що не має розміру, відображається двомірною структурою, яка має ширину і довжину.

*Лінійні об'єкти* (рис.12,б) мають порядковий номер, набір (серію) координат, що формують лінію і атрибути.

*Полігональні об'єкти* (рис.12,в) – ареали, площі – подаються номером групи координат, що формують площинний об'єкт і атрибути.

Геооб'єкти у растровій моделі мають східчастий вигляд, тому зрозуміло, що *растрові структури даних не забезпечують точної інформації про місце розташування*, оскільки географічний простір поділений на дискретні осередки кінцевого розміру. Замість точних координат точок оперують з окремими комірками растру, до яких потрапляють ці точки.

Растрові способи формалізації просторових даних поділяються на типи (рис.13):

- *регулярні (правильні геометричні);*
- *нерегулярні (полігони Тиссена, діаграми Вороного-Дирихле, TIN-моделі);*
- *вкладені (рекурсивні або ієрархічні сітки /квадратомічні дерева/, що повністю покривають досліджувану територію);*
- *безструктурні гіперграфові;*
- *решітчасті.*

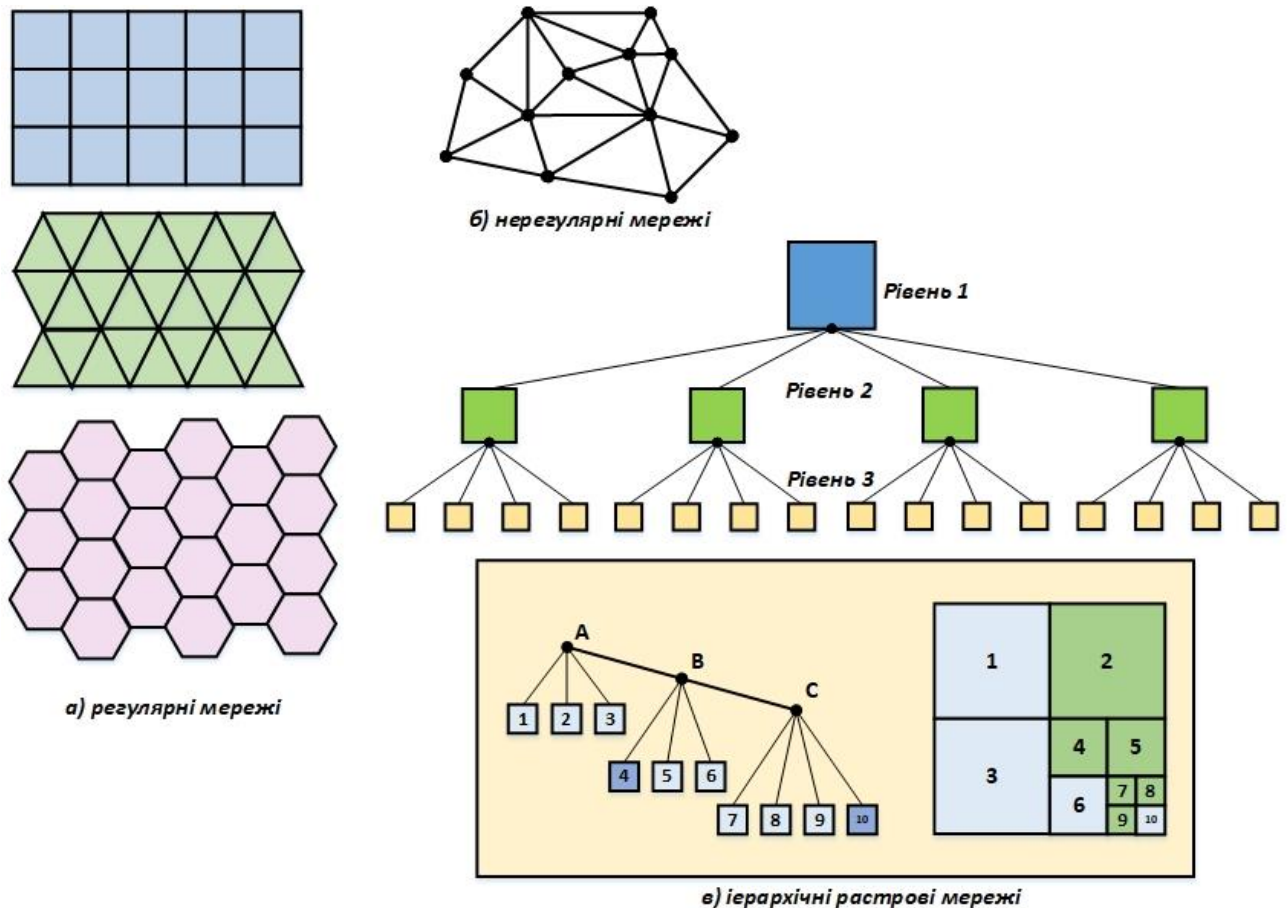


Рисунок 13. Типи структур даних

Растрові моделі характеризуються *розрізненістю, орієнтацією, значення (форматом запису), зонами, місцем розташування, геометрією растрів, координатами комірок, топологією комірок.*

### 9.2 Векторна моделі подання даних

**Векторні (об'єктні) моделі** ГІС будуються на векторах, що займають частину простору, на відміну від растрових моделей, які займають увесь простір.

При побудові векторних моделей створюються цілісні об'єкти шляхом з'єднання точок прямими лініями, дугами кіл, полілініями, тому векторні моделі називають об'єктними. Складовими частинами векторної моделі є геометричні об'єкти (точки, лінії, полігони), атрибути (ознаки, пов'язані з об'єктами) та зв'язки між цими об'єктами.

У **векторній моделі** інформація про точках, лініях і полігонах кодується і зберігається у вигляді набору координат  $X$ ,  $Y$  (в сучасних ГІС часто додається третя просторова і четверта, наприклад, тимчасова координати). Векторна модель особливо зручна для опису дискретних об'єктів і менше підходить для опису безупинно мінливих властивостей (наприклад, щільність населення).

**Векторним способом подання просторових даних (векторною моделлю) називають спосіб формалізації просторових даних, що**

*ґрунтується на використанні набору геометричних примітивів (точок, ліній дуг, полігонів).*

Основу векторного методу формалізації просторових даних складає **точка** (*point*) – місце розташування первинного графічного елемента, координати якої  $(x, y)$  апіорно відомі з певною точністю. Форма або образ просторового об'єкта подаються точками, поміщеними в місця, де ця форма змінюється.

Дві точки з координатами  $(x_1, y_1)$  і  $(x_2, y_2)$  формують другий графічний примітив – **лінію** (*line*), відрізок прямої, що з'єднує ці точки, а замкнена послідовність ліній формує третій елементарний графічний примітив – **полігон** (*polygon*).

Векторна модель найкраще підходить для опису дискретних об'єктів з чітко вираженням формами і межами:

- природні утворення (річки, рослинність);
- штучні споруди (дороги, трубопроводи, будівлі);
- елементи поділу земної поверхні (квартали, земельні ділянки, політичні утворення).

У низці випадків безперервно змінювані явища (висота, температура, атмосферний тиск), які не мають реальних чітких меж, також подаються у вигляді дискретних векторних об'єктів за допомогою графічних примітивів:

- **точок** – завдання точкових значень, виміряних у певних характерних пунктах (метеостанції, пости, висотні позначки);
- **лінії** – створення профілів перетину поверхні; побудова ізоліній (наприклад, горизонталей для відображення рельєфу);
- **полігонів** – поділ площі на зони, всередині, яких значення вважається величиною постійною.

Для формування векторних моделей використовуються координати, які показують місце розташування географічних об'єктів у реальному земному сфероїді (широта, довгота), або декартові координати на площині, що отримані в певній картографічній проекції (*cartesian coordinate system*).

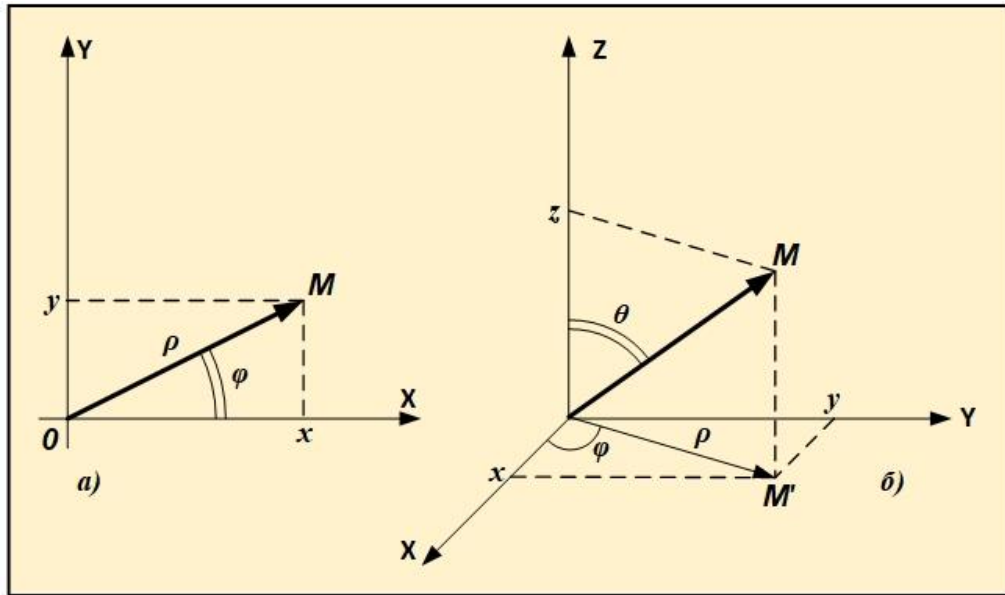


Рисунок 14. Декартова система координат:  
а) на площині; б) у просторі

Декартова система координат задається точкою початку координат ( $O$ ) і упорядкованою парою базисних векторів, що виходять з цієї точки. Прямі, що проходять через початок координат у напрямку базисних векторів, називаються осями координат (*axis of coordinate*):

- вісь  $Ox$  – вісь абсцис (*axis of abscissa*);
- вісь  $Oy$  – вісь ординат (*axis of ordinates*).

Декартовими координатами точки  $M$  називається пара чисел  $(x, y)$ , які є коефіцієнтами розкладання вектора  $OM$  за базисом.

Виділяють **праву** (*right coordinate system*) і **ліву** (*left coordinate system*).

Просторові дані, що використовуються у векторних ГІС, поділяють на чотири класи: *безрозмірні*, *одновимірні*, *двовимірні* і *тривимірні*.

До безрозмірних об'єктів відносяться *точка* і *вузол*. Сукупність точкових об'єктів утворює точковий шар.

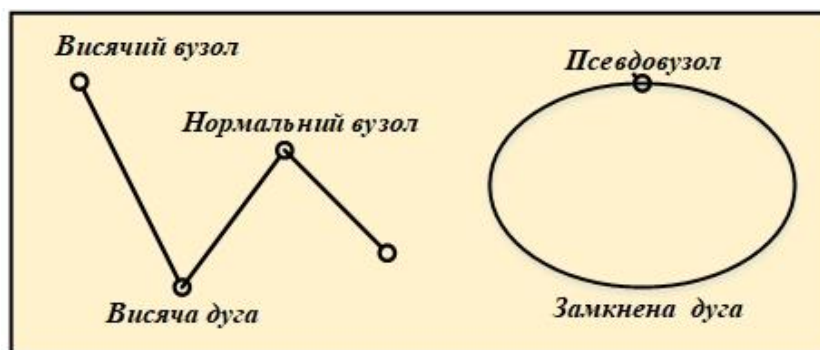


Рисунок 15. Типи вузлів, що використовуються в ГІС

**Точка** – об'єкт, що вказує на місце його розташування. Сукупність



точкових об'єктів утворює точковий шар. Точки використовуються для позначення геооб'єктів, для яких важливе розташування, а не їхня форми або розміри.

**Вузол (вершина) – топологічний перехід або кінцева точка, що визначає місце розташування геооб'єкта.**

Вузли містять атрибути, які встановлюють топологічний зв'язок з усіма дугами, що замикаються на ньому. На практиці для побудови реальних об'єктів використовують:

- *висячий вузол – вузол дуги, яка не з'єднується з будь-якою іншою дугою;*
- *псевдовузлі – це вузли, що утворенням двох і тільки двох дуг або замиканням на себе однієї дуги;*
- *нормальний вузол – вузол, що належить трьом і більше дугам.*

До одновимірних об'єктів відносяться лінія, лінійний сегмент, ряд, зв'язок, спрямований ланцюг, кільце.

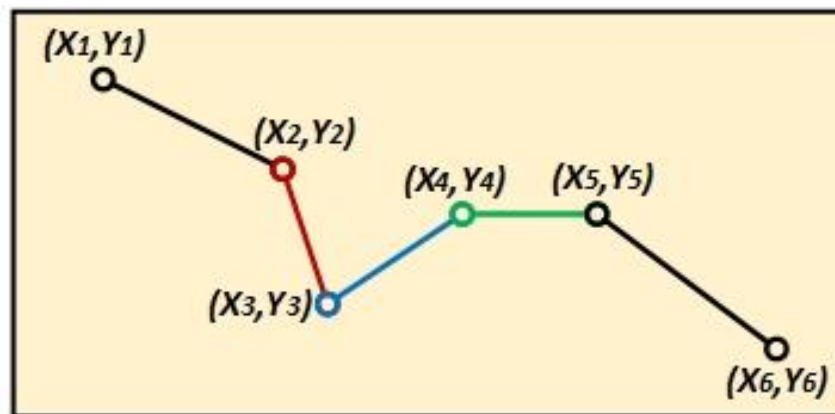


Рисунок 16. Приклад двовимірного об'єкту

**Лінія – одновимірний об'єкт, що не має опорних точок.**

**Лінійний сегмент – пряма лінія, що з'єднує дві точки (відрізок).**

**Ряд – послідовність прямолінійних сегментів.**

**Дуга (ребро) – послідовність сегментів, що має початок і кінець у вузлах.**

**Зв'язок – з'єднання між двома вузлами.**

**Спрямований зв'язок – зв'язок в одному напрямку.**

**Ланцюг – спрямована послідовність лінійних сегментів, що не перетинаються, або дуг з вузлами на своїх кінцях.**

**Кільце – послідовність ланцюгів, рядів, зв'язків або замкнених дуг.**

До двовимірних об'єктів відносяться область, внутрішня область, полігон.

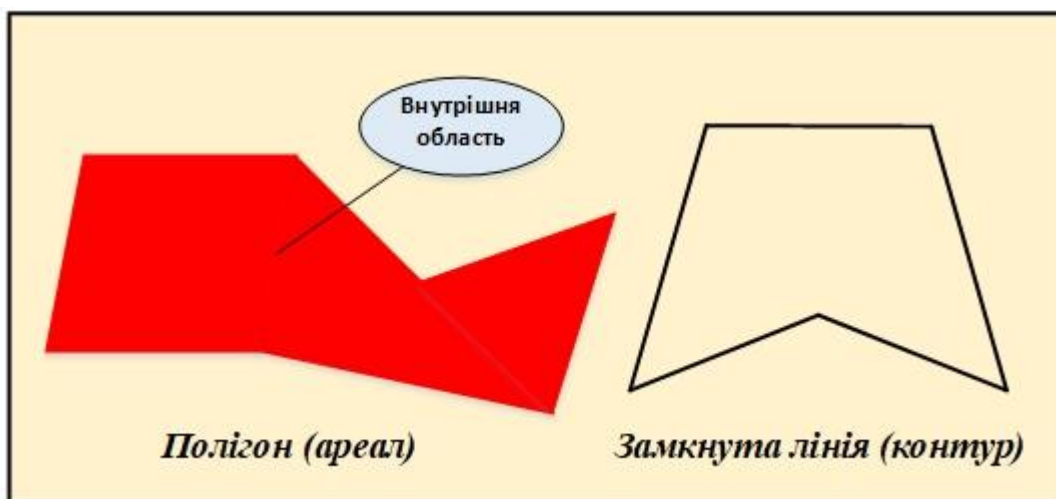


Рисунок 17. Приклад двомірних об'єктів

**Область** – безперервний об'єкт, який має певні межі.

**Внутрішня область** – область, яка не має власної межі.

**Полігон** (багатокутник, ареал, контур, область) – двомірний (площинний) об'єкт, у якого внутрішня область утворена замкненою послідовністю дуг.

Сукупність полігонів утворює полігональний шар.

До тривимірних об'єктів відносяться *геометричне тіло*, що має три виміри (довжину, ширину, висоту).

**Векторна структура** – це подання просторових об'єктів у вигляді набору векторів (координатних пар), що описують геометрію об'єктів.

Нетопологічні моделі:

- модель «Спагеті» - метод подання лінійних об'єктів у вигляді неупорядкованого набору лінійних об'єктів, які описують тільки їх геометрію;
- *шейп-файли* – це нетопологічна структура даних, яка не зберігає топологічні відношення в явному вигляді; полігони у шейп-файлі подаються у вигляді однієї або декількох ланок (замкнених петель, які не перетинаються);
- *точкова полігональна структура* – векторне подання просторових об'єктів у вигляді точок називають *точковою полігональною структурою*;
- *лінійна полігональна структура* – векторне подання просторових об'єктів у вигляді ліній.