

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Л.В. Селезньова, Г.К. Балан

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ  
МЕТОДАМИ ГІС**

Конспект лекцій

Одеса-2011

**ББК 26.2**  
**С 29**  
**УДК 550.3**

*Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету  
(протокол № 8 від 28.10.2010 р.)*

**Селезньова Л. В., Балан Г. К.**

Дослідження водних екосистем методами ГІС : Конспект лекцій - :  
" ", 2011. - 93 с.

В конспекті лекцій наведені основні етапи розвитку ГІС-технологій, показана історія їх застосування в різних галузях народного господарства в Україні і за кордоном. Дана характеристика існуючих ГІС-пакетів, вказані їх переваги й недоліки. Розглянуті приклади використання ГІС-технологій в картографії і охороні навколишнього середовища та показана роль ГІС в системі з надзвичайних ситуацій України.

© Одеський державний  
екологічний університет, 2011

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ.....	7
1.1 Поняття про геоінформаційні системи .....	7
1.2 Історія геоінформатики.....	8
1.3 Узагальнені функції ГІС-СИСТЕМ.....	11
1.3.1 Основні принципи функціонування ГІС.....	11
1.4 ГІС СЕРЕД ІНШИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ.....	12
1.5 Класифікація ГІС.....	15
1.6 НАУКОВІ, ТЕХНІЧНІ, ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ПРОЕКТУВАННЯ, СТВОРЕННЯ Й ВИКОРИСТАННЯ ГІС.....	16
1.6.1 Основні функції й складові частини ГІС.....	17
2 ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ГІС.....	18
2.1 АПАРАТНІ (ТЕХНІЧНІ) ЗАСОБИ.....	19
2.2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	19
2.3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	22
3 СТРУКТУРИ І МОДЕЛЬ ДАНИХ .....	22
3.1 Джерела, стандарти й формати даних.....	22
3.2 Моделі даних.....	26
3.3 Формати даних .....	28
3.4 Бази даних і управління ними.....	29
4 ТЕХНОЛОГІЇ ВВЕДЕННЯ ДАНИХ.....	30
4.1 Способи введення даних .....	30
4.2 Перетворення початкових даних.....	31
4.3 Введення даних дистанційного зондування.....	32
5 АНАЛІЗ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ .....	32
5.1 Завдання просторового аналізу.....	32
5.2 Основні функції просторового аналізу даних.....	32
5.3 Аналіз просторового розподілу об'єктів .....	33
6 МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ .....	34
6.1 Поверхня і цифрова модель .....	34
6.2 Джерела даних для формування ЦМР .....	34
6.3 Інтерполяції .....	35
7 ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ .....	39
7.1 Основні процеси .....	39
7.2 Вимоги до точності виконання процесів .....	39
7.3 Використання ЦМР .....	40
8 МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ.....	40
8.1 Електронні карти і атласи.....	40

8.2	КАРТОГРАФІЧНІ СПОСОБИ ВІДОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АНАЛІЗУ ДАНИХ	41
8.3	ТРИВИМІРНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ	41
9	ЕТАПИ І ПРАВИЛА ПРОЕКТУВАННЯ ГІС	42
10	ТЕМАТИЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ В ГІС	43
10.1	ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ	44
11	ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ	47
11.1	ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОЛОГІЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ І ЕКОЛОГІЧНІ КАРТИ	47
11.2	КЛАСИФІКАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТ	48
11.3	ПОКАЗНИКИ ЗАБРУДНЕНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЩО ВІДОБРАЖАЮТЬСЯ НА ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТАХ	49
11.3.1	Аналітичні показники забрудненості навколишнього середовища	50
11.3.2	Інтегральні показники забрудненості навколишнього середовища	52
11.4	СПОСОБИ КАРТОГРАФІЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕМАТИЧНОГО ЗМІСТУ, ВИКОРИСТОВУВАНІ НА ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТАХ	54
11.4.1	Спосіб значків	54
11.4.2	Спосіб лінійних умовних знаків	54
11.4.3	Спосіб ізолій	56
11.4.4	Спосіб ареалів	57
11.4.5	Спосіб локалізованих діаграм	57
11.4.6	Спосіб знаків руху	58
11.4.7	Вибір способів картографічного відображення при проектуванні екологічної карти	58
12	ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ	59
12.1	ГІС У КАРТОГРАФІЇ	59
12.2	КАРТИ В МЕРЕЖАХ "ІНТЕРНЕТУ"	61
13	ГІС І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	63
13.1	Роль і місце ГІС у природоохоронних заходах	63
13.2	Роль ГІС в системі з надзвичайних ситуаціях України	67
14	ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ГІС	73
14.1	ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ГІС	73
14.2	МАЙБУТНІ КЛАСИ І ПОКОЛІННЯ ГІС	75
15	КОРОТКИЙ ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ, ВИКОРИСТОВУВАНИХ В УКРАЇНІ	75
	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	79
	ТЕРМІНИ	80
	ГЛОСАРІЙ	82
	ЛІТЕРАТУРА	91

## ВСТУП

Знання про просторову орієнтацію фізичних об'єктів або, просто кажучи, про їх географічне положення в усі часи були дуже важливі для людей.

Також і сучасне суспільство живе, працює і співробітничает, опираючись на інформацію про те, хто і де знаходиться. Прикладна географія у вигляді карт та просторової інформації допомагала здійснювати відкриття, сприяла торгівлі, підвищувала безпеку життєдіяльності людства протягом минулих 3000 років, а карти є одними з найбільш важливих документів, що розповідають про історію нашої цивілізації.

Останні тридцять років минулого сторіччя людство інтенсивно розвивало інструментальні засоби, названі географічними інформаційними системами (ГІС), покликані допомогти в розширенні і поглибленні географічних знань. ГІС допомагають нам в накопиченні і використанні просторових даних.

В останнє десятиліття технологія Географічних Інформаційних Систем (ГІС-ТЕХНОЛОГІЯ) - це комп'ютерна технологія введення, зберігання, обробки і представлення просторово координованої інформації, набула широкого поширення в багатьох країнах світу. Серед них насамперед слід назвати США, Канаду, Швецію, Великобританію, Нідерланди, Францію і Німеччину, в яких накопичено значний досвід розробки і додатків ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ.

Щорічно в світі проводяться десятки міжнародних конференцій і семінарів розробників, користувачів і продавців програмного і апаратного забезпечення ГІС. Можна говорити про те, що в світі вже сформувалася ціла індустрія ГІС, оборот якої вимірюється мільярдами доларів США.

Спектр додатку ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ надзвичайно широкий. Вони знаходять застосування не тільки в географії, а також в кадастрових дослідженнях, лісовому, водному і сільському господарстві, інженерному проектуванні, бізнесі, комерції, регіональному управлінні й плануванні, військовій справі та інш.

ГІС-ТЕХНОЛОГІЯ - це синтез сучасних досягнень географії, картографії, математики, комп'ютерної графіки, дистанційного зондування, обчислювальної техніки і в даний час є найбільш адекватним інструментом міждисциплінарних проектів, до яких відносяться всі крупні проекти, пов'язані з проблемами охорони і раціонального використання природних ресурсів, включаючи контроль за станом, його аналіз, оцінку і прогноз змін.

На жаль, в даний час в Україні майже повністю відсутня науково-методична література з ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ, що є істотним чинником, який стримує її розповсюдження і розвиток в країні.

Поява і розвиток нових геоінформаційних технологій, спеціально ро-

зроблених для роботи з даними, що мають просторово-часову прив'язку, зумовила їх швидке розповсюдження і широке використання в багатьох галузях науки і техніки, у тому числі й екології.

ГІС або геоінформаційні системи є новим типом інтегрованих комп'ютерних систем, що з'явилися на світ в кінці ХХ століття. Зараз це найбільш перспективна і універсальна система управління геоданими.

Найбільш загальне визначення для ГІС - це автоматизована інформаційна система, призначена для обробки просторово-часових даних, основою інтеграції яких служить географічна інформація.

Саме просторова прив'язка екологічного об'єкту і представляє найбільшу цінність в системі. ГІС - могутня і гнучка система управління геоданими. Основна її перевага полягає в тому, що вона є географічною прив'язкою даних в 2-х або 3-х мірному просторі до певної точки на місцевості. Крім того, ГІС має вбудовану систему просторового аналізу.

Взаємовідносини між гідроекологічними елементами можуть бути проаналізовані. Більше всього ГІС зручні і корисні при створення гідроекологічних інформаційних систем окремих географічних регіонів. Сучасні ГІС дозволяють аналізувати не лише векторні дані, але растрові і текстові.

Наявність державного водного кадастру - одна з відмінних рис цивілізованої держави. Ці відомості повинні бути в рамках, обумовлених в законодавстві, відкритими ("прозорими") для всього суспільства і направлені на забезпечення всіх видів діяльності, пов'язаної з володінням, користуванням і розпорядженням водними ресурсами. При цьому виникає проблема обміну даними про водний кадастр між величезною кількістю організацій і відомств. Природним її рішенням є використання програмного забезпечення, що представляє картографічну інформацію в мережі Internet/Intranet і дозволяє розподілити дані по ступенях захищеності і категоріях доступу.

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЕОГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

## 1.1 Поняття про геоінформаційні системи

**Географічна інформаційна система** або геоінформаційна система (ГІС) - це інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, аналіз і відображення просторових і пов'язаних з ними непросторових даних, а також отримання на їх основі інформації і знань про географічний простір.

Вважається, що географічні або просторові дані складають більше половини об'єму всієї циркулюючої інформації, що використовується організаціями, які займаються різними видами діяльності, і потребують обліку просторового розміщення об'єктів. ГІС орієнтована на забезпечення можливості ухвалення оптимальних управлінських рішень на основі аналізу просторових даних.

Ключовими словами у визначенні ГІС є - аналіз просторових даних або просторовий аналіз. ГІС може відповісти на наступні питання:

- що знаходиться в заданій області?
- де знаходиться область, що задовольняє заданому набору умов?

Сучасні ГІС розширили використання карт за рахунок зберігання графічних даних у вигляді окремих тематичних шарів, а якісних і кількісних характеристик складових їх об'єктів у вигляді баз даних. Така організація даних за наявності гнучких механізмів управління ними, забезпечує принципово нові аналітичні можливості.

Типові питання, на які здатна відповісти ГІС:

- 1) Де знаходиться  $A$ ?
- 2) Як розташовано  $A$  по відношенню до  $B$ ?
- 3) Скільки  $A$  розташовано в межах відстані  $D$  до  $B$ ?
- 4) Яке значення функції  $Z$  в точці  $X$ ?
- 5) Який за розмірами  $B$ ?
- 6) Який результат перетину  $A$  і  $B$ ?
- 7) Який оптимальний маршрут від  $X$  до  $Y$ ?
- 8) Що знаходиться в  $X_1, X_2 \dots, X_n$ ?
- 9) Які об'єкти слідує за тими, у яких спостерігається певне поєднання певних властивостей?
- 10) Як зміниться просторовий розподіл об'єктів, якщо змінити існуючу класифікацію?
- 11) Що може трапитися з  $A$ , якщо зміниться  $B$  і його розташування відносно  $A$ ?

## 1.2 Історія геоінформатики

Геоінформаційна система винахід не найновіший. В це важко повірити, оскільки більшість з нас вперше почули цю аббревіатуру кілька років тому. Проте, ГІС виповнилося тридцять років, що значно менше, ніж картографії але набагато більше, ніж персональному комп'ютеру.

Один з визнаних фахівців в області ГІС Joseph K Berry - висловив думку, що для кращого і найповнішого розуміння сучасної ГІС потрібно прислухатися поради з "Аліси в країні чудес" "почати з початку і йти, поки не дійдеш до кінця, потім зупинитися". Слідуючи цій пораді, спробуємо прослідкувати шлях ГІС у минулому, розібратися, що відбувається зараз і скласти прогноз на майбутнє. Сліди найпершої ГІС, створеної в кінці 60-х, губляться в надрах Міністерства Оборони США.

ГІС - це розширена форма бази даних, де кожен об'єкт, окрім традиційних атрибутів, характеризується своїм географічним положенням. Тобто ГІС відповідає на два питання - "що це?" і "де це?".

Останнім часом з'явилися ГІС, що відповідають на питання "ну і що з цього". На початку 70-х з'явилося таке явище, як комп'ютерне картографування; точки, лінії і площинні об'єкти на карті були представлені безліччю координат **X,Y**.

Ці дані можна було виводити на плоттер в різних шкалах і проекціях. В цей час вся увага і зусилля були зосереджені власне на карті і були закладені основи сучасної ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ. Очевидною перевагою комп'ютерної картографії була можливість вибирати ділянку на карті і швидко її викреслювати.

На внесення змін до карти, яке до введення комп'ютерного картографування займало декілька тижнів, потрібно всього кілька годин. А що ж було раніше? Існує чудовий документ, що містить інструкцію, як вручну аналізувати карти „гідрологічну карту, рослинну та карту ґрунтів покласти одна на одну, ретельно стежачи при цьому, щоб об'єкти на кожній карті збігалися. Всю пачку покласти на яскраве джерело світла, наприклад, вікно”.

На початку 80-х років з'явилися системи управління просторовими базами даних. Вони були створені для того, щоб зв'язати комп'ютерне картографування і традиційні системи управління базами даних. У цих системах користувач міг, вказати будь-яке місце на карті, отримати якусь інформацію. З іншого боку, користувач міг задати ряд умов, наприклад, умови про тип ґрунту і лісового покриву, і результат пошуку був би представлений у вигляді карти. Попит на тематичну картографічну інформацію змусив звернути увагу на проблему збору даних. Результатом стало інтегроване середовище - дані дистанційного зондування, цифрова карта висот, карта доріг, карта рослинності і всі інші карти мирно співіснували в рамках однієї системи.



В цей же час вимоги до точності, актуальності й відповідності даних стандартам різко зросли. Устаткування для дигіталізації продовжувало поліпшуватися - сканери поступово витісняли ручні сколки. Розвивався ринок картографічної інформації, формувалася нова індустрія. Підвищувалися вимоги до стандартизації і сумісності між різними системами. Комп'ютерне картографування стало серйозним бізнесом. У СРСР першою ластівкою геоінформатики стала наукова конференція "Проблеми геоінформатики", проведена на початку 80-х років Тартуським університетом і Естонською географічною спілкою. У 1985р. естонські географи організували першу школу семінар з геоінформатики.

Істотну роль в розвитку теорії і технології автоматизованої картографії і геоінформатики зіграла Всесоюзна конференція "Автоматизація в тематичній картографії", яка була проведена в січні 1985 р.

Історія ГІС бере початок з кінця п'ятдесятих років минулого сторіччя. За п'ятдесят років пройдено декілька етапів, що дозволили створити самостійно функціонуючу сферу - сферу геоінформаційних технологій. Основні досягнення в геоінформаційні картографії були отримані в США, Канаді і Європі. Республіки колишнього СРСР не брали участь в світовому процесі створення і розвитку геоінформаційних технологій аж до середини 1980-х років. Проте, наша країна має свій, хоча й невеликий, досвід розвитку геоінформаційних систем і технологій.

У історії розвитку геоінформаційних систем виділяють чотири періоди:

#### **Новаторський період (пізні 1950-і - ранні 1970-і рр.)**

- дослідження принципів можливостей інформаційних систем, прикордонних галузей знань і технологій, напрацювання емпіричного досвіду, перші крупні проекти і теоретичні роботи.

#### **Період державного впливу (ранні 1970-і - ранні 1980-і рр.)**

- розвиток крупних геоінформаційних проектів, що фінансуються державою, формування державних інститутів в області геоінформатики, зниження ролі та впливу окремих дослідників і невеликих груп.

#### **Період комерціалізації (ранні 1980-і - теперішній час)**

- широкий ринок різноманітних програмних засобів, розвиток настільних інструментальних ГІС, розширення сфери їх застосування за рахунок інтеграції з базами атрибутивних даних, створення мережових застосувань, поява значної кількості непрофесійних користувачів, організація систем, що підтримують індивідуальні набори даних на окремих комп'ютерах і що підтримує корпоративні і розподілені бази геоданих.

#### **Період застосування (пізні 1980-і - теперішній час)**

- підвищена конкурентна боротьба серед комерційних виробників геоінформаційних технологій та послуг дає переваги користувачам ГІС, доступність і "відкритість" програмних засобів. Вона дозволяє користувачам налаштувати, адаптувати, використовувати і навіть модифікувати

програми; поява призначених для користувача “клубів”, телеконференцій, територіально роз'єднаних, але пов'язаних єдиною тематикою призначених для користувача груп, збільшена потреба в географічних даних, початок формування геоінформаційної інфраструктури планетарного масштабу.

Коротко про організації, проекти та дослідників, що зіграли визначну роль в розвитку ГІС.

В кінці 60-х **Бюро перепису США** розробило формат **GBF-DIME** (Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding). У цьому форматі вперше була реалізована схема визначення просторових стосунків між об'єктами, названа топологією, яка описує, як лінійні об'єкти на карті мають взаємозв'язок між собою, які площинні об'єкти межують один з одним та інш. Вперше були пронумеровані вузлові точки та вперше привласнені ідентифікатори площам по різні сторони ліній. Це було революційне нововведення. Формат GBF-DIME пізніше трансформувався в **TIGER**. Головними особами цього процесу були математик **Джеймс Корбетт** (James Corbett), програмісти **Дональд Кук** (Donald Cooke) і **Максфілд** (Maxfield). Карти у форматі GBF-DIME протягом 70х років були сформовані для всіх міст Сполучених Штатів. Цю технологію по сьогоднішній день використовує безліч сучасних ГІС.

Багато важливих ідей, що стосуються ГІС, виникли в стінах Лабораторії комп'ютерної графіки і просторового аналізу Гарварду. З цієї лабораторії вийшло декілька ключових фігур ГІС-індустрії: це **Говард Фішер** (Howard Fisher) - засновник лабораторії і програміст **Дана Томлін** (Dana Tomlin), що заклала основи картографічної алгебри, створивши знамените сімейство растрових програмних засобів **Map Analysis Package - MAP, PMAP, AMAP**.

Найбільш відомими й добре зарекомендованими програмними продуктами Гарвардської лабораторії є:

- SYMAP (система багатоцільового картографування);
- CALFORM (програма виведення картографічного зображення на плоттер);
- SYMVU (огляд перспективних (тривимірних) зображень);
- ODYSSEY (попередник знаменитого Arc/INFO).

Великий вплив на розвиток ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ мають теоретичні розробки в області географії й просторових взаємовідносин, а також на розвиток кількісних методів в географії в США, Канаді, Франції, Англії, Швеції (роботи **У.Гаррісона** (William Garrison), **Т.Хагерстранда** (Torsten Hagerstrand), **Г.Маккарті** (Harold McCarty), **Я.Макхарга** (Ian Mcharg).

Найстаріші компанії, що були засновані ще в 1969 році, й до сьогоднішнього дня є найбільшими розробниками ГІС - це **ESRI** і **Intergraph**. Ці дві компанії є виробниками найпопулярніших в США і в світі геоінформаційних систем - так, вдвох вони виробляють рівно половину ГІС, що використовуються в США.

## 1.3 Узагальнені функції ГІС-СИСТЕМ

### 1.3.1 Основні принципи функціонування ГІС

#### Сфери застосування ГІС

В даний час геоінформаційні технології проникли практично у всі сфери життя. Відзначимо основні:

- Екологія і природокористування;
- Земельний кадастр і землеустрій;
- Морська, авіаційна і автомобільна навігація;
- Управління міським господарством;
- Регіональне планування;
- Маркетинг;
- Демографія і дослідження трудових ресурсів;
- Управління дорожнім рухом;
- Оперативне управління і планування в надзвичайних ситуаціях;
- Соціологія і політологія;

Крім того, ГІС використовуються для вирішення різноманітних завдань, таких як:

- забезпечення комплексного і галузевого кадастру;
- пошук і ефективне використання природних ресурсів;
- територіальне і галузеве планування;
- контроль умов життя населення, охорона здоров'я, соціальне обслуговування, трудова зайнятість;
- забезпечення діяльності правоохоронних органів і силових структур;
- наука і освіта;
- картографування.

Більшість сучасних ГІС здійснюють комплексну обробку інформації.

Узагальнені функції ГІС-СИСТЕМ:

- 1) введення і редагування даних;
- 2) підтримка моделей просторових даних;
- 3) зберігання інформації;
- 4) перетворення систем координат і трансформація картографічних проєкцій;
- 5) растрово-векторні операції;
- 6) вимірювальні операції;
- 7) полігональні операції;
- 8) операції просторового аналізу;
- 9) різні види просторового моделювання;
- 10) цифрове моделювання рельєфу і аналіз поверхонь;
- 11) виведення результатів в різних формах.

Суть перелічених функцій буде розглянута надалі

#### 1.4 ГІС серед інших автоматизованих систем

Розглядаючи місце ГІС серед інших автоматизованих систем необхідно дати коротку класифікацію цих систем. За різними аспектами розгляду автоматизовані інформаційні системи мають різні класифікації.

За належністю до конкретної наочної області інформаційні системи можна поділити на три класи: *технічні, економічні, інформаційно-аналітичні*.

До **технічних** відносять автоматизовані системи наукових досліджень (АСНІ), системи автоматизованого проектування (САПР), гнучкі виробничі системи (ГПС), робототехнічні комплекси (РТК) та інші.

**Інформаційно-аналітичні** автоматизовані системи включають: автоматизовані довідково-інформаційні системи (АСИС), бази даних (БД), експертні системи (ЕС), статистичні інформаційні системи (СТІС) і тому подібне.

Прикладом **економічних** систем можуть служити автоматизовані системи управління (АСОВІ), бухгалтерські інформаційні системи (БУ-ІС), банківські інформаційні системи (БІС), біржові інформаційні системи (БІС), маркетингові інформаційні системи (МІС) та інші.

Особливістю ГІС як інтегрованої системи є те, що вона інтегрує технології трьох перелічених вище класів систем: технічних, інформаційно-аналітичних і економічних. Отже, ГІС може бути використана як будь-яка з цих систем.

ГІС має ряд особливостей, які необхідно враховувати при вивченні цих систем.

Одна з особливостей ГІС і геоінформаційних технологій полягає в тому, що вони є елементами інформатизації суспільства. Це полягає у впровадженні ГІС і геоінформаційних технологій в науку, виробництво, освіту і застосування в практичній діяльності отримуваної інформації про навколишню реальність.

Геоінформаційні технології є новими інформаційними технологіями, направлені на досягнення різної мети, включаючи інформатизацію виробничо-управлінських процесів.

Іншою особливістю ГІС є те, що як інформаційні системи вони є результатом еволюції цих систем і тому включають основи побудови і функціонування інформаційних систем.

ГІС як система включає безліч взаємопов'язаних елементів, кожен з яких пов'язаний з іншим елементом, а дві будь-які підмножини однієї множини не можуть бути незалежними, не порушуючи цілісність і єдність системи.

Автоматизованою інформаційною системою (АІС) називають органі-

заційно-технічну систему, що використовує автоматизовані інформаційні технології з метою навчання, інформаційно-аналітичного забезпечення науково-інженерних робіт і процесів управління.

В даний час існує безліч визначень ГІС. Це зумовлено тим, що історично ГІС розвивалися протягом тривалого часу. Природно, що вони вдосконалювалися та в міру їх зміни, змінювалися їх основні функції і властивості. Все це приводило до появи нових визначень ГІС, враховуючи їх нові властивості й особливості.

Перші ГІС називалися "Географічні інформаційні системи". Їх визначали як комплексний блок комп'ютерів, призначених для введення, зберігання, аналізу і виведення просторово пов'язаних даних. Ці ГІС походили від Географічної інформаційної системи Канади, побудованої на базі перших великих ЕОМ і пакетної системи обробки даних. Ця перша ГІС була розроблена на початку 1960-х років, задовго до появи персональних комп'ютерів і доступних для користування баз даних. В цей час геоінформатика як наука ще не сформувалася.

Не зважаючи на технічні обмеження таких систем, було виявлено, що певні види аналізу карт і інвентаризації можуть виконуватися на ЕОМ значно ефективніше, ніж вручну.

Наступним етапом розвитку ГІС вважають початок 80-х років. Цей етап пов'язують з появою реляційної моделі даних, розробленою Коддом ще в 1969 -1970 рр .та розроблених на її основі реляційних баз, що замінили ієрархічні бази даних.

Захоплення базами даних привело до того, що ГІС почали називати "комп'ютеризованою базою даних" для зберігання географічної і тематичної інформації.

Проте бази даних призначаються в основному для зберігання, а не для обробки інформації. Тому ГІС продовжували розвиватися.

Після розробки і використання спеціального програмного забезпечення для вирішення завдань геоінформатики з'явилися нові визначення ГІС, як "системи програмного забезпечення" (без включення в них технологічних можливостей). У цей період геоінформатика, як наука, завершила своє формування.

Захоплення автоматизацією кадастру, насамперед міського, привело до появи назви міські інформаційні системи.

Наступним етапом розвитку ГІС слід вважати використання програмного забезпечення систем автоматизованого проектування (САПР) для роботи з графічною інформацією і побудови карт. Це середина 80-х років. В цей час ще не були створені спеціалізовані програмні продукти для завдань ГІС і роботи з автоматизованого складання карт велися за допомогою програмних пакетів САПР. Слід згадати популярний продукт того часу "Автокад" фірми Автодеск.

Головним досягненням програмного забезпечення САПР було ство-

рення системи пошарового уявлення графічної інформації (креслень, карт). Графічна інформація типізувалася і типізовані дані розміщалися в окремому прошарку. Кожен прошарок нагадував прозорий папір. Сукупність прошарків створювала звичну картину графічної інформації, але окремо кожен прошарок було зручно обробляти незалежно від інших.

Іншим досягненням САПР було введення так званих "блоків" для отримання проектних документів. Блоками називали типові елементи, що повторюються, зберігаються в базі даних. Блок створювався незалежно і вставлявся в задані точки креслення необмежену кількість разів. Це істотно скорочувало об'єм даного креслення при його зберіганні в базі даних.

У разі редагування блоку, редакція автоматично відбувалася у всіх частинах креслення, в яких цей блок був вставлений. Цим істотно скорочувалися редакційні роботи графічного документа. Пізніше механізм блоків послужить основою створення бібліотек умовних картографічних знаків.

На початку 90х років почали з'являтися інтегровані програмні продукти і інтегровані інформаційні системи. Інформатика стає основою підготовки різних фахівців в області обробки інформації. Крім того, з'явилася потреба в інформаційних системах, що дозволяють здійснювати глобальну інтеграцію різних видів інформації. З'явилися нові інформаційні технології і системи.

Все це привело до необхідності створення ГІС як автоматизованої інтегрованої інформаційної системи.

Інформатизація торкнулася сьогодні всіх сторін життя суспільства і неможливо назвати будь-яку сферу людської діяльності, де не відчувалася її вплив. У науках про Землю інформаційні технології породили геоінформатику і географічні інформаційні системи (ГІС), причому слово "географічні" означає в даному випадку не стільки "просторовість" або "територіальність", а швидше комплексність і системність дослідницького підходу.

Початок розвитку геоінформаційних систем відноситься до кінця 60х років, але тільки за останні 6-7 років ці системи набули бурхливого поширення. Основною причиною такого стрибка є розвиток обчислювальної техніки. Сучасні геоінформаційні системи оперують колосальними об'ємами текстової і графічної інформації, модельними розрахунками, якісною графікою, що вимагають значних машинних ресурсів. До недавнього часу ЕОМ, що мають характеристики, допустимі для ГІС, коштували дуже дорого і подібну покупку могли дозволити собі лише крупні організації. Сьогодні, у зв'язку із значним зниженням цін на обчислювальну техніку, вона стала доступна набагато більшому колу потенційних покупців. Окрім цього, значно збільшилося на ринку число постачальників геоінформаційних систем, проводиться велика кількість ГІС-орієнтованих конференцій, величезна робота ведеться членами професійних асоціацій.

Існує декілька причин зростаючої популярності геоінформаційних систем. Серед них - постійне вдосконалення діалогу між машиною і корис-

тувачем, завдяки якому оволодіти роботою з ГІС можна шляхом мінімального навчання. Для значного кола користувачів, яке весь час розширюється, ГІС відкрив нові можливості для обміну накопиченою інформацією. Деякі системи комплектуються за бажанням замовника готовими базами даних. Все це приводить до того, що в даний час покупцями ГІС стають невеликі міста і області, окремі галузі промисловості, охорона здоров'я, освіта і тому подібне.

На сьогоднішній день існують тисячі ГІС, що використовуються в економіці, політиці, екології, управлінні ресурсами і охороні природи, кадастрі, науці і освіті та інш. Геоінформаційні системи охоплюють всі просторові рівні: глобальний, регіональний, національний, локальний, муніципальний, інтегруючи різноманітну інформацію про нашу планету: картографічну, дані дистанційного зондування, статистику і переписи, кадастрові відомості, гідрометеорологічні дані, матеріали польових експедиційних спостережень, результати буріння і підводного зондування та інш.

ГІС тісно зв'язана з рядом інших типів інформаційних систем. Її основна відмінність полягає в здатності маніпулювати і проводити аналіз просторових даних. Хоча і не існує єдиної загальноприйнятої класифікації інформаційних систем, приведений нижче опис повинен допомогти дистанціювати ГІС від настільних картографічних систем, систем САПР (CAD), дистанційного зондування, систем управління базами даних (СУБД або DBMS) і технології глобального позиціонування (GPS).

## 1.5 Класифікація ГІС

ГІС системи розробляються з метою вирішення наукових і прикладних завдань з моніторингу екологічних ситуацій, раціональному використанню природних ресурсів, а також для інфраструктурного проектування, міського і регіонального планування, для вживання оперативних заходів в умовах надзвичайних ситуацій ін.

Безліч завдань, що виникають в житті, приводить до створення різних ГІС, які можуть класифікуватися за наступними ознаками:

### ***За функціональними можливостями:***

- повнофункціональні ГІС загального призначення;
- спеціалізовані ГІС орієнтовані на вирішення конкретної задачі в будь-якій предметній області;
- інформаційно-довідкові системи для домашнього і інформаційно-довідкового користування.

Функціональні можливості ГІС визначаються також архітектурним принципом їх побудови:

- закриті системи - не мають можливостей розширення, вони здатні виконувати тільки той набір функцій, який однозначно визначений на момент покупки.

- відкриті системи відрізняються легкістю пристосування, можливостями розширення, оскільки можуть бути побудовані самим користувачем за допомогою спеціального апарату (вбудованих мов програмування).

***За просторовим (територіальним) обхватом:***

- глобальні (планетарні);
- загальнонаціональні;
- регіональні;
- локальні (зокрема муніципальні).

***За проблемно-тематичною орієнтацією:***

- загальногеографічні;
- екологічні і природокористувальні;
- галузеві (водних ресурсів, лісокористування, геологічні, туризму);

***За способом організації географічних даних:***

- векторні;
- растрові;
- векторно-растрові ГІС.

## **1.6 Наукові, технічні, технологічні й прикладні аспекти проектування, створення й використання ГІС**

Геоінформаційна система, ГІС - це інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і розповсюдження просторово-координованих даних (просторових даних).

ГІС містить дані про просторові об'єкти у формі їх цифрових уявлень (векторних, растрових, квадратових і інших), включає, відповідно до завдання, набір функціональних можливостей ГІС, в яких реалізуються операції геоінформаційних технологій, що підтримуються програмним, апаратним, інформаційним, нормативно-правовим, кадровим і організаційним забезпеченням.

По територіальному обхвату розрізняють глобальні, або планетарні ГІС, субконтинентальні ГІС, національні ГІС, що часто мають статус державних, регіональні ГІС, субрегіональні ГІС і локальні, або місцеві ГІС.

ГІС розрізняються предметною областю інформаційного моделювання, наприклад, міські ГІС, або муніципальні ГІС, МГІС, природоохоронні ГІС і т.п.; серед них особливе поширення отримали земельні інформаційні системи.

Проблемна орієнтація ГІС визначається завданням, що вирішуються ГІС (науковим і прикладним), серед них інвентаризація ресурсів (зокрема кадастр), аналіз, оцінка, моніторинг, управління і планування, підтримка ухвалення рішень. Інтегровані ГІС, ІГІС суміщають функціональні можливості ГІС і систем цифрової обробки зображень (даних дистанційного зондування) в єдиному інтегрованому середовищі.

Полімасштабні, або незалежні ГІС, засновані на множинних або



полімасштабних представленнях просторових об'єктів. Вони забезпечують графічне або картографічне відтворення даних на будь-якому з вибраних рівнів масштабного ряду, на основі єдиного набору даних з найбільшим просторовим дозволом.

Просторово-часові ГІС оперують просторово-часовими даними.

Реалізація геоінформаційних проектів створення ГІС включає етапи:

- перед проектних досліджень, зокрема вивчення вимог користувача і функціональних можливостей програмних засобів ГІС, що використовуються, техніко-економічне обґрунтування, оцінку співвідношення "затрати/прибуток";

- системне проектування ГІС, включаючи стадію пілот-проекта, розробку ГІС;

- її тестування на невеликому територіальному фрагменті, або тестовій ділянці; прототипування, або створення дослідного зразка, або прототипу;

- впровадження ГІС;

- експлуатацію і використання.

Наукові, технічні, технологічні і прикладні аспекти проектування, створення і використання ГІС вивчаються геоінформатикою.

ГІС пов'язані з такими дисциплінами:

- географія;

- картографія;

- дистанційне зондування;

- топографія і фотограмметрія;

- інформатика;

- математика і статистика.

Фахівці, що працюють в області ГІС і геоінформаційних технологій, займаються наступним:

• накопиченням первинних даних;

• проектуванням баз даних;

• проектуванням ГІС;

• плануванням, управлінням і адмініструванням геоінформаційних проектів;

• розробкою і підтримкою ГІС;

• маркетингом і розповсюдженням ГІС- продукції і геоданих;

• професійною геоінформаційною освітою і навчанням ГІС- технологіям.

### 1.6.1 Основні функції й складові частини ГІС

ГІС включає п'ять ключових складових: **апаратні засоби, програмне забезпечення, дані, виконавці і методи.**

**Апаратні засоби.** Це комп'ютер, на якому запущена ГІС. В даний

час ГІС працюють на різних типах комп'ютерних платформ, від централізованих серверів до окремих або зв'язаних мережею настільних комп'ютерів. Програмне забезпечення ГІС містить функції і інструменти, необхідні для зберігання, аналізу і візуалізації географічної (просторовою) інформації. Ключовими компонентами програмних продуктів є: інструменти для введення і операції географічною інформацією; система управління базою даних (DBMS або СУБД); інструменти підтримки просторових запитів, аналізу і візуалізації (відображення); графічний призначений для користувача інтерфейс (GUI або ГІП) для легкого доступу до інструментів і функцій.

**Дані.** Це вірогідно найбільш важливий компонент ГІС. Дані про просторове положення (географічні дані) і пов'язані з ними табличні дані можуть збиратися і готуватися самим користувачем, або отримуватися у постачальників на комерційній або іншій основі. В процесі управління просторовими даними ГІС інтегрує просторові дані з іншими типами і джерелами даних, а також може використовувати СУБД, що використовуються багатьма організаціями, для впорядкування і підтримки наявних в їх розпорядженні даних.

**Виконавці.** Широке застосування технології ГІС неможливо без людей, які працюють з програмними продуктами і розробляють плани їх використання при вирішенні реальних завдань. Користувачами ГІС можуть бути як технічні фахівці, що розробляють і підтримують систему, так і звичайні співробітники (кінцеві користувачі), яким ГІС допомагає вирішувати поточні щоденні справи і проблеми.

**Методи.** Успішність і ефективність (зокрема економічна) застосування ГІС багато в чому залежить від правильно складеного плану і правил роботи, які складаються відповідно до специфіки завдань і роботи кожної організації.

Геоінформаційна технологія є достатньо складною системою, що поєднує технічні засоби, програмне забезпечення, дані, персонал, офіційно встановлені норми і правила збору, зберігання, аналізу і передачі інформації про процеси і явища, що мають просторову прив'язку і розповсюдження.

І як наслідок вона розвивається на стику багатьох наукових дисциплін, використовується в найрізноманітніших областях людської діяльності, таких, як муніципальне управління, раціональне природокористування, охорона навколишнього середовища, складання геологічних прогнозів і так далі.

## 2 ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ГІС

## 2.1 Апаратні (технічні) засоби

*До основних компонентів ГІС відносять:* технічні (апаратні) і програмні засоби, інформаційне забезпечення.

Вимоги до компонентів ГІС визначаються, насамперед, користувачем, перед яким поставлене конкретне завдання (облік природних ресурсів, управління інфраструктурою міста та інш.), яке має бути вирішене для певної території, що відрізняється за природними умовами та ступенем її освоєння.

*Технічні засоби* - це комплекс апаратних засобів, вживаних при функціонуванні ГІС: *робоча станція* або *персональний комп'ютер (ПК)*, *пристрої введення-виводу інформації*, *пристрої обробки і зберігання даних*, *засоби телекомунікації*.

*Робоча станція* або *ПК* є ядром будь-якої інформаційної системи і призначена для управління роботою ГІС і виконання процесів обробки даних, заснованих на обчислювальних або логічних операціях.

Сучасні ГІС здатні оперативно обробляти величезні масиви інформації і візуалізувати результати.

*Введення даних* реалізується за допомогою різних технічних засобів і методів: безпосередньо з клавіатури, за допомогою дигітайзера або сканера, через зовнішні комп'ютерні системи.

Просторові дані можуть бути отримані електронними геодезичними приладами, безпосередньо за допомогою дигітайзера і сканера, або в результаті обробки знімків на аналітичних фотограмметричних приладах або цифрових фотограмметричних станціях.

*Пристрої для обробки і зберігання даних* сконцентровані в системному блоці, що включає центральний процесор, оперативну пам'ять, зовнішні пристрої пам'яті і призначений для користувача інтерфейс.

Зовнішні пристрої пам'яті, підключаються до комп'ютера, до них відносяться: дискети, ZIP- диски, магнітні жорсткі диски. Для архівації даних служать оптичні і магнітні диски CD-ROM і DVD-ROM.

*Пристрої виведення даних* повинні забезпечувати наочне представлення результатів, перш за все на моніторі, а також у вигляді графічних оригіналів, отриманих на принтері або плоттері (графічному пристрої), крім того, обов'язкова реалізація експорту даних в зовнішні системи.

## 2.2 Програмне забезпечення

*Програмні засоби* - сукупність програмних засобів, що реалізують функціональні можливості ГІС і програмні документи, що необхідні при їх експлуатації.

Структурне програмне забезпечення ГІС включає базові і прикладні програмні засоби.

Базові програмні засоби включають: операційні системи (ОС), програмні середовища, мережеве програмне забезпечення і системи управління базами даних. Операційні системи призначені для управління ресурсами ЕОМ і процесами, що використовують ці ресурси. В даний час використовуються основні ОС: Windows і Unix.

**Будь-яка ГІС працює з даними двох типів** - просторовими і атрибутивними, отже, програмне забезпечення повинне включити систему управління базами тих або інших даних (СУБД), а також модулі управління засобами введення і виведення даних, систему візуалізації даних і модулі для виконання просторового аналізу.

Прикладні програмні засоби призначені для вирішення спеціалізованих завдань в конкретній наочній області і реалізуються у вигляді окремих модулів (додатків) і утиліт (допоміжних засобів).

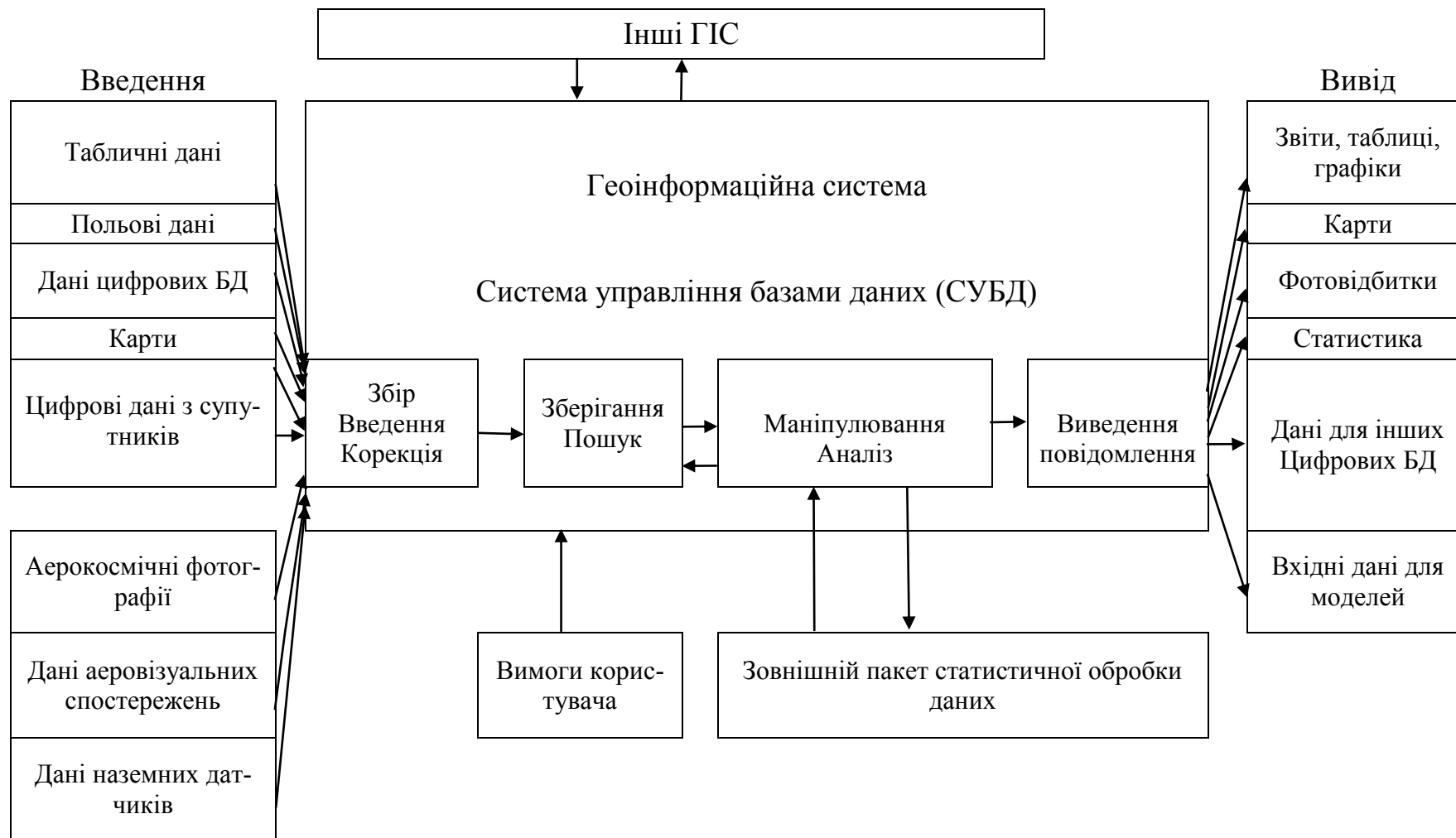


Рис. 2.1 - Загальна схема функціонування ГІС

## 2.3 Інформаційне забезпечення

**Інформаційне забезпечення** - сукупність масивів інформації, систем кодування і класифікації інформації.

Інформаційне забезпечення складають реалізовані рішення за видами, об'ємами, розміщенням та формами організації інформації, включаючи пошук і оцінку джерел даних, набір методів введення даних, проектування баз даних, їх ведення і метасупроводження.

*Особливість зберігання просторових даних в ГІС - їх розподіл на шари.*

Багатошарова організація електронної карти, за наявності гнучкого механізму управління шарами, дозволяє об'єднати і відобразити набагато більшу кількість інформації, ніж на звичайній карті.

Дані про просторове положення (географічні дані) і пов'язані з ними табличні дані можуть готуватися самим користувачем або отримуватися. Для такого обміну важлива інфраструктура просторових даних.

Інфраструктура просторових даних визначається нормативно-правовими документами, механізмами організації і інтеграції просторових даних, а також їх доступність різним користувачам.

Інфраструктура просторових даних включає три необхідні компоненти: *базову просторову інформацію, стандартизацію просторових даних, бази метаданих і механізм обміну даними.*

## 3 СТРУКТУРИ І МОДЕЛЬ ДАНИХ

### 3.1 Джерела, стандарти й формати даних

Об'єкти реального світу, що розглядаються в геоінформатиці, відрізняються ***просторовими, тимчасовими і тематичними характеристиками.***

*Просторові характеристики* визначають положення об'єкту в заздалегідь визначеній системі координат, основна вимога до таких даних - *точність.*

*Тимчасові характеристики* фіксують час дослідження об'єкту і важливі для оцінки зміни властивостей об'єкту протягом деякого часу.

Основна вимога до таких даних - *актуальність*, що означає можливість їх використання для обробки. Неактуальні дані - це застарілі дані.

*Тематичні характеристики* описують різні властивості об'єкту, включаючи економічні, статистичні, технічні та інші властивості, основна вимога - повнота.

Для представлення просторових об'єктів в ГІС використовують просторові і атрибутивні типи даних.

**Просторові дані** - відомості, які характеризують місцеположення об'єктів в просторі відносно один одного та їх геометрію.

Просторові об'єкти представляють за допомогою наступних графічних об'єктів: **точки, лінії, області та поверхні**.

Опис об'єктів здійснюється шляхом вказівки координат об'єктів та їх складових частин.

**Точкові об'єкти** - це такі об'єкти, кожен з яких розташований тільки в одній точці простору, представленою парою координат  $X, Y$ . Залежно від масштабу картографування, такими об'єктами можуть розглядатися дерево, будинок або місто.

**Лінійні об'єкти**, представлені як одновимірні, тобто такі, що мають одну розмірність – довжину або ширину об'єкту, які не виражені в даному масштабі або не суттєві. Приклади таких об'єктів: річки, межі муніципальних округів, горизонталі рельєфу.

**Області (полігони)** - площинні об'єкти, представлені набором пари координат  $(X, Y)$  або набором об'єктів типу лінії, що є замкнутим контуром. Такими об'єктами можуть бути представлені території, займані певним ландшафтом, містом або цілим континентом.

**Поверхня** - при її описі потрібне додавання до площинних об'єктів значень висоти. Відновлення поверхонь здійснюється за допомогою використання математичних алгоритмів (інтерполяції і апроксимації) по початковому набору координат  $X, Y, Z$ .

Додаткові непросторові дані про об'єкти утворюють набір атрибутів.

**Атрибутивні дані** - це якісні або кількісні характеристики просторових об'єктів, що мають, як правило, алфавітно-цифровий вигляд.

Приклади таких даних: географічна назва, видовий склад рослинності, характеристика ґрунтів і т.п.

Природа просторових і атрибутивних даних різна, відповідно й різні методи маніпулювання (зберігання, введення, редагування, пошуку і аналізу) для цих двох складових геоінформаційної системи.

Одна з основних ідей, втілених в традиційних ГІС, - це збереження зв'язку між просторовими і атрибутивними даними при роздільному їх зберіганні і, частково, роздільній обробці.

Загальний цифровий опис просторового об'єкту включає: найменування; вказівки місцеположення; набір властивостей; стосунки з іншими об'єктами. Найменуванням об'єкту служить його географічна назва (якщо вона є), його умовний код або ідентифікатор, що привласнюється користувачем або системою.

Однотипні об'єкти за просторовими і тематичними ознаками об'єднуються в шари цифрової карти, які розглядаються як окремі інформаційні одиниці, при цьому існує можливість поєднання всієї наявної інформації.

Джерелами даних для формування ГІС є:

- **картографічні матеріали** (топографічні і загальногеографічні кар-

ти, карти адміністративно-територіального поділу, кадастрові плани та ін.). Відомості, що отримуються за допомогою карт, мають територіальну прив'язку, тому їх зручно використовувати як базовий шар ГІС. Якщо немає цифрових карт досліджуваної території, тоді графічні оригінали карт перетворюються в цифровий вигляд;

- **дані дистанційного зондування (ДДЗ)** все ширше використовуються для формування баз даних ГІС. До ДДЗ, перш за все, відносять матеріали, що отримують з космічних носіїв. Для дистанційного зондування застосовують різноманітні технології отримання зображень і передачі їх на Землю, носії знімальної апаратури (космічні апарати і супутники) розміщують на різних орбітах, оснащують різною апаратурою. Завдяки цьому отримують знімки, що відрізняються різним рівнем обсягу й детальності відображення об'єктів природного середовища в різних діапазонах спектру (видимий і ближній інфрачервоний, тепловий інфрачервоний і радіодіапазон). Все це зумовлює широкий спектр екологічних завдань, що вирішуються із застосуванням ДДЗ.

До методів дистанційного зондування відносяться наземні, аерозйомки та інші неконтактні методи, наприклад, гідроакустичні зйомки рельєфу морського дна. Матеріали таких зйомок забезпечують отримання як кількісної так і якісної інформації про різні об'єкти природного середовища;

- **результати польових обстежень територій**, включають геодезичні виміри природних об'єктів, що виконуються нівелірами, теодолітами, електронними тахеометрами, GPS-приймачами, а також результати обстеження територій із застосуванням геоботанічних і інших методів, наприклад, дослідження по переміщенню тварин, аналіз ґрунтів і ін.;

- **статистичні дані** містять дані державних статистичних служб в різноманітних галузях народного господарства, а також дані стаціонарних вимірювальних постів спостережень (гідрологічні та метеорологічні дані, відомості про забруднення навколишнього середовища і т.п.).

- **літературні дані** (довідкові видання, книги, монографії та статті, що містять різноманітні відомості по окремих типах географічних об'єктів).

У ГІС рідко використовується тільки один вид даних, найчастіше це поєднання різноманітних даних на будь-яку територію. Для представлення просторових даних в ГІС застосовують **векторні і растрові структури даних**. **Векторна структура** - це представлення просторових об'єктів у вигляді набору координатних пар (векторів), що описують геометрію об'єктів (рис. 3.1).

**Растрова структура** даних припускає представлення даних у вигляді двомірної сітки, кожна клітинка якої містить тільки одне значення, що характеризує об'єкт, відповідний клітинці растр на місцевості або на зображенні. Це може бути код об'єкту (ліс, луг і так далі) висота або оптична



густота та ін. (рис. 3.2).

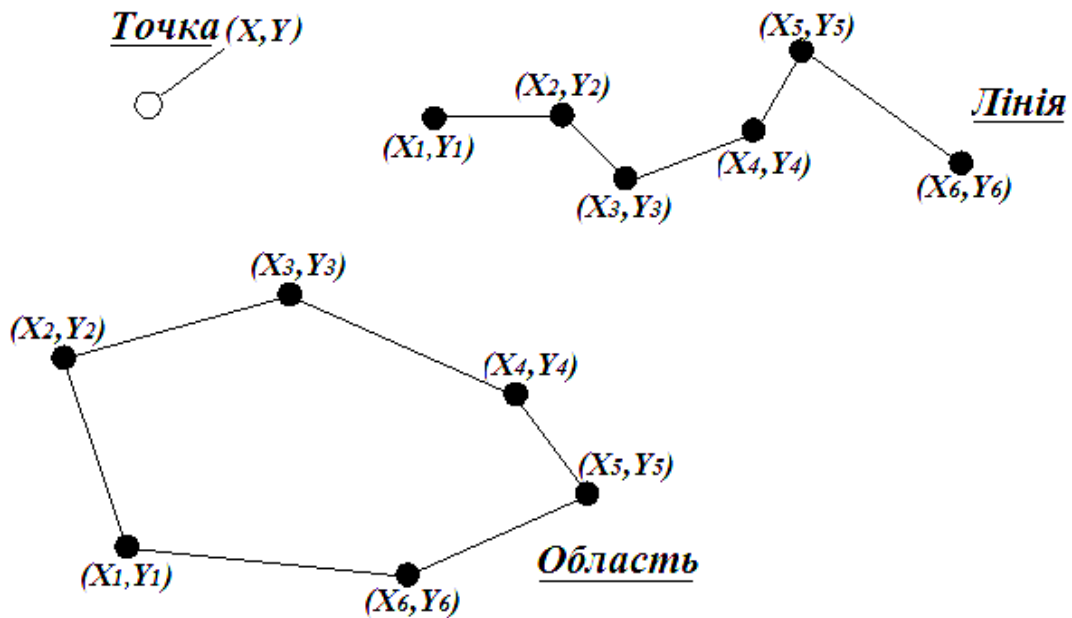


Рис. 3.1- Векторне представлення просторових даних

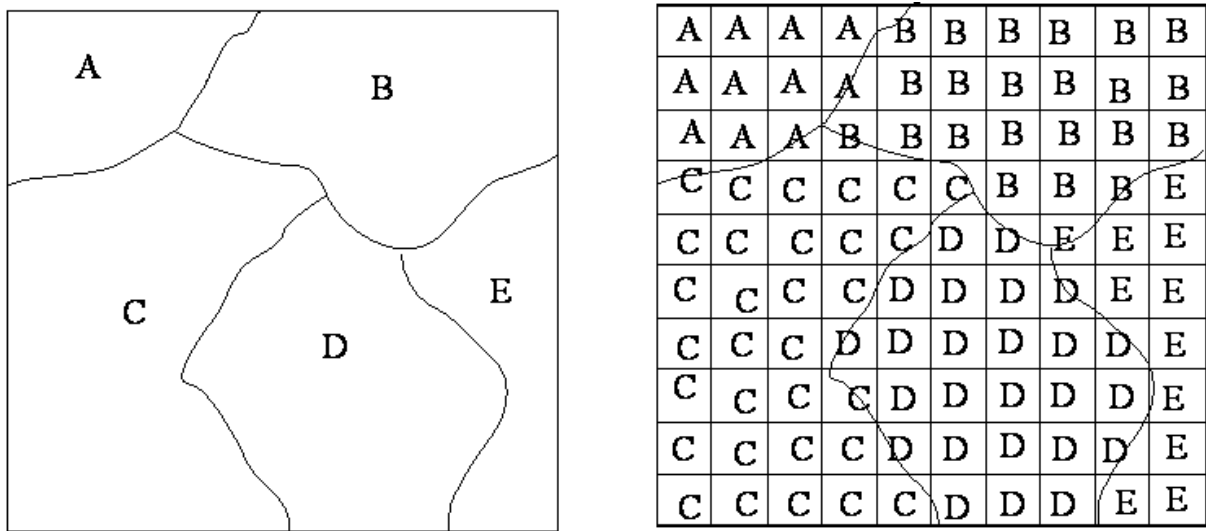


Рис. 3.2 - Растрова структура даних

Точність растрових даних обмежується розміром клітинки. Такі структури є зручним засобом аналізу і візуалізації різного роду інформації.

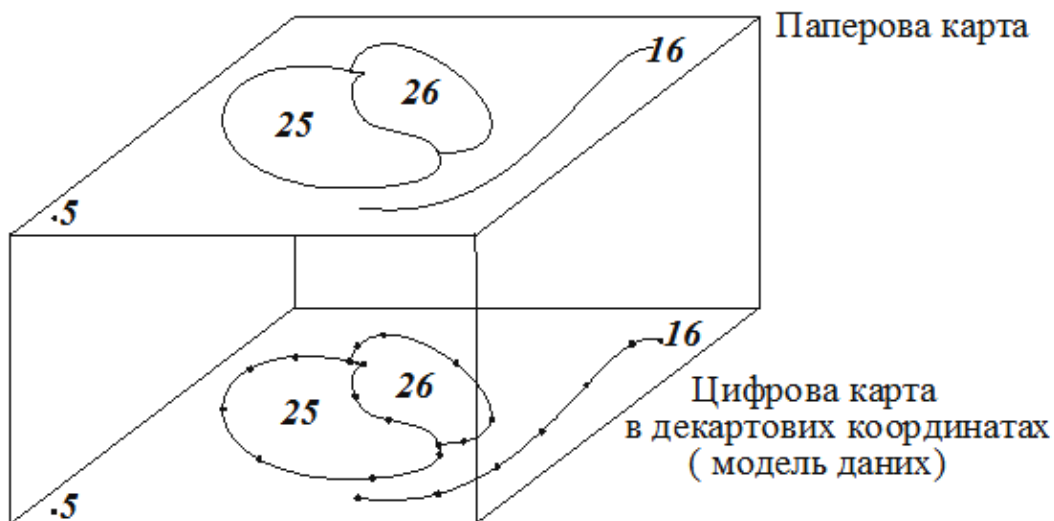
Для реалізації растрових і векторних структур розроблені різні моделі даних.

### 3.2 Моделі даних

**Моделі просторових даних** - логічні правила для формалізованого цифрового опису просторових об'єктів.

#### **Векторні моделі даних.**

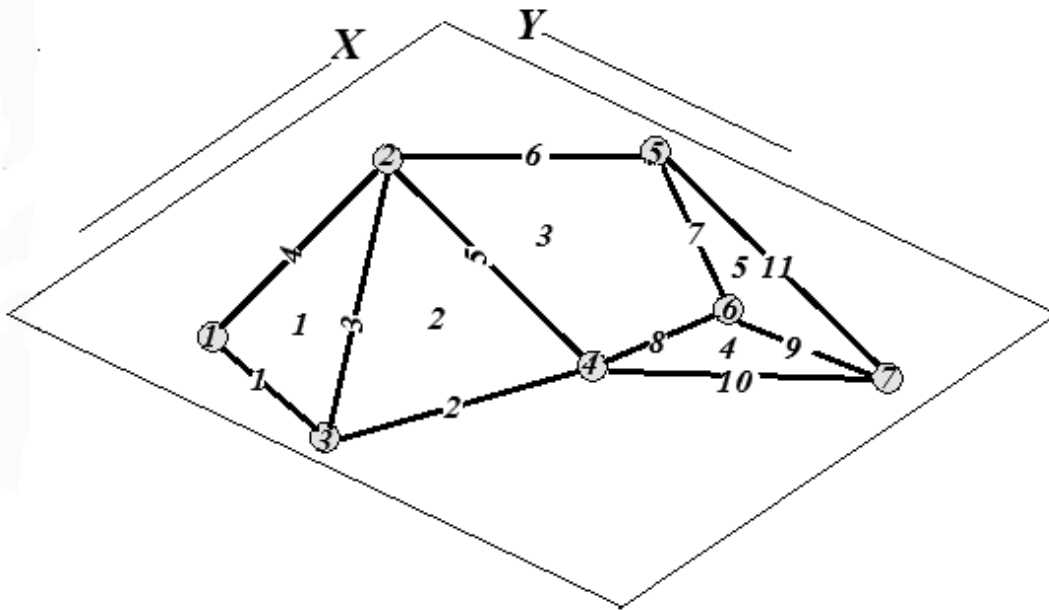
Існує декілька способів об'єднання векторних структур даних у векторну модель даних, що дозволяє досліджувати взаємозв'язок між об'єктами одного шару або між об'єктами різних шарів. Простою векторною моделлю даних є "спагетті"- модель (рис.3.3). В цьому випадку переводиться "один в один" графічне зображення карти.



Об'єкт	номер	Місцеположення
Точка	5	Одна пара координат (x,y)
Лінія	16	Набір пар координат (x,y)
Область	25	Набір пар координат (x,y), перша і остання збігаються

Рис. 3.3 - "Спагетті"- модель

Ця модель не містить опису співвідношення між об'єктами, кожен геометричний об'єкт зберігається окремо і не пов'язаний з іншими, наприклад, загальна межа об'єктів 25 і 26 записується двічі, хоча за допомогою однакового набору координат. Всі співвідношення між об'єктами повинні обчислюватися незалежно, що ускладнює аналіз даних і збільшує об'єм інформації, що зберігається.



Файл вузлів		
Номер дуги	Координата X	Координата Y
1	19	6
2	15	15
3	27	13
4	24	19

Файл областей	
Номери областей	Список дуг
1	1, 4, 3
2	2, 3, 5
3	5, 6, 7, 8

Файл дуг				
Номер дуги	Правий полігон	Лівий полігон	Початковий вузол	Кінцевий вузол
1	1	0	3	1
2	2	0	4	3
3	2	1	3	2
4	1	0	1	2
5	3	2	4	2
6	3	0	2	5

Рис. 3.4 - Векторна топологічна модель даних

Векторні топологічні моделі (рис. 3.4) містять відомості про сусідство, близькість об'єктів та інші характеристики взаємного розташування векторних об'єктів.

Топологічна інформація описується набором вузлів і дуг.

*Вузол* - це перетин двох або більше дуг і його номер використовується для посилання на будь-яку дугу, якої він належить.

Кожна дуга починається і закінчується або в точці перетину з іншою дугою, або у вузлі, що не належить іншим дугам. Дуги утворюються послідовністю відрізків, сполучених проміжними точками. В цьому випадку кожна лінія має два набори чисел: пари координат проміжних точок і номери вузлів. Крім того, кожна дуга має свій ідентифікаційний номер, який використовується для вказівки, які вузли представляють її початок і кінець.

Розроблені і інші модифікації векторних моделей, зокрема, існують спеціальні векторні моделі для представлення моделей поверхонь, які будуть розглядатися далі.

***Растрові моделі*** використовуються в двох випадках.

У першому випадку - для зберігання початкових зображень місцевості. У другому - для зберігання тематичних шарів, коли користувачів цікавлять не окремі просторові об'єкти, а набір точок простору, що мають різні характеристики (висотні відмітки або глибини, вологість ґрунтів і т.п.), для оперативного аналізу або візуалізації.

Існує декілька способів зберігання і адресації значень окремих осередків растру, і їх атрибутів, назв шарів і легенд.

При використанні растрових моделей актуальним є питання стиснення растрових даних, для якого розроблені методи групового кодування, блокового кодування, кодування ланцюжка і зображення у вигляді квадродерева.

### 3.3 Формати даних

Формати даних визначають спосіб зберігання інформації на жорсткому диску, а також механізм її обробки. Моделі даних і формати даних певним чином взаємопов'язані.

Існує велика кількість форматів даних.

Можна відзначити, що в багатьох ГІС підтримуються основні формати зберігання растрових *даних* (TIFF, JPEG, GIF, BMP, WMF, PCX), а також Geospot, GEOTIFF, що дають змогу передавати інформацію про прив'язку растрового зображення до реальних географічних координат і MRSID - для стиснення інформації.

Найбільш поширеним серед *векторних форматів* є - DXF.

Всі системи підтримують обмін просторовою інформацією (експорт і імпорт) з багатьма ГІС і САПР через основні обмінні формати: SHP, E00, GEN (ESRI), VEC (IDRISI), MIF (Mapinfo Corp.), DWG, DXF (Autodesk),

WMF (Microsoft), DGN (Bentley).

Досить часто для ефективної реалізації одних комп'ютерних операцій віддають перевагу векторному формату, а для інших - растровому.

Тому, в деяких системах реалізуються можливості маніпулювання даними в тому чи в іншому форматі, а також функції перетворення векторного в растровий або растрового у векторний формати.

### **3.4 Бази даних і керівництво ними**

*Сукупність цифрових даних про просторові об'єкти утворює безліч просторових даних і складає вміст баз даних.*

*База даних* (БД) - сукупність даних організованих за певними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, зберігання і маніпулювання даними.

Створення БД і звернення до неї (за запитом) здійснюється за допомогою системи управління базами даних (СУБД).

Логічна структура елементів бази даних визначається вибраною моделлю БД.

*Найбільш поширеними моделями БД є ієрархічні, мережеві, реляційні і об'єктно-орієнтовані.*

*Ієрархічні моделі* представляють деревовидну структуру, в цьому випадку кожен запис пов'язаний тільки з одним записом, що знаходиться на більш високому рівні.

Така система добре ілюструється системою класифікації рослин і тварин. Прикладом може також служити структура зберігання інформації на дисках ПК. Головне поняття такої моделі рівень.

Кількість рівнів і їх склад залежить від прийнятої при створенні БД класифікації. Доступ до будь-якого з цих записів здійснюється шляхом проходження по певному ланцюжку вузлів. При такій структурі легко здійснювати пошук потрібних даних, але якщо спочатку опис неповний або не передбачений який-небудь критерій, то пошук стає неможливим. Для достатньо простих завдань така система ефективна, але вона практично непридатна для використання в складних системах з оперативною обробкою запитів.

*Мережеві моделі* були покликані усунути деякі з недоліків ієрархічних моделей. У мережевій моделі кожен запис в кожному вузлі мережі може бути пов'язаний з декількома іншими вузлами. Записи, що входять до складу мережевої структури, мають показники, що визначають місцеположення інших записів, пов'язаних з ними. Така модель дозволяє прискорити доступ до даних, але зміна структури бази вимагає значних зусиль і часу.

*Реляційні моделі* збирають дані в уніфіковані таблиці. Таблиці привласнюється унікальне ім'я всередині БД. Кожен стовпець - це поле, що має ім'я, відповідне атрибуту, що міститься в ній. Кожен рядок в таблиці від-

повідас запису у файлі.

Одне і теж поле може бути присутнім в декількох таблицях. Оскільки рядки в таблиці не впорядковані, то визначається один або декілька стовпців, значення яких однозначно ідентифікують кожен рядок. Такий стовпець називається первинним ключем. Взаємозв'язок таблиць підтримується зовнішніми ключами. Маніпулювання даними здійснюється за допомогою операцій, що складають таблиці. Користувач може легко заносити в базу нові дані, комбінувати таблиці, вибираючи окремі поля, записи і формувати нові таблиці для відображення на екрані.

Об'єктно-орієнтовані моделі застосовують, якщо геометрія певного об'єкту здатна охоплювати декілька шарів, атрибути таких об'єктів можуть успадковуватися, для їх обробки застосовують специфічні методи.

Для обробки даних, розміщених в таблицях необхідні додаткові відомості про дані, їх називають *метаданими*.

**Метадані** - дані про дані: каталоги, довідники, реєстри і інші форми опису наборів цифрових даних.

## 4 ТЕХНОЛОГІЇ ВВЕДЕННЯ ДАНИХ

### 4.1 Способи введення даних

Відповідно до використовуваних технічних засобів розрізняють два способи введення даних: *дигіталізацію і векторизацію*.

Для ручного введення просторових даних застосовується *дигітайзер*. Він складається з планшета (столика) з електронною сіткою, до якого приєднаний пристрій, що називається курсором. Курсор є аналогом графічного маніпулятора - миші, має візир нанесений на прозору пластинку, за допомогою якого оператор виконує точне наведення на окремі елементи карти. На курсорі розміщені кнопки, які дозволяють фіксувати початок і кінець лінії або межі області, число кнопок залежить від рівня складності дигітайзера. Дигітайзери бувають різних форматів і забезпечують відрізняльну здатність 0,03 мм із загальною точністю 0,08 мм на відстані 1,5 м. Існують автоматизовані дигітайзери, що забезпечують автоматичне відстеження ліній.

Найбільшого поширення для введення даних набули *сканери*. Вони дозволяють вводити *растрове зображення карти в комп'ютер*.

Різні типи сканерів розрізняються:

- за способом подачі початкового матеріалу (планшетні і протяжні (барабанного типу);
- за способом зчитування інформації (що працюють на просвіт або на віддзеркалення);
- за радіометричним дозволом або глибиною кольору;

- за оптичним(або геометричним) дозволом. Остання характеристика визначається мінімальним розміром елементу зображення, який розрізняється сканером.

**Процес цифрування растрового зображення на екрані комп'ютера називають векторизацією.**

Існує три способи векторизації: *ручний, інтерактивний і автоматичний.*

При *ручній векторизації* оператор обводить мишею на зображенні кожен об'єкт, *при інтерактивній* - частина операцій проводиться автоматично. Так, наприклад, при векторизації горизонталей досить задати початкову точку і напрям відстеження ліній, далі векторизатор сам відстежить цю лінію до тієї пори, поки на його шляху не зустрінуться невизначені ситуації, наприклад розрив лінії.

Можливості інтерактивної векторизації прямо пов'язані з якістю початкового матеріалу і складністю карти. Автоматична векторизація припускає безпосередній перехід з растрового формату у векторний за допомогою спеціальних програм з подальшим редагуванням. Воно необхідне, оскільки навіть найвитонченіша програма може невірно розпізнати об'єкт, прийняти, наприклад, символ за групу точок і тому подібне.

## 4.2 Перетворення початкових даних

Відскановані початкові карти створювалися в певній картографічній проекції і системі координат. При оцифруванні ця складна проекція зводиться в набір просторових координат. Тому необхідно перетворити карту до її початкової проекції. Для цього в ГІС вводяться відомості про використовувану проекцію (зазвичай ГІС дозволяє працювати з великим числом проекцій) і здійснюється ряд перетворень. Три основні з них, які нерідко виконуються одночасно, це перенесення, поворот і масштабування.

*Перенесення* - це просто переміщення всього графічного об'єкту в інше місце на координатній площині. Він виконується додаванням певних величин до координат  $X$  і  $Y$  об'єкту:

$$X' = X + T_x, \quad Y' = Y + T_y \quad (4.1)$$

Масштабування теж дуже корисно, оскільки часто скануються карти різних масштабів, для цього використовують співвідношення:

$$X' = X \cdot S_x, \quad Y' = Y \cdot S_y \quad (4.2)$$

Поворот виконується з використанням тригонометричних функцій:

$$X' = X \cdot \cos\Theta + Y \sin\Theta, \quad Y' = X \cdot \sin\Theta + Y \cos\Theta \quad (4.3)$$

Всі необхідні перетворення можуть бути виконані використанням цих трьох основних графічних операцій за координатами опорних точок.

### **4.3 Введення даних дистанційного зондування**

У ГІС використовують не первинні матеріали ДЗ, що отримуються під час зйомки, а похідні, що формуються в результаті їх обробки.

Дані з супутників піддаються попередній цифровій обробці для усунення радіометричних і геометричних спотворень, впливу атмосфери і т.п.

Для поліпшення візуальної якості початкових зображень можуть застосовуватися процедури для зміни яскравості і контрастності, фільтрації для усунення шумів або підкреслення контурів і дрібних деталей.

При використанні аерофотознімків слід звертати увагу на спотворення, що викликаються кутами нахилів знімків і рельєфом місцевості, які можуть бути усунені в процесі трансформації або ортофототрансформації.

## **5 АНАЛІЗ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ**

### **5.1 Завдання просторового аналізу**

До засобів просторового аналізу відносяться різні процедури маніпулювання просторовими і атрибутивними даними, що виконуються при обробці запитів користувача. До них відносяться, наприклад, операції накладення графічних об'єктів, засоби аналізу мережевих структур або виділення об'єктів по заданих ознаках. Для пакету

Для кожного ГІС-ПАКЕТА характерний свій набір засобів просторового аналізу, що забезпечує вирішення специфічних завдань користувача, в той же час можна виділити ряд основних функцій, властивих практично кожному ГІС-ПАКЕТУ. Це, перш за все, організація вибору і об'єднання об'єктів відповідно до заданих умов, реалізація операцій обчислювальної геометрії, аналіз накладень, побудова буферних зон, мережевий аналіз.

### **5.2 Основні функції просторового аналізу даних**

*Вибір об'єктів за запитом.* Найпростішою формою запиту є отримання характеристик об'єкту вказаного курсором на екрані і зворотна операція, коли зображаються об'єкти із заданими атрибутами.

Складніші запити дозволяють вибирати об'єкти за кількома ознаками, наприклад за віддаленістю одних об'єктів від інших, співпадаючими об'єктами, що розташовані в різних шарах і т.п. Для вибору даних відповідно до певних умов використовуються SQL- запити. Для виконання запитів. різних за складністю, реалізовані можливості використання при



складанні запитів математичних і статистичних функцій, а також географічних операторів, що дають змогу вибирати об'єкти на підставі їх взаємного розташування в просторі (наприклад, чи знаходиться даний об'єкт усередині іншого об'єкту, чи перетинається з ним).

Узагальнення даних може проводитися за рівністю значень певного атрибуту, зокрема для зонування території. Ще один спосіб угруповання - об'єднання об'єктів одного тематичного шару відповідно до їх розміщення усередині полігональних об'єктів інших тематичних шарів.

*Геометричні функції:* до них відносять розрахунки геометричних характеристик об'єктів або їх взаємного положення в просторі, при цьому використовуються формули аналітичної геометрії на площині і в просторі. Так для площинних об'єктів обчислюються займані ними площі або периметри меж, для лінійних - довжини, а також відстані між об'єктами і т.п.

*Оверлейні операції* (топологічне накладення шарів) є одними з найпоширеніших і ефективніших засобів.

В результаті накладення двох тематичних шарів утворюється інший додатковий шар у вигляді графічної композиції початкових шарів. Враховуючи, що аналізовані об'єкти можуть відноситися до різних типів (точка, лінія, полігон), можливі різні форми аналізу: точка на точку, точка на полігон і так далі. Найчастіше аналізується поєднання полігонів.

*Побудова буферних зон.* Одним із засобів аналізу близькості об'єктів є побудова буферних зон.

**Буферні зони** - це райони (полігони), межа яких знаходиться на заданій відстані від межі початкового об'єкту. Межі таких зон обчислюються на основі аналізу відповідних атрибутивних характеристик. При цьому ширина буферної зони може бути як постійною, так і змінною. Наприклад, буферна зона навколо джерела електромагнітного випромінювання матиме форму кола, а зона забруднення від труби заводу з урахуванням рози вітрів матиме форму близьку до еліпса.

*Мережевий аналіз* дозволяє користувачу проаналізувати просторові мережі лінійних об'єктів (дороги, лінії електропередач і т.п.). Зазвичай мережевий аналіз дає змогу визначити найближчий, найбільш вигідний, шлях, визначити рівень навантаження на мережу, адреси об'єкту або маршруту за заданою адресою та інші завдання.

### **5.3 Аналіз просторового розподілу об'єктів**

Фактично у багатьох випадках необхідно знати не тільки об'єм простору, займаний об'єктами, але й розташування об'єктів в просторі, який може характеризуватися кількістю об'єктів в певній області, наприклад, розподіл чисельності населення.

Найбільш поширені методи аналізу розподілу точкових об'єктів.

*Мірою точкового розподілу служить густина.* Вона визначається як

результат ділення числа точок на величину площі території, на якій вони розташовані. Окрім густоти розподілу можна оцінити форму розподілу. Точкові розподіли зустрічаються в одному з чотирьох можливих варіантів: *рівномірному* (якщо число точок в кожній малій підобласті таке ж саме, як і в будь-якій іншій підобласті), *регулярному* (якщо точки, які розділені однаковими інтервалами по всій області, розташовані у вузлах сітки), *випадковому*, *кластерному* (якщо точки зібрані в тісні групи).

*Точкові розподіли* можуть описуватися не тільки кількістю точок в межах підобластей. Часто аналізуються локальні стосунки усередині пар точок. Обчислення цього статистичного показника включає визначення середньої відстані до найближчої сусідньої точки серед всіх можливих пар найближчих точок. Даний метод дозволяє оцінити міру розрідженості точок в розподілі.

Розподіл ліній також оцінюється по густоті. Зазвичай обчислення виконуються для порівняння різних географічних областей, наприклад по густоті мережі гідрографії. Лінії можуть також оцінюватися по близькості і можливим перетинам. Іншими важливими характеристиками є орієнтація, спрямованість і зв'язаність.

*Аналіз розподілу полігонів* подібний до аналізу розподілу точок, проте при оцінці густоти визначають не кількість полігонів на одиницю площі, а відносну частку площі, займаної полігоном.

## **6 МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ**

### **6.1 Поверхня і цифрова модель**

Основою для уявлення даних про земну поверхню є цифрові моделі рельєфу.

*Поверхні* - це об'єкти, які найчастіше представлені значеннями висоти  $Z$ , розподіленої по області, визначеній координатами  $X$  і  $Y$ .

Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) використовують для комп'ютерного зображення земних поверхонь.

ЦМР - засіб цифрового зображення рельєфу земної поверхні.

Побудова ЦМР вимагає певної форми зображення початкових даних (набору координат точок  $X, Y, Z$ ) і способу їх структурного опису, що дозволяє відновлювати поверхню шляхом інтерполяції або апроксимації початкових даних.

### **6.2 Джерела даних для формування ЦМР**

Початкові дані для формування ЦМР можуть бути отримані з карт - шляхом цифрування горизонталей, по стереопарам знімків, а також в ре-

зультаті геодезичних вимірювань або лазерного сканування місцевості.

Найбільш поширений перший спосіб, оскільки збір по стереопарам знімків трудомісткий і вимагає специфічного програмного забезпечення, але в той же час дозволяє забезпечити бажаний ступінь детальності зображення земної поверхні. Лазерне сканування – це перспективний сучасний метод, але поки що достатньо коштовний.

### 6.3 Інтерполяції

Побудова ЦМР вимагає певної структури даних, а початкові точки можуть бути по-різному розподілені в просторі.

Збір даних може здійснюватися по точках регулярної сітки, по структурних лініях рельєфу або хаотично. Первинні дані за допомогою тих або інших операцій приводять до одного з найбільш поширених в ГІС структур для зображення поверхні: GRID, TIN або TGRID.

TIN (Triangulated Irregular Network) - нерегулярна тріангуляційна мережа, система трикутників, що не перекриваються. Вершинами трикутників є початкові опорні точки. Рельєф в цьому випадку представлений багатогранною поверхнею, кожна грань якої описується або лінійною функцією (поліедральна модель), або полімінальною поверхнею, коефіцієнти якої визначаються за значеннями вершин граней трикутників. Для отримання моделі поверхні потрібно з'єднати пари точок ребрами певним способом, званім тріангуляцією Делоне.

Тріангуляція Делоне в доповненні до двовимірного простору формується таким чином: система взаємозв'язаних трикутників, що не перекриваються, має найменший периметр, якщо жодна з вершин не потрапляє всередину жодного кола, описаного навколо утворених трикутників (рис. 6.1).

Трикутники, що утворилися, при такій тріангуляції максимально наближаються до рівносторонніх трикутників. Кожну із сторін трикутників, що утворилися, видно з протилежної вершини під максимальним кутом із всіх можливих точок відповідної напівплощини. Інтерполяція виконується по утворених ребрах.

Відмінною особливістю і перевагою тріангуляційної моделі є те, що в ній немає перетворень початкових даних. З одного боку, це не дає змоги використовувати такі моделі для детального аналізу, але з іншого боку, дослідник завжди знає, що в цій моделі немає привнесених помилок, які виникають при використанні інших методів інтерполяції. Важливий і той факт, що це є найшвидший метод інтерполяції. Проте, якщо в ранніх версіях більшості ГІС тріангуляційний метод був основний, то сьогодні значного поширення набули моделі у вигляді регулярної матриці значень висот.

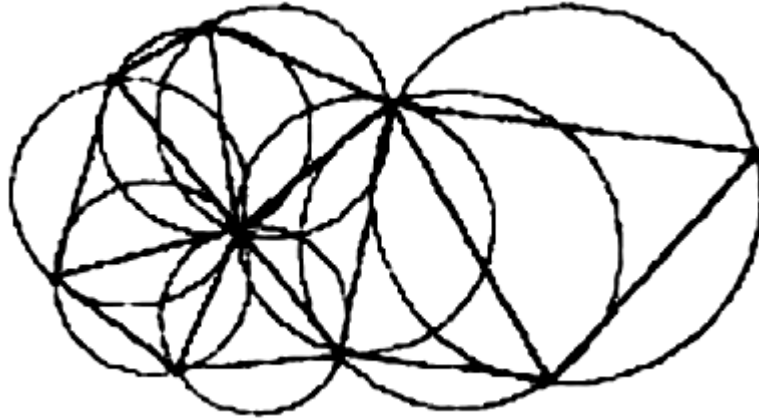


Рис. 6.1 - Триангуляція Делоне

GRID - модель, є регулярною матрицею значень висот, отриманою при інтерполяції початкових даних. Для кожної клітинки матриці висота обчислюється на основі інтерполяції. Фактично це сітка, розміри якої задаються відповідно до вимог точності конкретного завдання. Регулярна сітка відповідає земній поверхні, а не зображенню.

При використанні GRID- моделі існує деяка складність у виборі інтервалу між точками. Наприклад, ділянки поверхні можуть бути надто пересіченими або пологими. У першому випадку необхідна більша кількість точок на одиницю площі.

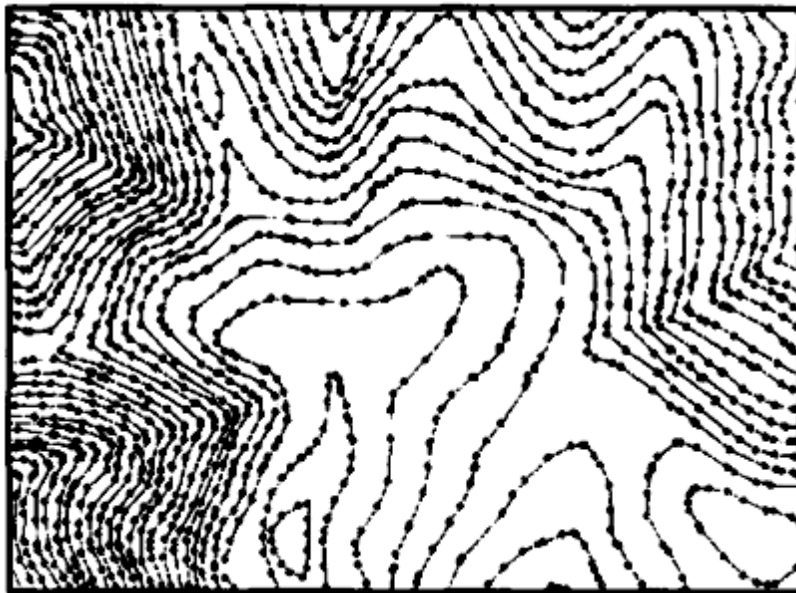


Рис. 6.2 - Щільність точок в моделі GRID

TGRID (triangulated grid) - модель, що поєднує в собі елементи моделей TIN і GRID. Такі моделі мають свої переваги, наприклад, дозволяють використовувати додаткові дані для опису складних форм рельєфу (обри-

ви, скельні виступи).

Відновлення поверхонь реалізується на основі інтерполяції початкових даних.

**Інтерполяція** - відновлення функції на заданому інтервалі за відомими її значеннями кінцевої безлічі точок, що належать цьому інтервалу.

В даний час відомі десятки методів інтерполяції поверхонь, найбільш поширені: **лінійна інтерполяція; метод зворотних зважених відстаней, крігінг; сплайн-інтерполяція; тренд-інтерполяція.**

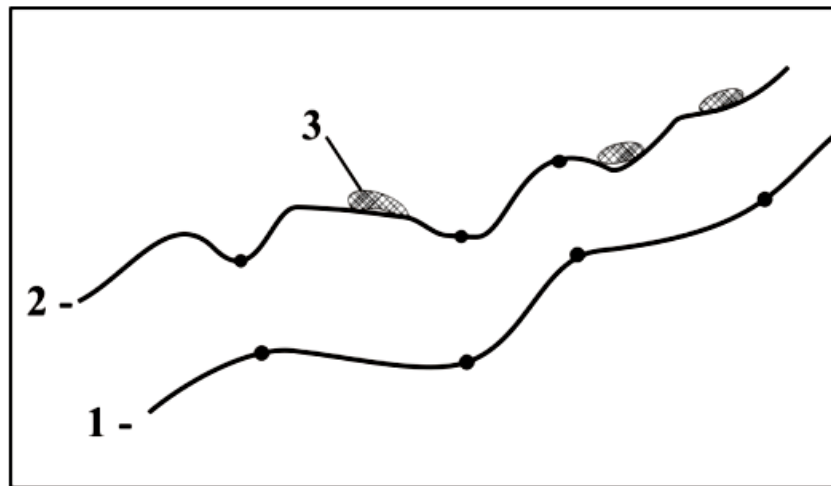


Рис. 6.3 - Елементи крігінга:

1 - тренд, 2 - випадкові, але просторово пов'язані висотні коливання, 3 - випадковий шум.

**Крігінг.** Метод інтерполяції, який заснований на використанні методів математичної статистики.

У його реалізації застосовується ідея регіоналізованої змінної, яка змінюється від місця до місця з деякою видимою безперервністю, тому не може моделюватися тільки одним математичним рівнянням.

Поверхня розглядається у вигляді трьох незалежних величин. Перша - **тренд**, характеризує зміну поверхні в певному напрямі. Далі передбачається, що є невеликі відхилення від загальної тенденції, на зразок маленьких піків і западин, які є випадковими, але пов'язаними один з одним просторово.

Нарешті, є **випадковий шум** (наприклад, валуни). З кожною з трьох змінних треба оперувати окремо.

Тренд оцінюється з використанням математичного рівняння, яке найближче представляє загальну зміну поверхні, багато в чому подібної до поверхні тренда.

Очікувана зміна висоти вимірюється по варіограммі, на якій по горизонтальній осі відкладається відстань між відліками, а на вертикальній - напівдисперсія. Напівдисперсія визначається як половина дисперсії між

значеннями висоти початкових точок і висот сусідніх точок. Потім, через точки даних, проводиться крива оптимального наближення. Дисперсія в якийсь момент досягає максимуму і залишається постійною (виявляється граничний радіус кореляції).

Інтерполяція методом крігінга в більшості випадків дає добрі результати, навіть коли щільність початкових точок невелика. Проте, при деякому розташуванні точок можлива поява різких піків і западин.

**Метод зворотних зважених відстаней.** Цей метод заснований на припущенні, що чим ближче одна до одної знаходяться початкові точки, тим ближче їх значення. Для точного опису топографії набір точок, за якими здійснюватиметься інтерполяція, необхідно вибирати на деякій відстані від визначальної точки, оскільки вони мають найбільший вплив на її висоту.

Це досягається таким чином. Вводиться максимальний радіус пошуку або кількість точок, найближчих по відстані від початкової (визначальної) точки. Потім значенню висоти в кожній вибраній точці задається значимість, що обчислюється залежно від квадрата відстані до визначальної точки. Цим досягається те, що ближні точки мають більший вплив на визначення інтерпольованої висоти в порівнянні з більш віддаленими точками.

**Тренд інтерполяція.** В деяких випадках дослідника цікавлять загальні тенденції поверхні, які характеризуються поверхнею тренда.

Аналогічно методу зворотних зважених відстаней для поверхні тренда використовується набір точок в межах заданого околу. В межах кожного околу будується поверхня найбільш оптимального наближення на основі математичних рівнянь, таких як поліноми або сплайни.

Поверхні тренда можуть бути плоскими, показуючи загальну тенденцію або складнішими. Тип використаного рівняння або ступінь полінома визначає величину хвилястості поверхні. Наприклад, поверхня тренда першого порядку виглядатиме як площина, що перетинає під деяким кутом всю поверхню. Якщо поверхня має один вигин, то таку поверхню називають поверхнею тренда другого порядку.

**Сплайн інтерполяція.** Можливість опису складних поверхонь за допомогою поліномів невисоких ступенів визначається тим, що при сплайн інтерполяції вся територія розбивається на невеликі непересічені ділянки.

Апроксимація поліномами здійснюється роздільно для кожної ділянки. Зазвичай використовують поліном третього ступеня - кубічний сплайн. Потім будується загальна функція "склеювання" на всю область, за умови безперервності на межах ділянок і безперервності перших і других часткових похідних, тобто забезпечується гладкість „склеювання” поліномів.

Згладжування сплайн-функціями особливо зручно при моделюванні поверхонь, ускладнених розривними порушеннями, і дозволяє уникнути

спотворення типу "красивих ефектів".

## **7 ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ**

### **7.1 Основні процеси**

Основними процесами побудови ЦМР по картах є:

1) *Перетворення початкових карт в растрові зображення, тобто сканування.* При скануванні важливим є вибір розподільної здатності отриманого зображення, надмірно висока здатність - вимагає великих об'ємів пам'яті для зберігання початкової інформації. В той же час розподільна здатність повинна забезпечити необхідну точність збору інформації, яка визначається метою формування ЦМР.

2) *Монтаж растрових фрагментів.* Монтаж або "зшивання" - це стиківка декількох зображень довільної форми в одну так, щоб межі між початковими зображеннями були непомітні. При монтажі здійснюється геоприв'язка растрових даних. У ГІС є різні модулі для вирішення цього завдання.

3) *Векторизація растрового зображення.* Векторизація, або дигіталізація горизонталей може виконуватися в ручному, напівавтоматичному і автоматичному режимах. Для різних ГІС розроблені окремі модулі, що реалізують це завдання в автоматичних режимах, наприклад, Мари Edit.

4) *Формування ЦМР.* ЦМР створюється на основі методів інтерполяції і може бути представлена в різних форматах.

5) *Візуалізація результатів.* ЦМР забезпечує візуалізацію інформації про поверхні в різних формах.

### **7.2 Вимоги до точності виконання процесів**

Взагалі можна сказати, що чим більше початкових точок, тим більше точною буде інтерполяція і тим з більшою вірогідністю побудована модель поверхні адекватно відобразатиме земну поверхню.

Проте, існує межа числу точок (дискретності), оскільки для будь-якої поверхні зайва кількість точок, зазвичай, істотно не покращує якість результату, а лише збільшує об'єм даних і час обчислень. В деяких випадках надлишкові дані в окремих областях можуть приводити до нерівномірного представлення поверхні і, отже, неоднаковій точності. Іншими словами, збільшення числа точок не завжди підвищує точність.

Звичайно, чим складніша поверхня, тим більше потрібно початкових точок. А для складних об'єктів, таких як западини і долини річок, потрібні додаткові точки, щоб гарантувати представлення з достатньою детальніс-

тю. Особлива проблема інтерполяції точок виникає на межі досліджуваних областей, наприклад, межа листа карти. В цьому випадку слід для інтерполяції використовувати велику область перекриття сусідніх листів.

### **7.3 Використання ЦМР**

ЦМР важливі для вирішення цілого ряду прикладних екологічних завдань. ЦМР особливо можуть бути використані для прогнозування надзвичайних ситуацій, наприклад повеней, оцінки ступеня порушення ландшафтів і так далі.

За наслідками аналізу ЦМР засобами ГІС отримують карти кутів нахилу (ухилів) місцевості і експозицій схилів, формують подовжні і поперечні профілі по заданому напрямку, виконують оцінку зон видимості з намічених точок огляду і ін. Для відображення ЦМР використовують різні форми.

## **8 МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ**

### **8.1 Електронні карти і атласи**

**Візуалізація** (графічне відтворення, відображення) - генерація зображень, у тому числі і картографічних, та іншої графіки на пристроях відображення (переважно на моніторі) на основі перетворення початкових цифрових даних за допомогою спеціальних алгоритмів.

Найбільш компактним і звичним способом представлення географічної інформації залишаються карти.

**Електронна карта** (ЕК) - картографічне зображення, яке відображене на моніторі, на основі цифрових карт або баз даних ГІС.

**Електронний атлас** (ЕА) - система візуалізації у формі електронних карт, електронний картографічний твір, функціонально подібний до електронної карти.

Підтримуються програмним забезпеченням типи картографічних браузерів, що забезпечують покадровий перегляд растрових зображень карт, картографічних візуалізаторів, систем настільного картографування. Окрім картографічного зображення і легенд електронні атласи зазвичай включають обширні текстові коментарі, табличні дані, а мультимедійні електронні атласи - анімацію, відеоряди і звуковий супровід.

**Таблиці і графіки**, що включають різні характеристики об'єктів (атрибути) або їх співвідношення, можуть використовуватися як самостійна або додаткова до інших засобів візуалізація.

Анімації застосовують для показу динамічних процесів, тобто послідовний показ мальованих статичних зображень (кадрів), внаслідок чого створюється ілюзія безперервної зміни зображень



## 8.2 Картографічні способи відображення результатів аналізу даних

Для відображення результатів аналізу даних в ГІС реалізовані ряд способів, які застосовуються при створенні *тематичних карт*.

*Спосіб розмірних символів* (значків) - аналізовані характеристики об'єктів відображаються спеціальними символами, розмір яких передає кількісну інформацію, а форма і колір якісну інформацію.

*Спосіб якісного або (кількісного) фону* - в цьому випадку групуються дані з близькими значеннями і створеним групам привласнюються певні кольори, типи символів або ліній.

*Точковий спосіб* - образотворчим засобом є безліч точок однакового розміру, кожна з яких має певне значення кількісного показника.

*Стовпчасті і кругові локалізовані діаграми* - дозволяють відобразити співвідношення декількох характеристик, при цьому діаграми мають географічну прив'язку (наприклад, в точці розміщення поста спостережень показують співвідношення забруднюючих речовин).

*Спосіб ізоліній* - один з широко поширених способів відображення різних показників. За їх допомогою формують карти ізогіпс (топографічні і гіпсометричні), карти ізотерм, ізобар та ін.

За допомогою ізоліній виділяються території, які характеризуються однаковими властивостями (температурою, тиском, осіданнями, одночасністю настання подій, рівною величиною аномалій, рівними швидкостями тектонічних рухів і ін.)

При цьому розрізняють дві групи ізоліній: дійсні ізолінії (характеризують безперервну зміну якого-небудь показника, до них відносяться горизонталі) і псевдоізолінії, що відображають дані, які мають статистичну природу (наприклад, дискретні значення від джерел викидів).

Для представлення ізоліній застосовують різні образотворчі засоби: лінії різних типів, товщина і кольори, пошарове колірне забарвлення фону (або штрихування) проміжків між ізолініями.

## 8.3 Тривимірна візуалізація

Тривимірне зображення поверхні (3D - поверхня) - засіб цифрового об'ємного представлення поверхні у вигляді дротових діаграм, де використовуються різні типи проєкції, при цьому зображення можна повертати і нахилити, користуючись простим графічним інтерфейсом.

Для зображення рельєфу за даними ЦМР можуть бути сформовані растрові зображення.

Растрова поверхня (зображення) - формується по Grid-моделі, при цьому кожному пікселю привласнюється значення пропорційне висоті від-

повідної клітинки сітки.

Тіньовий рельєф (аналітична відмивка рельєфу) - растрове відображення ЦМР, при формуванні якого окрім висоти кожної ділянки сітки Grid-моделі, враховується освітленість схилів.

Реалізовані можливості поєднання 3D - поверхні з іншими тематичними шарами. Для досягнення реалістичності відображення об'єктів місцевості 3D - поверхні поєднуються з картографічними або ортозображеннями.

*Віртуальна модель місцевості (ВММ)* - це модель місцевості, що містить інформацію про рельєф земної поверхні, її спектральних яскравостях і об'єктах, розташованих на даній території, що призначена для інтерактивної візуалізації.

ВММ дозволяє забезпечити ефект присутності на місцевості, може бути зображена у вигляді тривимірної статичної сцени (3D-вид) або в режимі імітації польоту над місцевістю, коли спостерігач знаходиться в точці із заданими координатами.

## 9 ЕТАПИ І ПРАВИЛА ПРОЕКТУВАННЯ ГІС

Застосування ГІС для вирішення різних завдань, в різних організаційних схемах і з різними вимогами, зумовлює різні підходи до процесу проектування ГІС.

Виділяють п'ять основних етапів процесу проектування ГІС.

1. *Аналіз системи прийняття рішення.* Процес починається з визначення всіх типів рішень, для прийняття яких потрібна інформація. Мають бути враховані потреби кожного рівня і функціональної сфери.

2. *Аналіз інформаційних вимог.* Визначається, який тип інформації потрібний для прийняття кожного рішення.

3. *Агрегація рішення,* тобто угруповання завдань, в яких для прийняття рішення потрібна одна й та ж інформація, або така, що значно перекривається.

4. *Проектування процесу обробки інформації.* На даному етапі розробляється реальна система збору, зберігання, передачі і модифікації інформації. Мають бути враховані можливості персоналу по використанню обчислювальної техніки.

5. *Проектування і контроль за системою.* Найважливіший етап - це створення і втілення системи. Оцінюється працездатність системи з різних позицій, при необхідності здійснюється коректування. Будь-яка система матиме недоліки і тому її необхідно робити гнучкою і пристосованою.

Геоінформаційні технології покликані автоматизувати багато трудомістких операцій, що раніше вимагали великих часових, енергетичних,

психологічних і інших затрат від людини. Проте різні етапи технологічного ланцюжка піддаються більшій або меншій автоматизації, що в значній мірі може залежати від правильної постановки початкових завдань.

Перш за все, це формулювання вимог до використаних інформаційних продуктів і вихідних матеріалів, що отримуються в результаті обробки. Сюди можна віднести вимоги до роздруку карт, таблиць, списків, документів; до пошуку документів і так далі. В результаті має бути створений документ з умовною назвою "Загальний список вхідних даних".

Наступний крок - визначення пріоритетів, черговості створення і основних параметрів (територіального, функціонального обхвату і об'єму даних) створюваної системи. Далі встановлюють вимоги до використовуваних даних з урахуванням максимальних можливостей їх застосування.

## 10 ТЕМАТИЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ В ГІС

За змістом карти поділяються на *загальногеографічні* і *тематичні*.

**Тематичними** називаються карти, основний зміст яких визначається конкретною відображеною темою, яка спеціально присвячена якому-небудь елементу або явищу. Наприклад, населеним пунктам, клімату, ґрунтам, транспорту, подіям історії і тому подібне. Вони поділяються на карти природних явищ (фізико-географічні) і карти суспільних явищ (соціально-економічні), які діляться на групи карт більш вузької області картографування, до кожної з них відноситься ряд карт конкретної тематики.

Наприклад, до групи геологічних карт відносяться стратиграфічні, тектонічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні та ін.; до групи ботанічних карт відносяться геоботанічні, флористичні карти лісів та інші.

У ряді випадків ці карти можуть відноситися одночасно до двох різних областей картографування, наприклад, агрохімічні карти можуть бути віднесені до ґрунтових і до геохімічних карт, а сейсмічні - до геологічних і до геофізичних карт. Таке "подвійне підпорядкування" зустрічається і на більш високому рівні.

Наприклад, вся група медико-географічних карт (нозогеографічні, медико - географічного прогнозування і ін.) може бути віднесена як до карт природних так і до карт суспільних явищ.

Тематичні карти поділяються також і по ширині обхвату теми - на *загальні*, що відображають значно ширшу тему і *галузеві*, які присвячені більш вузькій темі. Ступінь широти теми може визначатися на різних рівнях, наприклад, карти промисловості по відношенню до загальноекономічних є галузевими, а по відношенню до карт текстильної промис-

ловості являються загальними.

## 10.1 Области застосування тематичних карт

Карты застосовуються в науках про Землю для вирішення найрізноманітніших завдань. Зараз важко назвати яке-небудь дослідження в географії, геології, планетології, яке могло б обійтися без карт. Тому перелічити всі напрями використання карт, означало б дати повний перелік дослідницьких завдань, які вирішуються науками про Землю. Втім, такий перелік ніколи не буде повним.

**Геологічні карти.** Це обширна група, куди входять карти тектонічні, структурні, стратиграфічні, четвертинних відкладень, гідрологічні, корисних копалин, сейсмічні, неотектонічні, охорона геологічного середовища і ін. Вони використовуються для пізнання глобальних, регіональних і локальних особливостей будови земної кори, процесів, що відбуваються в ній, пошуку корисних копалин і так далі.

Останніми роками з'явилася тенденція сумісного використання геологічних карт, аерокосмічних знімків, космофотогеологічних карт для пізнання глобальних геологічних систем, плит, особливо літосфери і рифтових зон, а також для пошуку корисних копалини, оцінки сучасних геологічних процесів і небезпечних явищ.

**Геофізичні карти.** Карты магнітного, гравітаційного, сейсмічного, електричного, теплового і інших фізичних полів Землі використовуються для вивчення геодинамічних явищ і процесів, що протікають в оболонках планети та в її ядрі, для пошуків і розвідки корисних копалини. За сейсмічними картами визначають розташування якісних і кількісних характеристик землетрусів, а також супутні явища.

**Карты рельєфу.** Гіпсометричні, геоморфологічні, палеогеоморфологічні карти використовують для вивчення морфології, генезису, віку і динаміки рельєфу суші і морського дна.

Користуючись картою, вирішують наступні завдання:

1. Вивчення тектонічних, неотектонічних структур різного рангу і геофізичних аномалій рельєфу та його морфоструктурний аналіз;
2. Вивчення екзогенних рельєфоутворюючих чинників, ерозійно-аккумулятивних, дефляційних, карстових і інших процесів;
3. Прогноз корисних копалин;
4. Інженерно - геоморфологічна оцінка рельєфу для забезпечення різних видів будівництва і освоєння території;
5. Вивчення рельєфу, як головного компоненту навколишнього середовища, його динаміку і зв'язок з іншими компонентами для планування і проведення природоохоронних заходів;
6. Створення цифрових моделей рельєфу, як основи банків тематичної інформації.

По картах рельєфу складається безліч похідних морфометричних карт: глибини і густини розчленовування, яристості, озерності, закарстованості території, крутизни, довжини, експозиції і освітленості схилів, кривизни і асиметрії різного порядку, залишкового рельєфу, подовжніх профілів річкових долин і їх деформацій.

**Кліматичні карти** використовуються, перш за все, для аналізу і прогнозу клімату територій і його елементів за місяцями, сезонами, роками, кліматичними періодами, епохами.

По кліматичних картах отримують картометричні і математично-статичні характеристики кліматоутворюючих факторів, термічного режиму, зволоження, вітрового режиму, атмосферних явищ..

Одна з головних сфер практичного застосування - оцінні дослідження:

а) умов життя населення, дії клімату на здоров'я людей і можливостей адаптації до несприятливих погодних кліматичних чинників;

б) агрокліматичних умов і впливу коливань клімату на врожайність сільськогосподарських культур;

в) умов освоєння території для цивільного, промислового і інших видів будівництва;

г) рекреаційних умов місцевості.

**Гідрологічні карти** застосовуються для вивчення розподілу, режиму, складу і властивостей поверхневих вод суші, водного балансу і ресурсів територій. Кількісна оцінка параметрів річкової і озерної мережі структури річкових басейнів виконується за допомогою добре розроблених прийомів гідрологічної картометрії і морфометрії. Топологічний аналіз гідрологічної мережі здійснюється методами математично-картографічного моделювання.

У числі нових напрямів використання гідрологічних карт слід зазначити вивчення малих річок і малих водозборів, динаміки водних потоків і водосховищ.

Практичні народно - господарські потреби ведуть до розробки методики застосування карт для оцінки водних ресурсів, прогнозу небезпечних гідрологічних явищ, дослідження руслового режиму річок, вивчення впливу стоку на інтенсивність ерозійних процесів.

**Океанологічні карти.** Використання тематичних карт для вивчення Світового океану - одна з найактуальніших сфер застосування картографічного методу дослідження.

Коло наукових і практичних завдань, які вирішуються з широким залученням карт, охоплює:

1) вивчення стану і динаміки природи океану: структури і рельєфу дна, розмірів акваторій та їх частин, об'ємів водних мас і розчинених речовин, геофізичних і геохімічних полів, клімату, біогеографії та ін.;

2) аналіз взаємодії океану з літосферою, атмосферою і біосфе-

рою, процесів масо- і енергообміну між ними;

3) освоєння мінеральних, біологічних ресурсів моря і, особливо в межах шельфу, забезпечення рибного промислу;

4) охорону середовища океану, особливо прибережних зон і естуарієв, моніторинг різних видів забруднення.

Специфіка досліджень океанічних геосистем пов'язана з вивченням просторового розподілу всіх параметрів і процесів не тільки по горизонтах, але й по вертикалі, глибині та особливо з великою мінливістю цих параметрів в часі. Тому активно розробляються тривимірні картографічні моделі (блок діаграми і метахронні діаграми), а також прийоми порівняння карт різних рівнів.

**Карти ґрунтів.** Основні напрями практичного застосування карт пов'язані з кадастровим обліком ґрунтових ресурсів, економічною оцінкою ґрунтів, розробкою агрономічних заходів і меліорацією, боротьбою з ґрунтовою ерозією. Карты ґрунтів безпосередньо використовуються на всіх етапах сільськогосподарського освоєння територій.

Широко практикується вивчення ґрунтових карт сумісно з іншими картами природи, населення і господарства.

Для практичних і дослідницьких цілей дуже важливі ґрунтові карти, що характеризують окремі властивості ґрунтів: кислотність, солонцюватість, засолення і тому подібне.

**Карты рослинності.** Існує 5 головних напрямів використання карт рослинності:

1. Інвентаризація і оцінка рослинних ресурсів.

2. Виявлення зв'язків рослинності з найголовнішими чинниками навколишнього середовища, що визначають структуру і динаміку рослинного покриву.

3. Аналіз можливостей сільськогосподарського освоєння території, умов життя населення, рекреаційного потенціалу.

4. Контроль за станом і динамікою рослинного покриву, ступенем його порушеності; розробка засобів з охорони рослинного світу і всього навколишнього середовища.

5. Індикація геологічних структур, корисних копалини, четвертинних відкладень і ґрунтів, гідрогеологічних і мерзлотних умов і геохімічних ареалів.

**Зоогеографічні карти** застосовуються для інвентаризації, вивчення розміщення, міграції тварин, їх зв'язок з місцем існування для розробки заходів з охорони і відтворення тваринного світу. У практичному плані велике значення має виявлення ареалів і картометрична оцінка ресурсів промислових тварин, визначення умов промислу.

**Ландшафтні карти.** Ландшафтним картам, так само як і картам рослинного покриву, належить провідна роль в комплексних дослідженнях природи і взаємодії людини з навколишнім середовищем.

**Соціально-економічні карти.** До цієї обширної групи входять карти населення, економіки і господарства, науки, освіти і культури, обслуговування і охорони здоров'я, історії розвитку суспільства. Збільшується питома вага всіх карт, що синтезують природну і соціально-економічну тематику, що відображає взаємодію суспільства з навколишнім середовищем. Це карти економічної оцінки природних ресурсів, агрокліматичні, інженерно-географічні, оцінки умов життя і відпочинку населення і так далі.

Соціально-економічні карти використовуються в науках про Землю і при розробці проектів освоєння ресурсів Світового океану, для економічної оцінки ресурсів, планування засобів по їх охороні і відтворенню, видобутку корисних копалин на шельфі. Соціально-економічні карти застосовуються для реалізації крупних науково-дослідних програм і проектів.

## **11 ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ**

### **11.1 Поняття про екологічне картографування і екологічні карти**

Досягнення матеріально-технічного благополуччя суспільства за рахунок неврегульованого споживання ресурсів стало найбільш типовою межею сучасної цивілізації. З одного боку, це веде до виснаження природних ресурсів Землі, з іншого - неконтрольований антропогенний вплив на навколишнє середовище приводить до постійного погіршення якості об'єктів природи, оскільки в процесі техногенного забруднення вони втрачають свої початкові властивості.

Екологічні проблеми стали настільки актуальні і значущі для сучасного суспільства, що до їх вирішення притягуються численні науково-дослідницькі і проектні організації, створюються спеціалізовані галузеві підрозділи для вирішення завдань природоохоронної направленості.

Планування і проведення природоохоронних заходів вимагає не тільки наявності об'єктивної інформації про екологічну обстановку досліджуваної території, але й її представлення споживачеві в наочному і зрозумілому вигляді.

Сьогодні картографічний метод пізнання стає одним з найважливіших методів вивчення стану біосфери і її окремих компонентів. Його застосування сприяє більш раціональному плануванню подальших екологічних досліджень. Тому вивчення і планування природоохоронної діяльності без відповідного картографічного забезпечення нелегке і нераціональне.

Екологічне картографування розробляє методи і технології об'єктивного, інформативного і наочного відображення результатів взаємодії в сис-

темі "людина - природа". Метою цієї наукової дисципліни є узагальнення всієї екологічної інформації, що цікавить споживача, її територіальна прив'язка і представлення в найбільш зручній для аналізу і порівняння формі.

Основною продукцією екологічного картографування є екологічні карти, що відображають структуру й напруження екологічних проблем в межах конкретних територіальних одиниць.

Призначення цих карт полягає в сприянні вирішення екологічних проблем, сформованих на території, що картографувалася, і запобіганню появі нових. Такі карти використовуються фахівцями екологічних комітетів, санітарно-епідеміологічного нагляду, природоохоронних науково-дослідних організацій, як науково-довідкова допомога при постанові конкретних завдань по поліпшенню якості навколишнього середовища.

## **11.2 Класифікація екологічних карт**

Екологічні карти за прийомами дослідження поділяються на *аналітичні (галузеві), синтетичні (інтегральні) і комплексні*.

*Аналітичні*, або галузеві екологічні карти в даний час найпоширеніші. Вони характеризують поточний стан окремих компонентів навколишнього середовища. Тематика таких карт різноманітна: сюди входять карти забруднення промисловими відходами окремих річок і озер, карти забрудненості ґрунтів, геолого-екологічні карти і так далі.

Кожна галузева екологічна карта, відповідно до своєї теми, детально або узагальнено відображає екологічний стан якого-небудь одного компоненту природного середовища.

*Синтетичні*, або інтегральні екологічні карти відображають результати екологічного зонування території за ступенем небезпеки забруднення для здоров'я місцевого населення або за ступенем порушеності навколишнього середовища.

Основним змістом подібних карт є деякий комплексний показник ступеня небезпеки забруднення території, що картографується. Цей показник, в свою чергу, розробляється на підставі сумарної оцінки небезпеки забруднення кожного екологічного чинника, що діє в межах картографованої території.

*Комплексні* екологічні карти дозволяють одночасно відобразити всі джерела екологічної небезпеки на даній території, оцінити їх дію на навколишнє середовище, проаналізувати екологічну обстановку, що склалася, і зробити висновки для вживання конкретних заходів з охорони природи.

Комплексний характер цих карт обумовлюється самою природою екологічного картографування, в основі якого лежить поєднання теоретичних понять, методів і практичних прийомів таких напрямів, як природоохоронне, рекреаційне картографування, картографування природокористування і ін. Створення таких карт є одним з найважливіших завдань су-



часного екологічного картографування.

**Екологічні карти** можуть складатися в різних масштабах.

**Дрібномасштабні** екологічні карти відображають загальну екологічну обстановку великих за площею територій (країни в цілому, географічних районів, крупних адміністративних суб'єктів, окремих адміністративних одиниць). Вони служать інформаційною базою для обґрунтування і розробки генеральних природоохоронних заходів на обширних територіях.

**Середньомасштабні**, або регіональні екологічні карти відображають поточний екологічний стан окремих адміністративних одиниць (областей, районів області).

В даний час регіональні екологічні карти є найбільш затребуваними, оскільки дозволяють вирішувати широке коло завдань:

1) виявлення основних техногенних об'єктів і чинників, що негативно впливають на навколишнє середовище в межах регіону, що картографується;

2) обґрунтування конкретних заходів з охорони і раціонального використання природного середовища даного регіону;

3) проведення екологічного районування території регіону за ступенем небезпеки техногенного забруднення для навколишнього середовища і здоров'я місцевого населення;

4) прогнозування в регіональних масштабах основних тенденцій розвитку негативних екологічних процесів, викликаних виробничою діяльністю місцевого населення.

**Крупномасштабні** екологічні карти відображають найбільш забруднені і найбільш небезпечні в екологічному відношенні невеликі за площею території (крупні промислові центри, міська агломерація, басейни видобутку корисних копалин і ін.).

### **11.3 Показники забрудненості компонентів природного середовища, що відображаються на екологічних картах**

В даний час в Україні склалася науково-обґрунтована і нормативно закріплена система кількісних показників, що характеризують ступінь забрудненості основних природних компонентів. Ці показники можуть бути як аналітичними, так і інтегральними, тобто відображати загальну забрудненість даного природного компоненту сумішшю декількох забруднювачів. Крім того, важливою характеристикою забруднюючої речовини є його клас небезпеки.

За ступенем потенційної небезпеки дії на організм людини шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи небезпеки (відповідно до ДСТУ 12.1.0007-76 (зі зміною № 1 від 01.01.82 р.):

I клас - надзвичайно небезпечні речовини;

II клас - високонебезпечні;

III клас - помірно небезпечні;  
IV клас - малонебезпечні речовини.

Класи небезпеки деяких забруднювачів навколишнього середовища приведені в таблиці 11.1, 2, 3. Така класифікація забруднюючих речовин застосовується медиками при оцінці збитку, що наноситься забрудненням навколишнього середовища здоров'ю місцевого населення.

### 11.3.1 Аналітичні показники забрудненості навколишнього середовища

Основним показником нормування хімічних речовин в атмосферному повітрі, поверхневих водах і ґрунтах є *гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючої речовини*.

*ГДК - це така кількість шкідливої речовини в навколишньому середовищі, яка при постійному контакті або при дії за певний проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини і не викликає несприятливих наслідків його потомства.*

Для кожного забруднювача атмосферного повітря нормативно встановлені значення максимальної разової ГДК (ГДК<sub>мр</sub>) і середньодобової ГДК (ГДК<sub>сд</sub>).

ГДК<sub>мр</sub> - це концентрація забруднювача в повітрі населених пунктів, що не викликає рефлекторних реакцій в організмі людини.

ГДК<sub>сд</sub> - це середня концентрація з числа разових, виявлених протягом доби.

Значення ГДК для деяких забруднюючих речовин приведені в таблиці 11.3.1

Таблиця 11.3.1- ГДК деяких забруднювачів в атмосферному повітрі населених пунктів

Шкідлива Речовина	ГДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>сд</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки шкідливої речовини
Бенз(а)сирен	-	0,001	I
Діоксид азоту	0,085	0,085	II
Діоксид сірки	0,5	0,05	III
Оксид вуглецю	3,0	1,0	IV

Для всіх водних об'єктів, використовуваних населенням (поверхневі і підземні води, питна вода, вода систем гарячого водопостачання), також встановлений єдиний гігієнічний норматив - ГДК<sub>вп</sub>.

ГДК<sub>вп</sub> - це гранично допустима концентрація забруднюючої речовини в питній воді.

Значення ГДК<sub>вп</sub> для деяких забруднювачів приведені в таблиці 11.3.3.

Таблиця 11.3.2 - ГДК деяких шкідливих речовин в питній воді

Шкідлива речовина	ГДК <sub>вп</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Клас небезпеки шкідливої речовини
Ртуть	0,0002	I
Бензол	0,5	II
Цинк	1,0	III
Нафта	0,2	IV

Для нормування змісту забруднюючих речовин в ґрунтах застосовується гранично допустима концентрація забруднювача в ґрунті (ГДК<sub>п</sub>).

ГДК<sub>п</sub> - це максимальна кількість екзогенної хімічної речовини (у міліграмах на кг орного шару абсолютно сухого ґрунту), що гарантує відсутність негативної прямої або опосередкованої (через середовища, що контактують з ґрунтом) дії на здоров'я людини, його потомства і санітарні умови життя місцевого населення.

ГДК<sub>п</sub> деяких забруднювачів приведені в таблиці 11.3.

При оцінці радіаційної обстановки досліджуваної території основними кількісними характеристиками є активність радіоактивної речовини і доза іонізуючого випромінювання.

Таблиця 11.3.4 - ГДК деяких хімічних елементів в ґрунті

Шкідлива речовина	ГДК <sub>п</sub> , мг/кг	Клас небезпеки шкідливої речовини
Бенз(а)пирен	0,02	I
Миш'як	2,0	II
Бензин	0,1	III

Активність радіоактивної речовини визначаються числом спонтанних розпадів радіонуклідів за одиницю часу.

Одиницею вимірювання активності служить *бекерель* (Бк), причому 1 Бк дорівнює 1 розпаду в 1 секунду. Для оцінки дози іонізуючого випромінювання, отриманої живими організмами, що постійно знаходиться на досліджуваній території, застосовується декілька характеристик:

- експозиційна доза - повна величина електронного заряду іонів, що

утворюються в процесі іонізуючого випромінювання;

- потужність експозиційної дози (ПЕД) - приріст експозиційної дози за певний проміжок часу. ПЕД вимірюється в мікрорентгенах/год;

- еквівалентна доза – енергія іонізуючого випромінювання, що поглинається тілом живого організму, в перерахунку на одиницю його маси помножена на коефіцієнт небезпеки виду іонізуючої енергії;

- ефективна еквівалентна доза - це еквівалентна доза, помножена на коефіцієнт ризику для тканин організму, що враховує різну сприйнятливність тканин до випромінювання.

Рівень радіоактивного забруднення території оцінюється в Бк/м<sup>2</sup>, забруднення атмосферного повітря, вод, ґрунтів і інших природних компонентів - в Бк/м<sup>3</sup> (Бк/літр, Бк/кг і ін.).

### 11.3.3 Інтегральні показники забрудненості навколишнього середовища

В даний час широко застосовується **комплексний показник забруднення атмосфери** - індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Він використовується при дослідженні стану повітряного басейну, що характеризується високим рівнем забруднення, а також при оцінці впливу забрудненості атмосфери на здоров'я місцевого населення. ІЗА розраховується за формулою:

$$ІЗА = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_i}{ГДК_{iMP}} \right)^{a_i} \quad (11.1)$$

де  $q_i$  - концентрація  $i$ -ї речовини, в мг/м<sup>3</sup>;

$ГДК_{iMP}$  - максимальна разова ГДК  $i$ -ї речовини, в мг/м<sup>3</sup>;

$a_i$  - коефіцієнт співвідношення шкідливості  $i$ -ї речовини з шкідливістю речовини III класу небезпеки;

$a_i$  I класу = 1,7;  $a_i$  II класу = 1,3;  $a_i$  III класу = 1,0;  $a_i$  IV класу = 0,9;

$n$  - кількість домішок, врахованих при розрахунку.

Розрахунки ІЗА проводяться гідрометеослужбою даної території з використанням офіційних затверджених методик.

Зазвичай ІЗА розраховують за 5-6 пріоритетними забруднюючими речовинами, які переважають в загальному об'ємі викиду забруднюючих речовин в атмосферу. Максимальне число домішок, що беруть участь в розрахунку, може дорівнювати 29.

В даний час офіційно прийнята наступна класифікація досліджуваної території залежно від значень ІЗА:

$ІЗА$  менше 10 - невисокий рівень забруднення (I категорія);

$ІЗА = 10 - 20$  - високий рівень забруднення (II категорія);

$ІЗА = 20 - 30$  - дуже високий рівень забруднення (III категорія);

*ІЗА* більше 30 - надзвичайно високий рівень забруднення (IV категорія).

Для загальної характеристики забрудненості **водного басейну** застосовується комплексний показник - *індекс забруднення вод (ІЗВ)*.

Він розраховується за 6 основними показниками (азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, кисень, біологічне споживання кисню за 5 днів (БПК5)). Розрахунок проводиться за формулою:

$$ІЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_i}{ГДК_i} \right), \quad (11.2)$$

де  $q_i$  - фактична концентрація  $i$ -ї речовини, в мг/м<sup>3</sup>;

$ГДК_i$  - гранично допустима концентрація  $i$ -ї речовини, в мг/м<sup>3</sup>;

$n$  - кількість домішок, врахованих при розрахунку.

По величині *ІЗВ* встановлено 7 класів якості води (табл.11.4).

Таблиця 11.3.3 - Класифікація поверхневих вод за якістю

Значення ІЗВ	Клас якості води	Словесна характеристика якості води	Застосування води
0-0,5	I	Дуже чиста	Чиста питна вода
0,5-1,0	II	Чиста	Чиста технічна вода
1,0-2,0	III	Помірно забруднена	Вода для водопою худоби
2,0-4,0	IV	Забруднена	Вода для промислових потреб
4,0-6,0	V	Брудна	Неприпустимо забруднена (застосовується тільки після очищення)
6,0-10,0	VI	Дуже брудна	
более 10,0	VII	Надзвичайно брудна	

У тих випадках, коли екологічному картографуванню підлягають території, схильні до інтенсивної техногенної дії (промислові центри, басейни видобутку корисних копалин і ін.), забрудненість ґрунтів оцінюють за сумарним показником  $Z_C$ , який обчислюється за формулою:

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K^i_c - (n-1), \quad (11.3)$$

де  $K^i_c$  - коефіцієнт концентрації  $i$ -го елемента - забруднювача;

$n$  - кількість домішок, врахованих при розрахунку.

При стандартній оцінці забрудненості ґрунтів враховується 14 забруднюючих речовин:

13 важких металів (кадмій, ртуть, свинець, цинк, кобальт, нікель, мо-

лібден, мідь, хром, барій, ванадій, вольфрам, марганець) і миш'як.

Офіційно прийнята наступна градація територій в залежності від значення  $Z_C$ :

$Z_C$  менше 16 - територія із слабким, допустимим рівнем забруднення;

$Z_C = 16 - 32$  - територія з середнім, допустимим рівнем забруднення;

$Z_C = 32 - 128$  - територія з високим, небезпечним рівнем забруднення;

$Z_C$  більше 128 - територія з дуже високим, надзвичайно небезпечним рівнем забруднення.

Для оцінки забрудненості сніжного покриву також застосовується комплексний показник  $Z_P$ . Він характеризує сумарне аерогенне навантаження на сніжний покрив досліджуваної території і розраховується по формулі:

$$Z_P = \sum_{i=1}^n K^i P - (n - 1) \quad (11.4)$$

де  $K^i P$  - показник збільшення навантаження  $i$ -ї забруднюючої речовини по відношенню до його фонові концентрації;

$n$  - число забруднюючих речовин, врахованих при розрахунку.

При розрахунку  $Z_P$  враховується 7 забруднюючих речовин:

6 важких металів (свинець, ртуть, кадмій, мідь, цинк, хром) і миш'як.

## **11.4 Способи картографічного відображення елементів тематичного змісту, що використовуються на екологічних картах**

### **11.4.1 Спосіб значків**

Цей спосіб широко застосовується на екологічних картах, оскільки більшість техногенних джерел забруднюючих викидів мають точкову локалізацію в просторі.

Промислові підприємства (заводи, фабрики і т.п.), що викидають забруднюючі речовини в атмосферу, а також промислові центри в цілому показують на екологічних картах структурним умовним значком (рис. 11.1).

Розмір радіусу значка показує річний об'єм викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Площа знаку ділиться на чотири сектори, колір кожного сектора передає класи небезпеки забруднюючих речовин, присутніх у викидах (1-й клас - рожевий, 2-й клас - червоний, 3-й клас - оранжевий, 4-й клас - жовтий колір). Кутова величина сектора відображає питому вагу речовини даного класу небезпеки в річному об'ємі викидів забруднюючих речовин.

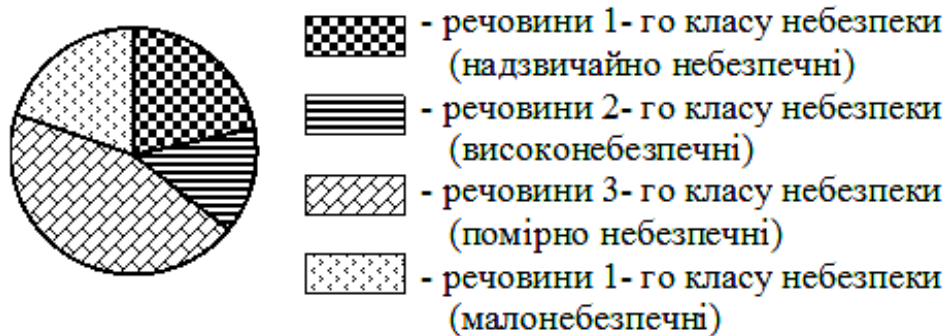


Рис.11.1- Умовний знак джерела забруднюючих викидів в атмосферу

Геометричні і символічні значки також можуть використовуватися для показу інших локальних об'єктів, що забруднюють навколишнє середовище (рис.11. 2).

Щоб вивести подібні об'єкти на перший план змісту карти, їх умовні знаки зображають яскравими, помітними квітами (червоним, оранжевим).

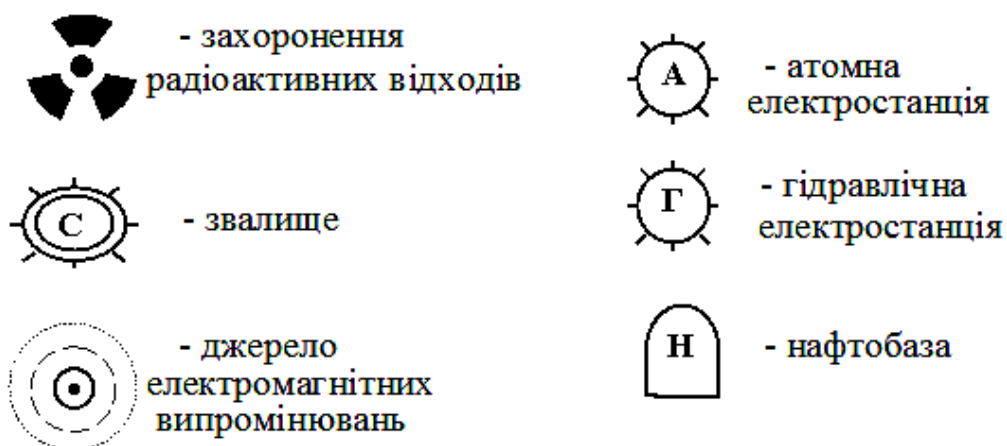


Рис. 11.2 - Умовні знаки деяких екологічно небезпечних об'єктів.

#### 11.4.2 Спосіб лінійних умовних знаків

Цей спосіб використовується для показу на екологічних картах техногенних об'єктів значної протяжності (нафто- і газопроводи, головні автомагістралі, високовольтні лінії електропередач і т. п.). При цьому, щоб привернути увагу читача карти до подібних об'єктів, доцільно використовувати жирні лінії, доповнені кольоровою окантовкою, а в нашому випадку - штрихуванням (рис. 11.3).

Також лінійні умовні знаки застосовуються для відображення природних об'єктів, що постраждали від дії людини (забруднених ділянок русел річок і т. п.).

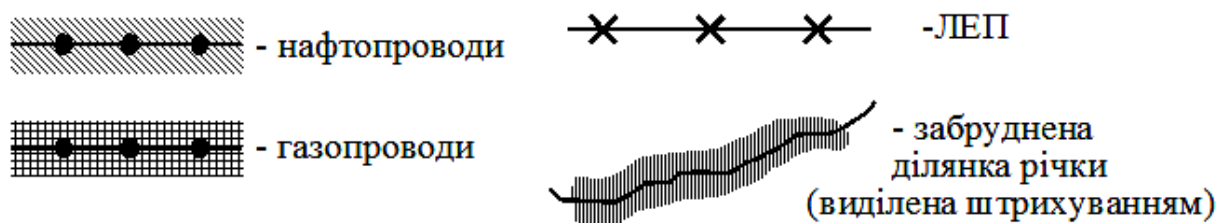


Рис. 11.3 - Лінійні умовні знаки деяких екологічно небезпечних об'єктів.

### 11.4.3 Спосіб ізоліній

Спосіб ізоліній, що дозволяє наочно відобразити характер розповсюдження забруднюючих речовин по досліджуваній території, широко застосовується в екологічному картографуванні. Особливо часто він використовується на галузевих екологічних картах, що показують забрудненість досліджуваної території окремим забруднювачем.

На таких картах основними показниками картографування є спостережена концентрація забруднювача або перевищення значень спостереженої концентрації над значеннями ГДК.

Ізолінійні карти можуть бути складені і за такими показниками картографування, як:

- середня концентрація забруднюючої речовини в повітрі за певний період часу;
- максимальна разова концентрація забруднюючої речовини;
- повторюваність у відсотках концентрації забруднювача вище 1,5 або 10 ГДК і тому подібне.

При необхідності на одній екологічній карті можна показати дві або три системи ізоліній, кожна з яких характеризує рівень забрудненості атмосфери території, що картографується, певним забруднювачем.

З використанням способу ізоліній також можна відобразити не тільки аналітичні показники стану навколишнього середовища, але і інтегральні показники ( $I_{ЗА}$ ,  $Z_C$ ,  $Z_P$  і т. п.).

Спосіб ізоліній настільки прижився в екологічному картографуванні, що для деяких видів ізоліній почали складатися власні назви, наприклад: *ізоозони* - лінії рівних концентрацій атмосферного озону (Божіліна), *ізоорди* - лінії рівної забрудненості підстиляючої поверхні сумарним атмосферним викидом.

Спосіб ізоліній легко піддається автоматизації. Завдяки цьому, ізолінійні екологічні карти можуть бути легко складені з використанням програмних засобів, призначених для моделювання тривимірних поверхонь (MAG, Surfer і т. д.), за даними спостережень у ряді постів на терито-



рії, що картографується.

#### 11.4.4 Спосіб ареалів

Даний спосіб широко використовується при картографуванні несприятливих екологічних явищ і процесів, поширених на обмеженій території, наприклад, ареали випадання кислотних опадів; ареали випадання відпрацьованих ступенів космічних кораблів і ракет (рис. 11.4).

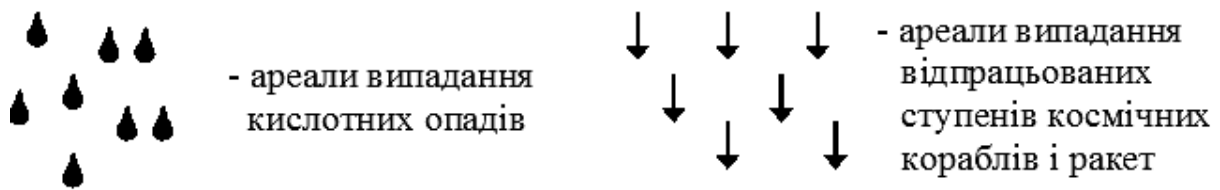


Рис. 11.4 - Приклади використання способу ареалів на екологічних картах

Для відображення на екологічних картах забрудненості ґрунтів важкими металами часто застосовується спосіб маркірованих ареалів (рис.11.5). У розриві контуру такого ареалу вказуються хімічний індекс металу-забруднювача і перевищення ГДК.

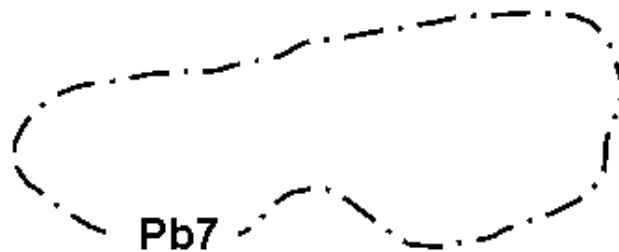


Рис. 11.5 - Спосіб маркірованих ареалів

#### 11.4.5 Спосіб локалізованих діаграм

Цей спосіб використовується для відображення даних, отриманих на постах спостереження за станом навколишнього середовища або її окремих компонентів. Наприклад, спосіб локалізованих діаграм може застосовуватися для показу забрудненості поверхневих вод (рис. 11.6).

В даному випадку колір стовпчиків діаграми передає класи небезпеки забруднюючих речовин, присутніх в пробі води; висота кожного стовпця відображає перевищення ГДК за відповідному класу небезпеки. За допомогою стрілки така діаграма прив'язується до створу (місце взяття проби

води з водного об'єкта).

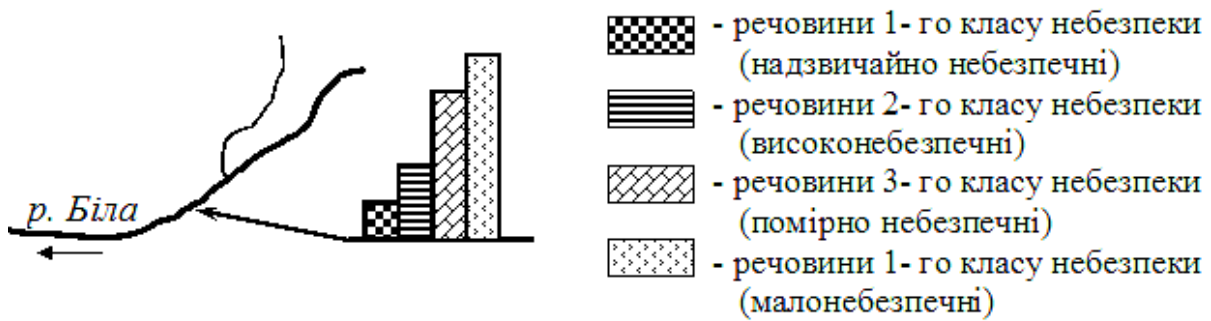


Рис.11.6. Локалізована діаграма, що показує забрудненість поверхневих вод

#### 11.4.6 Спосіб знаків руху

Цей спосіб використовується для показу напрямів подальшого розвитку негативних екологічних явищ і процесів (наприклад, для показу основних напрямів винесення забруднених повітряних мас з даної території).

#### 11.4.7 Вибір способів картографічного відображення при проектуванні екологічної карти

Визначаючись з тим, які способи відображення будуть використані для передачі на карті різних об'єктів екологічної небезпеки, слід врахувати наступні чинники:

1. Характер даних, що картографуються. Наприклад, при картографуванні кислотних опадів можна використовувати спосіб ареалів (для простої фіксації місця їх випадання), або спосіб ізоліній (якщо картографується кислотність атмосферних опадів і на карті необхідно передати ряд статистичних даних).

2. Характер розповсюдження забруднюючої речовини по території, що картографується. Якщо дане забруднення має значне розповсюдження (наприклад, забрудненість повітряного басейну крупного міста пилом), то доцільно буде використати спосіб ізоліній, або спосіб кількісного фону.

Якщо ж забруднення відмічається тільки на деяких локальних ділянках (наприклад, забруднення ґрунтів міста важкими металами), то його можна буде передати способом ареалів.

3. Масштаб екологічної карти, що складається. Наприклад, забрудненість атмосферного повітря діоксидом сірки на крупномасштабних картах доцільно показувати площинним способом відображення - ізолініями або кількісним фоном. Але в межах крупного регіону або країни в цілому забруднення діоксидом сірки не суцільне, а локальне і в основному приурочено до промислових вузлів і міської агломерації. Тому на середньомасштабних екологічних картах логічніше використовувати спосіб ареалів, а

на дрібномасштабних картах - спосіб локалізованих діаграм, прив'язаних до основних джерел забруднення атмосфери діоксидом сірки, - промислових центрів.

## 12 ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ

### 12.1 ГІС у картографії

Створення картографічної продукції за допомогою комп'ютера можна здійснити різними способами. Існує ряд графічних редакторів (Coreldraw, Adobe illustrator, Adobe Indesign і ін.), які дозволяють готувати карти зі складним вмістом дуже високої якості. Проте, навіть точні картографічні зображення, створені в графічному редакторі, не можна називати геоінформаційною системою. Такі зображення називають *цифровими картами* і розглядають як складові елементи або результат функціонування ГІС.

Часто поняття цифрової карти плутають з поняттям комп'ютерної карти. В той же час не завжди цифрова карта може простим шляхом увійти до складу ГІС, навіть якщо їх зовнішні межі збігаються.

Потрібно розрізняти цифрову карту, виготовлену для тиражування на папір або пластик, і карту виконану для ГІС. Виділяють цілий ряд ознак, які дозволяють відрізнити цифрові карти ГІС від цифрового макету карти для друку. У технології підготовки цифрової карти для ГІС і макету для друку є багато принципівих відмінностей.

Важливою ознакою ГІС є *географічна прив'язка об'єктів*, що дає можливість користуватися єдиним координатним простором.

Трансформацію з однієї координатної системи в іншу і зміну проєкцій можна виконувати, опираючись на особливості кінцевого продукту. Використовуючи жорстку координатну прив'язку, можна з легкістю управляти одними і тими ж шарами або об'єктами ГІС різного типу і масштабності. У результаті користувачеві надають набір деталей, які можна збирати різними способами, а вигляд готової ГІС визначатиметься тільки його творчими здібностями.

Інша фундаментальна ознака ГІС - це *застосування аналітичної обробки*. В цьому випадку аналітичний алгоритм складається самим користувачем на підставі запитів. Виконавши декілька послідовних операцій просторового аналізу (буферизацію, об'єднання, вирізання, накладання), майже завжди можна отримати необхідний результат.

Взаємодія геоінформатики і картографії стала основою для формування нового напрямку - геоінформаційного картографування, суть якого складає автоматизоване інформаційно-картографічне моделювання природних і соціально-економічних геосистем на основі ГІС і баз знань.

Традиційна картографія зазнає сьогодні перебудову, яку можна порівняти лише з тими змінами, які відбувалися при переході від рукописних карт до друкарських поліграфічних видань. В деяких випадках геоінформаційне картографування майже повністю замінило традиційні методи картоскладання і картовидання.

Чітка цільова установка і прикладний характер - це найбільш важливі відмінні риси геоінформаційного картографування. Згідно підрахункам, до 80% карт, що складаються за допомогою ГІС, носять оцінний та прогнозний характер або відображають те або інше цільове районування території.

Програмно-кероване картографування по-новому освітлює багато традиційних проблем, пов'язаних з вибором математичної основи і компоновки карт (можливість переходу від проекції до проекції, вільне масштабування, відсутність фіксованої нарізки листів), введенням нових образотворчих засобів (наприклад, мерехтливі або такі, що переміщуються на карті знаки), генералізацією (використання фільтрації, згладжування і т.п.).

Відбувається тісне поєднання двох основних гілок картографії: створення і використання карт. Багато трудомістких раніше операцій, пов'язаних з підрахунком довжини і площі, перетворенням зображень або їх поєднанням, стали рутинними процедурами. Виникла електронна динамічна картометрія. Створення і використання карт, особливо якщо мова йде про цифрові моделі, стали єдиним інтегрованим процесом, оскільки в ході комп'ютерного аналізу відбувається постійна взаємна трансформація зображень. Навіть чисто методично важко розрізнити, де завершується складання початкової карти і починається побудова похідної.

ГІС-технології породили ще один напрям - *оперативне картографування*, тобто створення і використання карт в реальному масштабі для швидкого, а точніше сказати, своєчасного інформування користувачів і дії на хід процесу. При цьому реальний масштаб часу розуміють як характеристику швидкості створення-використання карт, тобто темпу, що забезпечує негайну обробку інформації, що поступає, її картографічну візуалізацію для оцінки, моніторингу, управління, контролю процесів і явищ, що змінюються в тому ж темпі.

Оперативні карти призначаються для інвентаризації об'єктів, попередження (сигналізації) про несприятливі або небезпечні процеси, стеження за їх розвитком, складання рекомендацій і прогнозів, вибору варіантів контролю, стабілізації або зміни ходу процесу в різноманітних сферах - від екологічних ситуацій до політичних подій. Початковими даними для оперативного картографування служать матеріали аерокосмічних зйомок, безпосередніх спостережень і вимірів, статистичні дані, результати опитувань, переписів, референдумів, кадастрова інформація.

Величезні можливості і деколи несподівані ефекти дають картографічні анімації. Різноманітні модулі анімаційних програм забезпечують пе-

реміщення картографічного зображення по екрану, мультиплікаційну зміну карт-кадрів або тривимірних діаграм, зміну швидкості демонстрації, повернення до вибраного фрагмента карти, переміщення окремих елементів змісту (об'єктів, знаків) по карті, їх мигання і вібрацію забарвлення, зміну фону і освітленості карти, підсвічування і затінювання окремих фрагментів зображення і тому подібне. Абсолютно незвичайні для картографії ефекти панорамування, зміни перспективи, масштабування частин зображення (напливи і видалення об'єктів), а також ілюзії руху над картою (обліт території), зокрема з різною швидкістю.

У майбутньому перспективи розвитку картографії в науках про Землю пов'язуються перш за все і майже цілком з геоінформаційним картографуванням. Вони виключають необхідність готувати друкарські тиражі карт. "У будь-який момент, - пише Дж. Моррісон [7], - в режимі реального часу можна буде отримати на екрані дисплея візуалізоване зображення об'єкту або явища, що вивчаються. І замість вдосконалення застарілих методів і технологій слід постійно розширювати застосування ГІС і освоювати вирішення нових завдань". Впровадження електронних технологій "означає кінець трьохсотрічного періоду картографічного креслення і видання друкарської картографічної продукції". Замість дрібномасштабних карт і атласів користувач зможе зажадати і відразу отримати всі необхідні дані в візуалізованому вигляді, і навіть саме поняття "атлас" підлягає перегляду.

Сьогодні нові карти і атласи вже не пахнуть друкарською фарбою, а підморгують з екрану яскравими вогниками значків і змінюють забарвлення залежно від нашого бажання і настрою. Можливо, недалеко той час, коли картографічні голограми створять повну ілюзію реальної місцевості, а пейзажні комп'ютерні моделі зведуть нанівець відмінності між картою і живописним полотном.

## **12.2 Карты в мережах "Інтернету"**

Самі райдужні перспективи обіцяє включення карт і інших геозображень в системи телекомунікації. Вже сьогодні набагато дешевше розмістити кольорову карту в "Інтернеті", чим надрукувати її на папері. Якщо врахувати ще і витрати на розповсюдження традиційної картографічної продукції, то економічна вигода стає очевидною. У цьому одна з причин того, що в недалекому майбутньому "Інтернет" стане, мабуть, головним каналом картографічної комунікації, основним засобом взаємодії творців і споживачів карт.

Об'єм геозображення, що є сьогодні в "Інтернеті", вражає уяву - це сотні тисяч документів. Всі вони можуть бути поділені на чотири великі категорії:

1) статичні геозображення (карти і атласи, отримані шляхом сканування друкарських або рукописних оригіналів);

2) інтерактивні геозображення, що складаються і оновлюються за запитами користувачів;

3) анімації, фільми, мультимедійні геозображення;

4) геозображення в ГІС.

Основні тематичні групи карт в "Інтернеті" складають:

- оглядові довідкові карти;
- карти погоди і небезпечних атмосферних явищ;
- навігаційні і транспортні карти, умов проїзду по дорогах;
- карти навколишнього середовища і ризику природних катастроф;
- карти поточних політичних подій, гарячих точок і т.п.;
- карти для туризму, відпочинку, подорожей.

Всі вони відповідають конкретній меті, і перш за все пошуку актуальної довідкової інформації. За деякими оцінками, основний об'єм карт в "Інтернеті" складають карти погоди, на другому місці - карти міст і автомобільних доріг.

Але є багато геозображень, орієнтованих на спеціалізоване застосування, на професійні інтереси користувачів (наприклад, плани, карти, знімки міст, або супутникові іконокарти для сільського господарства). Нарешті, особливу групу складають геозображення для освітніх цілей, що містять матеріал по тих або інших учбових курсах, інструкції, вправи.

Велика кількість карт і інших геозображень, що є в "Інтернеті", - це, не тільки благо, але і велика проблема для користувача, якому важко зорієнтуватися в цій інформації. Графічні документи надмірні і не завжди впорядковані.

Тому найважливішою проблемою в найближчому майбутньому стане розробка навігаторів, що дозволять переміщуватися по "Інтернету" для пошуку необхідного геозображення, а також створення дружніх, призначених для користувача, інтерфейсів.

Один з таких засобів - віртуальні атласи, тобто атласи, які можна формувати, застосовуючи певні правила роботи в "Інтернеті". По суті це своєрідні, призначені для користувача, графічні інтерфейси, що створюються для роботи з ресурсами просторової інформації: картами, знімками, анімаціями, іншими геозображеннями, текстами, звуками, статистичними даними, метаданими, різного роду покажчиками.

Віртуальні атласи забезпечують доступ до просторових даних різних рівнів від глобального огляду до окремої країни або регіону. Вони можуть мати різні призначення, проблемну орієнтацію, просторовий обхват, бути учбовими, довідковими або туристськими - все визначається системою навігації і інтерфейсом. При цьому вони постійно оновлюються за рахунок нових геозображень, що вводяться в "Інтернет". Для цього розробляються спеціальні системи стеження і виявлення (своєрідного моніторингу) ресурсів просторової інформації і її оперативної оцінки.

Отже, якщо задуматися про карти майбутнього, то, мабуть, це будуть

"розумні зображення" (Intelligent Images), що синтезують інформацію з різних джерел, існуючих в комп'ютерних мережах в реальному масштабі, часі із змінною розподільною здатністю. Таку думку висловив недавно Л. Джордан, президент однієї з ведучих американських компаній по розробці ГІС. Користувач зможе працювати з такими геозображеннями в інтерактивному режимі і переміщатися по ним в будь-якому напрямі в двох, трьох або чотирьох вимірюваннях.

### **13 ГІС І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Мабуть одне із самих головних і, найчастіше, досить важких й недешевих справ на початку будь-якої серйозної роботи - зібрати якнайбільше інформації про об'єкт, процес чи явище, що Вас цікавлять. При комплексному підході, характерному для екології, звичайно приходиться опиратися на узагальнюючі характеристики.

Характеристики навколишнього середовища, внаслідок чого обсяги навіть мінімально достатньої вихідної інформації, безсумнівно, повинні бути великими. У протилежному випадку обґрунтованість дій і рішень навряд чи може бути досягнута. Однак простого нагромадження даних теж, на жаль, недостатньо. Ці дані повинні бути легко доступні, систематизовані у відповідності з потребами. Дуже корисна можливість зв'язати, різнорідні дані один з одним, порівняти, проаналізувати, просто переглянути їх у зручному і наочному виді, наприклад, створивши на їхній основі необхідну таблицю, схему, креслення, карту, діаграму.

Угруповання даних у потрібному виді, їхнє належне зображення, зіставлення й аналіз цілком залежать від кваліфікації й ерудованості дослідника, обраного їм підходу до інтерпретації накопиченої інформації. На етапі обробки й аналізу зібраних даних істотно, але аж ніяк не перше, місце займає технічна оснащеність дослідника, що включає придатні для рішення поставленої задачі апаратні засоби і програмне забезпечення. Звичайно вони здобуваються саме в такій послідовності, хоча насправді підбирати комп'ютер і периферійні пристрої доцільно, відштовхуючи від обраного програмного продукту. У якості останнього в усьому світі всі частіше застосовується сучасна могутня технологія географічних інформаційних систем.

#### **13.1 Роль і місце ГІС у природоохоронних заходах**

ГІС має визначені характеристики, що з повним правом дозволяють вважати цю технологію основною з метою обробки і керування інформацією. У традиційному уявленні можливі межі інтеграції різнорідних даних штучно обмежуються. Близьким до ідеалу вважають, наприклад, можливість створення карти врожайності полів шляхом об'єднання даних про

грунти, клімат і рослинність. ГІС дозволяє піти значно далі. До вищенаведеного набору даних Ви можете додати демографічну інформацію, зведення про земельну власність, добробут і доходи населення і т.п. У результаті з'являється можливість прямо визначити ефективність запланованих заходів по збереженню природи, їхній вплив на життя людей і економіку сільського господарства. Можна піти ще далі і, додавши дані про поширення захворювань і епідемій, встановити чи є взаємозв'язок між темпами деградації природи і здоров'ям людей, визначити можливість виникнення і поширення нових захворювань. У кінцевому рахунку вдається досить точно оцінити всі соціально-економічні аспекти будь-якого процесу, наприклад скорочення площі лісових угідь чи деградації ґрунтів. ГІС - спосіб і засіб глянути на Землю як єдине ціле.

У 70-х роках минулого сторіччя люди вперше змогли побачити Землю з космосу, що привело до виникнення нового узагальненого погляду на нашу планету. Однак у той час ще не було адекватних засобів аналізу одержаних дистанційних даних для їх повноцінного використання в повсякденному житті. Тільки з появою ГІС можливість вирішення такої задачі стала реальністю, тому що ця технологія дозволяє зібрати воедино і проаналізувати різну, на перший погляд, мало пов'язану між собою інформацію, одержану заснований на масовому фактичному матеріалі узагальнений погляд на нього, кількісно і якісно проаналізувати взаємні зв'язки між його параметрами і процесами, які характеризують що відбувається в ньому.

**Деградація середовища.** ГІС з успіхом використовується для створення карт основних параметрів навколишнього середовища. Надалі, при одержанні нових даних, ці карти використовуються для виявлення масштабів і темпів деградації флори і фауни. При введенні даних дистанційних, зокрема супутникових, і звичайних польових спостережень з їхньою допомогою можна здійснювати моніторинг місцевих і широкомасштабних антропогенних впливів. Дані про антропогенні навантаження доцільно накласти на карти зонування території з виділеними областями, що становлять особливий інтерес із природоохоронної точки зору, наприклад парками, заповідниками і заказниками. Оцінку стану і темпів деградації природного середовища можна проводити і по виділеним на всіх шарах карти тестовим ділянкам.

**Забруднення.** За допомогою ГІС зручно моделювати вплив і поширення забруднення від точкових і площадних джерел на місцевості, в атмосфері і в гідрологічній мережі. Результати модельних розрахунків можна накласти на природні карти, наприклад карти рослинності, або ж на карти житлових масивів у даному районі. У результаті можна оперативно оцінити найближчі і майбутні наслідки таких екстремальних ситуацій, як розливи нафти й інших шкідливих речовин, а також вплив постійно діючих точкових і площадних забруднювачів.



**Землеволодіння.** ГІС широко застосовуються для складання і ведення різноманітних, у тому числі земельних кадастрів (земельні інформаційні системи). З їхньою допомогою зручно створювати бази даних і карти земельної власності, поєднувати їх з базами даних по будь-якому природному і соціально-економічному показниках, накладати відповідні карти одну на одну і створювати комплексні (наприклад ресурсні) карти, будувати графіки і різного виду діаграми.

**Охоронні території.** Ще одна розповсюджена сфера застосування ГІС - збір і керування даними територій, що знаходяться під охороною, таким як заказники, заповідники і національні парки. У межах цих районів можна проводити повноцінний просторовий моніторинг рослинних угруповань, цінних і рідких видів тварин, визначати вплив антропогенних втручань, таких як туризм, прокладка доріг чи ЛЕП, планувати і доводити до реалізації природоохоронні заходи. Можливе виконання і таких завдань, як регулювання випасу худоби і прогнозування продуктивності земельних угідь. Такі задачі ГІС вирішує на науковій основі, тобто вибираються рішення, що забезпечують мінімальний рівень впливу на дику природу, збереження на необхідному рівні чистоти повітря, водних об'єктів і ґрунтів, особливо в часто відвідуваних туристами районах.

**Неохоронні території.** Регіональні і місцеві керівні структури широко застосовують можливості ГІС для одержання оптимальних розв'язання проблем, пов'язаних з розподілом і контрольованим використанням земельних ресурсів, улагоджуванням конфліктних ситуацій між власником і орендарями земель. Корисним і часто необхідним буває порівняння поточних меж ділянок землекористування з зонуванням земель і перспективних планів їх використання.

ГІС забезпечує можливість порівняння межі землекористування з вимогами дикої природи. Наприклад, у ряді випадків є необхідним зарезервувати коридори міграції диких тварин через освоєні території між заповідниками чи національними парками. Постійний збір і відновлення даних про межі землекористування може надати велику допомогу при розробці природоохоронних, у тому числі адміністративних і законодавчих актів, контролювати їх виконання, вчасно вносити зміни й доповнення в наявні закони і постанови на основі базових наукових екологічних принципів і концепцій.

**Відновлення середовища проживання.** ГІС є ефективним засобом для вивчення середовища проживання в цілому, окремих видів рослинного і тваринного світу в просторовому і тимчасовому аспектах. Якщо встановлені конкретні параметри навколишнього середовища, необхідні, наприклад, для існування якого-небудь виду тварин, включаючи наявність пасовищ і місць для розмноження та відповідні типи і запаси кормових ресурсів, джерела води, вимоги до чистоти природного середовища, то ГІС допоможе швидко підшукати райони з придатною комбінацією параметрів, у

межах яких умови існування чи відновлення чисельності даного виду будуть близькі до оптимального. На стадії адаптації переселеного виду до нової місцевості ГІС ефективна для моніторингу найближчих і віддалених наслідків початих заходів, оцінки їхньої успішності, виявлення проблем і пошуку шляхів до їх подолання.

**Наукові дослідження і технічна підтримка.** Інтегральні функціональні можливості ГІС у наявному виді виявляються і сприяють успішному проведенню спільних міждисциплінарних досліджень. Вони забезпечують об'єднання і накладення один на одного будь-яких типів даних, аби їх можна було відобразити на карті.

До подібних досліджень відносяться, наприклад, такі: аналіз взаємозв'язків між здоров'ям населення і різноманітними (природними, демографічними, економічними) факторами; кількісна оцінка впливу параметрів навколишнього середовища на стан локальних і регіональних екосистем і їх складових; визначення доходів землевласників у залежності від переважаючих типів ґрунтів, кліматичних умов, віддаленості від міст і ін., виявлення чисельності і густоти ареалів поширення рідкісних і зникаючих видів рослин у залежності від висоти місцевості, кута нахилу і експозиції схилів.

**Екологічна освіта.** Оскільки створення паперових карт за допомогою ГІС значно спрощується й здешевлюється, з'являється можливість одержання великої кількості різноманітних природних карт, що розширює можливості і широту охоплення програм і курсів екологічної освіти. Через простоту копіювання і виробництва картографічної продукції її може використовувати практично будь-який вчений, викладач чи студент. Більш того, стандартизація формату і компонування базових карт є основою для збору і демонстрації даних, отриманих студентами та учнями, обміну даними між навчальними закладами і створення єдиної бази по регіонах і в національному масштабі. Можна підготувати спеціальні карти для землевласників з метою ознайомлення їх із планованими природоохоронними заходами, схемами буферних зон і екологічних коридорів, що створюються в даному районі і можуть стосуватися їхньої земельної ділянки.

**Екотуризм.** Можливість швидкого створення привабливих, барвистих і, в той же час, якісних професійно складених карт робить ГІС ідеальним засобом створення рекламних і оглядових матеріалів для залучення до сфери екотуризму. Характерною рисою так званих "екотуристів" є глибока зацікавленість у докладній інформації про природні особливості даної місцевості чи країни, про екологічні процеси, що відбуваються в природі. Серед цієї досить численної групи людей великою популярністю користуються створені за допомогою ГІС науково-освітні карти, що відображають поширення рослинних угруповань, окремих видів тварин і птахів, області ендеміків і т.п. Подібна інформація може виявитися корисною для екологічної освіти, для туристських агентств, для одержання додаткових засо-

бів з фондів проектів і національних програм, що заохочують розвиток по-дорожей і екскурсій.

**Моніторинг.** В міру розширення і поглиблення природоохоронних заходів однією з основних сфер застосування ГІС стає спостереження за наслідками дій, що починаються на локальному і регіональному рівнях. Джерелами обновлюваної інформації можуть бути результати наземних зйомок чи дистанційних спостережень з повітряного транспорту і з космосу.

Використання ГІС ефективно і для моніторингу умов життєдіяльності місцевих і привнесених видів, виявлення причинно-наслідкових ланцюжків і взаємозв'язків, оцінки сприятливих і несприятливих наслідків природоохоронних розпочатих заходів на екосистему в цілому й окремі її компоненти, прийняття оперативних рішень з їх корегуванням в залежності від зміни зовнішніх умов.

Сучасне місто не обходиться без спеціальних служб, що стежать за екологічним станом навколишнього середовища. На ГІС ведуться каталоги різних проб, за якими розраховується стан компонентів навколишнього середовища: атмосфери, ґрунтових і зливових вод, водойм, земель. Ведеться облік природних ресурсів: міських парків, лісових зон, окремих насаджень. Моделюються можливі зони забруднення при аварійних чи залпових викидах підприємств, встановлюються основні джерела забруднень для накладення штрафів і прийняття рішень щодо їх винесення за місто. Число екологічних задач нескінченно.

### **13.2 Роль ГІС в системі з надзвичайних ситуаціях України**

Широкомасштабне нарощування, що відбувається у всьому світі і різнопланове впровадження геоінформаційних ресурсів в значній мірі пов'язане з необхідністю вдосконалення інформаційних систем, що забезпечують ухвалення рішень на державному рівні. Використання ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ для забезпечення урядових інформаційних систем навіть позначене в світовій практиці спеціальним терміном "G-government" (як елемент системи "E-government" - "електронний уряд"), який підкреслює особливості цієї сучасної і ефективної форми роботи з просторовою інформацією.

В Україні одним з важливих кроків в цьому напрямі стало створення Урядової інформаційно-аналітичної системи з надзвичайних ситуацій (УІАС НС). Її основними замовниками є Кабінет Міністрів України і Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій і у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС).

Система покликана забезпечити міжвідомчу інформаційну взаємодію і аналітичну підтримку ухвалення рішень на основі сучасних методів просторового аналізу, моделювання розвитку надзвичайних ситуацій і прогно-

зування їх наслідків

Для реалізації таких масштабних комплексних проектів потрібні чималі фінансові, організаційні і інтелектуальні ресурси. Тому одним з важливих моментів є розгляд місця і ролі геоінформаційних технологій і обґрунтування необхідності їх впровадження в загальну інформаційну структуру урядових систем.

### **ГІС для уряду.**

Роль геоінформаційної складової при створенні інформаційної інфраструктури урядової системи розглянемо на прикладі ПІАС НС, елементи якої зараз впроваджуються в МНС України.

Виходячи з виконуючих функцій, дану інформаційну структуру можна представити у вигляді трьох блоків: збору даних, аналітичний, підтримка управлінських рішень (рис 13.1).

### **Блок збору даних.**

Цей блок відповідає за оперативне отримання і систематизацію даних з метою їх необхідної організації для подальшого аналізу.

Світовий досвід показав, що інформаційна структура урядового рівня повинна опиратися на розподілені джерела інформації. Інакше забезпечити легітимність і актуальність даних для ухвалення рішень буде вкрай важко. Враховуючи це, в процесі створення ПІАС ЧС забезпечується як міжвідомчий обмін електронними інформаційними ресурсами, так і загальне інформаційне середовище для взаємного спілкування державних органів: захищена телекомунікаційна мережа, електронна пошта, електронний документообіг і так далі.



Рис 13.1 - Структура геоінформаційної складової ПІАС.

Блок збору даних ПІАС НС отримує і обробляє інформацію з ряду структур і відомств: МНС (БД повідомлень про надзвичайні ситуації); Український Гідрометцентр (БД гідрометеорологічної інформації); Міжвідом-

мчий центр електронної картографії (МЦЕК), м. Харків (фонд електронних тематичних карт території України); ін-т Макрографії, м. Харків (БД "Загальнодержавний реєстр потенційно небезпечних об'єктів") і так далі.

Яке ж місце геоінформаційної складової в цьому процесі?

Насамперед, це організація базових електронних карт місцевості і цифрових моделей рельєфу. Потім - створення тематичних карт, що характеризують стан навколишнього середовища; карт розміщення мереж спостереження за природними і техногенними явищами; схем розподілу сил і засобів реагування на НС з прив'язкою потенційно небезпечних об'єктів і НС, які відбулися. Ці операції найефективніше виконуються за допомогою геоінформаційних технологій, хоча кожен елемент розподіленої інформаційної бази системи не повинен неодмінно створюватися на платформі ГІС.

Працювати всім в одному програмному середовищі, тим більше в ГІС, звичайно привабливо. Але сам факт забезпечення всіх співвиконавців навіть найсучаснішими продуктами ГІС- ще не означає автоматичного створення єдиного інформаційного середовища. Так, у випадку з ПІАС НС, практично всю роботу по організації просторових даних на платформі ГІС могли б узяти на себе розробники фонду електронних тематичних карт (МЦЕК). Виконати це побажання сьогодні заважає лише недолік фінансування.

Таким чином, *необхідною умовою для створення блоку збору даних геоінформаційної інфраструктури є наявність хоча б одного розробника, інтегруючого просторову інформацію розподілених джерел на платформі ГІС.*

Решта постачальників даних може передавати інформацію в доступному для них вигляді - таблиці, бази даних, цифрові карти і так далі, але відповідно до загальних вимог розробників центральної ГІС до організації просторової інформації.

#### **Аналітичний блок.**

Аналітичний блок забезпечує аналіз початкових даних і отримання якісно нової інформації у формі, оптимальній для підготовки управлінських рішень. Це зумовлює наявність в системі прогнозу надзвичайних ситуацій двох підблоків, які можуть бути просторово і організаційно розподілені між організаціями, що здійснюють аналіз і обробку даних:

- блок методик і алгоритмів обробки даних, пов'язаних з нормативно-правовим і методичним забезпеченням прогнозу і ліквідації наслідків ЧС;

- блок моделюючих систем, що здійснюють обробку даних на основі спеціалізованих програмно-технічних комплексів.

Для уніфікованої обробки інформації атрибутивних банків даних за прогнозом і ліквідацією наслідків НС необхідна розробка спеціалізованих регіональних і національної баз даних методик і алгоритмів, а також нор-

мативно-правової інформації на основі застосування телекомунікаційних технологій. Це особливо важливо для регіональних інтегрованих систем міжвідомчого екологічного моніторингу, в структурі яких ряд однакових показників вимірюється різними міністерствами і організаціями. Кроки в цьому напрямі вже робляться, але ще більше належить зробити.

Вибір алгоритму прогнозування просторового розвитку і оцінки наслідків НС значною мірою визначається детальністю і повнотою інформації про об'єкт досліджень і його оточення. Досвід робіт із створення прогнозно-моделюючих комплексів прогнозування і оцінки наслідків надзвичайних ситуацій (ПМК НС), як аналітичної складової ШАС НС, допомагає виділити декілька типових проблем, що виникають при створенні загальної геоінформаційної інфраструктури.

#### **Легітимність методичної бази.**

Вибирані методики і алгоритми виконання аналітичних операцій в системах даного типу повинні не тільки забезпечувати рішення поставленої задачі, але й задовольняти вимоги урядових систем, головна з яких - легітимність. Методики і алгоритми обробки даних за прогнозом НС мають бути сертифіковані і затверджені уповноваженими органами. Проте нормативний дефіцит в області геоінформатики істотно ускладнює вирішення цієї задачі.

Характерним наслідком вказаної ситуації є, наприклад, примітивність алгоритму, прийнятого в ПМК НС для розрахунку зон враження, пов'язаних з викидом забруднювачів в атмосферу. Фахівці України сьогодні мають в своєму розпорядженні достатньо точні моделі процесів перенесення забруднювачів в атмосфері, здатними врахувати зміну напрямку конвективного перенесення з висотою, турбулентність приземного шару атмосфери, можливість "залягання" викиду або винесення його на відносно безпечну висоту. Їх реалізації в ШАС НС сьогодні перешкоджають два основні чинники. По-перше, відповідні алгоритми розраховані на використання прогнозних значень метеопараметрів, що передаються по каналах АСПД зі світових метеорологічних центрів типу BRAKNELL або аналогічних йому розробників мезомасштабних моделей, офіційним користувачем яких Україна не являється. По-друге, жоден з даних алгоритмів ще не пройшов відповідного тестування, тобто не є легітимним.

Враховуючи дану ситуацію, методичним керівництвом для розробки відповідного модуля ПМК НС стала методика, затверджена в МНС України в 2001 році, в основі якої лежать достатньо застарілі й застарілі підходи ЦО, що базуються на даних найближчої метеостанції. При цьому заздалегідь відомо, що отриманий результат буде далекий від оптимального, причому реально можливого.

Бази даних методик і алгоритмів в області прогнозу і реагування на НС поки ще не мають широкого поширення. Подібна інформація існує, як правило, в паперовому вигляді, у формі документів (наказів, методичних

вказівок, класифікаторів і т.п.), затверджених спеціально уповноваженими органами виконавчої влади.

Прикладом є гіпертекстові бази даних "Законодавство України", що постійно оновлюються, а також сайти або інформаційні портали органів влади (Парламенту України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, райдержадміністрацій і т.п.). Проте ці бази даних поки не включають методик обробки даних, їх оцінки і алгоритмів просторового аналізу. Виняток становлять методичні документи міністерств і відомств, що пройшли реєстрацію в Мінюсті України і його регіональних підрозділах. Крім того, в органах ЦНТІ достатньо активно переводяться на електронні носії значні об'єми ДСТУ, СНПів, технічних умов і т.п.

### **Параметричне забезпечення моделей.**

Особливої уваги потребує чинник забезпеченості аналітичних систем початковими даними, який багато в чому визначає вибір алгоритму аналізу.

За даними Геологічної Служби США, тільки на території штату Північна Дакота, який регулярно страждає від паводкового затоплення, задіяно близько 6000 автоматизованих станцій комплексних гідрометеорологічних спостережень. Для порівняння, на території Закарпатської області (вона на порядок менше за площею, але на ній проживає вдвічі більше людей) знаходиться всього 8 метеостанцій, 2 автоматизованих і 36 неавтоматизованих гідропостів, зв'язок з якими під час розвитку екстремальних гідрометеорологічних ситуацій, як показує практика, ненадійна. Тобто, якість інформації, реально доступної на території України в період розвитку НС, неефективна, наприклад, застосування таких визнаних в світі комплексів гідрологічного моделювання, як HEC-RAS, SMS, Mike-11 і ін.

Можливість складання гідрологічних прогнозів на цю частину території України сьогодні забезпечується застосуванням стохастичних залежностей, отриманих шляхом детального вивчення гідрологічного режиму кожної річки. Прикладом системи, заснованої на алгоритмі такого типу, є розроблений фахівцями УКРНІГМІ комплекс гідрологічного моделювання **Level\_ts\_m**, який був прийнятий як зовнішній моделюючий блок ГІС до складу ПМК НС.

Враховуючи сказане вище і реальні можливості інформаційно-аналітичних служб МНС України, розробники ПМК НС йшли по шляху автоматизації найбільш наукоємких етапів цього процесу і виключення алгоритмів, особливо реагуючих на дефіцит початкових даних та фахівців.

### **Організація аналітичних систем на платформі ГІС**

Також достатньо важливо зробити правильний вибір способу програмної реалізації алгоритму, що включає складні математичні операції.

У загальному випадку, по характеру взаємодії з ГІС засоби просторового аналізу і моделювання можна поділити на дві основні групи: власні

засоби ГІС-ПЛАТФОРМ і зовнішні спеціалізовані моделюючі блоки, тим або іншим шляхом інтегровані з ГІС.

Прикладом спеціалізованого засобу першого типу є блок інструментів гідрологічного аналізу, що входить до складу модуля ARCGIS Spatial Analyst. Зазвичай системи такого типу застосовують вбудовані функції, що реалізують алгоритми розрахунку площі водозбору, виділення басейнів різних порядків, формування потоків, аналізу ухилів і тому подібне. Добре зарекомендували себе також засоби просторового моделювання ГІС-ПЛАТФОРМ в області побудови цифрових моделей рельєфу, поверхонь забруднення, оцінки зон видимості, реалізації концептуальних моделей оцінки придатності території.

Проте, треба розуміти, що за універсальність відомих ГІС-ПЛАТФОРМ доводиться розплачуватися істотним спрощенням розрахункових схем спеціалізованих функцій. Тому порівнювати можливості інструментарію даного типу і спеціалізованих моделюючих комплексів не слід. Потрібно також враховувати, що основними перевагами ГІС є розвинений графічний інтерфейс і можливості просторового аналізу даних. Виконанню саме цих функцій підпорядкована ідеологія систем даного типу і можливості підтримуваних ними мов програмування.

У багатьох випадках значно ефективнішим є шлях інтеграції ГІС із спеціалізованими моделюючими комплексами, які визначають другу групу аналітичних систем. Така взаємодія дозволяє поєднати надійність, алгоритмічну широту і оперативність розрахункових блоків спеціалізованих моделюючих комплексів з властивою ГІС ефективністю засобів аналізу і відображення просторової інформації.

Роль ГІС при взаємодії такого роду зазвичай зводиться до підготовки і схематизації просторової інформації, моделювання рельєфу місцевості і необхідних не топографічних поверхонь, формування файлу обміну із зовнішнім моделюючим комплексом, а також просторового аналізу і відображення результатів моделювання.

### **Блок підтримки управлінських рішень.**

Механізми і методи автоматизованої підтримки управлінських рішень поки є найбільш слабою ланкою в системах даного типу. На цьому етапі важливу роль має вибір оптимального рішення з декількох конкуруючих варіантів, підготовлених і візуалізованих в блоці обробки і аналізу даних. Критерії оптимізації (пріоритет тактичного або стратегічного аспектів, орієнтація на максимальний економічний або соціальний ефект, вибір найбільш адекватних поставленій меті результатів і т.п.) в даний час практично не формалізовані. Їх вибір поки визначений або життєвим досвідом особи, що ухвалює рішення, або корпоративними інтересами.

У цьому плані, такі елементи технології експертних систем, як бази знань і бази метаданих, ще не отримали широкого розвитку в Україні.



Роль геоінформаційної складової, досягнувши максимуму в аналітичному блоці, на даному рівні знижується. Це не дивно, оскільки чиновник, що ухвалює рішення на даному рівні, не має можливості освоювати всі технології, за допомогою яких сьогодні готується інформація про ситуацію. Він і не повинен цього робити. Його основний інструмент - документ, отже і інформація повинна подаватися у вигляді документа. Тому мова повинна йти швидше не про впровадження ГІС у верхній ешелон системи ухвалення рішень, а про адаптацію системи електронного документообігу до повноцінного використання інформації, отриманої в результаті ГІС - аналізу.

В той же час, на цьому етапі зростає роль наочного відображення всієї доступної просторової інформації про досліджувану надзвичайну ситуацію. Саме логіка візуального сприйняття часто допомагає відтворити цілісну картину явища. Способи відображення можуть використовуватися самі різні - від карт, схем і ілюстрацій до технологій "віртуальної реальності".

Достатньо ефективно віртуальна реальність використовувалася при дослідженні приміщень 4-го блоку ЧАЕС, в яких після аварії знаходження людини було украй обмежене або неможливе. При виборі оптимальних варіантів трас магістральних трубопроводів вказана технологія дає можливість запросити необхідних експертів до екрану комп'ютера, а не в польову експедицію і, тим самим, заощадити значні кошти і час.

Зараз розробниками ПІАС НС, як стандарт обміну результатами роботи аналітичного блоку, визначена форма електронного документа у форматі XML, який в мережах Інтернет передається структурам, що ухвалюють рішення. Даний варіант проходить апробацію в МНС України.

## **14 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ГІС**

### **14.1 Характеристика напрямків розвитку ГІС**

Важливо відзначити, що нині ГІС-технології об'єднані з іншою могутньою системою одержання і представлення географічної інформації - даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу, з літаків і будь-яких інших літальних апаратів. Космічна інформація в сьогоденному світі стає все більш різноманітною і точною. Можливість її одержання і відновлення - більш легка і доступна. Десятки орбітальних систем передають високоточні космічні знімки будь-якої території нашої планети. Сформовані архіви і банки даних цифрових знімків на величезну територію земної кулі. Їхня відносна доступність для споживача (оперативний пошук, замовлення й одержання по системі Інтернет), проведення зйомок будь-якої території за бажанням споживача, можливість наступної обробки й аналізу фотографій із космосу за допомогою різних програмних засобів,

інтегрованість з ГІС-пакетами і ГІС-системами, перетворюють тандем ГІС-ДЗЗ у новий могутній засіб географічного аналізу. Це перший і найбільш реальний напрямок сучасного розвитку ГІС.

**Другий напрямок розвитку ГІС** - спільне і широке використання даних високоточного глобального розташування того чи іншого об'єкта, отриманого за допомогою систем GPS (США) чи ГЛОССНАС (Росія). Ці системи, особливо GPS, уже зараз широко використовуються в морській навігації, повітроплаванні, геодезії, військовій справі й інших галузях людської діяльності. Застосування їх у сполученні з ГІС і ДЗЗ утворюють могутню тріаду високоточної, актуальної (аж до реального режиму часу), постійно оновлюваної, об'єктивної і насиченої територіальної інформації, яку можна буде використовувати практично скрізь. Приклади успішного спільного використання цих систем військами НАТО при проведенні бойових дій у військових конфліктах в Іраку і Югославії є підтвердженням того, що час широкого поширення цього напрямку в інших областях практичної діяльності не за горами.

**Третій напрямок** розвитку ГІС пов'язаний із розвитком системи телекомунікацій, у першу чергу міжнародної мережі Інтернет і масовим використанням глобальних міжнародних інформаційних ресурсів. У цьому напрямку спостерігається кілька перспективних шляхів.

**Перший шлях** буде визначатися розвитком корпоративних мереж найбільших підприємств і управлінських структур, що мають виключний доступ, з використанням технології Інтернет. Даний шлях швидше всього буде визначати розвиток технологічних проблем ГІС при роботі в корпоративних мережах. Поширення ж відпрацьованих технологій та рішення питань дрібних і середніх підприємств і фірм, дасть могутній поштовх до їх масового використання.

**Другий шлях** залежить від розвитку самої мережі Інтернет, що поширюється у світі величезними темпами, втягуючи кожного року в свою аудиторію десятки тисяч нових користувачів. Цей шлях виводить на нову і поки-що незвідану дорогу, по якій традиційні ГІС зі звичайно закритих і дорогих систем, що існують для окремих колективів і вирішення окремих задач, згодом придбають нові якості, об'єднуються і перетворюються в могутні інтегровані й інтерактивні системи спільного глобального використання.

При цьому такі ГІС самі стануть:

- територіально розподіленими;
- модульно нарощуваними;
- спільно використовуваними;
- постійно і легко доступними.

Тому можна припускати виникнення на базі сучасних ГІС, нових типів, класів і навіть поколінь географічних інформаційних систем, заснованих на можливостях Інтернету, телебачення і телекомунікацій.

## 14.2 Майбутні класи і покоління ГІС

Виходячи з наявної зараз інформації і відслідковуючи сучасні тенденції розвитку геоінформаційних систем і технологій, уже зараз можливо намітити деякі риси майбутніх географічних інформаційних систем:

- ГІС-ТБ - (ГІС-телебачення). Ймовірно ці системи стануть новим класом ГІС, що будуть поєднувати можливості сучасного телебачення, а також традиційних і спеціалізованих ГІС і Інтернету. Окремі передумови виникнення деяких рис таких систем уже з'явилися і використовуються на телевізійних каналах. Великий потенціал у ГІС-ТБ простежується в сфері організації дистанційного освітнього телебачення, де використовуються функції і можливості ГІС-систем і ГІС-технологій. Можна було б уже зараз організувати і транслювати різноманітні передачі й уроки, побудовані на просторовій ідеології.

- ГІС2 - (ГІС про ГІС чи "ГІС у квадраті"). Цей новий тип геоінформаційних систем ймовірно буде мати можливість вивчення й аналізу не самої територіальної інформації, а значної маси уже існуючих і територіально розподілених ГІС, створених і використовуваних у різних напрямках людської діяльності. ГІС2 можуть і повинні стати визначеними навігаторами по просторах ГІС-систем, а можливо й інших інформаційних ресурсів.

- ГЛОБ-ГІС - (Глобальна ГІС). В остаточному підсумку на базі перерахованих нами систем і мережі Інтернету може виникнути єдина телекомунікаційна Глобальна Географічна Інформаційна Система, у якій будуть десятки мільйонів користувачів в усьому світі.

Поєднання можливостей ГІС - ДЗЗ - GPS - Інтернет складає наймогутніший квартет просторової інформації, нових технологій, каналів зв'язку і наданих послуг, що будуть реалізовуватися як у Глобальній ГІС, яка володіє різними унікальними можливостями, так і в окремих спеціалізованих ГІС різного типу і класу.

Всі охарактеризовані вище тенденції, перспективи, напрямки і шляхи розвитку ведуть до того, що географія і геоінформатика в ХХІ столітті будуть єдиним комплексом наук, що опирається на просторову ідеологію і використовує найсучасніші технології із переробки величезного обсягу будь-якої просторової інформації.

## 15 КОРОТКИЙ ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ,

## ВИКОРИСТОВУВАНИХ В УКРАЇНІ

Якщо говорити про програмне забезпечення ГІС, то слід зазначити, що більшість програмних пакетів володіють схожим набором характеристик, такими як, пошарове картографування, маркіровка, кодування геоінформації, знаходження об'єктів в заданій області, визначення різних величин, але дуже сильно відрізняються в ціні і функціональності.

Вибір програмного забезпечення залежить від конкретних прикладних завдань, що вирішуються користувачем.

Для прикладу приведемо список, що містить назви фірм і ПО, яке вони випускають (табл.15.1).

Таблиця 15.1 - ГІС Software і компанії

Фірма-виробник	Software
MapInfo	MapInfo Pro
ESRI	ArcView, Arc/INFO
Tactician	Tactician
Integrgraph	GeoMedia
Geograph	ГеоГраф ГІС 2.0
Autodesk GmbH	AutoCAD MAP, AutoCAD Land Development, Autodesk MapGuide R5, AutoCAD Map 2000
Caliper	Maptitude
КРЕДО-Діалог	CREDO

У встановленій ГІС витрати на устаткування і ПО складають лише незначну частину від витрат на придбання і обробку даних. Зазвичай постачальники географічних і атрибутивних даних надають інформацію про формат даних, дату їх отримання, джерела, якість та аналізованість.

У Україні використовуються ГІС, як професійного рівня, так і спеціалізовані. Програмні продукти формуються на основі модульного принципу. Зазвичай виділяють базовий модуль і модулі розширення (або додатки). У базовому модулі містяться функції, що реалізують основні операції ГІС, зокрема програмна підтримка пристроїв введення-виводу, експорт і імпорт даних і так далі.

Слід зазначити, що програмні продукти різних фірм мають багато спільного, оскільки виробники вимушені запозичувати один у одного ті або інші технологічні розробки.

В даний час на ринку представлено близько 20 добре відомих ГІС-ПАКЕТІВ, які можна віднести до повнофункціональних.

Характеризуючи властивості повнофункціональних ГІС можна відзначити їх загальні риси. Всі системи працюють на платформі Windows. Тільки деякі з них мають версії, що працюють під управлінням інших операційних систем ("Горизонт" - MS DOS, Unix, Linux, MC BC, Free BSD, Solaris, ІНТРОС; ПАРК - MS DOS; Arc GIS Arc Info-solaris, Digital Unix, AIX і др.; Arc View GIS - Unix).

Всі системи підтримують обмін просторовою інформацією (експорт і імпорт) з багатьма ГІС і САПР через основні обмінні формати.

Ще одноріднішими є можливості по роботі з атрибутивною інформацією. Більшість систем забезпечують роботу зі всіма основними СУБД через драйвери ODBC, BDE. Першою в ряді підтримуваних або використовуваних СУБД стоїть Oracle.

У переважаючій більшості випадків сучасні повнофункціональні ГІС дозволяють розширювати свої можливості. Основним способом розширення можливостей є програмування на мовах високого рівня з підключенням DLL і ОСХ-библіотек (ACTIVEХ). Природно є і виключення. Такі системи як Mapinfo Professional використовують Map Basic, а системи Arcview GIS - Avenue.

Найбільш поширеними зарубіжними системами з різних причин є Arcview GIS, Mapinfo Professional, Micro Station/j. Аналогічний перелік вітчизняних систем очолюють Географ, Панорама (Карта 2000), ПАРК, Geolink.

Коротко охарактеризуємо найбільш поширені програмні продукти, відзначаючи особливості і сфери застосування.

**Arc GIS Arc Info** (розробник фірма ESRI, США). Повнофункціональна ГІС, така, що складається з двох незалежно встановлюваних програмних пакетів - Arc Info Workstation і Arc Info Desktop. Перший складається з трьох базових модулів: Arc Map - відображення, редагування і аналіз даних, Arc Catalog - доступ до даних і управління ними, Arc Toolbox - інструмент розширеного просторового аналізу, управління проекціями і конвертацією даних.

Додаткові модулі забезпечують вирішення наступних завдань:

- Arc COGO - набір засобів і функцій для роботи з геодезичними даними;

- Arc GRID - має могутній набір засобів аналізу і управління безперервно розподіленими числовими і якісними ознаками, що представляються у вигляді регулярних моделей, а також моделювання складних процесів;

- ARC TIN - призначений для моделювання топографічних повер-

хонь;

- Arc NETWORK - для моделювання і аналізу топологічно пов'язаних об'єктів у вигляді просторових мереж, оцінки та управління ресурсами, розподіленими по мережах і процесами в таких мережах.

Arc Info забезпечує створення геоінформаційних систем, створення і ведення земельних, лісових, геологічних і інших кадастрів, проектування транспортних мереж, оцінку природних ресурсів.

**Arc GIS Arc View** (розробник фірма ESRI, США). Настольна ГІС, яка надає користувачеві право вибору і проглядання різноманітних геоданих, їх редагування, аналізу і виводу (бізнес, наука, освіта, управління, соціологія, демографія, екологія, транспорт, міське господарство).

Всі продукти Arc Gis можуть використовувати додаткові модулі для вирішення спеціалізованих завдань просторового аналізу:

- Arc GIS Spatial Analyst - програмний модуль для роботи з растровими поверхнями. Дозволяє аналізувати характеристики поверхні, а також інтерполювати просторово розподілені дані для візуалізації і аналізу процесів;

- ARCGIS 3d Analyst - програма для створення, візуалізації і аналізу тривимірних об'єктів і поверхонь;

- ARCGIS Geostatistical Analyst - новий модуль для інтерполяції поверхонь на основі статистичного аналізу просторово розподілених даних;

- Arcview підтримує реляційні СУБД, має розвинену ділову графіку (форма перегляду, таблична форма, форма діаграм, створення макету), передбачає створення професійно оформленої картографічної інформації і розробку власних застосувань.

**Mapinfo Professional** (розробка фірми Mapinfo Corp. США), одна з найпоширеніших настольних ГІС в Україні.

Mapinfo спеціально спроектований для обробки і аналізу інформації, що має адресну або просторову прив'язку.

**У Mapinfo реалізовані:**

- пошук географічних об'єктів;

- робота з базами даних;

- геометричні функції: розрахунки площ, довжин, периметрів, об'ємів, що знаходяться між поверхнями;

- побудова буферних зон навколо будь-якого об'єкту або групи об'єктів;

- розширена мова запитів SQL, запити базуються на виразах, що об'єднуються, відображають доступні поля, дозволяють робити підзапити, об'єднання з декількома таблицями і географічними об'єднаннями.

- комп'ютерний дизайн і підготовку до видання картографічних документів.

**Географ** (розробка Центру інформаційних досліджень Інституту географії РАН, Росія). Дає можливість створювати електронні тематичні атла-

си і композиції карт на основі шарів цифрових карт і пов'язаних з ними таблиць атрибутивних даних.

Основні можливості Географа наступні:

- створення просторових об'єктів у вигляді косметичних шарів з прив'язкою до них таблиць атрибутивних даних;

- підсистема управління атрибутивними даними, включаючи під'єднання таблиць, редагування, вибірку, сортування, запити за зразком і так далі.

- електронне тематичне картографування і ін.

**Панорама** (Росія) Побудова і обробка цифрових і електронних карт, ведення картографічної і атрибутивної баз даних.

Окремо слід виділити професійні багатофункціональні інструментальні ГІС, забезпечуючи можливість безпосередньої обробки даних ДЗ. До них відносяться ERDAS IMAGINE, ErMapper і ін.

**ER Mapper** (розробка ER Mapper) Обробка великих об'ємів фотографічної інформації, тематичне картографування (геофізика, природні ресурси, лісове господарство). Точність, друк карт, візуалізація тривимірного зображення, бібліотека алгоритмів.

**ERDAS IMAGINE** (розробка Leica) - програмний пакет, розроблений спеціально для обробки і аналізу даних дистанційного зондування, надає повний набір інструментів для аналізу даних з будь-якого джерела і представлення результатів в різних формах - від друкарських карт до тривимірних моделей. ERDAS IMAGINE побудований за модульним принципом у вигляді базових комплектів - IMAGINE Essential, IMAGINE Advantage і IMAGINE Professional.

У ERDAS IMAGINE реалізовані:

- широкі можливості по візуалізації та імпорту даних (підтримує більше 100 форматів);

- геометрична корекція;

- поліпшуючі перетворення і ГІС-АНАЛІЗ;

- дешифрування знімків;

- інструменти обробки зображень і побудова алгоритмів просторових обчислень;

- побудова карт.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ**

1. Суть, призначення і характеристика ГІС.
2. Історія ГІС.
3. Класифікація ГІС за територіальною ознакою.
4. Перерахуйте функціональні можливості ГІС.
5. Сфери застосування ГІС- технологій.
6. Основні принципи функціонування ГІС.

7. Перелічити основні компоненти і складові частини ГІС і дати їх коротку характеристику.
8. Завдання, що вирішуються за допомогою ГІС.
9. Назвати джерела даних для наповнення ГІС.
10. Що являється просторовим об'єктом, основними типами графічних об'єктів?
11. Назвіть типи даних, що використовуються для опису просторових даних, засобами ГІС.
12. Суть векторних моделей представлення даних.
13. Чим відрізняються топологічні і нетопологічні векторні моделі?
14. Суть растрових моделей представлення даних.
15. Технічне забезпечення ГІС (перелічити компоненти і їх призначення).
16. Характеристика технічних засобів для введення і виведення даних.
17. Програмне забезпечення ГІС (перелічити основні модулі).
18. Назвати відомі вам моделі організації баз даних ГІС.
19. Перелічити найбільш поширені векторні ГІС.
20. Особливості растрових ГІС, основні функціональні можливості.
21. Що є просторовим об'єктом, основними типами графічних об'єктів.
22. Назвіть типи даних, використовуваних для опису просторових даних, засобами ГІС.
23. Що розуміють під "цифровою моделлю рельєфу"?
24. Структура та джерела даних для побудови ЦМР.
25. Дати характеристику методів інтерполяції.
26. Методи візуалізації засобами ГІС.
27. Назвати основні етапи проектування ГІС.
28. Характеристика основних сучасних ГІС пакетів.
29. Складання тематичних карт в ГІС.
30. Застосування ГІС картографії.
31. Роль і місце ГІС в природоохоронних заходах.

## **ТЕРМІНИ**



**Карта** - (Map, Chart, нім. Karte, фр. Carte, від грец. Chartes - лист, згорток) - плоске, математично визначене, зменшене, генералізоване умовно-знакове зображення поверхні Землі, іншого небесного тіла або космічного простору, що показує розміщення, властивості і зв'язки природних і соціально-економічних явищ. Карта розглядається як образно-знакова модель, що має високу інформативність, просторово-часову подібність щодо оригіналу, метричність, особливу оглядовість і наочність, що робить її найважливішим засобом пізнання в науках про Землю і соціально-економічних науках.

**Читання карти** - сприйняття карти (візуальне, тактильне або автоматичне), засноване на розпізнаванні картографічних образів, тлумаченні і розумінні її змісту. Ефективність читання карти залежить від легкості і швидкості сприйняття окремих позначень, картографічних образів і всього зображення в цілому. У свою чергу, читаність визначається наочністю умовних знаків, якістю оформлення карти, загальною завантаженістю карти, відмінністю деталей зображення.

**Цифрова карта** - (Numerical map, Digital map, нем. Numerische karte) - цифрова модель поверхні, сформована з урахуванням законів картографічної генералізації в прийнятих для карт проекції, розграфці, системі координат і висот. По суті, термін "цифрова карта" означає саме цифрову модель, цифрові картографічні дані. Цифрова карта створюється з повним дотриманням нормативів і правил картографування, точності карт, генералізації, системи умовних знаків.

**Цифрова карта** служить основою для виготовлення звичайних паперових, комп'ютерних, **електронних карт**, вона входить до складу картографічної бази даних, є одним з найважливіших елементів інформаційного забезпечення ГІС і одночасно може бути результатом функціонування ГІС.

**Комп'ютерна карта** - карта, отримана на пристрої графічного виводу за допомогою засобів автоматизованого картографування (графічних пристроїв, принтерів, дигітайзерів і ін. на папері, пластиці, фотоплівці і інших матеріалах) або за допомогою геоінформаційної системи.

Іноді до комп'ютерної карти відносять також карти, виготовлені на неспеціалізованих приладах, наприклад, на алфавітно-цифрових друкарських пристроях, так звані ЕОМ-карти або АЦ-ПУ-карти.

**ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ** - технологічна основа створення географічних інформаційних систем, що дозволяє реалізувати їх функціональні можливості.

**Геоінформаційний аналіз** - аналіз розміщення, структури, взаємозв'язків об'єктів і явищ з використанням методів просторового аналізу і геомоделювання.

**Функціональні можливості ГІС** - набір функцій географічних інформаційних систем і відповідних програмних засобів:

- введення даних в машинне середовище шляхом імпорту з існуючих наборів цифрових даних або за допомогою оцифрування джерел;
- перетворення даних, включаючи конвертацію даних з одного формату в інший, трансформацію картографічних проєкцій, зміну систем координат;
- зберігання, маніпулювання і управління даними у внутрішніх і зовнішніх базах даних;
- картометричні операції;
- засоби персональних налаштувань користувачів.

**Геоінформатика** - наука, технологія і виробнича діяльність:

- з наукового обґрунтування, проектування, створення, експлуатації і використання географічних інформаційних систем;
- з розробки геоінформаційних технологій;
- з прикладних аспектів або додатків ГІС для практичних або геонаучних цілей.

**Геоматика** - це сукупність застосувань інформаційних технологій, мультимедіа і засоби телекомунікації для обробки даних, аналізу геосистем, автоматизованого картографування; також цей термін уживається як синонім геоінформатики або геоінформаційного картографування.

**Цифрове покриття** (шар, тема) - сімейство однотипних (однієї розмірності) просторових об'єктів, що відносяться до одного класу об'єктів в межах деякої території і в системі координат, загальних для набору шарів. За типом об'єктів розрізняють точкові, лінійні і полігональні цифрові покриття.

**Просторовий об'єкт (графічний примітив)** - цифрове представлення об'єкту реальності (цифрова модель місцевості), його місцезнаходження, набір властивостей, характеристик, атрибутів або сам цей об'єкт. Виділяють чотири основні типи просторових об'єктів: (1) точкові, (2) лінійні, (3) площадкові (полігональні), контурні і (4) поверхні.

## ГЛОСАРІЙ

**ActiveX** – це технологія, розроблена Microsoft Corporation для розповсюдження програмного забезпечення через Internet.

**ВІЛ** - Band Interleaved by Line - один з основних форматів для передачі даних дистанційного зондування. Позбавлений специфікації, представляє тривіальний випадок передачі зображення з відрядковим (на відміну від формату ВІР) зберіганням даних.

**ВМР** - Bitmap, bit map, bitmap, син. DIB - бітовий масив, бітовий образ простий і поширений формат файлу для зберігання растрових зображень у вигляді бітового двійкового масиву, розроблений фірмою Microsoft. Використовується також для експорту і імпорту зображень між додатками операційних систем Windows і OS/2. Файли апаратних незалежних ВМР

можуть містити зображення з глибиною піксела 1, 4, 8 або 24 біта. Забезпечує передачу 2, 16, 256 або 16 млн. кольорів. Для 4- і 8-бітових зображень іноді застосовується стиснення RLE.

**DEM** - Digital Elevation Model(s) - 1. цифрова модель рельєфу, ЦМР, син. DTM, DTED; 2. стандарт геологічної зйомки США на цифрові моделі рельєфу. Застосовується для їх представлення в растровому форматі у вигляді матриці висотних відміток у вузлах регулярної мережі, розповсюдження і подальшого використання як основа для просторового аналізу в багаторастрових ГІС. У стандарті DEM розповсюджуються 5 типів цифрових продуктів DMA, ідентичних по логічній структурі даних, але осередків мережі, що розрізняються за кутовим розміром, системі координат, обхвату території і точності.

Продукти DEM доступні на територію всієї материкової частини США, Гавайські острови, Пуерто-Ріко, Віргінські острови і частину території Аляски. Дані у форматі DEM будуть конвертовані у формат SDTS після затвердження профілю SDTS для обміну растровою інформацією.

**DLG** - Digital Line Graph - стандарт геологічної зйомки США, розроблений Національним картографічним управлінням в 1980 р. Призначений для розповсюдження цифрових карт, що складають Національну цифрову картографічну базу даних, яка включає інформацію по межах, транспортній інфраструктурі, мережі гідрографії.

Стандарт підтримує векторну топологічну модель даних і може передавати мережеві і полігональні структури. Атрибутивна інформація передається за допомогою каталогу об'єктів і поділу набору даних на категорії, аналогічні шарам ГІС. Існують 3 підтипи файлу, що розрізняються за внутрішньою структурою і каталогом об'єктів, відповідних топографічним картам масштабів 1:25000, 1:100000 і 1:2000000. Останні входять в Національний атлас США. В даний час здійснюється конвертація даних з формату DLG у формат SDTS.

**Ethernet** - мережа Ethernet (створена фірмою Xerox в 1976 році, має шинну топологію, використовує CSMA для управління трафіком в головній лінії зв'язку). Стандарт організації локальних мереж (ЛВС), описаний в специфікаціях IEEE і інших організацій.

**GEOTIFF** - Tagged Image File Format, DRG - розширення формату файлу TIFF, призначене для передачі зображень, що мають просторову прив'язку. Формат підтримує представлення зображень, растр; додатково передається система координат, проекція, параметри геометричної корекції.

**GIF** - Graphics Interchange Format - формат взаємообміну графікою, формат обміну растровими графічними даними в мережі CompuServe в режимі реального часу.

**GRID (GRA, GRD)** - Global Resource Information Database - Глобальна природно-ресурсна база даних; ГРІД - інформаційна система і міжнарод-

дна програма, що виконується в рамках ГСМОС (GEMS) при ЮНЕП ООН.

**JPG** - Joint Photographic Experts Group - об'єднана експертна група з фотографії, робоча група по створенню стандартів відео- і мультиплікаційних зображень. Формат є стислим BMP. Дозволяє передавати до 16 млн кольорів з глибиною пікселя до 32 біт.

**OLE** - Object Linking and Embedding – пов'язування і вбудовування (впровадження) об'єктів, технологія розділення об'єктів між прикладними програмами, розроблена фірмою Microsoft. OLE-технологія дозволяє вбудовувати або пов'язувати об'єкт з складеними документами, що містять текст, графіку, звукові повідомлення і тому подібне.

**PCX** - один з найстаріших і найбільш широко використовуваних растрових форматів для персональних комп'ютерів, розроблений фірмою Zsoft Corporation.

**PSD** - Photoshop Document - власний формат програми Photoshop, що дозволяє зберігати шари і канали.

**SQL** - Structured Query Language - мова структурованих запитів мова доступу до баз даних, один з найбільш поширених засобів розробки реляційної БД і обслуговування систем типу “клієнт-сервер”. У США прийнятий як національний стандарт.

**TIFF** - Tagged Image File Format - незалежний формат файлу, призначений для обміну зображеннями високої якості між настільними видавничими системами і пов'язаними з ними застосуваннями.

**VPF** - Vector Product Format, - військовий стандарт США, що описує формат файлового обміну векторною просторовою інформацією. Формат підтримує векторну нетопологічну і векторну топологічну моделі просторових даних і дозволяє передавати атрибути через реляційні таблиці. Додатково передаються зведення про якість даних. Використовується для зберігання цифрової карти світу DCW.

**Аналіз близькості** (neighbourhood analysis, proximity analysis) - просторово-аналітична операція, заснована на пошуку двох найближчих точок серед заданої їх множини і використовується в різних алгоритмах просторового аналізу.

**Аналіз видимості/невидимості** (viewshed analysis, visibility/unvisibility analysis) - одна з операцій обробки цифрових моделей рельєфу, що забезпечує оцінку поверхні з погляду видимості або невидимості окремих її частин шляхом виділення зон і побудови карт видимості/невидимості з деякої точки огляду або безлічі точок, заданих їх положенням в просторі (джерел або приймачів випромінювань).

**Апаратна платформа** - технічне устаткування системи обробки інформації (на відміну від програмного забезпечення, процедур, правил і документації), що включає власне комп'ютер і інші механічні, магнітні, електричні, електронні і оптичні периферійні пристрої або аналогічні прилади, що працюють під її управлінням або автономно, а також будь-які пристрої,

необхідні для функціонування системи (наприклад, GPS-апаратура, електронні картографічні прилади, геодезичні прилади).

**Аерофотознімок** (aerial photograph, aerial photo, aerophoto, print) - двовимірне фотографічне зображення земної поверхні, отримане з повітряних літальних апаратів і призначене для дослідження видимих і прихованих об'єктів, явищ і процесів за допомогою дешифрування і вимірювань.

Залежно від висоти, з якою проводиться фотографування, отримують аерофотознімки крупномасштабні, середньомасштабні і дрібномасштабні (висотні). Якщо відхилення осі фотографування від прямовисного не виходить за межі допустимого, виходять планові аерофотознімки, якщо вісь має істотний нахил - перспективні аерофотознімки.

Залежно від типу використовуваної фотоплівки розрізняють чорнобілі, або монохромні аерофотознімки, кольорові аерофотознімки, спектрональні аерофотознімки, а за способом друку з фотоплівки можуть бути контактні аерофотознімки і збільшені аерофотознімки.

Розрізняють одиночні аерофотознімки і стереоскопічні аерофотознімки. Останні дають можливість відтворювати реалістичне тривимірне зображення при їх стереоскопічному перегляді на спеціальних стереоприладах або в процесі тривимірної візуалізації на екрані комп'ютера.

На основі аерофотознімків створюють:

- накідні монтажні і репродукції накідного монтажу - сфотографовані мозаїки суміжних знімків району досліджень;
- фотосхеми - зображення, отримані шляхом монтажу центральних частин нетрансформованих знімків;
- фотоплани - зображення, отримані шляхом монтажу трансформованих знімків;
- ортофотоплани - фотоплани, в яких усунені спотворення за рельєф;
- фотокарти - фотоплани з координатами, підписами географічних назв, зображенням рельєфу в горизонталях і іншими елементами карт.

**База даних**, БД (data base, database, DB) - сукупність даних, організованих по певних правилах, що встановлюють загальні принципи опису, зберігання і маніпулювання даними. Зберігання даних в БД забезпечує централізоване управління, дотримання стандартів, безпеку і цілісність даних, скорочує надмірність і усуває суперечність даних.

БД не залежить від прикладних програм. Створення БД і звернення до неї (по запитам) здійснюються за допомогою системи управління базами даних (СУБД). Програмне забезпечення локальних обчислювальних мереж (ЛВС) спочатку підтримувало режим роботи, при якому робочі станції мережі посилали запити до БД, розташованої на обслуговуючому їх комп'ютері, - файл-сервері, отримували від нього необхідні файли, виконували сукупність операцій пошуку, вибірки і коректування - транзакцій і посилали файли назад.

При іншому режимі робочі станції ЛВС виступають в ролі клієнтів, а

сервер БД повністю обслуговує запити (як правило, записані на мові SQL) і посилає клієнтам результати, реалізуючи технологію клієнт-сервер.

БД може бути розміщена на декількох комп'ютерах мережі; в цьому випадку вона називається розподіленою БД, РБД, як і СУБД, що керує нею, - системою управління розподіленими базами даних, СУРБД.

БД ГІС містять набори даних про просторові об'єкти, утворюючи просторові БД, цифрова картографічна інформація може організовуватися в картографічні бази даних, картографічні банки даних.

**Буферна зона** (buffer zone, buffer, corridor) - синонім буфер - полігональний шар, утворений шляхом розрахунку і побудови еквідистант, або еквідистантних ліній, рівновіддалених відносно безлічі точкових, лінійних або полігональних просторових об'єктів. Операція "буферизації" використовується, наприклад, з метою виділення 200-мильної економічної зони побережжя, 100-метрової смуги відчуження транспортної магістралі і тому подібне

Буферна зона полігонального об'єкту може будуватися зовні і всередині полігону; якщо відстані між об'єктами і еквідистантами ставляться у відповідність значення одного з його атрибутів, говорять про "буферизацію" з "зважуванням".

**Векторизатор (vectorizer)** – програмний засіб для виконання растрово-векторного перетворення (векторизації) просторових даних.

**Векторне представлення (vector data structure, vector data model)** - цифрове представлення точкових, лінійних і полігональних просторових об'єктів у вигляді набору координатних пар, з описом тільки геометрії об'єктів, що відповідає нетопологічному. В машинній реалізації В.п. відповідає векторний формат просторових даних.

**Географічна інформаційна система** (geographic(al) information system, GIS, spatial information system) - ГІС - інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і розповсюдження просторово-координатних даних (просторових даних). ГІС розрізняються наочною областю інформаційного моделювання, наприклад, міські ГІС, або муніципальні ГІС, МГІС, природоохоронні ГІС і т.п.; серед них найпоширенішими є земельні інформаційні системи.

**Геоінформаційні технології** - (GIS technology) - синонім ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ - технологічна основа створення географічних інформаційних систем, що дозволяє реалізувати функціональні можливості ГІС.

**Земельний кадастр** - це відкрите зведення інформації про права на об'єкти нерухомості, яке містить різну описову інформацію про характеристики об'єктів нерухомості.

**Картографічна проекція** - (map projection, projection) - математично певний спосіб зображення поверхні Земної кулі або еліпсоїда на площині.

Загальне рівняння картографічної проекції пов'язує геодезичні широту ( $B$ ) і довготу ( $L$ ) з прямокутними координатами  $X$  і  $Y$  на площині:

$$X = f_1(B, l); Y = f_2(B, l),$$

де  $f_1$  і  $f_2$  - незалежні, однозначні і кінцеві функції.

Все картографічні проєкції мають відхилення, що виникають при переході від сферичної поверхні до площини.

Головний масштаб карти показує ступінь зменшення лінійних розмірів еліпсоїда (кулі) при його зображенні на карті. Спотворення масштабу виявляються в наявності масштабу карти в будь-якій її точці.

Картографічні проєкції ділять на нормальні проєкції, в яких вісь сферичних координат збігається з віссю обертання Землі, поперечні проєкції, в яких вісь сферичних координат лежить в площині екватора і косі проєкції, коли вісь сферичних координат розташована під кутом до земної осі.

Відмінність вимог до карт різного просторового обхвату, тематики і призначення, а також самі особливості конфігурації території, що картографується, і її положення на земній кулі привели до величезного різноманіття картографічних проєкцій.

**Картометрія** - (cartometry) - вимірювання по картах. Розрізняють вимірювання наступних картометричних показників: довжин і відстаней, площ, об'ємів, кутів і кутових величин. До тісно пов'язана з морфометрією, суть якої складає обчислення морфометричних показників, тобто показників форми і структури явищ (напр., звивистості, розчленовування, густоти і ін.) на основі картометричних визначень.

**Оверлейна операція** - операція накладення один на одного двох або більше за шарів, в результаті якої утворюється графічна композиція, або графічний оверлей початкових шарів, або один похідний шар, що містить композицію просторових об'єктів початкових шарів.

**Оцифрування** - процес перетворення даних з паперових карт в комп'ютерні файли.

**Периферійні пристрої** (peripherals, peripheral, peripheral devices, peripheral equipment, peripheral unit) - синонім зовнішній пристрій, периферійне устаткування, - частина апаратного забезпечення конструктивно відокремлена від основного блоку комп'ютера; комплекс пристроїв для зовнішньої обробки даних, що забезпечує їх підготовку, введення, зберігання, управління, захист, вивід і передачу на відстань по каналах зв'язку.

**Розграфка карти** - система ділення багатолистої карти на листи. Найчастіше застосовуються два види розграфки карт: прямокутна розграфка карт, коли карта ділиться на прямокутні або квадратні листи однакового розміру і трапецієвидна розграфка карт, при якій межами листів служать меридіани і паралелі.

В деяких випадках, для зручності користування розграфка карт може даватися з більш менш значними перекриттями листів, напр., для морських навігаційних карт. Державні топографічні і тематичні карти зазвичай мають стандартну розграфку карт, яка покладена в основу системи номенкла-

тури карт.

**Растрова графіка** - новітня форма комп'ютерної графіки. Центральний елемент - піксель. В даний час завдяки високому ступеню дозволу екранів растрового зображення розрізняють пасивну і інтерактивну візуалізацію.

Розподілом растрових точок є ієрархічний метод звернення в просторовому зберіганні даних, при цьому область, що підлягає обробки, ділиться на растрові осередки однакової величини. Звернення дано через індекси рядків і стовпців, які можна організувати як матриці.

**Система управління базами даних, СУБД** (data base management system, DBMS) - комплекс програм і мовних засобів, призначених для створення, ведення і використання баз даних.

Мовні або інші засоби СУБД підтримують різні операції з даними, включаючи введення, зберігання, маніпулювання, обробку запитів, пошук, вибірку, сортування, оновлення, збереження цілісності і захист даних від несанкціонованого доступу або втрати. Використовується як засіб управління атрибутивною частиною просторових даних ГІС; як правило, це комерційні реляційні СУБД, в яких користувач сприймає дані як таблиці (звані тому таблицями реляційних баз даних, або, не зовсім правильно ~ "реляційними таблицями", таблицями атрибутивних даних). Більшість програмних засобів ГІС має механізми імпорту даних з найбільш поширених СУБД, включаючи dbase, Foxbase, Informix, Ingres, Oracle, Sybase і ін.

**Сканер** (scanner) - синонім скануючий пристрій - пристрій аналого-цифрового перетворення зображення для його автоматизованого введення в ЕОМ в растровому форматі з високою розподільною здатністю (зазвичай 300-600 dpi і більше) шляхом сканування у відображеному або такому, що проходить світлі, з непрозорого і прозорого оригіналу відповідно (кольорового або монохромного напівтонового і штрихового).

**Сканування** (scanning) - аналого-цифрове перетворення зображення в цифрову растрову форму за допомогою сканера; один із способів або етапів оцифрування графічних і картографічних джерел для їх векторного зображення, що передуює процесу растрововекторного перетворення (векторизації).

**Оцифрування** (digitizing) - синонім **цифрування, дигіталізація**, процес аналого-цифрового перетворення даних, тобто переклад аналогових даних в цифрову форму, доступну для існування в цифровій **машинній** або зберігання на **машиночитаемих засобах** за допомогою цифрувальників різного типу. У геоінформатиці, машинній графіці і картографії: перетворення аналогових графічних і картографічних документів (оригіналів) у форму цифрових записів, відповідних векторним представленням просторових об'єктів.

**Цифрова карта** (digital map) - цифрова модель карти, створена шляхом цифрування картографічних джерел, фотограмметричної обробки ма-



теріалів дистанційного зондування, цифрової реєстрації даних польових зйомок, або іншим способом.

Цифрова карта означає саме цифрову модель, цифрові картографічні дані. Цифрова карта створюється з повним дотриманням нормативів і правил картографування, точність карт, генералізація, системи умовних позначень. Цифрова карта служить основою для виготовлення звичайних паперових, комп'ютерних, електронних карт, вона входить до складу картографічних баз даних, складає один з найважливіших елементів інформаційного забезпечення ГІС і одночасно може бути результатом функціонування ГІС.

**Цифрова модель місцевості, ЦММ (digital terrain model, DTM)** - синонім **математична модель місцевості, МММ** - цифрове представлення просторових об'єктів, відповідних об'єктовому складу топографічних карт і планів, використовуване для виробництва цифрових топографічних карт; "множина, елементами якої є топографо-геодезична інформація про місцевість і правила діяння з нею".

**Цифрова модель рельєфу, ЦМР (digital terrain model, DTM; digital elevation model, DEM;**

Digital Terrain Elevation Data, DTEM) - засіб цифрового представлення 3-мірних просторових об'єктів (поверхонь, рельєфів) у вигляді тривимірних даних як сукупності висотних відміток або відміток глибин і інших значень аплікату (координати  $Z$ ) у вузлах регулярної мережі з утворенням матриці висот, нерегулярній трикутній мережі (TIN) або як сукупність записів горизонталей (ізогіпс, ізобат) або інших ізоліній.

Найбільш поширеними способами цифрового представлення рельєфу є растрове уявлення і особлива модель просторових даних, заснована на мережі TIN і апроксимуюча рельєф багатогранною поверхнею з висотними відмітками (відмітками глибин) у вузлах трикутної мережі.

Процес цифрового моделювання рельєфу включає створення ЦМР, їх обробку і використання.

Джерелами початкових даних для створення ЦМР суші служать топографічні карти, аерознімки і космічні знімки, дані альтиметричної зйомки, супутникових систем позиціонування, нівеляції і інших методів топографічної зйомки; підводного рельєфу акваторій (батиметрії) ~ морські навігаційні карти, дані промірних робіт, ехолотування зокрема з використанням гідролокатора бічного огляду; рельєфу поверхні і ложа льодовиків ~ аерозйомка, матеріали фототеодолітної і зйомки радіолокації.

Обробка ЦМР служить для отримання похідних морфометричних або інших даних, включаючи

- обчислення кутів нахилу і експозиції схилів;
- аналіз видимості/невидимості; побудова тривимірних зображень, зокрема блок-діаграм;
- профілів поперечного перетину; оцінку форми схилів через кривиз-

ну їх поперечного і подовжнього перетину, вимірювану радіусом кривизни головного нормального перетину або її знаком, тобто опуклість/вигнутість;

- обчислення позитивних і від'ємних об'ємів;
- генерацію ліній мережі тальвегів і вододілів, що створюють каркасну мережу рельєфу, його структурних ліній та інших особливих точок і ліній рельєфу:
  - локальних мінімумів, або западин і локальних максимумів, або вершин, сідловини, бровок, ліній обривів і інших порушень "гладкості" поверхні, плоских поверхонь з нульовою крутизною;
  - інтерполяцію висот;
  - побудову ізоліній за безліччю значень висот;
  - автоматизацію аналітичного відмивання рельєфу шляхом розрахунку відносного освітлення схилів при вертикальному, бічному або комбінованому освітленні від одного або декількох джерел;
  - цифрове ортотрансформування зображень і інші обчислювальні операції і графоаналітичні побудови.

Методи і алгоритми створення і обробки ЦМР застосовні до інших фізичних або статистичних форм рельєфу і поля: схованому рельєфу, баричному рельєфу і похідні від них цифрові моделі рельєфу (DTM); в цьому випадку під останніми розуміють сукупність похідних морфометричних показників; необхідність розрізнення пов'язана частково з найменуванням і змістом американського стандарту на ЦМР (DEM(2)); багатозначність слова "terrain" є також основою для його тлумачення і використання в поєднанні з "Digital terrain model" як цифрових моделей місцевості, закріпленому в "ГОСТ 22268-76. Геодезія. Терміни і визначення"; розвиток методів ЦМР шляхом обробки зображень на цифрових фотограмметричних станціях привів до появи терміну "цифрова модель поверхні" (DSM) як її первинного продукту, що потребує рафінування.

**Електронна карта** (electronic map) - картографічне зображення, візуалізоване з використанням програмних і технічних засобів в заданій проєкції, розмірності, системі умовних знаків на відеоекрані (дисплеї) комп'ютера на основі даних цифрових карт або баз даних ГІС. При необхідності електронна карта може бути трансформована і доповнена новими даними (наприклад, поточною оперативною інформацією).

## ЛИТЕРАТУРА

1. ArcView GIS: Руководство пользователя. – М.: МГУ, 1998. – 365 с.
2. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М.: 1997. - 64 с.
3. Берлянт А.М. Картография. Толкование основных терминов – М.: ГИС-Ассоциация, 1998. С. 91– 104.
4. Картография с основами топографии: Учеб. пособие для студентов педагогических институтов по специальности “География”. Под ред. Г.Ю.Грюнберга. – М.: Просвещение, 1991. – 368 с.
5. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. Учебное пособие. Изд-е 2-е исправленное и дополненное. – М.: ООО “Библион”, 1997. 160 с.
6. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. Справочное пособие. М.: 1997. 213 с.
7. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. Серия “Диалог с компьютером”. – М.: Финансы и статистика, 1998. -286 с.
8. Основы геоинформатики: В 2кн: Учебное пособие для вузов /Е.Г.Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др. – М.: Академия, 2004
9. Демерс, Майкл Н. Географические информационные системы: пер. с англ. – М.: Дата +, 1999
10. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеков А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях – М.: УМО РФ, 2005. - 349с.

## ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКИ

1. Сайт ГИС-Ассоциации, <http://gisa.ru/>
2. Электронная библиотека ГАГУ, <http://e-lib.gasu.ru/>
3. Геоинформационные системы, <http://www.dataplus.ru/>
4. Информационный сервер объединённого научного совета по проблемам геоинформатики, <http://www.scgis.ru/>
5. Геоинформационные системы, <http://www.gisok.spb.ru/>
6. Санкт-Петербургский Университет, факультет географии и геоэкологии, <http://www.geospb.ru/index.html>
7. Сайт компании “Навгеоком”, <http://www.agp.ru/>

**Л.В. Селезньова, Г.К. Балан**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ  
МЕТОДОМИ ГІС**

Навчальне видання

Селезньова Любов Василівна,  
Балан Ганна Костянтинівна

# **ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ МЕТОДАМИ ГІС**

Конспект лекцій

Підп. до друку  
Умов. друк арк..

Формат  
Тираж

Папір  
Зак. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, Львівська, 15

---