

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І. В. Пітак, А. А. Негадайлов, О. Я. Пітак, Ю. Г. Масікевич, В. П. Шапорев,
Л. Д. Пляцук, Н. М. Самойленко, В. Ф. Моїсєєв, А. Ю. Масікевич,
Є. В. Манойло, Н. Г. Пономарьова, Б. М. Комариста

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

підручник для студентів спеціальності 101 «Екологія»

Рекомендовано вченою радою НТУ «ХПІ»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 30.01.2018 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2019

УДК 504:025.4.03

Г-15

Автори:

І. В. Пітак, А. А. Негадайлов, О. Я. Пітак, Ю. Г. Масікевич, В. П. Шапорев,
Л. Д. Пляцук, Н. М. Самойленко, В. Ф. Моїсеєв, А. Ю. Масікевич,
Є. В. Манойло, Н. Г. Пономарьова, Б. М. Комариста

Рецензенти:

Ю.С.Ющенко, доктор географічних наук, професор Чернівецького
національного університету ім. Ю. Федьковича

В.Г. Петрук, доктор технічних наук, професор, відмінник освіти, директор
Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля,
Заслужений природоохоронець України

Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХП» як підручник для студентів
вищих навчальних закладів, протокол № 8 від 02.11.2018 р.

Геоінформаційні технології: підручник / І. В. Пітак, А. А. Негадайлов,
О. Я. Пітак, Ю. Г. Масікевич, В. П. Шапорев, Л. Д. Пляцук, Н. М. Самойленко,
В. Ф. Моїсеєв, А. Ю. Масікевич, Є. В. Манойло, Н. Г. Пономарьова,
Б. М. Комариста / – Харків: НТУ «ХП», 2019.– 296 с.

ISBN

Розглянуто основи геоінформаційних технологій, та їх використання у сфері екології та охорони довкілля. Докладно описано джерела одержання екологічної інформації; основні положення та структура географічних інформаційних систем. Викладено базові поняття створення геоінформаційних технологій. Охарактеризовано інформаційне забезпечення екологічного картографування та екологічного моніторингу. Наведено відомості про програмні засоби геоінформаційних технологій. Описано приклади сучасних ГІС-технологій в екології.

Підручник призначений для студентів вищих навчальних закладів спеціальності 101 «Екологія».

УДК 504:025.4.03

© І. В. Пітак, А. А. Негадайлов,
О. Я. Пітак, Ю. Г. Масікевич,
В. П. Шапорев, Л. Д. Пляцук,
Н. М. Самойленко, В. Ф. Моїсеєв,
А. Ю. Масікевич, Є. В. Манойло

© «Друкарня Мадрид», 2019

ISBN

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	10
1 Геоінформаційні технології та геоінформаційні системи.....	10
1.1. Загальні поняття про інформацію, інформаційні системи та інформаційні технології.....	10
1.2 Інформатика і геоінформатика.....	15
1.3 Поняття про геоінформаційні системи та історія розвитку ГІС.....	19
1.3.1 Особливості формулювання поняття «геоінформаційна система».....	19
1.3.2 Історичні аспекти розвитку ГІС.....	22
1.4 Функції ГІС. Класифікація та застосування ГІС.....	25
1.4.1 Багатофункціональність ГІС.....	25
1.4.2 Класифікація ГІС.....	26
1.4.3 Застосування ГІС у сферах діяльності людини.....	28
1.5 Структурні компоненти та функціональна структура ГІС.....	29
1.6 Геоінформаційні технології.....	33
Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	34
Список рекомендованої літератури.....	35
РОЗДІЛ 2 ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ: ВИЗНАЧЕННЯ, ПОНЯТТЯ...	37
2.1 Основні поняття при вивченні геоінформаційних систем.....	37
2.2 Просторові дані.....	39
2.2.1 Типові питання.....	41
2.3 Класифікація і структура ГІС.....	41
2.4 Застосування ГІС.....	44
2.4.1 Застосування ГІС в природоохоронній діяльності.....	45
2.5 Моделі даних в ГІС.....	47
2.5.1 Загальні принципи побудови моделей даних в ГІС.....	47
2.5.2 Оверлейна структура.....	48
2.5.3 Базові типи просторових об'єктів.....	49
2.5.4 Растрова модель даних.....	51
2.5.5 Квадратомічна модель.....	54
2.5.6 Векторні моделі.....	55
2.5.6.1 Нетопологічна модель.....	56
2.5.6.2 Топологічна модель.....	58
2.5.6.3 Мережеві моделі.....	61
2.5.6.4 TIN.....	62

2.5.7 Створення електронної карти.....	63
2.5.7.1 Введення даних.....	64
2.5.7.2 Цифрування: способи та етапи.....	66
2.5.7.3 Проблеми цифрування.....	68
2.5.7.4 Позичіонування даних.....	69
2.5.7.5 Геокодування.....	70
2.5.7.6 Критерії якості цифрових карт.....	71
2.6 Проекції земної поверхні.....	73
2.7 Моделювання геозображень.....	79
2.7.1 Принципи моделювання.....	79
2.7.2 Види моделювання.....	81
2.7.3 Основні властивості геозображення.....	84
Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	87
РОЗДІЛ 3 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ В ГІС.....	89
3.1 Форми видачі результатів у ГІС технологіях.....	89
3.2 Дистанційне зондування Землі.....	93
3.3 Властивості космічних знімків.....	95
3.4 Атмосферні перешкоди при отриманні космознімків.....	96
3.5 Супутники ДЗЗ.....	97
3.6 Електромагнітні діапазони сканування.....	100
3.6.1 Видимий і ближній інфрачервоний діапазон.....	100
3.7 Тепловий, мікро і радіодіапазони Знімки в тепловому інфрачервоному діапазоні.....	102
3.7.1 Знімки в мікрохвильовому і радіодіапазоні.....	103
3.8 Наземна апаратура для ДЗЗ.....	104
3.8.1 Інтерпретація даних дистанційного зондування.....	105
3.8.2 Викривлення та основні операції для їх виправлення.....	106
3.8.3 Розпізнавання образів.....	107
3.9 Глобальні системи позиціонування.....	108
3.10 Основні ідеї.....	110
3.11 Застосування GPS.....	113
3.12 Існуючі системи глобального позиціонування.....	113
3.13 Програмне забезпечення ГІС.....	115
Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	117
РОЗДІЛ 4 ОБРОБКА ТА АНАЛІЗ ДАНИХ В ГІС.....	118
4.1 Системи підготовки, обробки та аналізу даних.....	118
4.1.1 Планування дослідження.....	120
4.1.2 Обробка даних.....	122
4.1.3 Синтез даних.....	125

4.2	Пакет прикладних програм Statistica.....	129
4.2.1	Основні кроки обробки даних в системі Statistica.....	130
4.2.2	Статистичний аналіз в пакеті прикладних програм Statistica.....	130
4.2.3	Вивід числових і текстових результатів аналізу у системі Statistica	132
	Контрольні питання і завдання для самостійної роботи.....	133
	Список рекомендованої літератури.....	134
	РОЗДІЛ 5 АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ.....	135
5.1.	Загальна характеристика апаратного забезпечення ГІС.....	135
5.2	Пристрої збору і введення інформації.....	136
5.3	Пристрої візуалізації і подання даних.....	148
	Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	153
	РОЗДІЛ 6 ТЕХНОЛОГІЇ ВВЕДЕННЯ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ.....	154
6.1	Введення даних у ГІС.....	154
6.2	Джерела вхідних даних для ГІС.....	155
6.2.1	Картографічні матеріали.....	155
6.2.2	Дані дистанційного зондування Землі.....	159
6.2.3	Дані електронних геодезичних приладів.....	163
6.2.4	Джерела атрибутивних даних.....	163
6.3	Технології цифрування вхідних даних.....	164
6.3.1	Сканування.....	164
6.3.2	Векторизування.....	167
6.3.3	Геокодування.....	170
6.4	Контроль якості створення цифрових карт.....	172
	Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	177
	РОЗДІЛ 7 ПОДАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В ГІС.....	178
7.1	Візуалізація інформації в ГІС.....	178
7.2	Методи і технології візуалізації інформації в ГІС.....	179
7.2.1	Подання картографічних шарів.....	180
7.2.2	Подання екранних видів (вікон)	182
7.2.3	Подання векторних об'єктів.....	184
7.2.4	Подання поверхонь і растрових карт.....	185
7.3	Тематичне картографування. Картодіаграми.....	190
7.3.1	Ранжовані діапазони.....	191
7.3.2	Стовпчасті та кругові діаграми.....	193
7.3.3	Ранжовані символи.....	194
7.3.4	Точки із заданими вагами.....	195
7.3.5	Індивідуальні значення.....	195
7.3.6	Легенди тематичних карт і картодіаграм.....	195

7.4 Карти як результат і засіб візуалізації.....	196
7.5 Програмні і технічні засоби візуалізації картографічної інформації....	201
7.5.1 Електронні атласи.....	202
7.5.2 ГІС-в'ювери.....	202
7.5.3 Системи автоматизованого картографування.....	203
Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	205
РОЗДІЛ 8. СУЧАСНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНИХ ЗНАНЬ.....	207
8.1. Приклади створення великих ГІС-проектів.....	207
8.1.1 Електронний атлас природних ресурсів України.....	207
8.1.2 Глобальні геоінформаційні системи.....	210
8.2 Регіональні інформаційні системи охорони навколишнього природного середовища та раціонального природокористування.....	213
8.3 Відомчі ГІС-технології в екології.....	226
Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	257
РОЗДІЛ 9. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ.....	259
9.1 Класифікація інформації для екологічного картографування та її коротка характеристика.....	260
9.2 Застосування ГІС-технологій в інформаційному забезпеченні екологічного картографування.....	266
Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	270
РОЗДІЛ 10. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ.....	271
10.1 Роль і зміст інформаційного забезпечення екологічного моніторингу.....	271
10.2 Структура сучасної системи екологічного моніторингу.....	272
10.3 ГІС єдиного екологічного моніторингу регіону.....	276
Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.....	283
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	284
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗЧИК.....	285
ОСНОВНА ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	292
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	294

ПЕРЕДМОВА

Підручник підготовлено колективом авторів.

Розділ 1 підготувала кандидат технічних наук, професор кафедри ХТПЕ НТУ «ХПІ» – Самойленко Наталія Миколаївна.

Розділ 2 підготувала кандидат технічних наук, доцент кафедри ХТПЕ НТУ «ХПІ» – Пітак Інна Вячеславівна.

Розділ 3 підготував кандидат технічних наук, доцент – Пітак Олег Ярославович.

Розділ 4 підготувала кандидат технічних наук, доцент кафедри ХТПЕ НТУ «ХПІ» – Манойло Євгенія Володимирівна; кандидат технічних наук, доцент кафедри Інтегровані технології, процеси та апарати НТУ «ХПІ» – Пономарьова Наталія Георгіївна.

Розділ 5 підготував доктор технічних наук, професор, зав. кафедрою прикладної екології Сумського державного університету – Пляцук Леонід Дмитрович.

Розділ 6 підготував доктор технічних наук, професор, зав. кафедрою ХТПЕ НТУ «ХПІ» – Шапорев Валерій Павлович.

Розділ 7 підготував кандидат технічних наук, професор кафедри ХТПЕ НТУ «ХПІ» – Моїсєєв Віктор Федорович; кандидат технічних наук, старший викладач кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів НТУ України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» – Комариста Богдана Миколаївна.

Розділ 8 підготував старший викладач кафедри екологія і право Чернівецького факультету НТУ «ХПІ» – Негадайлов Анатолій Анатолійович.

Розділи 9 підготував доктор біологічних наук, професор кафедри гігієни та екології Вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний університет» – Масікевич Юрій Григорович.

Розділи 10 підготував кандидат технічних наук, доцент, кафедри гігієни та екології Вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний університет» – Масікевич Андрій Юрійович.

ВСТУП

У сучасному світі геоінформаційні технології (ГІТ) стали потужним інструментом для вирішення широкого кола просторових задач. Стрімкий розвиток технологічного комплексу інформаційних технологій сприяє їх активному застосуванню і у природоохоронній діяльності, що здійснюється на різних рівнях.

Найповніше способи та методи геоінформаційних технологій (англомовний еквівалент – GIS technology) реалізуються у географічних інформаційних системах (ГІС), які часто замінюють сам термін «геоінформаційні технології».

ГІС застосовуються практично всюди, де використовується просторова розподілена інформація та проводиться її оцінка і аналіз. При цьому важливим чинником є те, що ГІС містять методи і засоби обробки інформації, які не тільки забезпечують високу наочність відображення різномірної інформації, але й інтегруються з іншими даними.

На основі ГІС створюються і реалізуються екологічні бази даних, що забезпечують вирішення багатьох задач. Географічні інформаційні системи можуть застосовуватись для відображення екологічних систем та проведення діяльності щодо їх збереження і відтворенню; аналізу даних екологічного моніторингу і природних змін; створення цифрових карт щодо екологічного стану елементів довкілля; прогнозування наслідків прийняття певних господарських рішень; характеристики здоров'я населення, зумовленого станом природного середовища та ін. Велике значення має ГІС для визначення поточного стану та запасів природних ресурсів, а також моделювання процесів, що протікають у природному середовищі. Важливим є розвиток ГІС для проведення заповідної діяльності та реалізації стратегії щодо збереження біорізноманіття.

Особливість використання ГІС-технологій у завданнях екологічної безпеки визначається тим, що відомості, які застосовуються для прийняття

управлінських рішень у сфері природоохоронної діяльності, інтегровані та включають дані дистанційного моніторингу, аерокосмічних досліджень, фотограмметрії, офіційної статистики, а також архівної інформації.

При прогнозуванні наслідків господарської діяльності і природних катастроф та прогнозу їх розвитку використовують результати математичного моделювання природних і техногенних процесів, а також системи підготовки, обробки та аналізу даних. Різноманітність типів використання просторових даних приводить до необхідності застосування у ГІС різноманітного інструментарію. У підручнику послідовно розглядаються основні прийоми роботи з ГІС, що починаються від найпростіших операцій та закінчуються прикладами рішення досить складних завдань.

Сформований досвід використання ГІС показує ефективність застосування геоінформаційних систем у професійній діяльності сучасного фахівця в сфері природоохоронної діяльності. Тому метою даного підручника було, крім подання основ геоінформаційних технологій, надати приклади застосування ГІС технологій для вирішення екологічних задач та сприяти практичним навичкам опрацювання просторової інформації студентами екологічного напрямку підготовки у вищому навчальному закладі.

Вибух інтересу до геоінформаційних систем, стрімкість їх впровадження, широта сфери застосування, включення їх в ряд найбільших державних програм, стратегічне значення геоінформатики дають їй право претендувати на місце однієї з найбільш перспективних інформаційних технологій.

Особливе місце ГІС займають в природоохоронній діяльності, будучи основною системою підтримки прийняття рішень.

Підручник складається з 10 розділів, які включають теоретичний матеріал, а також приклади, завдання, контрольні запитання, рекомендовану літературу з вивчення курсу та предметний показник.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1 Геоінформаційні технології та геоінформаційні системи

1.1. Загальні поняття про інформацію, інформаційні системи та інформаційні технології

Термін "інформація" походить від латинського слова *informatio*, що означає роз'яснення, інформування, подання, виклад. Інформація використовується в усіх сферах людської діяльності і від того трактується багатогранно, в залежності від сфери, у якій її застосовують (в науці, техніці, повсякденному житті).

У найбільш розповсюдженому сенсі **інформація** представляється відомостями, знаннями, повідомленнями, які є об'єктом зберігання, передавання, перетворення та допомагають розв'язати поставлене завдання. З позицій наукової дисципліни інформатики **інформація** – набір повідомлень про об'єкти та явища навколишнього середовища (у вигляді сукупності символів, які є образами цих об'єктів, явищ), їх параметри, властивості та стан, що зменшують наявний ступінь невизначеності неповноти знань і які мають змістовне навантаження.

Інформацію розрізняють за такими видами:

- за способами сприйняття людиною (візуальна, звукова, смакова, нюхова та тактильна);
- за формами представлення (текстова, числова, графічна, звукова та комбінована - мультимедійна);
- за суспільним значенням: масова (буденна, суспільно-політична, естетична та ін.), спеціальна (наукова, технічна, правова, виробнича), особиста (інформація про особу, знання, уміння, освіта тощо).

При цьому до географічної інформації відносять інформацію про об'єкти та явища, які безпосередньо або опосередковано пов'язані з певним місцеположенням відносно Землі.

До інформації висувають такі основні вимоги:

- об'єктивність (інформація є об'єктивною, якщо вона не залежить від чийоїсь думки або судження);
- достовірність (інформація є достовірною, якщо вона відображає дійсний стан справ і відсутність помилок);
- повнота (інформація повинна бути достатньою для розуміння і прийняття рішення);
- точність (забезпечення однозначного сприйняття всіма споживачами);
- оперативність (забезпечення своєчасності прийняття рішень);
- корисність або релевантність (оцінюється завданнями, які можна вирішити за її допомогою);
- адекватність (ступінь відповідності інформації реальним подіям);
- зрозумілість;
- захищеність (неможливість несанкціонованого використання або зміни інформації);
- інформативність (властивість інформації в невеликому обсязі достатньо повно характеризувати об'єкт чи явище).

Предмети, процеси, явища матеріальної або нематеріальної властивості, що розглядаються з погляду їх інформаційних властивостей, називаються **інформаційними об'єктами**.

У повсякденному житті дані часто виступають синонімом інформації (англомовний еквівалент терміну «дані» – data, information). Проте між ними існує відмінність. Для того, щоб дані стали інформацією, необхідно їх інтерпретувати. **Інтерпретація** – процес перетворення даних в інформацію, процес надання їм змісту.

Слово «дані» походить від латинського «datum», що означає «факт». У вузькому значенні під даними розуміють сукупність фактів та відомостей, представлених у будь-якому формалізованому вигляді для їх використання у науці, техніці та інших сферах діяльності людини.

У інформатиці **дані** – це конкретність, що подана в певній формі (числом,

записом, повідомленням, таблицею тощо), яка має якісну та кількісну характеристику об'єктів і придатна для постійного збереження, передачі й автоматизованого опрацювання. Дані можуть бути закодовані (координати, карти) та структуровані (у вигляді таблиці).

База даних (БД) – сукупність даних, які організовані за певними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, зберігання даних і маніпулювання ними. Зберігання даних в БД забезпечує централізоване управління, дотримання стандартів, безпеку і цілісність даних, скорочує надмірність і усуває суперечливість даних.

Створення БД і звернення до неї за запитамі здійснюються за допомогою системи керування базами даних (СКБД). Засобами СКБД підтримуються різні операції з даними, включаючи введення, зберігання, маніпулювання, обробку запитів, пошук, вибірку, сортування, оновлення, збереження цілісності та захист даних від несанкціонованого доступу або втрати. Для здійснення цього використовуються спеціальні пакети програм.

При певних умовах інформація перетворюється у інформаційний ресурс. **Інформаційний ресурс** – це організована сукупність документованої інформації, відомостей, даних і знань, яка призначена для задоволення інформаційних потреб споживача.

Інформаційною системою (ІС) називають пов'язану сукупність засобів, методів і персоналу, які застосовуються для зберігання, оброблення та видачі інформації з ціллю досягнення певної мети. Визначну роль мають ІС для накопичення, збереження, обробки, аналізу даних, які використовуються для прийняття на їх основі різного роду рішень. При цьому у якості технічної бази виступає персональний комп'ютер або супер ЕОМ. Вони оснащені спеціалізованими програмними засобами і є інструментом для ІС.

ІС обслуговують два зустрічних потоки інформації: введеної нової інформації та опрацьованої, яка видається користувачеві на його запит.

Роботу ІС забезпечують:

– введення інформації;

- процес оброблення введеної інформації (класифікація, розподіл, обчислення) та представлення у необхідному для використання виді;
- виведення інформації для передачі споживачеві чи іншій ІС;
- зберігання інформації на етапах обробки;
- корекція вхідної інформації (зворотній зв'язок).

Структурно ІС складається із підсистем, які мають певні ознаки та забезпечують роботу самої ІС. До них відносяться підсистеми забезпечення: інформаційного, технічного, математичного, програмного, організаційного, правового.

Підсистема інформаційного забезпечення – це сукупність єдиної системи класифікації та кодування інформації, уніфікованих систем документації, схем інформаційних потоків, які циркулюють в організації, а також методологія побудови баз даних.

Технічне забезпечення являє собою комплекс технічних засобів, призначених для роботи ІС, а також відповідна документація на ці засоби та технологічні процеси.

Математичне та програмне забезпечення представляється сукупністю математичних методів, моделей, алгоритмів і програм для реалізації цілей і задач ІС, а також нормального функціонування комплексу технічних засобів.

Організаційне забезпечення – це сукупність методів та засобів, що регламентують взаємодію працівників з технічними засобами та між собою у процесі розробки та експлуатацію ІС.

Правове забезпечення – сукупність правових норм, що визначають створення, юридичний статус та функціонування ІС, а також регламентують порядок одержання, перетворення та використання інформації.

Класифікувати ІС можна за різними характеристиками, наприклад, за функціональною ознакою, за рівнем управління, за характером використання інформації, за сферою застосування, за способом організації, за ступенем автоматизації тощо.

Інформаційна технологія (ІТ) – процес або сукупність процесів обробки

інформації, що використовують засоби та методи збору, накопичення, оброблення і передавання даних для одержання інформації нової якості про стан процесу, об'єкту, явища. Інформацію нової якості називають інформаційним продуктом. **Інформаційний продукт чи продукція** – це документована інформація, яку підготовлено і призначено для задоволення потреб користувачів.

Метою ІТ є одержання інформаційного продукту шляхом обробки вхідної інформації.

ІТ забезпечують розв'язання прикладних задач методами обробки інформації; також ці технології використовуються для обробки інформації (наприклад, система автоматизованого проектування, автоматизоване управління).

Інформаційні технології мають наступні складові:

- апаратне забезпечення (засоби обчислювальної техніки та оргтехніки – hardware);
- програмне забезпечення (прикладне та системне програмне забезпечення, методичне та інформаційне забезпечення – software);
- організаційне забезпечення (людина в системі інформаційних технологій, системне використання технічних і програмних засобів – orgware).

Виділяються програмні продукти, які називаються програмним інструментарієм ІТ. **Інструментарієм ІТ** є один або декілька взаємозалежних програмних продуктів, що використовуються для даного типу комп'ютера, технологія роботи в яких дозволяє досягти необхідну для користувача інформацію.

ІТ направлені на процеси оброблення текстів, електронних таблиць, графічної та звукової інформації. Вони включають автоматизовані бази (банки) даних, мультимедійні та інші системи. При цьому програмними продуктами для персонального комп'ютера є текстовий редактор, електронні таблиці, системи управління базами даних, ІС функціонального призначення, експертні системи та ін.

До базових ІТ відносяться:

- технології баз даних;
- гіпертекстові технології;
- мультимедійні технології;
- технології програмування;
- телекомунікаційні технології;
- геоінформаційні технології;
- технології штучного інтелекту;
- технології захисту інформації та ін.

Нові (сучасні) інформаційні технології базуються на комп'ютерних та телекомунікаційних засобах. Принципами таких технологій є інтерактивний режим роботи з комп'ютером, а також інтегрованість з іншими програмними продуктами та гнучкість зміни задач і даних. Нові ІТ ґрунтуються на сучасних засобах комп'ютерної техніки, які використовуються для організації інформаційних процесів, тому їх ще називають сучасними комп'ютерними технологіями.

1.2 Інформатика і геоінформатика

Термін «інформатика» вже більше 50-ти років широко використовується у різних сферах людської діяльності і представляється як наука про інформацію. Як відомо, даний термін має французьке походження (*informatique*) і утворений шляхом злиття слів *information* (інформація) та *automatique* (автоматика) й означає «інформаційна автоматика або автоматизоване перероблення інформації».

Інформатика – наукова дисципліна, що вивчає структуру та загальні властивості інформації, а також закономірності всіх процесів обміну інформацією – від безпосереднього усного або письмового спілкування спеціалістів до цілком формальних процесів обміну інформацією за допомогою різних носіїв інформації. Іншими словами, інформатика вивчає усі теоретичні та практичні питання, що пов'язуються з інформацією. При цьому великі обсяги

задач, які стоять перед інформатикою, стосуються обробки знань.

Крім інформації, об'єктами інформатики є інформаційні системи та комп'ютери. При цьому комп'ютер можливо представляти як інформаційну систему у вигляді сукупності апаратних і програмних засобів, що інтегровані з метою виконання операцій з обробки інформації.

Інформатика вивчає не тільки технічні та організаційні методи і засоби створення, зберігання, пошуку, захисту, перетворення, передавання, відображення та використання інформації, але й правове регулювання інформаційної діяльності людини.

Інформатика використовує власні та інші наукові дисципліни, які у процесі такого застосування розвиваються. Це стосується:

- розроблення персональних ЕОМ, обчислювальних систем та програмного забезпечення до них;
- теорії інформації і кодування, що передбачають передавання, приймання, перетворення, стиснення та зберігання інформації;
- математичного моделювання, методів обчислювальної та прикладної математики;
- інтелектуальних інформаційних технологій розпізнавання, зберігання і пошуку текстових даних, зображень, мови та звуку;
- системного аналізу, що вивчає методологію підготування й обґрунтування рішень стосовно складних проблем різного характеру;
- соціальної інформатики та інформаційного права, які вивчають процеси інформатизації і використання інформації в суспільстві;
- телекомунікаційних систем і мереж, зокрема глобальних комп'ютерних мереж та ін.

Крім наукових аспектів представлення інформатики, вона розглядається і як **галузі промисловості та інфраструктурна область**, що пов'язуються з ЕОМ. У якості промислової сфери інформатика передбачає дослідно-конструкторські роботи та промислову діяльність.

Таким чином, з урахуванням усіх розглянутих напрямків представлення

інформатики, вона може визначатись як комплексна дисципліна, що включає природничу науку, галузь промисловості та інфраструктурну область.

Підрозділом інформатики є **геоінформатика**, яка характеризує один із етапів розвитку інформатики. При цьому відмінною рисою геоінформатики від інформатики є використання методів аналізу та обробки *просторової* інформації, що використовуються для вирішення нових задач.

Термін “геоінформатика” складається з трьох коренів: географія, інформація й автоматика, але в останній час вони стають все більше нерівноцінними, так як геоінформатика сьогоdnішнього дня у найбільшій мірі тяготеє до інформатики.

Геоінформатику представляють галуззю науки і техніки, яка відображає та вивчає природні й соціально-економічні геосистеми, їх взаємодію та розвиток за допомогою комп'ютерного моделювання на основі інформаційних систем і технологій, баз даних і баз знань.

З точки зору науки та глобальних підходів **геоінформатика** – це наука, яка вивчає інформаційні процеси, що відбуваються у природі, суспільстві, свідомості з метою розкриття сутності чотирьох великих феноменів дійсності – Космосу, Землі, Життя і Людини у їх нерозривному зв'язку. Разом з тим, геоінформатику розглядають як прикладну дисципліну та галузь народного господарства (розробка програмних продуктів, технічні засоби переробки та передачі інформації).

З урахуванням екологічних аспектів важливим є те, що **геоінформатика** створює моделі геооб'єктів, геопроцесів та природних явищ, розробляє інформаційні систем і технології у вивченні, освоєнні та охороні надр і природних ресурсів.

Об'єктом геоінформатики є природні, суспільні, природно-суспільні геосистеми, а її предметом – просторово-часові інформаційні потоки про географічне, геологічне і космічне середовища. При цьому предмет інформатики включає і техногенні геопроцеси.

У цілому геоінформатика тісно пов'язана з ГІС, так як основні теоретичні

ідеї геоінформатики як науки реалізуються в сучасних ГІС. Існує визначення, у якому **геоінформатика** представляється як «наука, технологія і виробнича діяльність з наукового обґрунтування, проектування, створення, експлуатації і використання географічних інформаційних систем». При цьому ГІС відносяться до підкласу інформаційних систем з особливими характеристиками, тобто ГІС є інформаційними системами з географічною (просторовою) організацією інформації, а не представляють інформаційні системи для географії.

В. І. Зацерковним та ін. сформульовані задачі геоінформатики, у яких можливо розділити два напрями:

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

Геоінформатика інтегрована з іншими дисциплінами, а також пов'язана з інформаційними технологіями. Вона має зв'язки з географією, картографією, геодезією, геологією, екологією та моніторингом земель, дистанційним зондуванням Землі, аерокосмічними дослідженнями земної поверхні, системою глобального позиціонування (GPS), фото- та аерофотограмметрією, землеустроєм і кадастром земель, а також інформаційними системами і технологіями, комп'ютерною графікою, інформатикою, математикою та математичною статистикою.

Структурно геоінформатика складається із фундаментальної (загальної), прикладної, а також спеціалізованої геоінформатики, яка відповідає предметним областям інформаційного моделювання і спеціалізації розроблювальних ГІС (екогеоінформатика, геоінформатика транспорту, земельно-кадастрова спеціалізація та ін.).

Фундаментальна геоінформатика вивчає загальні властивості просторової інформації, передбачає дослідження і розробку наукових засад,

концепцій без конкретного прикладного аспекту. Використовуються теорії баз даних, теорії моделювання, системного і статистичного аналізу, топології та ін. Така геоінформатика поєднується із сферами штучного інтелекту.

Прикладна геоінформатика вирішує технологічні задачі у сфері наук про Землю, глобального моніторингу, транспорту, управління, а також техногенних процесів та ін. Вона вивчає практичні методи робіт з використанням інших технологій та ГІС. При цьому з точки зору геоінформатики **геоінформаційні технології** – сукупність методів і прийомів практичного використання досягнень геоінформатики для маніпулювання просторовими даними, їх подання й аналізу.

1.3 Поняття про геоінформаційні системи та історія розвитку ГІС

1.3.1 Особливості формулювання поняття «геоінформаційна система»

Згідно положення міжнародного стандарту ISO OSI/TC 211: Geographic Information/ Geomatics, International Draft Standart *геоінформаційна система* є синонімом *географічної інформаційної системи*. Визначення цих термінів неоднозначне, і характеризується як спільними ознаками, так і відмінностями. У теперішній час існує значна кількість формулювань ГІС, які в цілому, передбачають орієнтацію на кінцевого споживача. Разом з тим, враховується, що ГІС виконує прості функції у вигляді створення географічних даних, управління даними, аналізу даних, відображення на карті.

Прослідковуються зміни у формулюванні поняття ГІС від представлення ГІС як комп'ютерної системи для конкретного додатку до більш загального набору апаратних та програмних засобів, які застосовуються для полегшення використання географічної інформації, аналізу та моделювання даних, а також вирішення певних проблем:

ГІС – набір інструментів для збору, збереження, вилучення, перетворення та відображення просторових даних з реального світу для визначеного набору цілей (Берроу, 1986);

ГІС «...об'єднує комп'ютерне забезпечення, програмне забезпечення та

дані для введення, управління, аналізу та відображення всіх форм географічно прив'язаної інформації» (Інститут системних досліджень навколишнього середовища, ESRI, 2008) та ін.

Спільним у визначенні ГІС є те, що ця система є інформаційною, автоматизованою та здатна до маніпулювання і обробки просторової інформації.

У таблиці 1.1 наведені деякі характерні визначення ГІС, у яких система трактується як у широкому, міждисциплінарному, так і у вузькому сенсі. При цьому умовно виділяється визначальна ознака, яка робить певний акцент у формулюванні поняття про ГІС.

Таблиця 1.1 – Формулювання поняття про ГІС

Ознака у визначенні	Трактування терміну «Геоінформаційна система»
<p>Автоматизовані інформаційні системи, орієнтовані на використання комп'ютерних можливостей</p>	<p>Інформаційна система, призначена для роботи з просторовими чи географічними координатами</p> <p>Інформаційна система, що може забезпечити введення, маніпулювання й аналіз географічно визначених даних для підтримки прийняття рішень</p> <p>Інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і поширення просторово-координованих (просторових) даних</p> <p>Набір засобів для збору, збереження, пошуку, трансформації і відображення даних про навколишній світ з певною метою</p> <p>Система збору, збереження, аналізу та графічної візуалізації просторових (географічних) даних і пов'язаної з ними інформації про необхідні об'єкти</p> <p>Організований набір апаратури, програмного забезпечення, географічних даних і персоналу, призначений для ефективного уведення, зберігання, відновлення, обробки, аналізу й візуалізації всіх видів географічно прив'язаної інформації.</p> <p>Сполучення підготовленого персоналу, просторових й описових даних, аналітичних методів, апаратного й програмного забезпечення, де всі складові організовані для комп'ютеризації, обробки й одержання інформації з використанням географічного подання.</p>

	Сукупність електронних карт з умовним позначенням об'єктів на них, баз даних з інформацією про ці об'єкти та програмного забезпечення для зручної роботи з базами і картами як єдиним цілим.
ГІС як система знань про просторовий аспект взаємодії суспільства і природи	<p>Реалізоване за допомогою автоматизованих засобів сховище системи знань про територіальний аспект взаємодії природи і суспільства, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання та ін.</p> <p>Науково-технічні комплекси автоматизованого збору, систематизації, переробки і представлення (видачі) геоінформації в новій якості з умовою одержання знань про досліджувані просторові системи</p> <p>Інформаційні системи, що забезпечують збір, зберігання, обробку, відображення й поширення даних, а також одержання на їх основі нової інформації й знань про просторово-координовані явища.</p>
Призначення ГІС для вирішення конкретних задач	<p>Апаратно-програмний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію для ефективного використання при рішенні наукових і прикладних географічних завдань, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням і керуванням навколишнім середовищем і територіальною організацією суспільства</p> <p>Сукупність апаратних, програмних засобів і процедур, призначених для забезпечення введення, керування, обробки, аналізу, моделювання і відображення просторово-координованих даних для вирішення складних проблем планування і керування</p> <p>Сукупність апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, призначених для збору, введення, зберігання, математико-картографічного моделювання і образного представлення геопросторової інформації</p>

Наведені визначення ГІС у загальному вигляді відображають технологічні процеси, що виконуються у даній системі:

- збір інформації;
- уніфікація первинної інформації (ПІ);
- введення інформації із зовнішніх або внутрішніх джерел;
- структуризація інформації;
- аналіз ПІ з ціллю видалення необхідних даних;
- обробка вхідної інформації;
- зберігання інформації;
- проведення експертних оцінок з використанням інформаційних моделей;
- вивід інформації для споживача або в іншу систему;
- побудова моделей прогнозу;
- інформаційний моніторинг;
- розробка управлінських рішень;
- передача інформації;
- перетворення інформації з одного виду в інший.

1.3.2 Історичні аспекти розвитку ГІС

Достеменно невідомо, як точно проаналізувати історичні шляхи розвитку географічних інформаційних систем, так як ГІС розвивались паралельно у деяких аспектах. Разом з тим у літературних джерелах з певною мірою умовності зазначаються такі етапи формування ГІС:

- перший – кінець 1950-х – кінець 1970-х років;
- другий – 80-ті роки;
- третій – 90-ті роки ХХ століття – початок ХХІ століття.

При цьому фіксується, що розвиток комп'ютерних геоінформаційних систем розпочався у 1960-х роках з роботою Роджера Томлінсона в Канаді. Саме ним було запроваджено використання терміну «географічні інформаційні системи». У англійській літературі цей термін використовувався у двох варіантах: *geographic information system* та *geographical information system* та одержав скорочену назву *GIS*.

Геоінформаційна інформаційна система Канади (Canada Geographic Information System, CGIS) була системою, яка базувалась на великих

комп'ютерах та призначалась, перш за все, для інвентаризації землекористування і відповідних природних ресурсів (грунти та деревина). ГІС вимагала значних фінансових ресурсів, залежала від навичок програмування розробників, потребувала розробки цифрових базових карт з нуля та мала порівняно обмежені статистичні аналітичні можливості.

Розширення застосування ГІС проходило протягом 1970-х років, основний внесок у який здійснила Гарвардська лабораторія комп'ютерної графіки та просторового аналізу, співробітники якої розробили самий відомий у світі програмний пакет SYMAP (Synagraphic Mapping System). Це надало можливості доступу до тематичного картографування, що забезпечувало вичерпну вихідну карту на лінійних принтерах.

Визначальним було застосування ГІС у демографічному аналізі у 1980-х роках при проведенні перепису населення США. Програма POLYVRT здійснювала конвертування адрес проживання у відповідні координати, що описували графічні сегменти вулиць.

Поступово у друкованій формі накопичувалась велика кількість статистичних даних і створювались необхідні умови для розробки ГІС.

Комерційні додатки з ГІС стали з'являтися у 1970-х роках, але найбільш значимим була розробка Інститутом досліджень систем навколишнього середовища (Environmental System Research Institute ESRI Inc.) програми ARC / INFO (1981 рік), що призначена для роботи на міні комп'ютерах. У це десятиліття були розроблені: пакет MapInfo фірми Mapping Information Systems Corp. (1987 р.); пакет IDRISI, створений в Університеті Кларка (1987 р.); пакет Modular GIS Environment (MGE) фірми Intergraph (1988 р.). Сформувалася світова геоінформаційна індустрія, яка включала апаратні й програмні засоби ГІС та їх обслуговування. У цей період почали розроблятися перші природоохоронні ГІС.

Активне впровадження в життя у 90-х рр. ХХ ст. персональних комп'ютерів стимулювало створення цілого класу настільних ГІС, орієнтованих на масового користувача. З цього часу почався бурхливий розвиток ГІС як

масової технології.

У 90-ті роки з'являються інтелектуальні інформаційні системи, що використовують одночасно візуальні та звукові образи, різноманітні мультимедійні можливості. Прогрес ГІТ у цей період значною мірою був зумовлений прогресом апаратних засобів: як комп'ютерів, так і засобів введення й виведення просторової інформації – дигітайзерів, сканерів, графічних дисплеїв і плотерів. В середині 90-х років ГІТ-технології набули розвитку і в Україні.

З початку ХХІ ст. до сьогодні йде період подальшого розвитку створення національних інфраструктур просторових даних, їх інтеграція в загальноєвропейську та світову системи. Відбувається подальший динамічний розвиток ГІС у світі, розроблені та використовуються сотні різних ГІС-пакетів.

У теперішній час ГІС знаходять застосування при розв'язанні великої кількості задач, що стосуються взаємодії суспільства і довкілля на певній території: географії, геодезії, картографії, інформатики, обліку земель, управління, правових і екологічних аспектів та ін. ГІС – продукт міждисциплінарної науки і розвиток ГІС проходить паралельно з іншими технічними розробками, такими як комп'ютерні інформаційні системи, програмне забезпечення та аналітичні алгоритми.

Сучасні напрямки розвитку ГІС включають:

- впровадження в середовище ГІС матеріалів дистанційного зондування Землі та їх подальша обробка й аналіз інструментами ГІС, а також розпізнавання образів, використання матеріалів радіолокаційних та інших видів геозображень;

- широке використання даних високоточного глобального позиціонування в роботі ГІС;

- Інтернет-ГІС, що передбачає інтеграцію ГІС у комп'ютерні мережі.

У майбутньому очікується поєднання ГІС-ДДЗ-GPS – Інтернет, що буде реалізуватись як Глобальна ГІС з унікальними можливостями. Новітніми тенденціями розвитку ГІС-технологій також є: впровадження “хмарних“

сервісів, пошук нових сфер застосування – ГІС приміщень та використання ГІС для картографування змін об'єктів та процесів у реальному часі.

1.4 Функції ГІС. Класифікація та застосування ГІС

1.4.1 Багатофункціональність ГІС

У загальному випадку по своєму функціональному призначенню ГІС відносяться до класу систем обробки даних та керування. Як інформаційна система ГІС виконує функції збору, збереження, обробки й передачі інформації. Разом з тим їй притаманні і додаткові функції, що стосуються обробки інформації. Вони роблять цю систему багатофункціональною.

ГІС виконує наступні функції:

- інформаційно-довідкові;
- автоматизованого картографування;
- консультативно-експертні;
- просторового аналізу, моделювання та прогнозування процесів;
- підтримки прийняття рішень;
- прикладної системи;
- контрольні;
- системи масового застосування.

Інформаційно-довідкові функції ГІС передбачають створення та ведення банків просторово-координованої інформації (електронні атласи, банки даних систем моніторингу, кадастрові системи).

Функції автоматизованого картографування полягають у створенні високоякісних загально-географічних і тематичних карт, які відповідають сучасним вимогам до картографічної продукції. Вони дозволяють ефективно вирішувати завдання по інтеграції даних на основі картографічної інформації.

Консультативно-експертні функції проявляються у розв'язку задач обробки первинної інформації в межах довідково-аналітичних і експертних систем.

Функції просторового аналізу, моделювання та прогнозування

пов'язуються з природними, природно-господарськими і соціально-економічними територіальними системами. Вони використовуються для територіального планування, проектування, управління, а також екологічного моніторингу, екологічної експертизи та управління охороною елементів довкілля.

Функції підтримки прийняття рішень у плануванні, проектуванні та управлінні стосуються рішень по оптимальному використанню земельних та інших природних ресурсів, містобудівному плануванню та проектуванню, організації транспорту.

Контрольні функції дозволяють оцінити ефективність рішень, що приймаються, і забезпечують контроль за ходом їх виконання.

У якості *системи масового* застосування ГІС дозволяє використовувати картографічну інформацію у діловій та іншій графіці.

1.4.2 Класифікація ГІС

Існує досить розширена класифікація ГІС. В першу чергу ГІС розрізняють за такими ознаками як *територіальне охоплення, призначення, проблемна орієнтація*.

За територіальним охопленням розрізняють глобальні або планетарні ГІС, субконтинентальні ГІС, національні (державні) ГІС, регіональні ГІС, локальні або місцеві ГІС та ГІС підприємств.

За призначенням виділяють багатоцільові, інформаційно-довідкові, моніторингові, інвентаризаційні, дослідницькі, прийняття управлінських та інших рішень, навчальні і ін.

За проблемною орієнтацією існують природоохоронні, кадастрові, геологічні, інженерних мереж, надзвичайних ситуацій, транспортні, військові та інші ГІС.

За способом доступу до даних розрізняють глобальні в Інтернет, корпоративні в Інтранет, групові в локальних обчислювальних мережах, персональні.

За функціональністю виділяють повнофункціональні ГІС для перегляду

даних; ГІС для введення та обробки даних; спеціалізовані ГІС та ін.

Крім зазначеного, існують: *інтегровані ГІС, ІГІС; полімасштабні ГІС* або *масштабно-незалежні, просторово-часові ГІС*. Інтегровані ГІС сполучають функціональні можливості ГІС і систем цифрової обробки зображень (ДДЗ) у єдиному інтегрованому середовищі. *Полімасштабні ГІС* засновані на множинному або полімасштабному поданні просторових об'єктів. *Просторово-часові ГІС* оперують просторово-часовими даними.

За належністю до певних класів програмного забезпечення ГІС розглядаються як:

– *системи управління ГІС*, призначені для забезпечення прийняття рішень з оптимального керування землями і ресурсами, управління транспортом, використання водойм та інших просторових об'єктів;

– *автоматизовані інформаційні системи ГІС*, що об'єднують ряд технологій відомих інформаційних систем типу систем автоматизованого проектування, автоматизованих довідково-інформаційних систем (АСІС) та ін.;

– *геосистеми ГІС*, які включають технології (в першу чергу технології збору інформації) систем картографічної інформації, автоматизованих систем картографування, земельних інформаційних систем, автоматизованих кадастрових систем, тощо;

– *системи баз даних ГІС*, що об'єднують як бази звичайної (цифрової або текстової) інформації, так і графічні бази;

– *системи моделювання ГІС*, які використовують декілька методів і процесів моделювання, що застосовуються в різних автоматизованих системах;

– *системи отримання проектних рішень ГІС*, що багато в чому застосовують методи автоматизованого проектування і вирішують ряд спеціальних завдань, які в типовому автоматизованому проектуванні не зустрічаються;

– *системи подання інформації ГІС*, що представляються розвитком автоматизованих систем документального забезпечення з використанням сучасних технологій мультимедіа.

1.4.3 Застосування ГІС у сферах діяльності людини

ГІС має надзвичайно широке застосування в науці, техніці, бізнесі, промисловій, господарській, військовій, суспільній сфері та повсякденній діяльності людини. При цьому обсяги просторових задач, які необхідно вирішувати, постійно збільшуються, так як до 90 % інформації, якою може користуватись людина, відноситься до територіальної.

Основні напрямки застосування ГІС можливо об'єднати в групи:

- адміністративно-територіальне управління;
- кадастрова діяльність;
- пошук, раціональне використання та управління природними ресурсами;
- природокористування, моніторинг екологічних ситуацій, оцінка техногенних впливів, екологічна експертиза;
- надзвичайні ситуації та ліквідація стихійних лих;
- контроль умов життя населення, охорона здоров'я і рекреація;
- картографування;
- силові відомства;
- транспортна інфраструктура;
- інженерні комунікації;
- лісове господарство;
- сільське господарство;
- наукові дослідження, загальна та спеціальна освіта;
- торгівля, маркетинг, бізнес.

ГІС застосовуються у туризмі, довідкових послугах та ін.

До потенційних споживачів геоінформації відносяться: владні структури; органи планування; інспекції та контрольні органи; юридичні та правоохоронні органи; природоохоронні організації; архітектурно-планувальні та земельні служби міста; організації, які експлуатують комунікації, транспортні організації; науково-дослідні та проектні інститути; будівельні організації; торговельні організації; приватні підприємці та особи.

1.5 Структурні компоненти та функціональна структура ГІС

Кожна ГІС не може існувати без основних структурних компонентів. **Компоненти ГІС** – частини системи, виділені за певною ознакою або сукупністю ознак, що розглядаються як єдине цілісне утворення. До компонентів ГІС відносяться: *апаратне (технічне), програмне, інформаційне, кадрове та функціональне забезпечення* (рис. 1.1). Вимоги до цих компонентів, в основному, визначаються користувачем, який вирішує конкретну задачу для певної території.

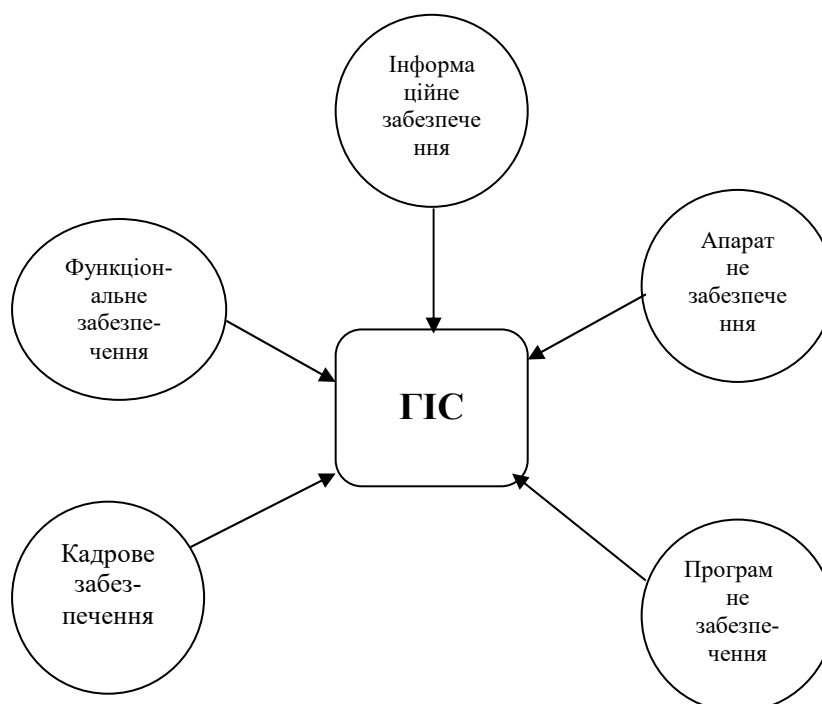


Рис.1.1 – Структурні компоненти

Апаратне забезпечення (hardware; сленг залізо) являє собою комплекс апаратних засобів, які використовуються при функціонуванні ГІС. Він включає комп'ютерну техніку та комплект периферійних засобів. До них відносяться: робоча станція або персональний комп'ютер, пристрої введення та виведення інформації, засоби обробки та зберігання даних, засоби телекомунікації.

Комп'ютерна техніка повинна мати достатньо великі обсяги оперативної та постійної пам'яті, а також визначатись швидкістю дії. Введення даних здійснюється з клавіатури, за допомогою дигітайзера чи сканера, а також через

зовнішні комп'ютерні системи. Обробка та зберігання даних сконцентровані у системному блоці. Наочне представлення одержаних результатів вирішення задачі здійснюється на моніторі, а також на принтері чи плотері.

Апаратні засоби разом з засобами дистанційного зондування Землі та ін. інтегруються у технічні комплекси.

Програмне забезпечення (software) – сукупність інтегрованих програмних модулів, що забезпечують виконання функцій ГІС щодо введення, збереження, обробки, аналізу і візуалізації даних, а також керування ГІС. Дане забезпечення складається з базових та прикладних програмних засобів. Програмне забезпечення включає систему керування базами даних.

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

Інформаційне забезпечення представляється закодованою просторовою інформацією. **Просторові дані** – це дані про місце розташування об'єктів або поширенню явищ, які представлені в певній системі координат у словесному або числовому опису. Вони описують об'єкт шляхом указівки його географічних координат (широти і довготи), поштової адреси (країна, регіон, поштовий індекс, вулиця, будинок тощо).

Географічні дані (геодані) – дані про локальні просторові властивості: місце розташування, форму, розміри та просторові відношення географічних об'єктів, явищ, процесів у реальному земному просторі. Вони описують об'єкт шляхом указівки його розташування відносно річок, гірських масивів (вершин), улоговин тощо.

Описові (синоніми: атрибутивні, тематичні) дані, що застосовуються у ГІС, є даними про географічні об'єкти. Вони складаються з наборів чисел, текстів і т.п.

Дані, що використовуються у ГІС, можуть бути одержані у вигляді:

- текстів (звіти експедицій, наукові та науко-практичні публікації);
- статистичних матеріалів, які представлені державною статистикою, відомостями щодо перепису населення, довідниками, каталогами та

кадастрами;

- картографічних матеріалів;
- матеріалів дистанційного зондування (космічні знімки, аерофотознімки);
- даних глобальної системи позиціонування (GPS).

Слід відзначити, що інформаційне забезпечення ГІС є процесним, так як більшість джерел інформації представляють аналогові дані (тексти, карти на паперових носіях та ін.).

Кадрове забезпечення ГІС складається із фахівців, що забезпечують функціонування ГІС та здійснюють технічне обслуговування. Вони розробляють і підтримують системи, створюють дані та керують ними. Важливим для застосування ГІС є також наявність кваліфікованих користувачів, що мають навички роботи в середовищі геоінформаційних додатків та ін.

Функціональне забезпечення ГІС представляється методологічним апаратом, який закладений у ГІС.

Структура ГІС – це сукупність її властивостей, які є істотними з точки зору дослідження, що здійснюється, та сталими в інтервалі функціонування.

У всіх ГІС можна виділити кілька конструктивних підсистем, що виконують певні функції. Структура типових ГІС представлена у вигляді основних функціональних підсистем (рис. 1.2).

Функціональною задачею *підсистеми введення, підготовки та попередньої обробки інформації* є перетворення географічної інформації в цифровий вид та її введення в комп'ютер. Система введення являє собою апаратні засоби (клавіатура, миша, дигітайзер, сканер, приймач GPS, тощо) і інтерфейс введення даних.

Підсистема збереження, оновлення й керування базами даних (БД) призначена для організації просторових даних з метою їх вибірки (обслуговування запитів на інформаційний пошук, які надходять у систему), відновлення та редагування.

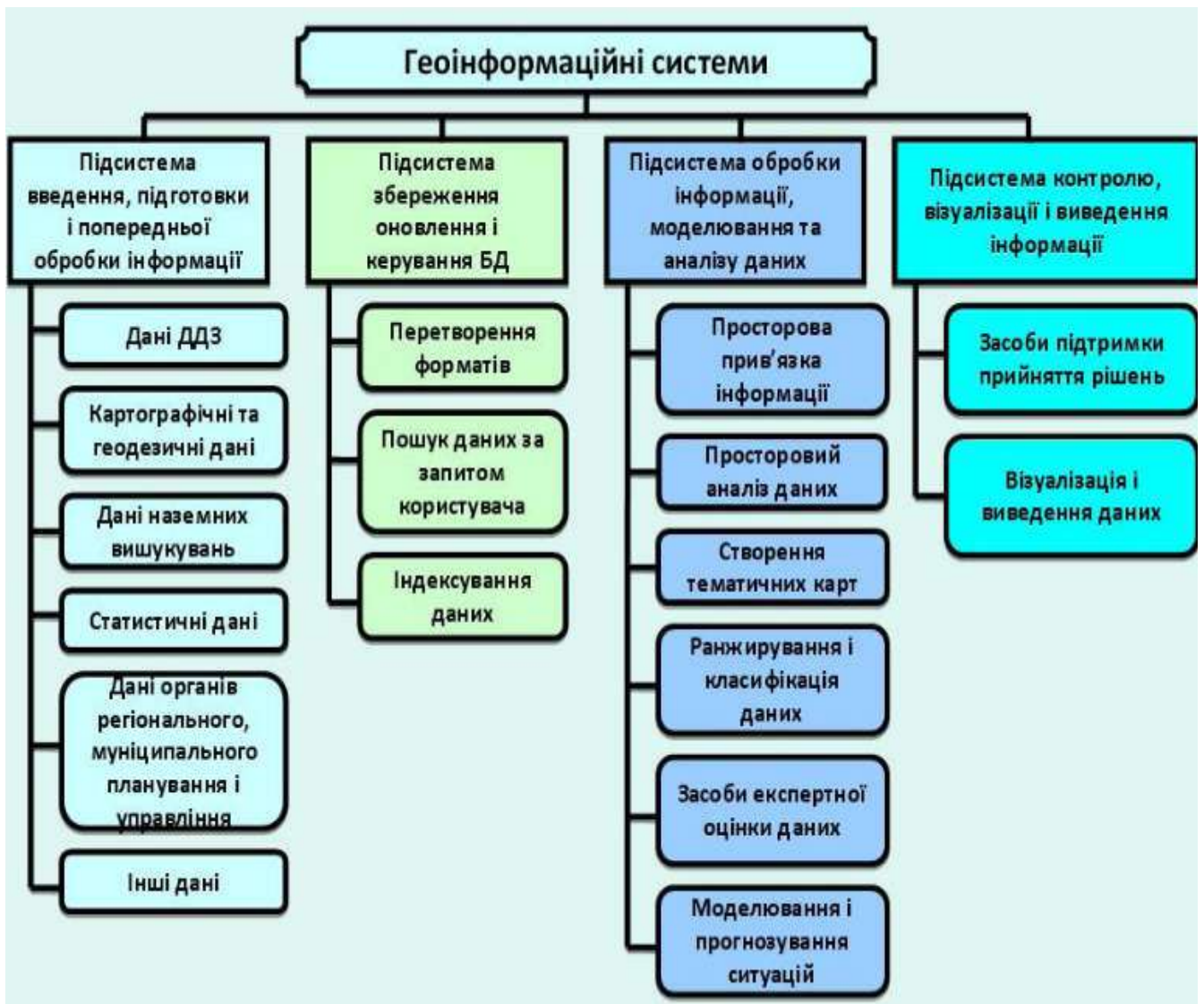


Рис. 1.2 – Функціональні блоки ГІС

Для роботи з файлами баз даних використовується система керування базою даних. СКБД включають ієрархічні, мережеві, реляційні та об'єктно-орієнтовані моделі, але зазвичай в ГІС використовуються реляційні СКБД. Вони передбачають сприймання користувачем даних у вигляді таблиці.

Підсистема обробки інформації, моделювання й аналізу даних використовується для здійснення математичних, логічних, аналітичних, статистичних операцій. Виконуються задачі інформаційного пошуку, статистичного аналізу, моделювання, створення звітів, картографування, а також використовується машина графіка.

Підсистема контролю, візуалізації та виведення інформації призначена

для відображення всієї бази даних або її частини в табличній, діаграмній або картографічній формі. Підсистема дозволяє виводити інформації на монітор, друкувати, передавати їх через Інтернет або зберігати для використання в інших програмах.

1.6 Геоінформаційні технології

Технологічною основою ГІС є геоінформаційні технології, які ще називають ГІС-технологіями. Вони призначені для підвищення ефективності процесів управління, зберігання та представлення інформації, обробки та прийняття рішень.

Геоінформаційні технології – це сукупність методів і програмно-технічних засобів, поєднаних у технологічний ланцюжок, який забезпечує збір, обробку, збереження, поширення та відображення просторової інформації. Таким чином, по своїй суті геоінформаційні технології являють собою різновид інформаційних технологій, що стосуються збору, обробки, зберігання, представлення та передачі просторової інформації та геоданих.

Геоінформаційні технології мають більш широке поняття, ніж ГІС, і можуть використовувати любі інформаційні системи. Вони інтегрують багато інформаційних технологій, орієнтованих на обробку просторових даних. Враховуючи це, у літературних джерелах є інформація проти ототожнювання понять ГІТ та ГІС-технологій.

У теперішній час ГІС – технології збільшують існуючі вузькоспеціалізовані можливості. Крім цього, вони направлені на доступність їх застосування любим користувачем, що вирішує задачі обробки просторової інформації.

Геоінформаційні технології умовно можна розподілити на такі групи:

- створення та вдосконалення апаратно-програмних засобів;
- забезпечення взаємодії з користувачами;
- створення баз геопросторових даних і управління ними;
- збір просторової інформації;

- обробка інформації;
- розповсюдження інформації;
- цифрування інформації;
- геокодування;
- розробка та вдосконалення форматів збереження даних;
- розробка засобів конвертування;
- розробка процедури трансформації й оверлея;
- просторове та геостатистичне моделювання;
- картографічна візуалізація тощо.

ГІС-технологія може застосовуватись лише при наявності таких складових як люди, картографічне, інформаційне та програмне забезпечення.

Але разом з цим також необхідним є апаратне, нормативне, організаційне забезпечення. Як і геоінформаційні системи, геоінформаційні технології поєднують комп'ютерну картографію та системи керування базами даних.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Сформулюйте визначення поняття «інформація». Які існують види інформації та які вимоги висуваються до неї?
2. Охарактеризуйте поняття «дані», «бази даних», «системи керування базами даних».
3. В чому полягає суть поняття «інформаційна система»? З яких підсистем вона структурно складається?
4. Що являють собою інформаційні технології? Наведіть приклади інформаційних технологій.
5. Охарактеризуйте основні положення щодо інформатики та геоінформатики.
6. Як трактується термін «геоінформаційні системи»? В чому полягає особливість формулювання цього терміну?
7. Визначте та охарактеризуйте історичні аспекти створення та поширення ГІС.

8. Які функції виконує ГІС та в чому проявляється її багатофункціональність?

9. За якими ознаками класифікуються ГІС? Які ГІС використовуються у природоохоронній діяльності?

10. Охарактеризуйте сферу застосування ГІС. Приведіть та обґрунтуйте свою думку щодо перспектив поширення застосування ГІС .

11. Які основні структурні компоненти включає ГІС? Розкрийте їх зміст.

12. Охарактеризуйте основні функціональні підсистеми у структурі ГІС.

13. Розкрийте суть поняття «геоінформаційні технології». Як вони узгоджуються з ГІС?

14. На які умовні групи можна поділити геоінформаційні технології ?

Список рекомендованої літератури

1. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.

2. Костріков С. В. Теоретична і прикладна геоінформатика: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / С. В. Костріков, К. Ю. Сегіда. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 592 с.

3. Павленко Л. А. Геоінформаційні системи: навч. посіб. / Л. А. Павленко. – Х.: Вид. ХНЕУ, 2013. – 260 с.

4. Геоінформаційні системи в екології:електронний навч. посіб. / під ред. Є. М. Крижановського. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 192 с. – Режим доступу:

5. <http://kruzhan.vk.vntu.edu.ua/file/43c7351f8231fd2232a43306f8c77330.pdf>

6. Світличний О. О., Плотницький С. В. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О. О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

7. Іванов В. Г. Основи інформатики та обчислювальної техніки: підручник / В. Г. Іванов, В. В. Карасюк, М. В. Гвозденко; за заг. ред. В. Г. Іванова. – Х.: Право, 2015. – 312 с.

8. Соколов А.Ю. Інформаційні системи і технології: навч.пос. – К: ДУІКТ, 2010. – 138 с.

9. Ткачук С. М. Перспективні напрямки розвитку ГІС-технологій / С. М. Ткачук// Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – 2013. – Вип. 17 – С. 65–67.

10. William F. Wieczorek and Alan M. Delmerico. Geographic Information Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2921721/>

РОЗДІЛ 2

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ: ВИЗНАЧЕННЯ, ПОНЯТТЯ

2.1 Основні поняття при вивченні геоінформаційних систем

Геоінформаційна система – Також геоінформаційною системою називають програмний комплекс, в якому реалізовані такі функціональні можливості:

1. Введення даних, наприклад шляхом імпорту з існуючих наборів даних або цифрування джерел.

2. Перетворення даних, включаючи конвертування з одного формату в інший, трансформацію картографічних проекцій.

3. Зберігання та управління даними в базах даних, включаючи введення, зберігання, маніпулювання, обробку запитів (в тому числі просторових), пошук, вибірку, сортування, оновлення, збереження цілісності, захист даних і створення бази метаданих.

4. Картометричні операції (обчислення відстаней між об'єктами, довжин кривих, периметрів або площ).

5. Операції оверлею (взаємодія шарів з отриманням результуючого зображення, наприклад віднімання одних об'єктів з інших, додавання, тощо).

6. Просторовий аналіз (аналіз зон видимості, сусідства, створення цифрових моделей рельєфу, буферних зон, аналіз мереж, тощо).

7. Просторове моделювання і візуалізація вихідних даних або даних, отриманих в результаті обробки. Побудова і використання моделей просторових об'єктів, їх взаємозв'язків і динаміки процесів (математико-статистичний аналіз просторових розміщень і часових рядів, міжшаровий кореляційний аналіз взаємозв'язків різнотипних об'єктів, тощо). Побудова тривимірних зображень місцевості, генерація ліній, інтерполяція висот тощо.

8. Проектування і створення картографічних зображень, графічних, табличних або текстових даних, їх збереження в електронному вигляді і вивід на друк.

9. Обслуговування процесу прийняття рішень, наприклад побудова моделей зміни ситуації в часі з урахуванням поточних значень, наявність готових сценаріїв реагування (для аварійних ситуацій), тощо.

Геоінформаційні системи можуть розглядатися за належністю до певних класів програмного забезпечення.

– Як **системи управління** ГІС призначені для забезпечення прийняття рішень з оптимального керування землями і ресурсами, управління транспортом, використання водойм та інших просторових об'єктів.

– Як **автоматизовані інформаційні системи** ГІС об'єднують ряд технологій відомих інформаційних систем типу систем автоматизованого проектування (САПР), автоматизованих довідково-інформаційних систем (АСІС) та ін.

– Як **геосистеми** ГІС включають технології (в першу чергу технології збору інформації) систем картографічної інформації (СКІ), автоматизованих систем картографування (АСК), земельних інформаційних систем (ЗІС), автоматизованих кадастрових систем (АКС), тощо.

– Як **системи баз даних** ГІС об'єднують і бази звичайної (цифровий або текстовий) інформації, і графічні бази.

– Як **системи моделювання** ГІС використовують велику кількість методів і процесів моделювання, що застосовуються в різних автоматизованих системах.

– Як **системи отримання проектних рішень** ГІС багато в чому застосовують методи автоматизованого проектування і вирішують ряд спеціальних завдань, які в типовому автоматизованому проектуванні не зустрічаються.

– Як **системи подання інформації** ГІС є розвитком автоматизованих систем документального забезпечення з використанням сучасних технологій мультимедіа.

2.2 Просторові дані

Дані – це сукупність фактів і відомостей, представлених в будь-якому формалізованому вигляді (в кількісному або якісному вираженні) для їх подальшого використання в будь-якій області людської діяльності, наприклад в науці. Це відомості дискретні і досить цінні для того, щоб їх сформулювати і точно зафіксувати. Такі описи повинні бути придатні для обробки автоматичними засобами (за можливої участі людини).

ГІС працюють з просторовими даними. **Просторові дані** цифрові дані – про просторові об’єкти, що включають відомості про їх місцезнаходження і властивості. Зазвичай складаються з двох взаємопов’язаних частин: опис просторового положення (**координатні дані**) і тематичного змісту (**атрибутивні дані**). Просторові дані складають основу інформаційного забезпечення ГІС. Вони можуть бути отримані шляхом традиційного картографування, супутникової та аерофотозйомки, за допомогою приймачів даних глобальної системи позиціонування, тощо.

Природа географічних даних:

- **географічне положення** просторових об’єктів представляється 2, 3 або 4-мірними координатами в географічно співвіднесені системі координат (широта/довгота);

- **властивості (атрибути)** є описової інформацією. Атрибутивна інформація може бути будь-якою, наприклад: для міського будинку – кількість поверхів, рік побудови, приналежність певному власнику, організації, які в цій будівлі знаходяться, тощо; для річки швидкість течії, запаси риби, забруднення та ін.;

- **просторові відносини** визначають внутрішні взаємини між просторовими об’єктами (напрямок, відстань, вкладеність);

- **тимчасові характеристики** представляються у вигляді термінів отримання даних, вони визначають їх життєвий цикл, через зміну властивостей з часом, визначають актуальність даних.

Дані в геоінформаційних системах зберігаються в базах даних.

База даних (БД) – сукупність даних, організованих за певними правилами, що встановлює загальні принципи опису, зберігання даних і маніпулювання ними. Зберігання даних в БД забезпечує централізоване управління, дотримання стандартів, безпеку і цілісність даних, скорочує надмірність і усуває суперечливість даних. Створення БД і звернення до неї (за запитом) здійснюються за допомогою системи управління базами даних (СУБД). Засобами СУБД підтримуються різні операції з даними, включаючи введення, зберігання, маніпулювання, обробку запитів, пошук, вибірку, сортування, оновлення, збереження цілісності та захист даних від несанкціонованого доступу або втрати. Зазвичай в ГІС використовуються реляційні СУБД, в яких користувач сприймає дані як таблиці.

Кожна реляційна таблиця являє собою двовимірний масив і має такі властивості:

- кожен елемент таблиці один елемент даних;
- усі осередки в стовпці таблиці однорідні, тобто усі елементи в стовпці мають один тип (числовий, символічний, тощо);
- кожен стовпець має унікальне ім'я;
- однакові рядки в таблиці відсутні;
- порядок проходження рядків і стовпців може бути довільним.

Основоположними елементами бази даних є змодельовані елементи дійсності.

Інформаційну основу ГІС складають дані з наступних основних джерел:

– **Текстові** (звіти експедицій, статті, книги) і **статистичні матеріали** (державна статистика, дані перепису населення, довідники, каталоги та кадастри).

– **Картографічні джерела** (топографічні, політичні, адміністративні та ін.). У геоінформатиці ці карти служать для отримання інформації про об'єкти та їх картографічну прив'язку.

– **Дистанційне зондування**. В даний час є знімки всієї поверхні Землі, отримані із **спутників дистанційного зондування** (космічні знімки) з

метровою роздільністю. Ці дані можуть бути отримані не тільки в області видимого світла, але і в інших електромагнітних діапазонах (інфрачервоному, радіо). Для отримання знімків з великим масштабом використовуються дані **аерофотозйомки**.

– Дані глобальної системи позиціонування (GPS, ГЛОНАСС). Приймачі **GPS** дають можливість оперативно отримувати координати.

2.2.1 Типові питання

1. Місце. Питання полягає в з'ясуванні, що знаходиться у даному місці. Місце може бути визначено за географічними координатам, за назвою місцевості, за поштовим кодом.

2. Умова. Де щось знаходиться? Для відповіді потрібен просторовий аналіз. Наприклад, необхідно визначити місце (одне або декілька), в якому задовольняються деякі умови (наприклад, потрібно знайти майданчик більше 2 000 м² в межах 100 м від дороги, яка підходить для будівництва).

Тенденції. Що змінилося? Питання є спробою визначити тимчасові зміни на певній площі (наприклад, як змінюється картина забруднення району протягом року).

Структури. Які просторові структури (розподілу) існують? Побудова майданних об'єктів на основі дискретних точок.

Моделювання. Що якщо..? Це питання ставлять, якщо хочуть, наприклад, з'ясувати, як вплине зміна або додавання фактору на загальну структуру, наприклад що станеться, якщо до існуючої мережі додати нову дорогу або якщо токсична речовина просочиться в ґрунтові води.

2.3 Класифікація і структура ГІС

З точки зору геоінформатики класифікацію всіх інформаційних систем можна представити у вигляді таксономічного дерева:



Рис. 2.1 – Класифікація інформаційних систем

За територіальним охопленням розрізняються глобальні ГІС, національні ГІС, часто мають статус державних, регіональні ГІС і локальні ГІС. ГІС розрізняються **за предметною галуззю** інформаційного моделювання, наприклад: муніципальні ГІС, природоохоронні ГІС, інженерні і т. п. Проблемна орієнтація ГІС визначається розв’язуваними в ній завданнями (науковими та прикладними), серед них інвентаризація ресурсів (в тому числі кадастр), аналіз, оцінка, моніторинг, управління і планування, підтримка прийняття рішень.

За іншою ознакою класифікації в даний час в застосовуються 2 типу ГІС: топологічні і нетопологічні. Перші здатні обробляти інформацію, пов’язану з категоріями сусідства, ввімкнутості (розрізняють праву і ліву сторони об’єктів), другі – ні. Приклад першого типу – лінійка продуктів ArcGIS компанії ESRI і подібні їй системи. Приклад другого типу – ГІС-Marinfo. Обидва програмні продукти також можуть ілюструвати іншу диференціювання – по області застосування. Перші в основному вирішують завдання аналітичного і моніторингового характеру, оскільки мають велике число інтегрованих функцій, можливість автоматизації процедур і навіть створення експертно-аналітичних автоматизованих систем. Подібні Marinfo програми більш пристосовані для підготовки картографічних матеріалів.

Логічно і організаційно у всіх ГІС можна виділити кілька конструктивних підсистем, що виконують певні функції.

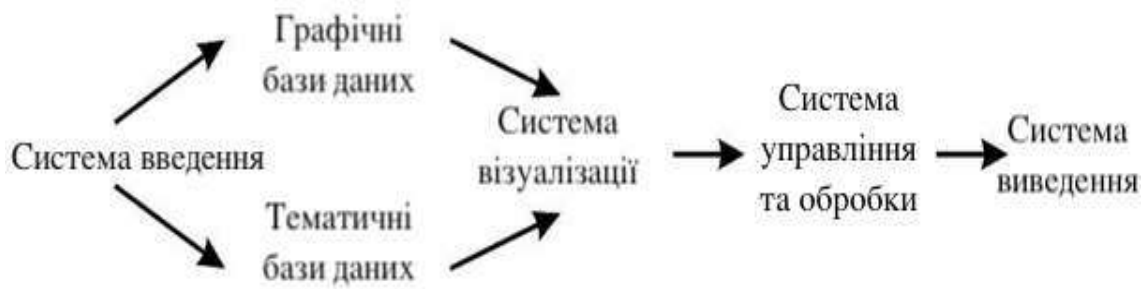


Рис. 2.2 – Функціональна структура ГІС

Система введення являє собою апаратні засоби (клавіатура, миша, дигітайзер, сканер, приймач GPS, тощо) і інтерфейс введення даних. Потім координатні і атрибутивні дані зберігаються у відповідних **базах даних** і за запитом **систем управління та обробки і візуалізації** використовуються для здійснення всіляких (математичних, логічних, аналітичних, статистичних) операцій. **Система виведення** дозволяє виводити результати цих операцій на монітор, друкувати, передавати їх через Інтернет або зберігати для використання в інших програмах.

В історичному аспекті наростання функціональних можливостей ГІС відбувалося по лінії від інвентаризації через аналіз і моделювання до управління.

Основні вимоги, що пред'являються до ГІС:

1. Охоплення всіх сторін інформаційного, програмного, технічного забезпечення, що виявляються в процесі експлуатації системи, можливість обробки масивів неоднорідної просторово-координованої інформації і здатність підтримувати бази даних для широкого класу географічних об'єктів.

2. Комплексний характер системи. Основна перевага геоінформаційних технологій в порівнянні з традиційними методиками полягає в можливості спільного аналізу великих груп параметрів в їх взаємному зв'язку, що дуже важливо для вивчення складних географічних явищ і процесів.

3. Відкритість системи, що забезпечує легкість модифікацій і адаптації до нових умов для підтримки її на сучасному рівні не тільки розробниками, але і користувачами.

2.4 Застосування ГІС

ГІС використовуються для вирішення різноманітних завдань, основні з яких можна згрупувати наступним чином:

- забезпечення діяльності органів законодавчої та виконавчої влади, силових структур;
- забезпечення комплексного і галузевого кадастру (земельного, водного, лісового, нерухомості, тощо);
- пошук і раціональне використання природних ресурсів;
- територіальне, галузеве, муніципальне планування і управління;
- природокористування, моніторинг екологічних ситуацій, оцінка техногенних впливів, екологічна експертиза;
- наукові дослідження та освіта;
- контроль умов життя населення, охорону здоров'я і рекреація;
- картографування (комплексне і галузеве);
- використання в торгівлі та маркетингу, бізнесі.

Широко застосовується ГІС в вузьковідомчих, споживчих сферах: транспорт, ціноутворення, туризм, торгівля, довідкові послуги.

Таким чином, ГІС з призначень і функцій є багатоцільовий і орієнтована на забезпечення географічними та іншими даними широкого кола організацій та громадян.

До потенційних споживачів геоінформації відносяться:

- структури влади;
- плануючі органи;
- інспекції та контрольні органи;
- юридичні та правоохоронні органи;
- природоохоронні організації;
- архітектурно-планувальні та земельні служби міста;
- організації, які експлуатують комунікації транспортні;
- науково-дослідні та проектні інститути;
- будівельні організації;

- торговельні організації;
- приватні підприємці та особи.

2.4.1 Застосування ГІС в природоохоронній діяльності

В ході екологічного моніторингу здійснюється збір і спільна обробка даних, що відносяться до різних природних середовищ, моделювання та аналіз екологічних процесів і тенденцій їх розвитку, використання даних при прийнятті рішень з управління якістю навколишнього середовища. Таким чином, в природоохоронній діяльності ГІС є потужним засобом підтримки прийняття управлінських рішень.

Результат екологічного дослідження, як правило, представляє оперативні дані наступних типів: **констатуючі** (виміряні або змодельовані параметри стану екологічної обстановки в момент обстеження), **оціночні** (результати обробки вимірювань і отримання на цій основі оцінок екологічної ситуації), **прогнозні** (прогнозують розвиток обстановки на заданий період часу).

Особливістю представлення даних в системах екологічного моніторингу є те, що на екологічних картах в значній мірі представлені локальні гео об'єкти (наприклад, області з однаковою концентрацією забруднюючої речовини).

Сьогодні пропонується цілий ряд спеціалізованих програм для професійної діяльності в галузі охорони навколишнього середовища, що реалізують елементи технології ГІС. Вони можуть призначатися для оцінки забруднень і їх наслідків і прив'язки результатів до конкретної місцевості. Основою таких програм є математична модель процесу (наприклад, метод розрахунку забруднення атмосфери, що базується на гідродинамічній моделі прикордонних шарів атмосфери і методі Монте-Карло для оцінки турбулентної дифузії домішок, на основі суперпозиції полів забруднень можливий розрахунок сумарного забруднення і ризику токсичних ефектів і т. п.). На основі даних про джерело забруднення (просторова прив'язка, обсяг, швидкість викиду та ін.), кліматичних характеристик можна розрахувати поле забруднення, і результати будуть візуалізуватися з урахуванням просторових

даних. Застосування стандартизованого методу розрахунку дозволяє використовувати отримані результати для прийняття управлінських рішень.

Для великих територіальних утворень система екомоніторингу на основі геоінформаційних систем має складну багатоступеневу структуру. Зазвичай її можна розділити на два основних рівня.

Нижній рівень системи включає:

- федеральні, міські та відомчі підсистеми спеціалізованих моніторингів (моніторинг атмосфери, поверхневих вод, здоров'я населення і т. п.);
- територіальні центри збору і обробки даних.

Ці підсистеми забезпечують збір інформації про стан навколишнього середовища і первинний аналіз інформації.

Верхній рівень системи екомоніторингу становить інформаційно-аналітичний центр. У його завдання входять:

- оперативна оцінка екологічної ситуації в регіоні;
- розрахунок інтегральних оцінок екологічної ситуації;
- прогноз розвитку екологічної ситуації;
- підготовка проектів керуючих впливів і оцінка наслідків прийнятих рішень.

Інтеграція даних в єдину систему відбувається двома шляхами:

- на основі конвертації форматів даних в єдиний для всієї системи формат;
- на основі вибору єдиного програмного забезпечення ГІС.

Використовуваний програмний комплекс, крім стандартних для ГІС, повинен виконувати наступні функції:

- формування і ведення баз екологічної інформації по територіях, підприємствам, середах (повітря, вода, ґрунт);
- ведення бази даних нормативно-законодавчих документів в галузі екології;
- ведення бази даних нормативів вмісту забруднюючих речовин у повітрі, воді, ґрунті та продуктах харчування;
- ведення бази даних приладів екологічного контролю.

2.5 Моделі даних в ГІС

2.5.1 Загальні принципи побудови моделей даних в ГІС

ГІС використовує різноманітні дані про об'єкти, характеристики земної поверхні, інформацію про форми і зв'язки між об'єктами, різні описові відомості. Використовуючи прийоми генералізації і абстракції, необхідно звести безліч даних до кінцевого об'єму, для легкого аналізу та управління.

Абстракція – відволікання в процесі пізнання від несуттєвих сторін, властивостей, зв'язків предмета або явища з метою виділення їх істотних, закономірних ознак.

Генералізація – процес відбору та узагальнення змісту при складанні географічних карт.

Генералізація проявляється:

- у відборі об'єктів (тобто в обмеженні змісту карти необхідними об'єктами і у виключенні інших);
- у продуманому спрощенні контурів;
- в узагальненні кількісних характеристик, що складається в укрупненні ступенів;
- в узагальненні якісних характеристик, що складається у спрощенні класифікацій зображуваних явищ;
- в заміні окремих об'єктів їх колективними позначеннями.

В існуючих ГІС використовуються різні способи для опису реальності за допомогою моделі даних. **Модель просторових даних** – спосіб цифрового опису просторових об'єктів, тип структури просторових даних. Найбільш універсальні та вживані з них: векторне (топологічний або нетопологічне) і растрове представлення.

Кожна модель більш придатна для певних типів даних і областей застосування, тому при необхідності вирішення великої кількості завдань слід використовувати сукупність різних моделей. Модель просторових даних повинна володіти такими основними якостями: **цілісність, несуперечність і оптимальність.**

2.5.2 Оверлейна структура

Цифрова карта може бути організована як безліч **шарів**. Шари побудовані на основі об'єднання (типізації) просторових об'єктів, що мають спільні властивості:

- приналежність до одного типу координатних об'єктів (точкові, лінійні, полігональні);
- приналежність до одного типу просторових об'єктів (житлові будинки, підземні комунікації, адміністративні кордони, тощо);
- відображення на карті одним кольором.

Належність об'єкта або частини об'єкта до шару дозволяє використовувати і додавати групові властивості об'єктів даного шару.

Шари можуть мати як векторні, так і растрові формати. Однак багато ГІС допускають можливість роботи з шарами тільки векторного типу, а растр використовується в якості підкладки.



Рис. 2.3 – Пошарова структура електронної карти

За допомогою системи фільтрів або заданих параметрів об'єкти, що належать шару, можуть бути одночасно масштабовані, переміщені, скопійовані, записані в базу даних.

Багатошарова організація електронної карти при наявності гнучкого механізму управління шарами дозволяє не тільки об'єднати і відобразити більшу кількість інформації, ніж на звичайній карті, але істотно спростити

аналіз картографічних даних за допомогою селекції даних, необхідних для візуалізації та механізму «прозорості» цифрової карти.

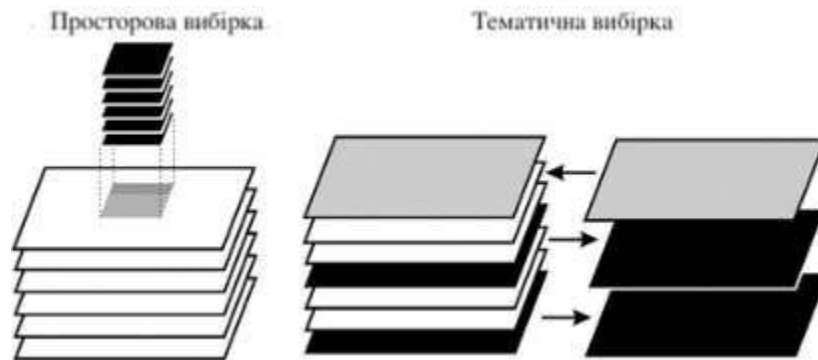


Рис. 2.4 – Різні види вибірок

Над об'єктами, розташованими на різних шарах, можна проводити **оверлейні операції**. Оверлейними операціями називається процес генерації нових і зміни існуючих об'єктів шляхом накладення (суміщення) різних цифрових карт, що містять різнотипні об'єкти, при цьому створені або модифіковані об'єкти можуть мати інформацію, яка є похідною від інформації вихідних об'єктів. Наприклад, якщо є два полігональних об'єкта, які частково перетинаються, то над ними можуть бути здійснені операції об'єднання, перетину і т. п.

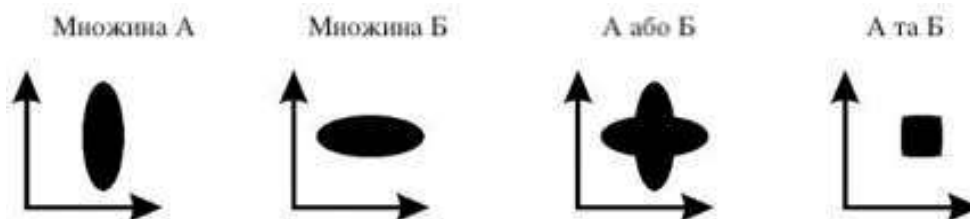


Рис. 2.5 – Оверлейные операции

2.5.3 Базові типи просторових об'єктів

Об'єктом інформаційного моделювання в ГІС є **просторовий об'єкт**. Це одне з ключових понять геоінформатики. Він може бути визначений як

цифрове представлення (модель) об'єкта реальності (місцевості), що містить його місцевказання і набір властивостей (характеристик, атрибутів).

Базовими (елементарними) типами просторових об'єктів, якими оперують сучасні ГІС, зазвичай вважаються наступні (в дужках наведені їх синоніми):

– **точка** (точковий об'єкт) – 0-мірний об'єкт, що характеризується плановими координатами;

– **лінія** (лінійний об'єкт, полілінія) – 1-мірний об'єкт, утворений послідовністю не менше двох точок з відомими плановими координатами (лінійними сегментами або дугами);

– **полігон** (область, контур) – 2-мірний (площинний) об'єкт, внутрішня область, обмежена замкнутою послідовністю ліній (дуг в векторних топологічних моделях даних або сегментів в нетопологічній моделі) і ідентифікується внутрішньої міткою;

– **піксел** (піксель) – 2-мірний об'єкт, найменший елемент, що отримується в результаті дискретизації зображення (розбиття на далі неподільні елементи растра);

– **осередок** (регулярний осередок) – 2-мірний об'єкт, елемент розбиття земної поверхні лініями регулярної мережі;

Загальний цифровий опис просторового об'єкта включає:

- найменування;
- вказівка місця розташування;
- набір властивостей;
- відносини з іншими об'єктами.

Найменуванням об'єкта служить його географічне найменування, його умовний код і/або ідентифікатор, який присвоюється користувачем або призначається системою.

Залежно від типу об'єкта його місце розташування визначається парою (кодоном) координат (для точкового об'єкта) або набором координат, організованим певним чином в рамках деякої моделі даних. Перелік

властивостей відповідає атрибутам об'єкта, якісним і кількісним його характеристикам. Атрибуту об'єкта можуть бути поставлені у відповідність будь-які типи даних: текст, відео або аудіозапис, графіка (включаючи карту), що реалізується на практиці в мультимедійних електронних атласах.

Під відносинами розуміють перш за все топологічні відносини (топологию). До топологічних властивостей просторового об'єкта прийнято відносити його розмірність, замкнутість, зв'язність, простоту (відсутність самоперетину лінійних об'єктів та «островів» в полігоні) і т. п. Прикладами топологічних відносин об'єктів є їх властивості «перетинатися», «стосуватися», «бути всередині», «утримувати», «збігатися».

2.5.4 Растрова модель даних

Растр – прямокутні ґрати – розбиває зображення на складові однорідні далі неподільні частини, звані пікселями, кожному з яких поставлений у відповідність деякий код, зазвичай ідентифікує колір в тій чи іншій системі кольорів (колірної моделі).

Растрова модель даних:

- розбиває всю досліджувану територію на елементи регулярної сітки;
- кожна клітинка містить тільки одне значення;
- є просторово заповненої, оскільки кожне місце розташування на території, що вивчається відповідає осередку растра.

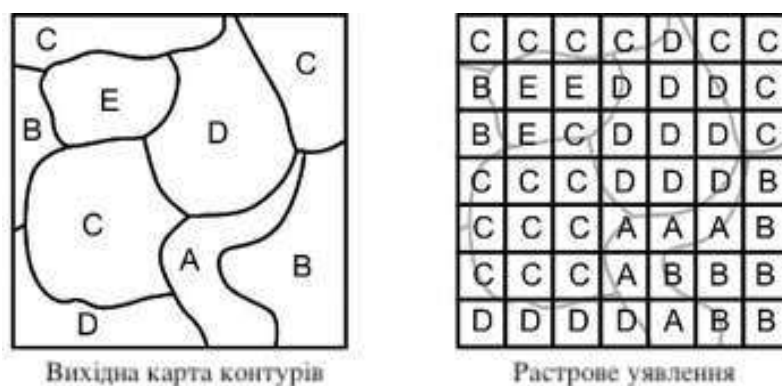


Рис. 2.6 – Утворення растрової структури

Вихідні полігональні об'єкти (зліва) з атрибутами (класами) А, В, С, D та Е і матриця розмірністю 7×7 растрової моделі (праворуч), кожному елементу якій присвоєно значення атрибута об'єкта.

Вибравши відповідний розмір пікселя растрової моделі, можна домогтися просторової роздільності (кількості пікселів в одиниці довжини, зазвичай дюйм або сантиметр), що задовольняє цілям їх цифрового опису і подальшої обробки. Чим більше роздільність, тим якісніше виглядає зображення і тим більше ступінь можливого його збільшення. Векторні зображення не мають подібної характеристики і завжди виглядають чітко.

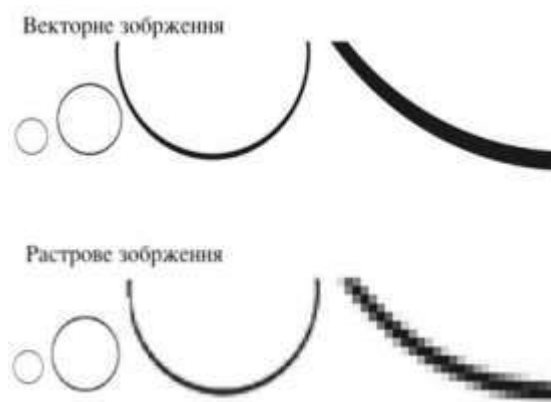


Рис. 2.7 – Порівняння якості зображення у векторній і растровій моделях при різному масштабі

Дворазове збільшення роздільності веде до чотириразового зростання обсягів збережених даних, тощо. Тому необхідно знайти баланс між якістю зображення і розміром файлу.

У растрових ГІС аналітичні операції зводяться до попиксельних операцій з набором растрових шарів і можуть бути легко «розпаралелені».

Підтримка растрової моделі даних хороша передумова (і умова) інтеграції програмних продуктів ГІС із засобами цифрової обробки даних дистанційного зондування та обробки зображень в цілому.

Растрові моделі мають такі переваги:

- растр не вимагає попереднього знайомства з явищами;

- дані збираються з рівномірно розташованою мережі точок, що дозволяє в подальшому на основі статистичних методів обробки отримувати об'єктивні характеристики досліджуваних об'єктів;
- растрові дані простіші для обробки по паралельним алгоритмам;
- деякі завдання, наприклад створення буферної зони, простіше вирішувати в растровому вигляді;
- багато растрові моделі дозволяють вводити векторні дані, в той час як зворотна процедура має певні складнощі для векторних моделей;
- процеси растеризації на багато простіше алгоритмічно, ніж процеси векторизації, які часто вимагають експертних рішень.

Простота машинної реалізації операцій з растровими даними знаходиться в протиріччі з іншою головною їх особливістю значними витратами пам'яті, необхідної для їх зберігання (в порівнянні з векторними моделями). Існують способи стиснення (компресії) растрових даних.

Недолік растрових форматів полягає в складності розпізнавання об'єктів. Растр застосовується в основному там, де користувачів не цікавлять окремі просторові об'єкти, а цікавить точка простору як така з її характеристиками (висотна відмітка або глибина, вологість або тип ґрунтів і т. п.). Найбільш часто растрові моделі застосовують при обробці аерокосмічних знімків.

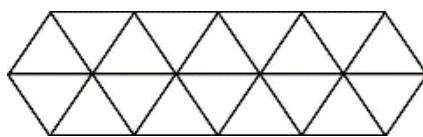


Рис. 2.8 – Регулярна трикутна решітка

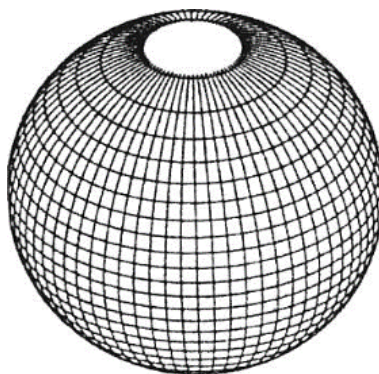


Рис. 2.9 – Мережа рівновеликих трапецій на сфері

2.5.5 Квадратомічна модель

Головний мотив використання і підтримки даної моделі програмними засобами ГІС компактність зберігання даних в порівнянні з растровою моделлю.

В основі **квадратомічного дерева** лежить розбиття зображення на вкладені одна в одну квадратні ділянки, кожен з яких ділиться рекурсивно на чотири вкладених до досягнення деякого рівня просторової роздільності.

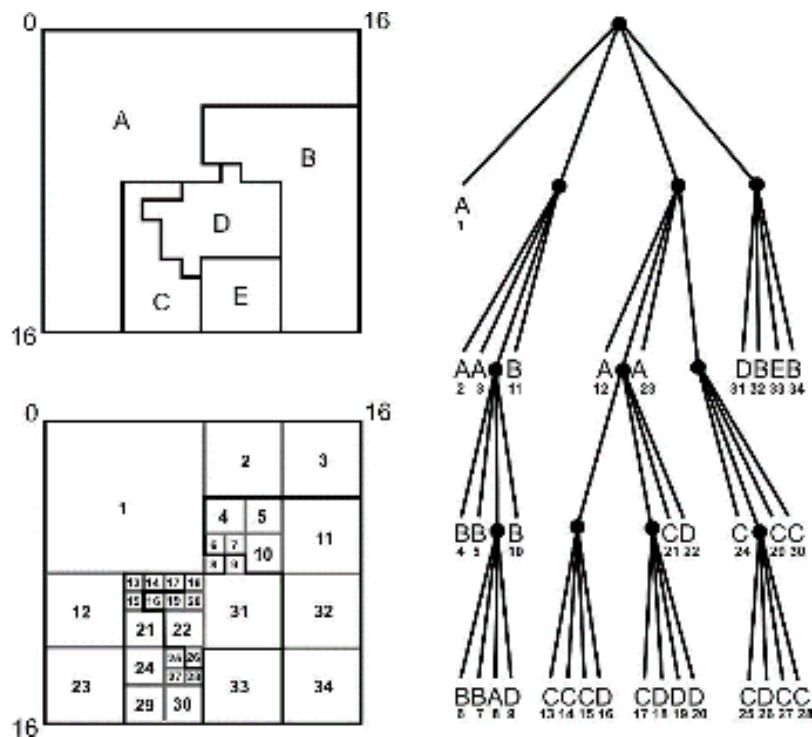


Рис. 2.10 – Механізм побудови квадродерева ділянки території з п'ятьма областями

На першому етапі розподілу вихідної ділянки на чотири квадратних блоку і одночасному «розгалуженні» квадродерева утворюється один неподільний далі елемент № 1 (йому відповідає «лист» дерева на рис. 2.10 праворуч) і три «вузла» подільних далі квадратів першого рівня ієрархії (приймаючи «кореневий» рівень квадратної ділянки в цілому за нульову). За винятком дев'яти гомогенних квадратів, на другому ієрархічному рівні всі

інші елементи діляться далі, поки необхідність подальшого розподілу не буде вичерпана на останньому, четвертому, етапі.

Економія в порівнянні з растровою моделлю даних очевидна область E на рис. 2.10. виявилася представленої одним квадратом під номером 33 (а не 16 елементами растра або осередків регулярної мережі), і її цифровий опис означає лише формалізоване уявлення структури квадродрева.

Беручи за нульовий рівень ієрархії земну сферу в цілому, можна побудувати глобальне квадротомічне дерево. Вже на 23-му рівні ієрархії досягається його метрова роздільність.

2.5.6 Векторні моделі

Векторні моделі даних будуються на базі векторів, що займають частину простору на відміну від тих, що займають весь простір растрових моделей. Це визначає їх основну перевагу – вимогу меншої кількості пам'яті для зберігання і менші витрати часу на обробку і подання.

Таблиця 2.1 – Коротке порівняння переваг растрової и векторної моделей

Растрова модель	Векторна модель
Проста структура даних	Компактна структура
Ефективні оверлейні операції	Топологія
Робота зі складними структурами	Робота з окремими об'єктами
Робота зі знімками	Якісна графіка при зміні масштабу
	Точність представлення об'єктів

У транспортних, інженерних, комунальних ГІС практично завжди використовують векторні моделі даних.

При побудові ГІС застосовують набір базових геометричних даних, з яких потім компонують інші, більш складні дані. У ГІС використовуються наступні типи атомарних геометричних даних.

Безрозмірні (0-мірні) типи об'єктів:

- точка – визначає геометричне положення;
- вузол – топологічний перехід або кінцева точка, також може визначати місце розташування.

Одномірні типи об'єктів:

- лінія;
- лінійний сегмент – пряма лінія між двома точками;
- рядок – послідовність лінійних сегментів;
- дуга – геометричне місце точок, які формують криву, визначеної математичною функцією;
- зв'язок – з'єднання між двома вузлами;
- спрямований зв'язок – зв'язок з одним певним напрямком;
- ланцюжок – спрямована послідовність непересічних лінійних сегментів або дуг з вузлами на їх кінцях;
- кільце – послідовність непересічних ланцюжків, рядків, зв'язків або замкнутих дуг.

Двовимірні типи об'єктів:

- полігон (область) – обмежений безперервний об'єкт, який може включати чи не включати в себе власну границю.

Тривимірні типи об'єктів:

- тіло – об'ємний об'єкт, описуваний кодом координат, включаючи аплікати Z , і обмежений поверхнями.

2.5.6.1 Нетопологічна модель

Множина точкових об'єктів, що створюють шар однорідних даних (наприклад, безліч об'єктів, відповідних населеним пунктам), може бути представлена у векторному форматі у вигляді невпорядкованої (не обов'язково впорядкованої) послідовності записів (рядків таблиці). Кожен із записів містить три числа: унікальний ідентифікаційний номер об'єкта (ідентифікатор), значення координат X і Y в системі планових прямокутних декартових координат:

1	X1	Y1	2	X2	Y2
---	----	----	---	----	----

... .. NXN YN

Лінійний об'єкт або межа полігонального об'єкта можуть бути представлені у вигляді послідовності утворюючих їх точок (проміжних точок), тобто набором лінійних відрізків прямих (сегментів), що утворюють полілінію. При цьому кожен іменований полігон (зі своїм ідентифікатором) представляється записом пар координат, що утворюють його межу в обраній послідовності (наприклад, за годинниковою стрілкою). При описі безлічі полігонів кожен відрізок границі, укладений між двома вузловими точками (за винятком зовнішнього кордону полігонів), буде описаний двічі (за годинниковою стрілкою і проти).

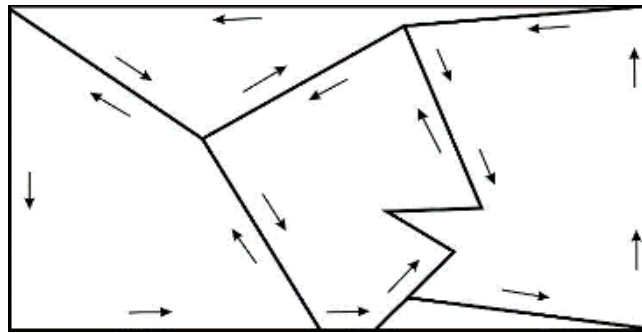


Рис. 2.11 – Опис полігонів рамках векторної нетопологічної моделі

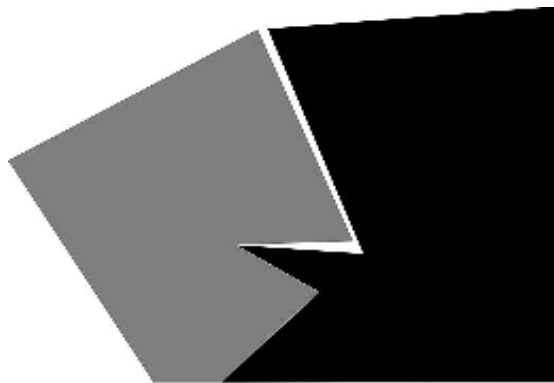


Рис. 2.12 – Неспівпадання границь полігонів при їх незалежному описі в рамках векторної нетопологічної моделі

При цьому межі суміжних полігонів можуть не збігатися, що може призвести до помилок в різних розрахунках (математичних і логічних).

Така нетопологічна модель даних для опису точкових, лінійних і полігональних об'єктів носить найменування моделі «спагеті». Вона не є

ефективною з точки зору ненадлишковості збережених даних і можливостей використання аналітичних операцій і підтримується програмними засобами настільного картографування.

2.5.6.2 Топологічна модель

У нетопологічних ГІС цифруються просторові об'єкти, спочатку не знаючі один про одного, і побудова відносин між ними здійснюється в режимі постпроцесса. У топологічних ж ГІС фіксація топологічних просторових відносин між об'єктами (суміжності, зв'язності, вкладеності та ін.) є основою їх конструкції. Топологічні системи є більш адекватним інструментом для створення цифрових карт, на основі яких можна робити різні аналітичні та статистичні операції. Топологічні моделі дозволяють уявити всю карту у вигляді графа. Площі, лінії і точки описуються за допомогою вузлів і дуг. Кожна дуга йде від початкового до кінцевого вузла. Відомо, що знаходиться праворуч і ліворуч.

Векторна топологічна модель зобов'язана своїм походженням задачі опису полігональних об'єктів. Її називають ще лінійновузловою моделлю. З нею пов'язані і особливі терміни, які відображають її структуру. Головні її елементи (примітиви):

- вузол;
- дуга;
- сегмент (лінійний сегмент, відрізок (прямий));
- полігон (область, полігональний об'єкт, багатокутник, контурний об'єкт), в тому числі:
 - простий полігон;
 - внутрішній полігон («острів», анклав);
 - складовий полігон;
 - універсальний полігон (зовнішня область).

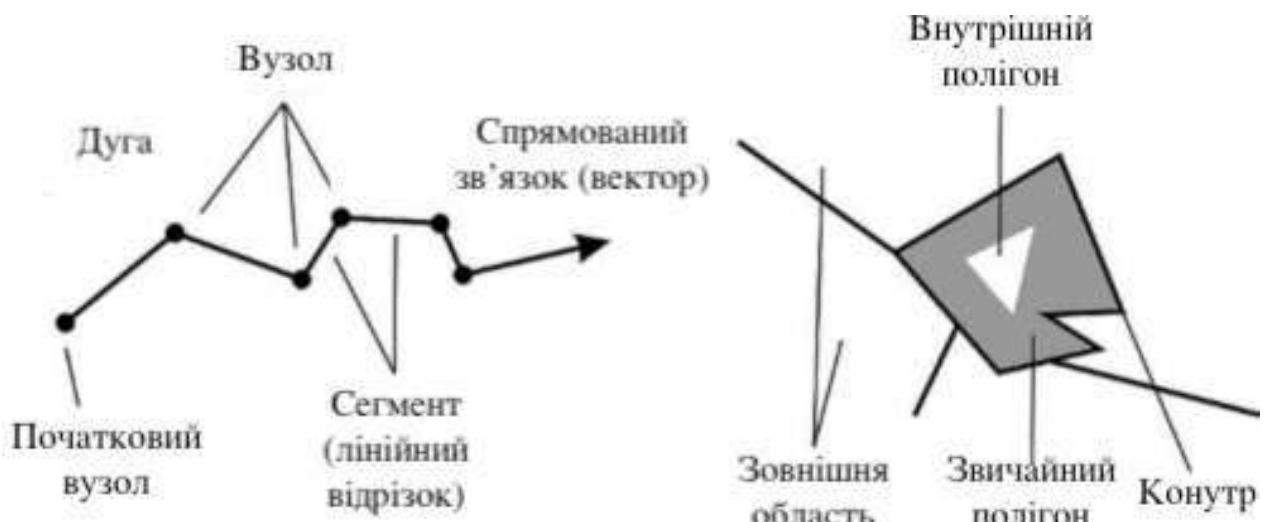


Рис. 2.13 – Примітиви лінійновузлової моделі

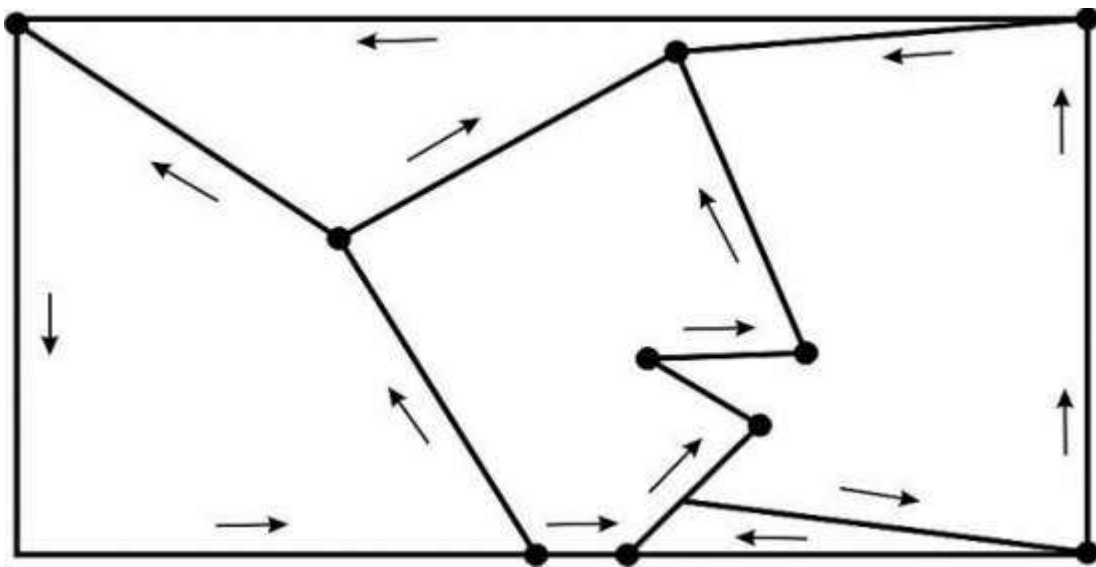


Рис. 2.13 – Напрямок при опису полігонів в рамках векторної топологічної моделі

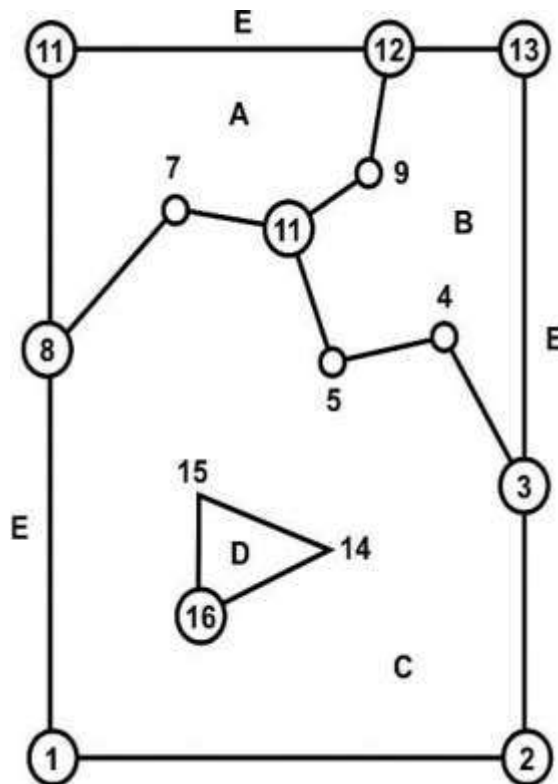


Рис. 2.14 – Структура вузлів, дуг и полігонів у векторній нетопологічній моделі

1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13 – вузли; 4, 5, 7, 9, 14, 15 – проміжні точки лінійних сегментів (дуг); (1–2), (2–3), (3–6), (6–8), (8–1), (10–11), (11–8), (3–12), (12–10) – дуги; А, В, С – полігони; D – внутрішній полігон («острів», анклав), для опису якого відводиться фіктивний вузол (псевдовузол) (16), E – зовнішній (по відношенню до усіх полігонів в межах прямокутної ділянки координатної площини) полігон

Для кожного вузла у лінійних об'єктів існує характеристика – валентність. Валентність вузла – це кількість суміжних вузлу дуг. Кінці відокремлених ліній одновалентні. Для вуличних мереж (перетин вулиць) валентність найчастіше дорівнює чотирьом. У гідрографії частіше зустрічаються тривалентні вузли (основне русло річки і приплив).

Опис полігону у векторній топологічній моделі – це множина з трьох типів елементів: вузлів, дуг і власне полігонів. Між цими об'єктами встановлюються топологічні відносини, необхідним елементом яких повинен бути зв'язок дуг і вузлів, полігонів і дуг. Останнім приписуються покажчики розмежованих нею правого і лівого полігонів, конвенціалізуючі напрямок обходу контурів.

Коли атрибутивні дані управляються засобами реляційної СУБД і організовані в таблиці, зв'язок між позиційною і атрибутивною складовими встановлюється і підтримується через ідентифікатор об'єкта.

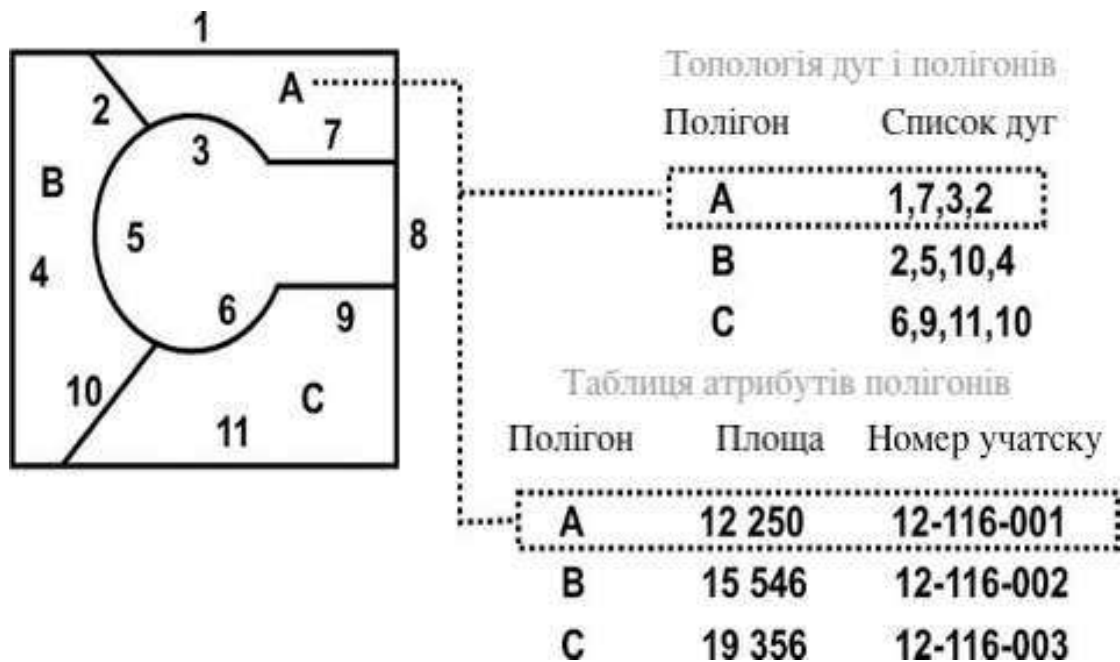


Рис. 2.15 – Зв'язок між позиційними и атрибутивними даними у векторній топологічній моделі

Необхідна процедура при роботі з топологічними даними – підготовка геометричних даних. Цей процес важко автоматизувати: топологічні характеристики повинні бути облічені заздалегідь та занесені у базу даних разом з координатними даними.

2.5.6.3 Мережеві моделі

У практиці проектування ГІС нерідкі випадки, коли жодна з «класичних» моделей не може задовольнити особливим вимогам користувачів до системи і всі вони виявляються малоефективними або непридатними для вирішення специфічних класів задач, наприклад мережевий аналіз для вирішення завдань оптимізації перевезень, планування маршрутів або диспетчеризації мобільних транспортних засобів. При моделюванні мережі транспортних комунікацій в рамках класичної векторної моделі просторова організація дороги (в тому числі автодороги, з мостами, шляхопроводами, тунелями та багаторівневими

розв'язками) не може бути представлена планарним графом, і всі подібні випадки порушення планарності будуть кваліфікуватися системою як топологічна помилка в цифровому запису лінійних об'єктів.

Вимога єдиності атрибута дуги, що представляє автодорогу, в звичайній векторній моделі може також створити серйозні незручності, якщо дугою вважати ділянку дороги від перехрестя до перехрестя, оскільки в межах ділянки її характер (тип дорожнього покриття, число смуг для руху) може змінюватися. Для адекватного моделювання транспортних мереж і мереж комунікацій в цілому запропоновані особливі типи моделей, наприклад модель геометричних мереж.

Відомий приклад моделі «мультимасштабних мереж», в яких допускається введення ознаки важливості вузлів (і відповідно дуг), що дозволяє побудувати ієрархію підмереж з різним рівнем детальності елементів вихідної мережі.

Особливі моделі даних використовуються в практиці проектування ГІС для вирішення завдань управління мережами інженерних комунікацій – мережами водо, газу, електропостачання.

2.5.6.4 TIN

Серед нерегулярних мозаїк найчастіше використовують трикутні мережі неправильної форми (Triangulated Irregular Network TIN). Мережі TIN зручні для створення цифрових моделей відміток місцевості по заданому набору точок (опис рельєфу місцевості). Це нерегулярна мережа точок, з'єднаних мережею прямих відрізків. Наявність таких зв'язок між точками дає уявлення про форму поверхні на даній ділянці. У межах кожного трикутника поверхня представляється площиною. Оскільки поверхня кожного трикутника задається висотами трьох його вершин, застосування трикутників забезпечує кожній ділянці мозаїчної поверхні точне прилягання до суміжних ділянок. Це забезпечує безперервність.

У векторних ГІС модель **TIN** можна розглядати як полігони з атрибутами кута нахилу, експозиції і площі, з трьома вершинами, що мають

атрибути висоти, і з трьома сторонами, що характеризуються кутом нахилу і напрямком.

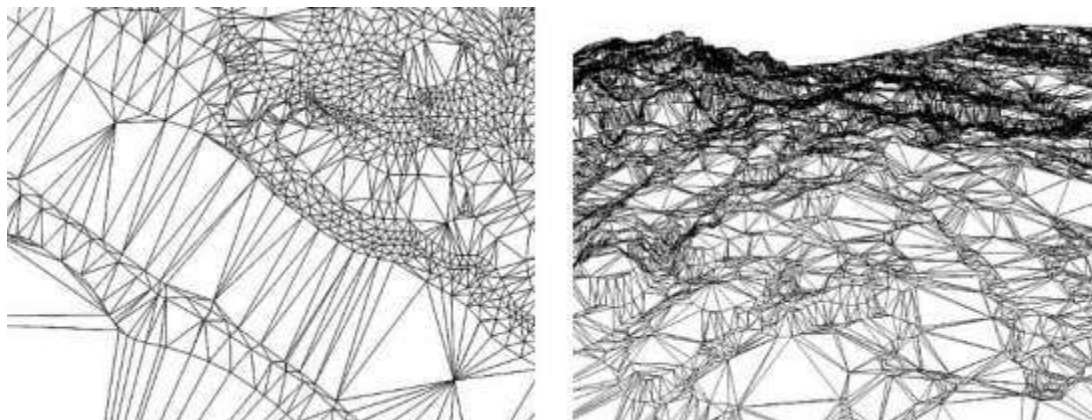


Рис. 2.16 – Ділянки місцевості в моделі TIN, вид зверху (зліва) і під кутом

2.5.7 Створення електронної карти

Роль картографічних моделей в створенні і застосуванні ГІС:

- карта – джерело просторових даних;
- карта – спосіб зберігання і інтеграції даних про геооб'єкти;
- карта – засіб організації запитів до БД;
- карта – засіб просторового аналізу;
- карта – спосіб представлення результатів роботи з ГІС.

Підтримка тих чи інших моделей даних – один з головних критеріїв вибору програмного засобу ГІС, адекватного моделювання нею предметної області, вимогам користувача і суті вирішуваних завдань. Многочисельність програмного засобу, необхідність обміну даними між системами спонукають розробку алгоритмів і засобів перетворення даних з однієї моделі в іншу. Деякі з цих перетворень прості і можуть бути виконані автоматично, наприклад векторнорастрове перетворення (растеризація). Зворотний процес – векторизація растрових даних (растрововекторне перетворення), широко використовується при цифруванні графічних матеріалів, – значно складніше.



Рис. 2.17 – Застосування картографічних знань при роботі з ГІС

2.5.7.1 Введення даних

Введення даних – процедура кодування даних в комп'ютерночислитуєму форму і їх запис в базу даних ГІС.

Введення даних включає три основні етапи:

- збір даних;
- їх редагування і очищення;
- геокодування даних.

Інформація про якість даних включає наступні параметри:

- дату отримання;
- точність позиціонування;
- точність класифікації;

- повноту;
- метод, використаний для отримання та кодування даних.

Основні типи систем введення даних:

1. Введення за допомогою клавіатури

- використовується, головним чином, для атрибутивних даних;
- рідко використовується для просторових даних.

2. Координатна геометрія

- процедури для введення даних із земельних наділів, використовується для земельного кадастру;
- дуже високий рівень точності, отриманої за рахунок польових геодезичних вимірювань (топографічної зйомки);
- дуже дорогий, останнім часом замінюється використанням спеціалізованих приймачів GPS.

3. Ручне цифрування

- ефективність залежить від уміння оператора;
- вимагає багато часу і допускає наявність помилок;
- використовуються напівавтоматичні цифровачі (дигітайзери).

4. Сканування

- знімок потребує обробки і редагування для поліпшення якості;
- зображення згодом зазвичай має бути перетворено в векторний формат, але сканерні зображення можуть і безпосередньо використовуватися для виробництва карти;
- потрібно маркування об'єктів.

5. Введення існуючих цифрових файлів

- набори даних різних відомств і організацій повинні бути доступні;
- придбання і використання існуючих цифрових наборів даних зазвичай є найбільш ефективним способом заповнення ГІС;
- можливі проблеми з конвертацією даних.

6. Використання аерофото- або супутникових фотографій, даних дистанційного зондування

- необхідний доступ до банку таких зображень;
- можливі проблеми, пов'язані з рельєфом, кривизною земної поверхні, ефектами атмосфери;
- складність розпізнавання окремих об'єктів.

2.5.7.2 Цифрування: способи та етапи

Дигіталізація (цифрування з використанням дигітайзера) має два різновиди: по точкам та потоком, а векторизація – три: ручна, інтерактивна та автоматична. **Дигіталізація по точках** в даний час майже не використовується. Оператор обводить курсором дигітайзера контур, натискаючи при цьому необхідні кнопки.

При кожному натисканні в комп'ютер надсилається код кнопки і/або координати точки перетину ниток курсора. Помилки з боку оператора практично неминучі. При дигіталізації потоком з планшета дигітайзера сигнал подається автоматично при перетині пером ліній сітки, що позбавляє оператора від необхідності постійно натискати на клавішу.

Один з найбільш поширених способів отримання векторних моделей – векторизація сканованих (растрових) зображень. Для векторизації необхідна висока якість (виразні лінії і контури) растрових образів. Щоб забезпечити необхідну чіткість ліній, часто необхідно попереднє поліпшення якості зображення. Процес сканування вимагає незначних витрат праці, але необхідність подальшої векторизації значно збільшує витрати.

Ручна і інтерактивна векторизація по «підкладці» називаються також **цифруванням**. Відскановане зображення виводиться на екран монітора, і саме цифрування здійснюється по цій «підкладці» зазвичай за допомогою миші. При інтерактивній векторизації частина операцій проводиться автоматично. Можливості інтерактивної векторизації прямо пов'язані з якістю вихідного матеріалу і складністю карти.

Автоматична векторизація означає дуже невелике втручання оператора в роботу системи. Карта спочатку сканується, а потім автоматично переводиться в векторний формат. Цей тип введення інформації складається з

етапів попереднього редагування, безпосереднього перекладу з растрового формату у векторний і остаточного редагування.

Деякі програмні продукти коригують всілякі перешкоди (плями, бруд та ін.) з використанням спеціальних модулів. Ці системи по закладеним в них зразками розпізнають символи, лінії, кола та т. п., знаходять лінії або полігони, віддалені один від одного на мінімальну відстань і т. п.

Міжмодельні (наприклад, растрово-векторні) перетворення – частина більш загальної проблеми конвертації **форматів** просторових даних (конкретних реалізацій їх моделей в програмних засобах ГІС). Деякі формати, підтримуємі конверторами програмних засобів ГІС, не є власне «геоінформаційними», обслуговуючи зв'язок із зовнішніми графічними середовищами на кшталт векторних систем автоматизованого проектування або растрових графічних редакторів.

Цифрування ступінчастий процес, що включає:

- підготовку вихідної карти до цифрування;
- виділення шарів та об'єктів;
- складання відомостей на об'єкти;
- безпосереднє цифрування;
- коригування векторних об'єктів;
- занесення атрибутивної інформації до відповідних файлів або таблиць.

Попередня підготовка до цифрування включає в себе виділення об'єктів, що належать до одного шару (наприклад, гідрографія) та/або типу (лінії, точки, полігони). Кожному об'єкту повинен бути привласнений порядковий номер, який встановлює послідовність цифрування, за яким потім буде додана атрибутивна інформація. У деяких системах вона додається відразу при цифруванні, в інших після завершення процесу. Також здійснюється коригування растрового зображення (яскравість, різкість, колір, видалення дефектів).

2.5.7.3 Проблеми цифрування

Більшість ГІС оснащені можливостями, що забезпечують акуратне цифрування, наприклад точний початок однієї лінії на іншу, що важливо при цифруванні річки та її припливів. Необхідно, щоб лінія, яка зображує приплив, точно починалася на руслі, інакше при вирішенні різних завдань, наприклад при пошуку оптимального шляху, ГІС не зможе знайти правильного рішення, та й при простій візуалізації виявиться, що вони не з'єднані. До інших можливостей того ж плану відносяться: замикання ліній, прив'язка до початку, кінця, довільній точці обраної лінії, оцифрованої раніше, та т. п.

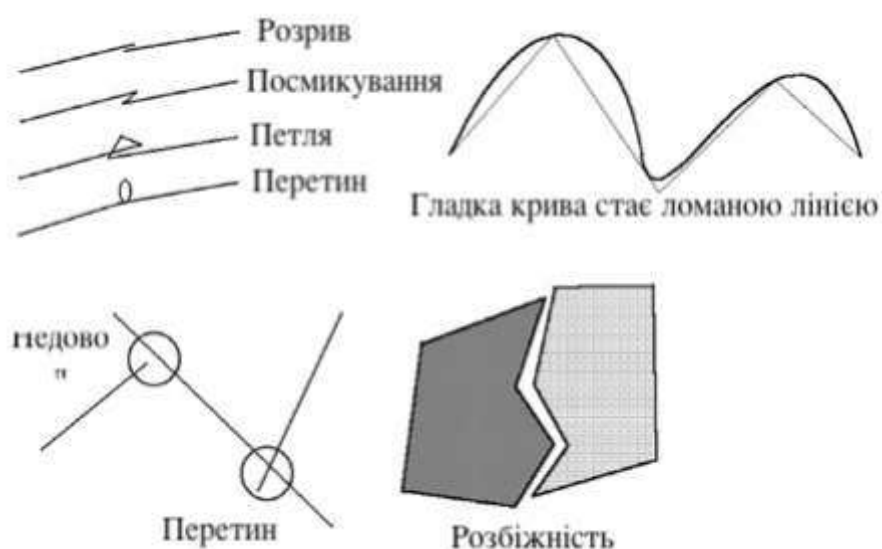


Рис. 2.18 – Основні помилки, що виникають при цифруванні

Однією з важливих проблем є те, що шари та/або окремі групи продуктів обводяться окремо в різних сеансах роботи. У зв'язку з цим не завжди вдається точно пов'язати між собою об'єкти, що належать до різних шарів або груп.

Рівень помилок в базі даних ГІС безпосередньо пов'язаний з рівнем помилок вихідних карт. Карти не завжди адекватно відображають інформацію та не завжди точно передають дані про місцезнаходження.

При цифруванні, що проходить за участю оператора, імовірний вплив «людського чиннику» друкарські помилки, помилки через неухважність та ін.

2.5.7.4 Позиціонування даних

Процесом позиціонування називають просторову прив'язку табличних даних до точок земної поверхні або системи координат карти. Позиціонування є обов'язковою властивістю даних в геоінформатиці.

Цифрова карта одночасно представлена в двох системах координат: внутрішній (система координат зберігання) та зовнішній (система координат відображення). Для відомості різнорідних цифрових картографічних матеріалів в єдину систему необхідно насамперед встановлення систем координат, відповідних використовуваним даними, та визначення перетворень для зв'язку між ними.

Переведення вихідної карти в систему координат базової карти породжує три завдання:

- визначення теоретичної системи координат (зокрема, проекції або її параметрів, а іноді й використовуваної геодезичної системи координат) вихідної карти;
- визначення необхідного перетворення та переклад карти в її теоретичну систему координат;
- перетворення вихідної карти в систему координат базової карти.

Перше завдання – визначення теоретичної системи координат (зокрема, проекції або її параметрів) вихідної карти. Теоретична система координат карти – система координат, в якій складена карта (проекція із заданими параметрами, масштаб, початок координат, тощо). Вітчизняні дрібномасштабні карти (масштаб дрібніше 1:1000000) складені в основному в проекціях, представлених в спеціальному атласі (Гінзбург Г. А., Салманова Т. Д. Атлас для вибору картографічних проекцій) та доповненні до нього (Ледовських Л. С. доповнення до атласу для вибору картографічних проекцій). Для зарубіжних карт, принаймні для американських, основним є альбом проекцій (J. P. Snyder, P. M. Voxland, 1989). Американські програмні продукти також в основному підтримують картографічні проекції з цього альбому.

Друге завдання – визначення необхідного перетворення і переклад карти в потрібну систему координат.

Визначаються дві системи координат:

- перша пов’язана з вихідним зображенням;
- друга пов’язана з трансформованим зображенням (після перетворення).

Після завдання відповідних опорних точок в першій і другій системах координат вибирається перетворення для всієї цифрової карти.

Як правило, на карті є точки прив’язки до теоретичної системі координат – вузли картографічної або кілометрової сітки, опорні хрести планшетів, геодезичні пункти. Можливе використання інших опорних точок (перехресть доріг, точкових об’єктів, характерних точок берегової лінії та ін.).

Третє завдання – перетворення вихідної карти в систему координат базової карти. У тому випадку, коли теоретична система координат вихідної карти не може бути визначена, перетворення вихідної карти в систему координат базової карти здійснюється безпосередньо по опорних точках з використанням перетворення площині. При цьому вибір перетворення й точність результату залежать від якості й кількості опорних точок.

Якщо початкова карта представлена в системи координат цифрування, її картографічна проекція визначена й відрізняється від проекції базової карти, тоді спочатку здійснюється перетворення вихідної карти в її теоретичну систему координат по опорних точках з використанням перетворення площині й потім перетворення в систему координат базової карти. При цьому необхідно застосовувати перетворення картографічної проекції, яка потребує знання параметрів обох проекцій й підтримки цих проекцій програмним забезпеченням.

2.5.7.5 Геокодування

Атрибутивні дані можна збирати незалежно від геоінформаційних технологій. Ці дані необхідно прив’язати до відповідних зображень цих суб’єктів на карті. Нерідкі завдання, коли необхідно поєднати два масиви даних, отриманих з різних джерел.

Для цієї мети використовують процедуру геокодування. Вона дозволяє пов'язувати таблиці, у яких є хоча б один стовпець з однаковими атрибутивними даними. В результаті геокодування таблиця з новими даними стає позиційованою, тобто її дані отримують просторову прив'язку. Оскільки порівняння даних таблиць і їх подальше злиття можна проводити різними шляхами, існують різні способи геокодування.

Розрізняють п'ять типів прив'язки.

1. Пряма прив'язка: кожному рядку семантичної таблиці відповідає ідентифікаційний номер об'єкта.

2. Непряма семантична прив'язка: частина нових семантичних даних збігається з наявною семантичною інформацією, в свою чергу вже пов'язаної з об'єктами.

3. Непряма геометрична прив'язка: частина нових семантичних даних задає просторове положення об'єкта.

4. Багаторівнева непряма прив'язка: разом з семантикою, що підключається є якась класифікація об'єктів, відмінна від класифікації об'єктів всередині бази даних.

5. Відсутність прив'язки: в таблиці, що підключається можна виділити якийсь з видів зв'язку з об'єктовим складом бази даних.

Результати геокодування можуть бути записані в полі таблиці, що показує, які дії в порівнянні були вироблені або чому пошук не вдался. За допомогою коду результату можна знаходити різні типи необроблених записів. У ГІС передбачений режим ручного геокодування для випадків, що вимагають втручання оператора.

2.5.7.6 Критерії якості цифрових карт

Виділяють кілька компонентів якості даних в ГІС:

- інформативність;
- позиційну точність;
- точність атрибутів;

- логічну несуперечливість;
- повноту;
- походження.

Інформативність. Карта як модель дійсності володіє такими властивостями, як змістовна відповідність (науково обґрунтоване відображення головних особливостей дійсності), абстрактність (генералізовані карти, перехід від індивідуальних понять до збірних, відбір типових характеристик об'єктів і усунення другорядних), просторово-тимчасова подоба (геометрична подібність розмірів і форм, тимчасова подоба і подоба відносин, зв'язків, співпідпорядкованості об'єктів), вибірковість і синтетичність (роздільне подання сумісно реалізованих явищ і чинників, а також єдине цілісне зображення явищ і процесів, які в реальних умовах проявляються окремо).

Позиційна точність складається з декількох показників: точність обчислення, точність вимірювання, точність представлення.

Точність обчислення визначається кількістю значущих цифр після коми в процесі розрахунків або перетворення даних; **точність вимірювання** – кількістю значущих цифр при вимірах, похибкою методу або апаратури; **точність представлення** – можливістю представити координатні дані на екрані або у пресі. Наприклад, при дрібному масштабі товщина лінії, що відображає дорогу, в 0,5 мм (що необхідно для того, щоб вона була добре видна на карті) може відповідати і дорозі шириною в 5 м і автобану шириною в 50 м.

Точність атрибутів визначається близькістю значень атрибута до його істинної величини. Атрибути можуть з часом змінюватися, досить часто в порівнянні з координатними даними. Залежно від типів даних точність атрибутів може бути виміряна різними способами. Для атрибутів категорій об'єктів, наприклад класифікованих полігонів, точність залежить від того, чи є категорії підходящими, досить докладними і певними, і від того, наскільки ймовірним є наявності в даних грубих помилок.

Поняття **логічної несуперечності** пов'язано з несуперечливістю даних в базах даних. У середовищі ГІС це поняття поширюється на внутрішню несуперечливість структур даних і внутрішню топологічну несуперечливість векторних даних. Зокрема, це визначає такі вимоги, як замкнутість полігонів, унікальність ідентифікатора полігону, наявність або відсутність вузлів на перетинах дуг.

Поняття **повноти** (достатності) даних пов'язано зі ступенем охоплення даними безлічі відповідних об'єктів і залежить від поточного завдання. Залежно від правил відбору, генералізації і масштабу визначають число відповідних об'єктів для повного опису ситуації, картографічної композиції, явища і тощо.

Походження включає відомості про джерела даних і операції по створенню бази даних, про методи кодування даних, часу збору даних, методи обробки даних, точності результатів обчислень тощо.

Існує ряд ознак, які дозволяють при попередній оцінці цифрової карти визначити її непридатність (або непридатність самої технології цифрування) для використання в ГІС. Для видачі попереднього ув'язнення за якістю з кількісними оцінками може використовуватися частина матеріалу. Наприклад, можна повністю дослідити фрагмент певного розміру (ділянка повинна бути характерний для даної карти і насичений об'єктами).

Якість є одним з основних керованих параметрів процесу створення цифрових карт поряд з часом, вартістю, інформаційними ресурсами.

2.6 Проекції земної поверхні

Координати точок просторових об'єктів використовують для вказівки місця розташування об'єктів на земній поверхні. Поверхня Землі має сферичну форму, але при складанні карт просторове положення точок відображається у плоскому (двовимірному) поданні. Для відображення положення точок поверхні на площині застосовують різні математичні моделі поверхні, що задають різні картографічні проекції.

Проекція – це математична модель, яка перетворює місця розташування об'єктів на поверхні Землі в місця їх розташування на двовимірній поверхні.

Будь-яке двовимірне подання земної поверхні завжди вносить спотворення в деякі параметри: в форму, площу, відстань або напрямок. Різні проекції вносять різні спотворення. Характеристики кожної проекції роблять її зручною для деяких додатків і непридатною для інших.

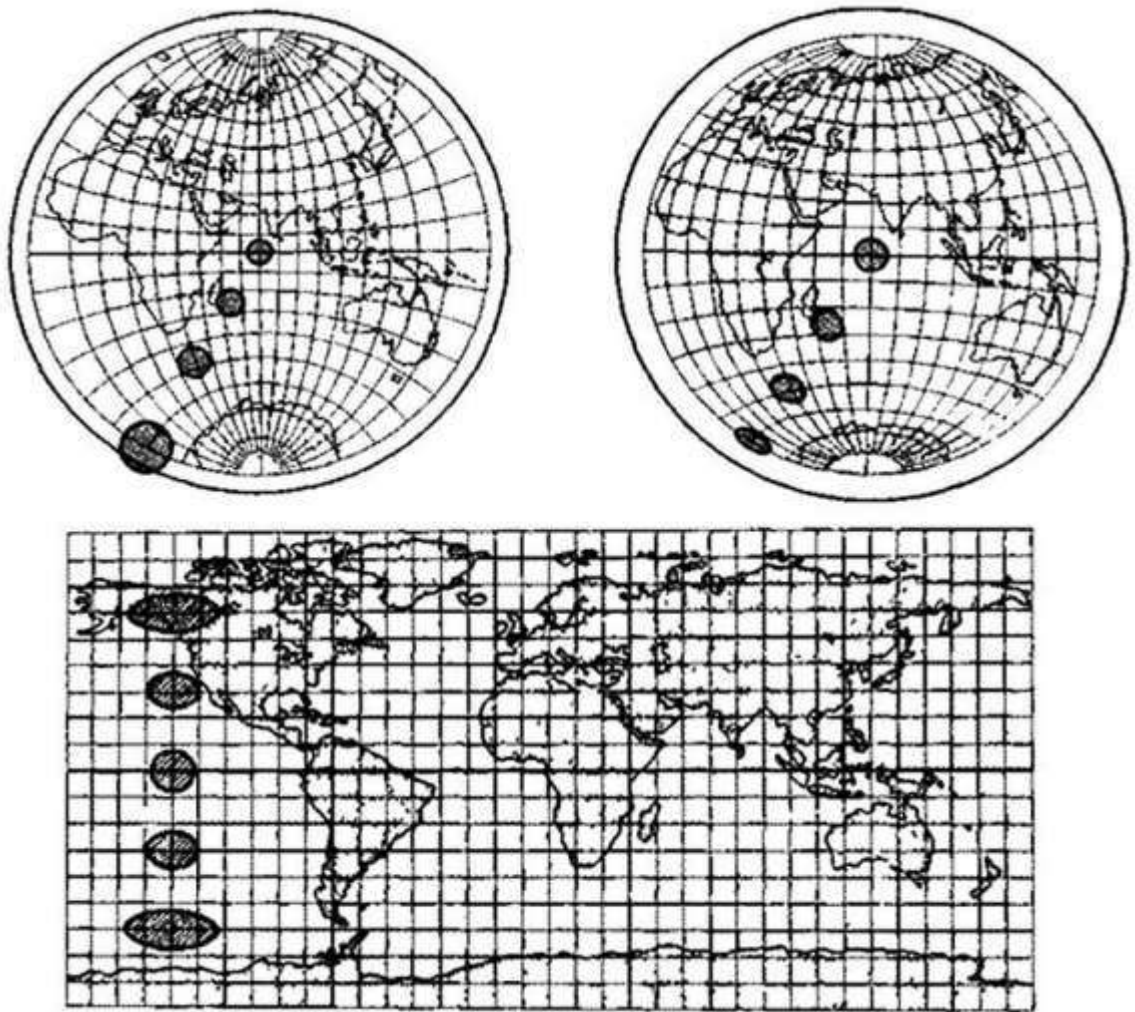


Рис. 2.19 – Спотворення розмірів й / або форми кола в рівнокутних (угорі ліворуч), рівновеликих й рівнопряміжних (внизу) проекціях

Рівнокутні проекції зберігають без спотворень кути і форми малих об'єктів, але в них різко деформуються довжини і площі об'єктів. **Рівновеликі** проекції не спотворюють площ, але в них спотворені кути і форми об'єктів. Перший вид проекцій прийнятний для прокладки маршрутів транспортних

засобів, другий – для визначення площ і землекористування. **Довільні** проекції мають спотворення кутів, площ і довжин, але ці спотворення розподілені по карті, наприклад так, що мінімальні спотворення знаходяться в центральній частині і зростають до країв.

Основні типи проекцій **конічна, азимутальна, циліндрична, поліконічна**. Для окремих регіонів часто застосовують близькі за властивостями проекції Гаусса – Крюгера і універсальну поперечно-циліндричну проекцію Меркатора (UTM).

Група математичних процедур ГІС, що здійснює перехід від однієї картографічної проекції в іншу чи від просторової системи до картографічної проекції, носить назву проекційних перетворень. Ці процедури включають і прості операції перерахунку координат просторових об'єктів (повороту, зсуву, масштабування, тощо), більш складні (пов'язані, наприклад, з «укладанням» об'єктів в систему опорних точок), і найскладнішу підгрупу операцій (трансформацію картографічних проекцій).

Перевагою моделювання в ГІС є можливість трансформування космічного (або аеро) знімка безпосередньо в картографічну проекцію, минаючи побудову фотограмметричної моделі або традиційне фотограмметричне трансформування знімків. Ця можливість надається в пакетах ГІС, в першу чергу пов'язаних з обробкою даних дистанційного зондування.

Виділення підгрупи перетворення проекцій пов'язано з необхідністю інтеграції даних з різних картографічних джерел з різнорідними математичними основами. Карти можуть відрізнятися моделями Землі, застосованими при створенні карти; картографічної проекцією; системою координат, прив'язаної до використовуваної моделі Землі.

Технологічно для проекційних перетворень в ГІС необхідно створити файл опису картографічної проекції і вибрати вихідний файл. З набору типів перетворень вибирають необхідне, задають необхідні параметри, і проекційне перетворення здійснюється автоматично шляхом створення нової картографічної проекції в заданому шарі і відповідному файлі.

Більшість карт зображують координатні дані, використовуючи одну з прийнятих глобальних систем координат, наприклад універсальну поперечну Меркатора (UTM). Проекція використовується для забезпечення взаємозв'язку між місцем розташування на карті та істинним місцем розташування на земній поверхні.

Процес трансформації картографічних даних з однієї проекції в іншу вимагає знання параметрів проекції джерела і похідної проекції, відомих з курсів математичної картографії і теорії картографічних проекцій і довідкових видань.

При невідомих функціональних залежностях, що визначають відповідність географічних і умовних координат, можна скористатися методами трансформації по мережі опорних точок з відомими координатами. В цьому випадку виникає проблема оптимального вибору апроксимуючої функції.

Наявність координатної основи – обов'язкова вимога трансформаційних перетворень.

На практиці використання модулів трансформації проекцій може бути ускладнене відсутністю параметрів проекції карти джерела. При визначенні проекцій вихідної карти рекомендують користуватися атласом для вітчизняних або зарубіжних карт.

Для топографічних карт, на відміну від дрібномасштабних, немає такого розмаїття проекцій, проте є різноманітність моделей Землі і географічних систем координат.

Проекційні перетворення ділять на два типи: лінійні перетворення (12) і нелінійні (35).

1. Перетворення подібності характеризується тим, що всі фігури на площині переводяться в геометрично подібні до них фігури. Всі кути між пересічними прямими зберігають свої значення, а всі лінійні розміри збільшуються або зменшуються в однакову кількість разів. Щоб задати перетворення, достатньо вибрати як опорні будьякі дві точки площини і вказати старі і нові координати цих точок.

2. Афінне перетворення завжди переводить прямі лінії в прямі, при цьому паралельні прямі залишаються паралельними. Кути між пересічними прямими можуть змінюватися або залишатися незмінними. Розглянуте вище перетворення подібності є окремим випадком афінного перетворення. Можна сказати також, що довільне афінне перетворення переводить заданий квадрат в будь-який заданий паралелограм, в той час як перетворення подібності переводить квадрат в будь-який інший заданий квадрат. Щоб задати Афінний перетворення, досить вибрати в якості опорних три будь-які точки, що не лежать на одній прямій, і вказати старі і нові координати цих точок.

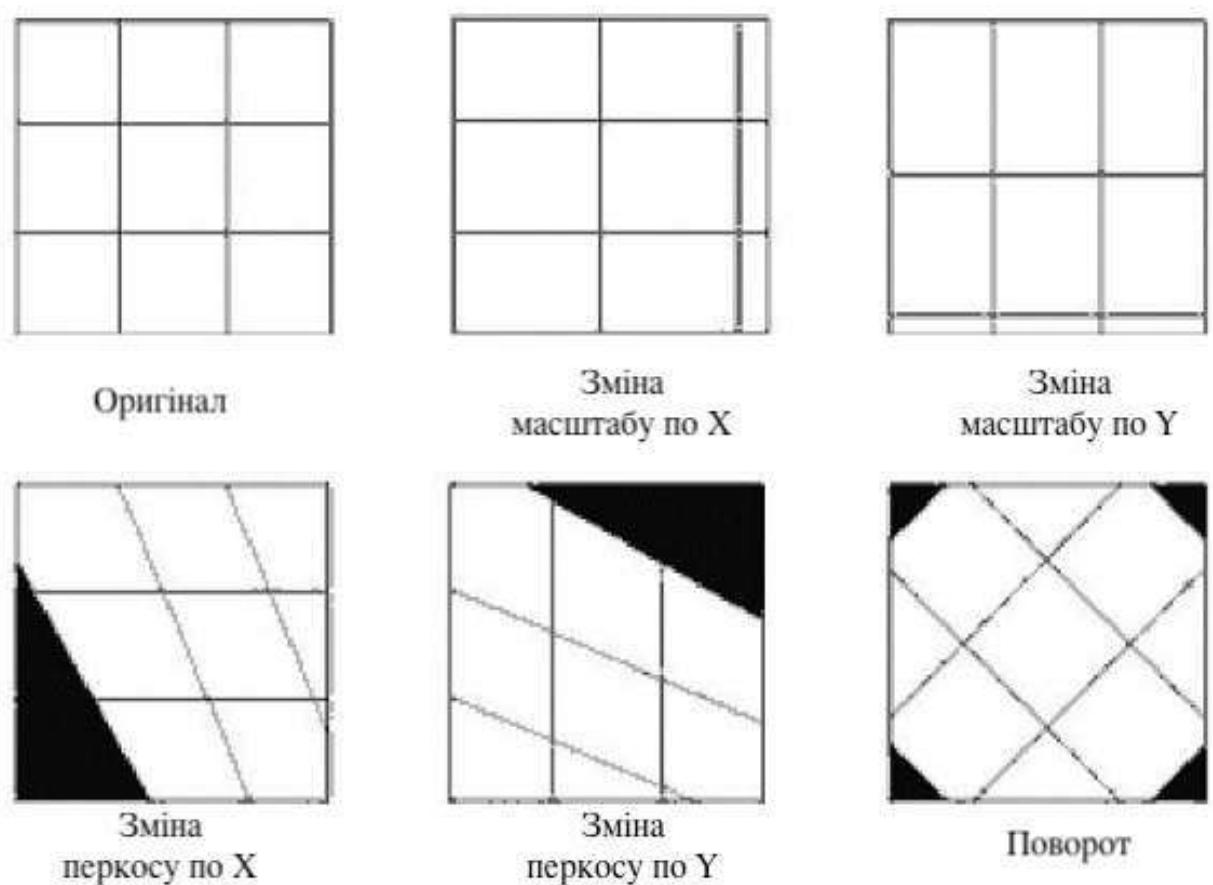


Рис. 2.20 – Можливі трансформації при лінійних перетвореннях

3. Поліноміальне перетворення. Цікавою особливістю цього перетворення є те, що, незважаючи на викривлення ліній, всі кути перетину ліній зберігають незмінне значення.

Матриця перетворення розраховується за контрольними точками і складається з коефіцієнтів, які використовуються в формулах поліномів для

перетворення координат. Коефіцієнти матриці перетворень розраховуються таким чином, щоб отримати формули поліноміального перетворення з якомога меншою помилкою перекладу вихідних координат в кінцеві.

4. Локальне перетворення. Для кожної з опорних точок можна побудувати таку нелінійну функцію, яка перетворює старі координати цієї точки в її нові координати, а для інших точок змінює координати тим менше, чим далі точка відстоїть від опорної. На великій відстані від опорної точки зміна координат повинна наближатися до нуля.

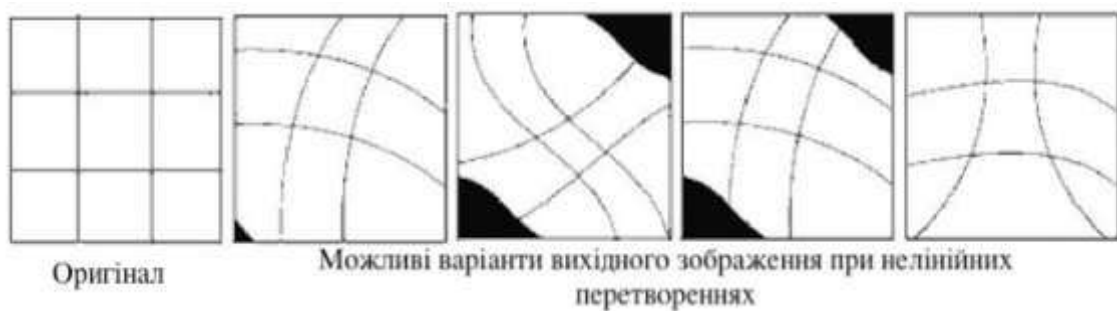


Рис. 2.21 – Можливі трансформації при нелінійних перетвореннях

5. Комбіновані афіннонелінійні перетворення. Можна очікувати помітного поліпшення якості трансформації, якщо спочатку виконати афінне перетворення за методом найменших квадратів, а потім застосувати один з нелінійних методів. При цьому на першому (афінному) етапі в більшості випадків вдається значно скоротити відстані, на які повинні бути переміщені опорні точки, і в результаті цього другий (нелінійний) етап перетворення вносить значно менші нелінійні викривлення, ніж при безпосередньому застосуванні без попереднього виконання лінійної частини перетворення.

Специфіка вітчизняного ринку геоінформаційних технологій визначає проблеми проєкційних перетворень. Одна з серйозних проблем пов'язана з використанням вітчизняної картографічної інформації, що має значні відмінності від аналогічної іноземної. Як правило, іноземні програмні засоби не підтримують безпосередньо поширені в нашій країні проєкції, а інформацію про тип проєкції і її параметрах отримати досить складно.

Інша проблема полягає в тому, що широко поширені – різноманітні методи роботи з просторовими даними не отримали визнання або не мають аналогів за кордоном і потребують аналізу і класифікації. За час щодо закритого розвитку географічних наук в СРСР склалися нормативи і стандарти, які часто не враховуються програмними продуктами, розробленими за кордоном.

2.7 Моделювання геозображень

Моделювання – одне з найбільш поширених понять. Під моделлю розуміють будь-який образ – уявний чи умовний: зображення, опис, схему або креслення будь-якого об'єкта, процесу або явища, який використовується в якості його заступника. Результатом моделювання в ГІС є різні геозображення – просторово-часові, масштабні, генералізовані моделі земних (планетних) об'єктів і процесів, представлених в графічній образній формі. Тому моделювання і візуалізація в ГІС дуже тісно взаємопов'язані. Цифрове моделювання є основою організації, зберігання, оновлення та подання просторово-часових даних в ГІС.

Інформаційно цифрові моделі місцевості в системі ГІС повинні містити не тільки параметри об'єкта, а й властивості класу об'єктів, а також набір методів перетворення і побудови об'єктів цього класу.

2.7.1 Принципи моделювання

Моделювання являє собою створення образу будь-якого явища або процесу, при якому вивчається не сам оригінал (явище або процес), а якийсь його заступник, допоміжна штучна система.

Найбільш універсальним принципом моделювання є подібність, що означає відповідність, схожість моделі (М) і оригіналу (А) в заданому співвідношенні і: $M = C_i A$, де С – критерій подібності, якась безрозмірна константа, що засвідчує правомірність поширення висновків, одержуваних за допомогою моделі, на реальні об'єкти, причому чим більше співвідношень задовольняє критеріям подібності ($C_i, C_j \dots C_n$), тим вище вірогідність

висновків. Подоба – настільки істотна властивість моделі, що іноді саме моделювання трактується як створення об’єкта, подібного оригіналу.

Інший найважливіший принцип моделювання – **системність** – припускає:

- моделювання компонентів, частин системи і підсистем;
- моделювання структури і організації системи;
- моделювання взаємозв’язків між компонентами і виділення специфічних системо утворюючих зв’язків;
- моделювання функціонування, тобто процесів обміну речовиною, енергією та інформацією всередині і між системами;
- розгляд моделі даної системи як елемента більш крупної системи, виявлення підпорядкованості (ієрархії) моделей;
- послідовне вдосконалення моделей в процесі їх використання.

Системність передбачає також аналітичний і синтетичний підхід до моделювання, згідно з яким розчленування об’єктів на складові і поглиблене дослідження окремих компонентів супроводжується синтезом, що дає інтегральну інформацію про об’єкт.

Обидва головні принципи моделювання – подібність і системність – діалектично пов’язані один з одним: вимоги системності реалізуються на основі подібності, а повнота подібності забезпечується дотриманням принципів системності.

Найважливіші риси подібності та відмінності геообразень пов’язані з самою системою графічних образів: на традиційних і електронних картах, картографічних анімаціях вони формуються за допомогою знаків, а на знімках є результатом фіксації власного або відбитого випромінювання об’єктів.

Важливо, що знімки – це завжди первинні моделі об’єктів, на їх основі можуть бути отримані шляхом синтезу зображення, стереомодель, звичайні і комп’ютерні карти та ін. По картах також можуть бути створені багато похідні моделі: нові карти, блок діаграми, динамічні зображення, математичні моделі, віртуальні моделі тощо. Так, намічається певна ієрархія моделей, пов’язана з їх первинністю і вторинністю (похідністю): знімки несуть тільки первинну

фактичну інформацію, тоді як карти містять ще й результат її інтелектуальної інтерпретації і цілеспрямованої переробки.

Необхідними принципами моделювання є також абстрагування і конкретизація, тобто, з одного боку, виділення головного, істотного в об'єкті, відволікання від другорядних властивостей, структур і відносин, а з іншого – постійне співвіднесення моделі з конкретним об'єктом (прообразом), його специфічні властивості і особливостями.

Просторовотимчасова подоба геообразень і їх оригіналів (прообразів) має три взаємопов'язані аспекти:

- геометрична подібність, що виявляється в подоби форми, розмірів і структури об'єктів;

- тимчасова подоба, тобто адекватне відображення стану, динаміки і процесів в певний момент або відрізок часу;

- подоба відносин, яка відбивається в подоби зв'язків, співпідпорядкованості і причинності, у взаємному розташуванні об'єктів.

На різних геоіображеннях ці аспекти проявляються неоднаково. Наприклад, геометрична подібність найкраще передають тривимірні і стереоскопічні моделі, тимчасове – анімації, а подібність відносин – комплексні і синтетичні карти і атласи.

2.7.2 Види моделювання

Особливість формування цифрових моделей місцевості в геоінформаційних технологіях полягає в створенні їх як структури бази даних.

З точки зору геоінформатики (враховуючи велику значимість для неї просторових аспектів) можна виділити три різновиди моделей. Моделі першого різновиду – математичні – будуються без врахування просторового координування явищ, і результати їх реалізації не підлягають картографуванню. Другий різновид: результати картографують, але просторовий аспект не враховується на етапі реалізацій математичних алгоритмів. У моделях третього різновиду без урахування просторового положення явищ неможливо реалізувати математичні розрахунки.

Стало звичайним проведення статистичного аналізу просторових даних – обчислення середньоквадратичного відхилення, дисперсії, кореляції, різних видів регресії.

Широко поширилося імітаційне моделювання. Наприклад, для імітації розвитку системи населених місць визначалися правила розвитку системи і за допомогою алгоритму статистичних випробувань (метод МонтеКарло) програвалися шляхи їх реалізації. Аналогічно може відбуватися імітація просторового поширення хвороб, епідемій тощо. Широко використовуються оптимізаційні моделі. Наприклад, транспортна задача лінійного програмування. Застосовуються моделі для оптимізації розміщення виробництва, шкіл.

Розглянемо роботу з цифровими моделями відповідно до трьох системними рівнями: збір і первинна обробка інформації, зберігання та оновлення, уявлення (відображення).

При зборі інформації для побудови цифрових моделей використовуються автоматизовані засоби реєстрації та автоматизованих технологій. Джерелами інформації служать карти, таблиці, специфікації, геодезичні координати точок і об'єктів місцевості, координати точок на аерокосмічних і наземних фотоснімках, дані, одержувані по телевізійним і/або радіолокаційним знімкам, телеметричні дані, інформація, що зчитується з планів і карт, дані про допуски і погрішності, додаткова інформація текстового характеру.

Після збору первинних даних на рівні зберігання та оновлення інформації здійснюються симпліфікація, уніфікація, корекція інформації, що містить помилки і доповнення до неї. Таким чином, формується уніфікована сукупність даних, однакова для різних засобів і технологій збору, що дозволяє в подальшому застосовувати її для отримання креслень і планів не одного, а декількох суміжних масштабів.

На рівні уявлення відображається цифрова інформація у вигляді, зручному для користування. Цифрова модель місцевості може генеруватися з різних моделей. Візуальне уявлення реалізується на сучасних пристроях виведення інформації.

Технологічно можна виділити наступні види моделювання: семантичне, інваріантне, евристичне, інформаційне. Вони проявляються на різних системних рівнях обробки інформації в різному ступені.

Семантичне (значення, розуміння) моделювання взаємопов'язане з завданнями кодування і лінгвістичного забезпечення, тому воно в більшій мірі використовується на рівні збору первинної інформації. Це обумовлено також великим обсягом і різноманітністю вхідної інформації, складністю її структури, де можлива присутність помилок.

Інваріантне (незмінність, незалежність) моделювання ґрунтується на роботі з повністю або частково уніфікованими інформаційними елементами або структурами. Його ефективність доведена досвідом застосування насамперед САПР та інших автоматизованих систем. Цей вид моделювання передбачає використання групових операцій, чим забезпечується підвищення продуктивності праці в порівнянні з індивідуальним моделюванням. Таке моделювання вимагає спеціалізованого програмного і лінгвістичного забезпечення, що враховує властивості модельованих об'єктів і можливість їх структуризації на деякі графічні примітиви.

Евристичне («знаходжу, відкриваю») моделювання застосовується при обліку індивідуальних властивостей об'єктів на відеозображеннях і при вирішенні спеціальних нетипових завдань. В основному воно реалізується при інтерактивній обробці і базується на спілкуванні користувача з ЕОМ за сценарієм, що враховує, з одного боку, технологічні особливості програмного забезпечення, з іншого особливості і досвід обробки даної категорії об'єктів.

Інформаційне моделювання пов'язане зі створенням і перетворенням різних форм інформації, наприклад графічної або текстової, в вид, що задається користувачем. Воно ефективно при попередній розробці інтегрованої інформаційної основи і застосуванні баз даних.

Слід зазначити, що можливе одночасне застосування різних видів моделювання на різних етапах.

2.7.3 Основні властивості геозображення

Виділяють наступні основні властивості геозображення, одночасно вони є і характеристиками використовуваних моделей:

1. Змістовна відповідність. Має на увазі науково обґрунтоване відображення властивостей і характеристик явищ, їх типових особливостей, генезису, ієрархії і внутрішньої структури. Найбільшою мірою це відноситься до картографічних зображень, в меншій – до аеро- і космічних знімків, добре передає зовнішній вигляд об'єктів і явищ, але лише в обмежених межах – їх внутрішні властивості. Наприклад, ґрунтові карти здатні передати генезис, механічний склад ґрунтів, вміст гумусу, хімічних елементів, тоді як знімки добре відображають лише морфологію і структуру ґрунтового покриву.

2. Абстрактність і конкретність. Абстрактність в найбільшій мірі властива знаковим геозображенням. Вона перш за все є наслідком генералізації, в ході якої ведеться відбір, узагальнення, ідеалізація об'єктів, виключаються незначні або малоістотні деталі, акцентується увага на головних рисах, тощо. Високий ступень абстракції мають комп'ютерні математико-картографічні моделі, що представляють абстрактні об'єкти: уявні конструкції, концептуальні схеми, розрахункові показники, штучні поля, тощо. В порівнянні з ними первинні аеро і космічні знімки – це копії цілком конкретних, реально існуючих речових об'єктів і структур.

3. Вибірковість і синтетичність. Геозображення здатні, з одного боку, окремо відтворювати явища, фактори, властивості, вибірково виокремлюючи їх з складних сукупностей, розкладаючи ціле на частини, а з іншого – давати цілісне синтетичне відображення явищ, факторів і властивостей, які в реальних умовах виявляються порізно. Найбільш показові в цьому сенсі аналітичні і синтетичні карти. Наприклад, карта кривизни форм рельєфу вибірково відображає лише цей один морфометричний показник, а геоморфологічна карта містить синтетичне типологічне зображення рельєфу, його морфології, генезису, віку.

Аеро- і космічні знімки мають порівняно невисоку вибірковість, хоча її можна трохи підсилити, використовуючи вузькі діапазони зйомки, особливі чутливі датчики і матеріали. Але зате знімки відрізняються цінною властивістю давати одночасну і цілісну картину навколишнього середовища: геологічної будови території, рельєфу, ґрунтового-рослинного покриву, антропогенних і техногенних елементів, а крім того, ще й стан атмосфери, її забруднення, хмарності тощо.

Математико-картографічне і комп'ютерне моделювання дозволяють конструювати геозображення з практично необмеженою вибірковістю і синтетичністю.

4. Статичність і динамічність. Геозображення можуть передавати або окремі тимчасові зрізи якогось стану або процесу, тобто фіксувати «миті, що зупинилися», або показувати рух, розвиток, хід процесів, їх ритміку, траєкторії переміщення об'єктів, функціонування геосистем. Найкращі можливості для спостереження за динамічними процесами (для моніторингу) надають повторні знімки, різночасові карти, комп'ютерні анімації і фільми. Аналіз мінливих ситуацій (рухів, заміщень, циклів, еволюції, тощо) вимагає поєднання статичних і динамічних геозображень.

5. Метричність (картографічна правильність просторових взаємин) – одне з найбільш важливих властивостей геозображень, яке задано їх проекцією, масштабом, подробицею (роздільністю), способом відтворення, характером спотворень.

Наявність на карті масштабу, шкал, градацій дозволяє виробляти численні вимірювання кількісних показників і визначати характеристики описуваних явищ. При цьому кількісні величини можуть виступати у вигляді абсолютних або відносних показників.

Велика частина статичних геозображень реалізується в просторі трьох вимірів, а динамічних – в чотиривимірному просторі. При цьому масштаби по осях можуть бути неоднакові, як, наприклад, на блок-діаграмі.

Деякі абстрактні геоображення (Анаморфіровані карти та ін.) будують в багатовимірному просторі ознак.

За геоображенням виконують вимірювання трьох видів:

- в абсолютних і відносних заходи;
- в бальних і рангових шкалах;
- у формі якісних характеристик.

6. Однозначність – властивість, найбільшою мірою притаманне мапам і похідним від них зображень. Воно випливає з математичного закону їх побудови і проявляється у взаємно-однозначним дотриманням точок на земній поверхні і на зображенні. Інакше кажучи, будь-якій точці з координатами X і Y поставлено у відповідність лише одне значення Z показника, що картографується $Z = F(X, Y)$. Точно так же кожному елементу роздільності на знімку відповідає тільки одне значення C спектральної яскравості: $C = P(X, Y)$.

Однозначність має і інше трактування: всякому знаку на карті відповідає лише єдиний зафіксований в легенді сенс. Подібної однозначністю не володіють аеро- і космічні знімки, вони не мають легенди, і тому зафіксовані на них об'єкти можуть бути витлумачені по-різному.

7. Безперервність – одне з головних умов самого існування всякого геоображення як цілісного просторового образу. Множина елементів геоображення є зв'язаною областю і формує єдину і безперервну систему. Але якщо безперервність знімків досягається механічно в процесі реєстрації відбитого або власного випромінювання, то на карті вона часто виявляється результатом екстра або інтерполяції між дискретними точками спостережень.

8. Наочність означає можливість отримання уявлення про об'єкти і процеси шляхом безпосереднього візуального спостереження моделі без будь-яких проміжних ланок. Це прямий наслідок образного характеру геоображень. Чим вище наочність, тим надійніше пошук об'єктів, встановлення між ними зв'язків і відносин, розуміння структури, прийняття рішень.

9. Оглядовість – якість, що дозволяє досліднику охопити єдиним поглядом будь-які великі простори або відрізки часу. Максимальну

оглядовість мають карти та інші картографічні моделі, у знімків вона слабше через недостатню вибірковості.

Крім зазначених основних і загальних властивостей геозображень кожен вид характеризується специфічними модельними властивостями. Наприклад, у карт це логічність легенди, яка спирається на класифікацію об'єктів, що картографуються і забезпечує організацію та структурованість простору зображення. У знімків самою специфічною рисою є інтегральність характеристик яскравості. Переваги геозображень як моделей виявляються ще й у їх здатності поєднуватися між собою і з іншими, не графічними моделями. Спільне застосування моделей – одна з найхарактерніших рис сучасних наукових і практичних досліджень.

Завдяки властивостям абстрактності, вибірковості, синтетичності та оглядовості геозображення успішно взаємодіють з ідеальними теоретичними моделями, в значній мірі сприяючи формуванню наукових концепцій, гіпотез, прогнозів, екстраполяції. Одночасно вони служать для перевірки, конкретизації, коригування теоретичних побудов, їх узгодження з реальними об'єктами і ситуаціями, виявлення аномалій, тощо.

Проявами взаємодії з іншими моделями служать математико-картографічне моделювання, цифрова обробка і перетворення геозображень, ГІС-моделювання. За геозображенням створюють цифрові бази даних, на їх основі будують математичні моделі, потім похідні геозображення, а далі – ланцюжок нових перетворень і нових комп'ютерних моделей. Взаємодія геозображень з математичними моделями і комп'ютерною графікою становить суть геоінформаційного моделювання.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. ГІС: визначення, поняття.
2. Поняття просторових даних, БД і СУБД.
3. Природа географічних даних, просторові зв'язки.
4. Координатні і атрибутивні дані.

5. Типи даних, що складають інформаційну основу ГІС.
6. Зв'язок ГІС з науковими дисциплінами і технологіями.
7. Типові питання, на які відповідає ГІС.
8. Функціональна структура ГІС.
9. Відмінності ГІС від інших автоматизованих систем.
10. Класифікація ГІС.
11. Сфери застосування ГІС.
12. Застосування ГІС в природоохоронній діяльності.
13. Основні вимоги, що пред'являються до ГІС. Завдання ГІС.
14. Визначення положення точок на поверхні Землі. Системи координат.
15. Номенклатура і розграфка топографічних карт.
16. Види проєкцій земної поверхні.
17. Проєкційні перетворення. Найбільш часто використовувані проєкції.
18. Загальні принципи побудови моделей даних в ГІС.
19. Оверлейні структури.
20. Картографічні основи ГІС-технологій.
21. Взаємозв'язки між просторовою і атрибутивною інформацією.
22. Базові типи просторових об'єктів.
23. Моделі просторових даних, що застосовуються в ГІС.
24. Растрова модель даних.
25. Квадратомітрична модель даних.
26. Основні колірні моделі.
27. Векторні (топологічна і нетопологічна) моделі даних.
28. Мережі TIN і полігони Тіссена.
29. Порівняння растрової і векторної моделей даних.
30. Растрово-векторні перетворення.
31. Технічні засоби введення позиційної інформації.
32. Цифрування: способи і етапи.

РОЗДІЛ 3

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ В ГІС

3.1 Форми видачі результатів у ГІС технологіях

У ГІС-технологіях передбачаються різноманітні форми видачі результатів: у вигляді карт, схем, таблиць, зведень, вибірок.

Для оперативних цілей карти виводяться на екран. Це привабливо для відображення динаміки явищ – можуть бути картографічні фільми, коли одна карта, змінюючи іншу, допомагає усвідомити хід процесу. Цікаві результати виходять при використанні мультиплікації, наприклад для імітації динамічних ситуацій забруднення навколишнього середовища.

Ідея спільного розгляду різних геозображень еволюціонувала від визнання схожості моделей до виділення «серії послідовних перетворень», «єдиних рядів» і, нарешті, до осмислення їх як цілісної системи.

Один з варіантів такої системи представлений на наступному рисунку у вигляді «квадрата геозображень», в схематизованому вигляді ілюструє послідовні зміни властивостей в системі геозображень. У кутах квадрата поміщені: карти (К), знімки (С), блокові геозображення (Б), анімації та фільми (Ф). Сторони квадрата і його діагоналі розглядаються як осі, уздовж яких відбуваються більш-менш плавні взаємопереходи властивостей геозображень.

Уздовж осі КС спостерігається поступове зменшення знаковості зображень і наростання їх знімкових властивостей. На додаток до геометричних з'являються і посилюються оптичні змінні. Так, топографічні, тематичні фотокарти і космо-фотокарти поєднують в собі повне картографічне навантаження і фотографічне зображення. Іконокарти за властивостями ближче до знімків, в цьому ж ряду знаходяться і так звані «перспективні» карти, фотоплани, фотопортрети місцевості (вони не показані на схемі) і інші геозображення, що утворюють як би ланцюжок моделей, що послідовно змінюють свої властивості по осі «знаковість – копіювальність».

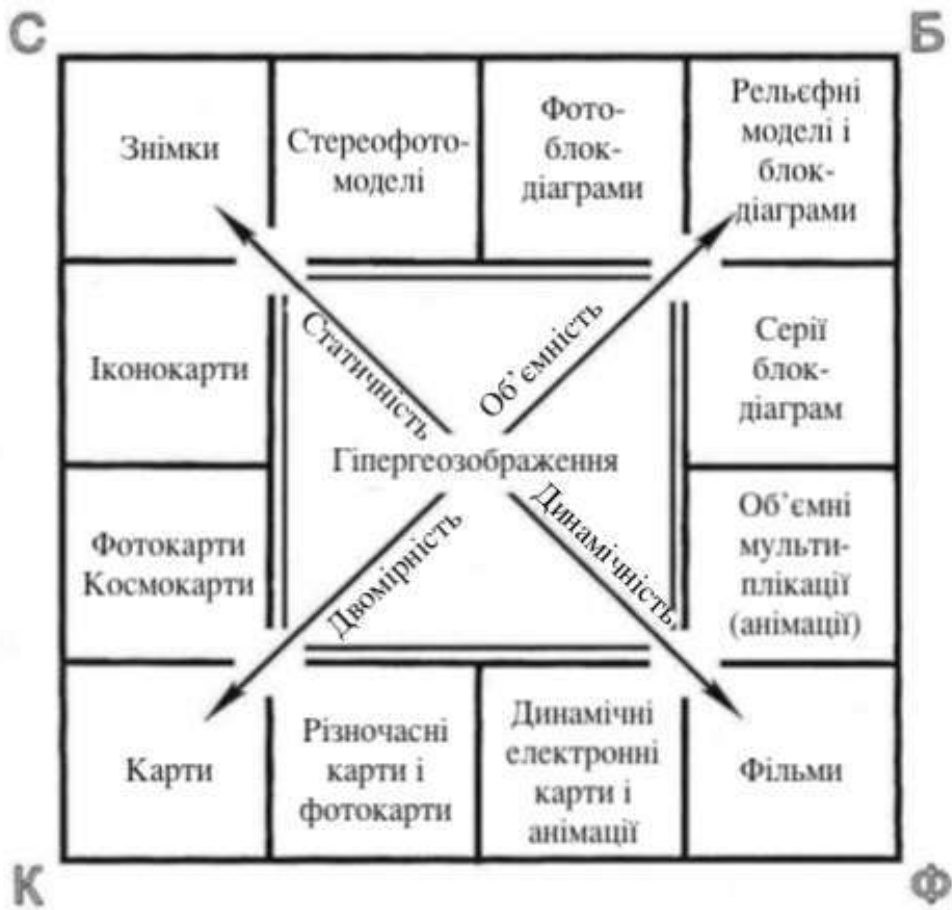


Рис. 3.1 – «Квадрат геоображень»

Вісь СБ характеризує перехід від плоских знімків до блок-діаграм і рельєфних моделей через стереофотограметричні моделі і фото-блок-діаграми. На цьому траверсі розташовуються і різного роду фоторель'єфи, голограми та інші моделі, в яких варіюють розмірність і властивості копіювальності. Одна з діагоналей квадрата КБ також символізує наростання властивостей пластичності, рельєфності картографічних зображень в такій, наприклад, послідовності: карти з гіпсометричним забарвленням і відмиванням – фізіографічні карти – анагліфи – блок-діаграми – рельєфні моделі і голограми.

На осі БФ розташовуються геоображення з різними співвідношеннями властивостей об'ємності і динамічності. Це серії комп'ютерних блок-діаграм, об'ємні анімації. Ось КФ характеризує наростання динамічних властивостей картографічних зображень: звичайні карти – серії різночасових карт – динамічні електронні карти – анімації – картифільми. А по траверсу СФ відбувається перехід від статичних знімків до анімацій і фільмів.

У 1960х рр. французький семіолог і картограф Ж. Бертен розробив теорію графічних змінних. Він назвав шість змінних, тобто елементарних графічних засобів, що використовуються для побудови знакових систем:

- форма;
- розмір;
- орієнтування;
- колір;
- насиченість;
- внутрішня структура знаків.

Мова сучасних геообразень (електронних карт, знімків, тривимірних моделей, комп'ютерних анімацій, віртуальних моделей) підпорядкований загальним законам мови карти, але в кожному разі має свої особливості. В даний час уявлення про графічних змінних розширені, система геообразень може включати різні візуальні й аудіозмінні.



Рис. 3.2 – Властивості геообразень

Використання фотозображень привносить в геосеміотику такі графічні (оптичні) змінні, як яскравість, текстура (зернистість, смугастість, тощо), Контраст, колір, тон і світлотінь. Для тривимірних геозображень додаються ракурс, перспектива, пластичність і розподіл тіней.

Одне з найефектніших засобів формування геозображень – це динамічні графічні змінні. Комп'ютерні анімації і віртуальні моделі мають в цьому відношенні різноманітний арсенал. До числа динамічних графічних змінних відносяться всі ефекти поступового переходу від одного об'єкта (або стану) до іншого.

Серед них – тривалість, швидкість змін, включаючи зміну положення і атрибутів, порядок, періодичність, «фаза», «ритмічний повтор» або «миготіння» знаків. Найбільш вживані відеозмінні:

- переміщення знаків (об'єктів) в просторі геозображення;
- рух стрілок (векторів), що вказують напрямок переміщення, якісні особливості і структуру потоків, міграцій, тощо;
- дефілірування кольору, тобто поступова зміна або пульсація забарвлення, вібрація кольору (наприклад, при показі ареалів небезпечних явищ);
- миготіння знаків, що привертає увагу до будь-якого важливого об'єкту, наприклад до джерела підвищеної небезпеки;
- панорамування зображення, зміна ракурсу та перспективи.

У технологіях створення віртуальних геозображень застосовуються, крім того, такі специфічні графічні засоби моделювання зовнішнього середовища, як освітленість або затінення всій території або окремих її ділянок, стан земних покривів (трав'яний, сніговий покрив, тощо).

Нарешті, до аудіозмінних відносяться звучання мови (читання текстових пояснень, спливаючі підказки) і музичний супровід (наприклад, виконання мелодії, що створює весняний настрій, гімну країни, і тому подібне). Для посилення ефекту реалістичності застосовують звукові записи із записами: гуркоту вулкана, руху поїздів, співу птахів.

Таким чином, відбувається перехід до мультимедійних засобів картографічного моделювання.

3.2 Дистанційне зондування Землі

Ефективну роботу сучасних ГІС важко уявити без супутникових методів дослідження територій нашої планети. Космічні знімки отримують з висоти понад 100 км, тобто при русі носія апаратури поза основними шарами атмосфери, в космічному просторі, з ракет, пілотованих космічних кораблів і орбітальних станцій, автоматичних штучних супутників Землі та інших космічних апаратів. Зйомка з космосу має дві основні особливості:

- виконується з орбіт, параметри яких впливають на властивості знімків;
- проводиться з великої відстані через товщу атмосфери.

У порівнянні з літаком космічний апарат має обмежені можливості маневрування.

Дистанційне зондування (ДЗ) – наукова дисципліна, заснована на зборі інформації про поверхні Землі без фактичного контактування з нею. Процес отримання даних про поверхню включає в себе зондування і запис інформації про відбиту або випромінювану об'єктами енергію з метою подальшої обробки, аналізу та практичного використання.

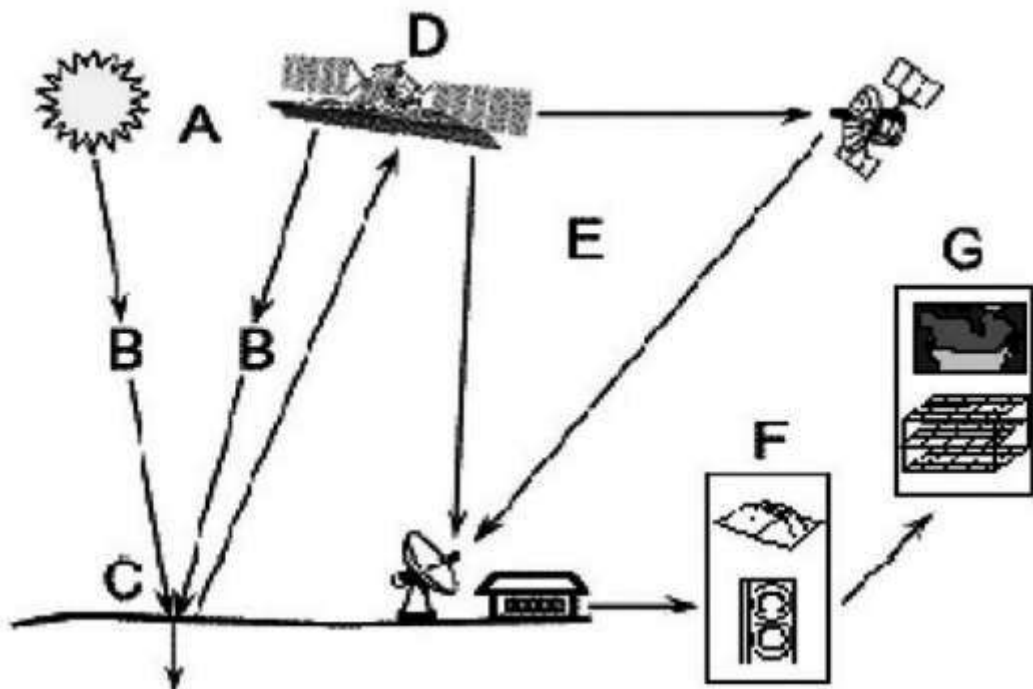


Рис. 3.3 – Етапи процесу дистанційного зондування

1. Наявність джерела енергії або освітлення (А) – це перша вимога дистанційного зондування, тобто повинно бути джерело енергії, яке висвітлює або підживлює енергією електромагнітного поля об'єктів, що представляють інтерес для дослідження.

2. Випромінювання і атмосфера (В): випромінювання, що поширюється від джерела до об'єкта, частина шляху проходить крізь атмосферу Землі. Цю взаємодію необхідно враховувати тому, що характеристики атмосфери впливають на параметри енергетичних випромінювань.

3. Взаємодія з об'єктом дослідження (С): характер взаємодії падаючого на об'єкт випромінювання сильно залежить від параметрів – як об'єкта, так і випромінювання.

4. Реєстрація енергії сенсором (D): випромінювання, що випускається об'єктом дослідження, потрапляє на віддалений високочутливий сенсор, і потім отримана інформація записується на носій.

5. Передача, прийом і обробка інформації (E): інформація, зібрана чутливим сенсором, передається в цифровому вигляді на приймаючу станцію, де дані трансформуються в зображення.

6. Інтерпретація і аналіз (F): оброблене зображення інтерпретується візуально або за допомогою ЕВМ, після чого із нього витягується інформація щодо досліджуваного об'єкта.

7. Застосування отриманої інформації (G): процес дистанційного зондування досягає завершення, коли ми отримуємо потрібну інформацію щодо об'єкта спостереження для кращого розуміння його характеристик і поведінки, тобто коли вирішена якась практична задача.

Виділяють наступні основні області застосування супутникового дистанційного зондування (СДЗ):

- створення «супутникових карт»;
- отримання інформації про стан навколишнього середовища та землекористування;
- оцінка врожаю сільгоспугідь;

- вивчення флори і фауни;
- оцінка наслідків стихійних лих (землетрусів, повеней, пожеж, епідемій, вивержень вулканів);
- оцінка збитку при забрудненні суші й водою;
- океанологія.

Дистанційні методи діляться на активні й пасивні. При використанні активних методів супутник посилає на Землю сигнал власного джерела енергії (лазера, радіолокаційного передавача), реєструє його відображення. Пасивні методи являють собою реєстрацію відбитої від поверхні об'єктів сонячної енергії або теплового випромінювання Землі.

3.3 Властивості космічних знімків

Універсальною формою подання інформації при космічних дослідженнях є знімок – двовимірне зображення, отримане в результаті дистанційної реєстрації технічними засобами власного або відбитого випромінювання і призначене для виявлення, якісного або кількісного вивчення об'єктів, явищ і процесів шляхом дешифрування, вимірювання та картографування.

Оглядовість знімків. Космічні знімки в порівнянні з аерознімками охоплюють істотно більшу площу, тобто мають властивості великої оглядовості. При цьому великі регіони охоплюються одноразово при одних і тих же умовах. З'являється можливість вивчення регіональних і зональних закономірностей, глобальних явищ, вести дослідження в планетарному масштабі.

Комплексне відображення компонентів геосфери. Спільне відображення різних компонентів геосфери – літосфери, гідросфери, біосфери і атмосфери – дає можливість вивчити їх зв'язки, причому набір цих компонентів збільшується і в висоту і в глибину за рахунок того, що завдяки великій висоті зйомки на космічних знімках відображається хмарний покрив планети, а внаслідок генералізації зображення на них знаходять відображення

глибинні геологічні структури, які не виявляються при аерофотографіях. Знімки забезпечують вивчення атмосферних процесів, взаємодії атмосфери і океану, проявів гідродинаміки – течій, фронтальних зон в океані.

Регулярна повторюваність знімків. Космічні методи забезпечують регулярну повторюваність зйомки з інтервалом в роки, місяці, тижні, дні та години, що важко реалізувати при аерозйомки. Важливе значення моделей знімків полягає в тому, що вони являють собою просторово-часові моделі, що дозволяють вивчити тимчасові зміни, використовуючи концепцію просторово-часових рядів.

Існують обставини, що ускладнює роботу зі знімками, в основному вони пов'язані з геометричними властивостями знімків, перш за все з особливістю проєкцій космічних зображень. У цьому відношенні космічні знімки різні в залежності від технології їх отримання. Для фотографічних знімків характерна центральна проєкція, для сканованих (інфрачервоних теплових, мікрохвильових знімків) – особлива проєкція, близька до центральної в межах кожного рядка сканування, яка ускладнюється не одномоментним отриманням знімка, оскільки під час сканування рухається носій апаратури та об'єкту зйомки (з рухом Землі). Геометрія радіолокаційних знімків залежить від відстані від знімальної апаратури до об'єкта зйомки (фіксованої під час проходження радіосигналу). У всіх цих випадках також позначається кривизна земної поверхні і рельєф поверхні.

3.4 Атмосферні перешкоди при отриманні космознімків

Зйомка з космосу ведеться через товщу атмосфери, що викликає ускладнення різного характеру: екрануючий вплив хмарності, поглинання сонячних променів певних довжин хвиль атмосферою, розсіювання промінів, вплив атмосферної димки та ін.

1. **Хмарність** являє найбільші перешкоди для зйомки в оптичному діапазоні. У кожен момент часу вона закриває більше 50 % поверхні земної кулі. Деякі райони Землі залишаються закритими більшу частину року. Супутнику

LandSat потенційно достатньо 18 діб, щоб покрити зйомкою поверхню Землі, але потрібно більше 10 років для реального отримання знімків всій поверхні планети.

2. Поглинання променів атмосферою. Навіть при безхмарному небі зйомку доводиться вести через всю товщу атмосфери, яка поглинає частину променів. Поглинання залежить від довжини хвилі випромінювання. Зйомку виконують в ділянках спектра, де електромагнітне випромінювання не поглинається, в так званих «вікнах прозорості» атмосфери. Велике вікно прозорості (0,4 – 1,3 мкм) припадає на видимий і ближній інфрачервоний діапазон; в тепловому інфрачервоному діапазоні три вузьких вікна, і тут можливе використання обмеженого набору довжин хвиль. Найбільша прозорість спостерігається при радіодіапазоні (від сотень кГц до десятків МГц).

3. Розсіювання променів, атмосферний серпанок. Вплив атмосфери складається також в розсіюванні променів атмосферою, неоднакове в різних спектральних діапазонах. Атмосферний серпанок найбільш сильно проявляється у синій, блакитній зонах спектра. Вона знижує контрасти зображення на космічних знімках, спотворює колір об'єктів при зйомці на кольорову плівку. Її необхідно враховувати при фотометричних спектральних визначень по багатозональним знімкам.

3.5 Супутники ДЗЗ

Зйомку роблять з певною орбіти. Параметри орбіти й швидкість космічного корабля зазвичай відомі, тому може бути знайдено його просторове положення в заданий момент фотографування.

Таблиця 3.1 – Основні орбіти штучних супутників Землі

Орбіта	Висота, км	Орбітальна швидкість, км/сек	Період обертання
Опорна орбіта	100	7,8	1 г 26 хв
Пілотуємі апарати (МКС)	350	7,7	1 г 31 хв
Супутники ДЗЗ	700	7,5	1 г 39 хв
GPS, ГЛОНАСС	20 000	3,9	12 хв
Геостационарна орбіта	36000	3,1	24 хв

На висотах до 400 км тертя атмосфери відчутно, супутники постійно відчувають легке гальмування і його вистачає, щоб за тижні і місяці знизити орбіту супутника до торкання щільних шарів атмосфери (90 км) і зриву в некерований спуск з різко зростаючим тертям. Для низьких орбіт (МКС) час від часу включаються двигуни для підйому орбіти. Вище 450 км супутники можуть літати роками без корекції орбіти.

У орбіти є наступні параметри, що впливають на знімки земної поверхні:

1. **Форма** орбіт, обумовлена законами небесної механіки, в залежності від швидкості руху корабля, може бути круговою, еліптичною, параболічною і гіперболічною. Незамкнуті параболічні і гіперболічні орбіти використовуються для виведення космічних апаратів до інших планет, а спостереження за Землею виробляється зазвичай з кругових і еліптичних орбіт (замкнутих). Для зйомки найкращими є кругові орбіти, у яких висоти в перигеї і апогеї близькі. Кругова орбіта забезпечує однакову висоту зйомки земної поверхні.

2. **Нахил**, який визначається кутом і між площиною орбіти і площиною екватора. Розділяють орбіти екваторіальні ($i = 0$), полярні ($i = 90$) і похилі.

3. **Висота**. Можна виділити три групи найбільш часто використовуваних орбіт: з висотами 100–500, 500–2000 і 36000–40000 км. Перша – це орбіти пілотованих кораблів і орбітальних станцій, для них найбільш характерні висоти 200–400 км. Друга включає орбіти ресурсних і метеорологічних супутників; для ресурсних супутників характерні висоти 600, 900 км, для метеорологічних – 900–1400 км. Третя група – це орбіти геостаціонарних супутників; кутова швидкість руху супутника в них дорівнює швидкості обертання Землі, і тому супутник рухається синхронно з підсупутниковою точкою земної поверхні.

4. **Період обертання**. Від часу обороту супутника навколо Землі залежить число витків на добу і відповідно межвиткова відстань, що визначає можливість перекриття знімків сусідніх трас.

Якщо траси щодоби повторюються (такі орбіти називаються добовими періодичними, що буває при періоді обертання, кратному 24 год), то і розриви в

зйомці будуть зберігатися. Тому для зйомки розраховують орбіти таким чином, щоб невеликий добовий зсув трас забезпечував зйомку протягом наступних діб без розривів і з деяким перекриттям. Це можливо на так званих квазіперіодичних орбітах з певним добовим зрушенням траси супутника на ширину зони охоплення зйомкою з урахуванням необхідного перекриття смуг огляду.

5. Положення орбіти по відношенню до Сонця. Для космічних зйомок велике значення має здатність орбіти зберігати постійну орієнтацію на Сонце. Гідність таких сонячно-синхронних орбіт, у яких кут між площиною орбіти і напрямом на Сонці залишається постійним, полягає в тому, що вони забезпечують однакову освітленість земної поверхні вздовж траси польоту космічного апарату.



Рис. 3.4 – Зміщення смуги сканування в наслідок обертання Землі

Таким чином, для глобальної зйомки Землі доцільно використовувати орбіти, що одночасно є круговими, полярними, квазіперіодичними й сонячно-синхронними.

У разі наявності на борту супутника приладів, що мають різні по ширині смуги огляду (з різною роздільною на місцевості), розраховуються такі

орбіти, які могли б забезпечити повне покриття поверхні Землі зйомкою за допомогою кожного виду апаратури.

3.6 Електромагнітні діапазони сканування

Таблиця 3.2 – Електромагнітні діапазони, що використовуються для дистанційного зондування Землі

Назва	Діапазон
Видимий діапазон	0,4–0,74 мкм
Ближній інфрачервоний	0,74–2,5 мкм
Середній інфрачервоний	2,5–50 мкм
Тепловий діапазон	50–2 000 мкм
Мікрохвильовий діапазон	1–100 мм
Радіохвилі	0,1–100 см

3.6.1 Видимий и ближній інфрачервоний діапазон

Можливість зйомки в світловому діапазоні обумовлюється прозорістю атмосфери для хвиль від 0,4 до 1,3 мкм. Видимий й ближній інфрачервоний світловий діапазон включає 0,4–0,75 й 0,75–2,5 мкм світловий діапазон. Промені майже повністю пропускаються атмосферою, й сюди доводиться майже вся енергія сонячного випромінювання. Однак серйозна перешкода – це хмарність. Крім того, розсіювання призводить до викривлення, особливо в короткохвильовій блакитній частині спектра, й до зниження контрастності. Якість знімків залежить від способу їх отримання й передачі.

Сонячні промені, падаючи на земну поверхню, по-різному віддзеркалюється від неї відповідно до спектральної відбивної здатності об'єкта. Відбита сонячна радіація сприймається оком, чутливим саме до випромінювання видимого діапазону; завдяки виборчому віддзеркаленню розрізняють колір спостережуваних об'єктів. Використання фотоелектричних приймачів дозволяє розширити зйомку або сканування на ближній інфрачервоний діапазон.

Фотографічні знімки. Раніше використовувалася традиційна фотографує система (об'єктив + фотоплівка). Експонування відбувалося в космосі,

фотографічна обробка – на Землі. Плівка на Землю потрапляла або в скинутих контейнерах, або при посадці супутника. Зараз використовується цифрова фотографія і зображення передають на Землю за допомогою радіозв'язку.

Телевізійні та сканерні знімки. Телевізійна і сканерна зйомка дозволяє систематично отримувати зображення і передавати їх на Землю на приймальні станції. Використовуються кадрові і скануючі системи. У першому випадку це телевізійна камера, в якій оптичне зображення, побудоване об'єктивом на екрані, перекладається в форму електричного сигналу і по радіоканалах передається на землю. У другому випадку дзеркало сканера хитається на борту і вловлює відбитий від Землі світловий потік, що надходить на скануючу матрицю.



Рис. 3.5 – Сканування земної поверхні із супутника ДЗЗ

Сканер з циліндричною розгорткою в принципі є маятник, закріплений в одній точці і який коливається поперек напрямку руху. На кінці маятника в його фокальній площині встановлений об'єктив з точковим фотоприймальним пристроєм. При русі апарату над Землею з виходу фотоприймального пристрою знімається сигнал, пропорційний освітленості в видимому або ближньому ІК-

діапазоні тої ділянки земної поверхні, на яку в даний момент спрямована вісь об'єктива. На практиці сканер нерухомий, а гойдається (обертається) дзеркало, відображення від якого через об'єктив потрапляє в фотоприймальний пристрій.

Лінійний сканер містить розташовані в лінію тисячі нерухомих фоточутливих елементів. На неї через об'єктив фокусується зображення земної поверхні, всі елементи знаходяться в фокальній площині. Лінійка, орієнтована поперек напрямку руху супутника, переміщається разом з ним, послідовно «зчитуючи» сигнал, пропорційний освітленості різних ділянок поверхні і хмар. Лінійні сканери на приладах із зарядним зв'язком працюють у видимому і ближньому ІК-діапазонах. Перетворені сигнали сканера по радіоканалах передаються на Землю. На прийомних станціях записуються у вигляді зображень.

Найбільш відомий проект дистанційного зондування, і зокрема отримання супутникових фотознімків Землі, – програма Landsat. Перший з супутників в рамках програми був запущений в 1972 р Супутники Landsat постачають знімки в різних спектральних діапазонах в залежності від встановленої апаратури (мультиспектральні і панхроматичні відеокамери, скануючі мультиспектральні сканери, тощо). Зараз найбільш технічно досконалою є комерційна система ДЗЗ подвійного призначення компаній GeoEye і DigitalGlobe, яким належать кілька супутників субметрової роздільності (0,41–0,8 м).

В даний час найбільшими за чисельністю, типам космічних апаратів й розв'язуваними задачами є системи ДЗЗ США, країн Європи, Китаю, Індії.

3.7 Тепловий, мікро і радіодіапазони Знімки в тепловому інфрачервоному діапазоні

Тепловий інфрачервоний діапазон від 3 до 1 000 мкм, але більша частина не пропускається атмосферою, існують три вікна прозорості: 3–5, 8–14, 30–80 мкм. Перші два використовуються для ДЗЗ. Інтенсивність випромінювання Сонця в цьому діапазоні незначна, але зате на хвилі довжиною 10–12 мкм доводиться максимум власного теплового випромінювання Землі. Оскільки у різних

об'єктів земної поверхні (суші, води, по-різному зволжених ґрунтів, тощо) воно неоднаково, є можливість судити про характер випромінюючих об'єктів.

Теплові інфрачервоні радіометри дають сигнали різної сили для об'єктів з різною температурою. При побудові по цих сигналах зображення – теплового інфрачервоного знімка – отримують температурні відмінності об'єктів зйомки. Зазвичай на таких знімках холодні об'єкти виглядають світлими, теплі – темними. Температурна роздільність складає десяті частки градуса. Зйомки можна вести вночі, в умовах полярної ночі. Хмарність заважає зйомці тому, що реєструється температура не земної поверхні, а хмар.

3.7.1 Знімки в мікрохвильовому і радіодіапазоні

За допомогою мікрохвильових радіометрів фіксується мікрохвильове випромінювання різних об'єктів – радіояскраві температури. Таким чином можна розрізнити різні по вологості ґрунту, води з різним ступенем солоності, об'єкти з різною кристалічною структурою, промерзання ґрунтів. На таких знімках по-різному виглядають морські льоди різного віку – багаторічні та однорічні, які можуть не відрізнитися на звичайних оптичних знімках.

Для дистанційного дослідження Землі використовується радіодіапазон з довжинами від 1 см до декількох метрів. Атмосфера Землі прозора для таких хвиль. При зйомці фіксується або власне випромінювання Землі (пасивна радіометрія), або відбите штучне випромінювання (активна радіолокація), в результаті виходять радіометричні й радіолокаційні знімки. При активній радіолокації на носії встановлюється активне джерело радіовипромінювання з антеною, що діє за принципом перегляду місцевості уперек лінії маршруту. Відправляємий на Землю радіосигнал по-різному відбивається поверхнею і вловлюється апаратурою.

При розмірах нерівностей поверхні менше напівдовгої хвилі поверхня об'єкта для радіохвиль як би гладка («дзеркалить») і зображується на радіолокаційних знімках найбільш темним тоном (піщані пляжі, солончаки, гладка водна поверхня). При розмірі нерівностей більше напівдовгої хвилі відбувається розсіювання і дифузне відображення енергії, залежне від величини

нерівностей, їх форми, орієнтування по відношенню до радіохвилі. Вони зображуються сірим тоном різної щільності. Рослинність збільшує поглинання радіохвиль і зображується світлим тоном. Таке радіолокаційне зондування ведуть, використовуючи хвилі сантиметрового діапазону. Генеруючи хвилі різної довжини, можна отримувати різну інформацію про об'єкти.

Радіолокатори підповерхневого зондування працюють в діапазоні довжин хвиль від 1 до 30 м. Вони виявляють підповерхневі неоднорідності ґрунтів. Наприклад, в діапазоні 0,5–1 м фіксуються прісні ґрунтові води в пісках на глибині до 20 м. Можуть бути виявлені поклади залізних руд та інші корисні копалини.

Радіолокаційні знімки можуть застосовуватися в океанології для вивчення хвилювання і вітрів, в геології, гідрогеології, в сільському господарстві, для вивчення міст.

Пасивна і активна зйомка в радіодіапазоні всепогодні через абсолютну прозорість атмосфери для хвиль цього діапазону. Вона може проводитися вночі, при хмарності, дощі, тумані.

На знімки у видимому та інфрачервоному діапазоні припадає майже 80% всієї інформації, що надходить з космосу. Знімки теплового інфрачервоного й радіодіапазону нещодавно стали отримувати з високою якістю, й поступово їх значення зростає.

3.8 Наземна апаратура для ДЗЗ

У наземного компонента дистанційного зондування є два основні завдання.

1. Управління та відстеження руху:

- в центрах управління розміщена апаратура контролю функціонування супутника, управління, програмування;
- в декількох точках земної кулі розміщується апаратура телеметрії (уточнення координат і траєкторії руху супутника).

2. Отримання інформації:

– в декількох точках земної кулі розміщуються центри прийому супутникової інформації. Центри прийому можуть не належати власникам супутника, а приймати дані по ліцензії або на безкоштовній основі;

– апаратура прийому базується на застосуванні параболічних антен, які переміщують осьовий напрямок антени точно у напрямку до рухомого супутнику;

– оскільки висота орбіти супутників ДЗЗ відносно невелика, то передача можлива на обмеженій ділянці траєкторії над центром прийому (в зоні радіовидимості) і, як правило, з дуже високою щільністю потоку.

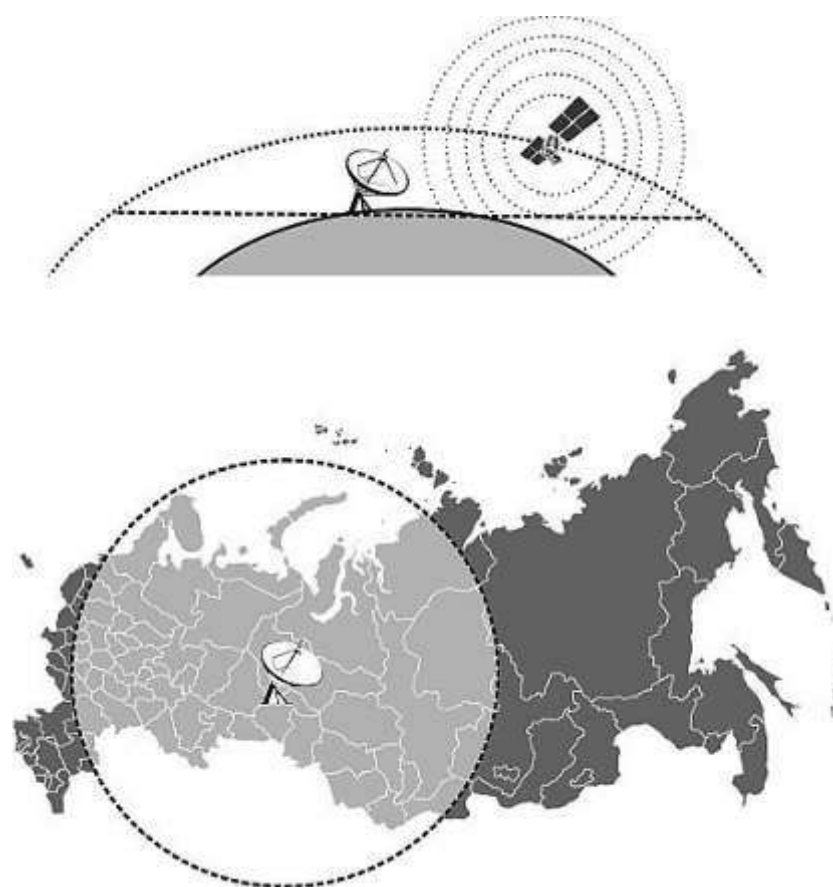


Рис. 3.6 – Зона прийому супутникової інформації

3.8.1 Інтерпретація даних дистанційного зондування

У практичній роботі представляє інтерес поділ знімків за такими параметрами, як масштаб, оглядовість, роздільність на місцевості, детальність зображення, які впливають на дешифруємість знімка та можливість його використання для тематичного картографування.

3.8.2 Викривлення та основні операції для їх виправлення

Основні проблеми зйомки з орбіти

Великий обхват території одним знімків призводить до викривлень, пов'язаних зі сферичністю земної поверхні. Для оцінки планових зсувів точок фотознімку, викликаних кривизною Землі, необхідно вносити корекцію при обробці. Крім того, можливі спотворення через рельєф земної поверхні.

Зйомка з космосу ведеться через товщу атмосфери, що викликає ускладнення різного характеру: екрануючий вплив хмарності, поглинання сонячних променів певних довжин хвиль атмосферою, розсіювання променів, вплив атмосферної димки, тощо. Один з основних напрямків в інтерпретації матеріалів ДДЗ полягає у приведенні їх до форми, зручної для вирішення різних наукових, практичних і господарських завдань. Для цього існує деяка послідовностей операцій:

- розпізнавання (дешифрування);
- класифікація за ознаками (декомпозиція);
- попередня корекція;
- уніфікація вхідних даних;
- цифрове моделювання;
- корекція моделей;
- надання інформації;
- геокодування;
- геокодування з корекцією місцевості;
- злиття зображень;
- побудова карти по зображеннях;
- поєднання різнодіапазонних зображень.

Рішення задач обробки ДДЗ лежать в області теорії розпізнавання образів, цифрової обробки зображень, фотограмметрії. Крім того, існує ряд специфічних питань, пов'язаних з обробкою ДДЗ:

- перетворення форматів;
- орторектифікація.

При орторектифікації центральна (конічна) проекція знімка перетворюється в ортогональну (прямокутну) і приводиться до єдиного масштабу, таким чином усуваються помилки, обумовлені нахилом камери і рельєфом.

3.8.3 Розпізнавання образів

Використання карт, дешифрування знімків, аналіз відео зображень – це розпізнавання і аналіз графічних образів, їх вимірювання, перетворення, порівняння, тощо. Розпізнавання графічних образів, тобто створення системи вирішальних правил для їх ідентифікації, класифікації та інтерпретації, – це одна з основних задач геоінформатики.

Розпізнавання – це віднесення конкретного об'єкта (реалізації), представленого значеннями його властивостей (ознак), до одного з фіксованого переліку образів (класів) по певному вирішальному правилу відповідно до поставленої мети.

Ідентифікація об'єктів заснована на знаходженні візуальних відмінностей між об'єктами, таких як відмінність в колірному тоні, формі, розмірі, текстурі, тіні, структурі, асоціації.

– Кольоровий тон. За допомогою тону на зображенні стають помітні об'єкти з різною формою, розміром, текстурою.

– Форма відноситься до загального обрису, структури індивідуальних об'єктів.

– Розмір об'єктів у зображенні – функція масштабу. Важливо оцінити розмір об'єкта щодо інших об'єктів в сцені, так само як і абсолютний розмір.

– Структура відноситься до просторового розташування помітних об'єктів. Прикладом структури можуть бути сади з рівномірно розподіленими деревами або міські квартали з регулярними проміжками між будівлями.

– Текстура відноситься до розташування і частоти тональної зміни в окремих областях зображення. Гладкі текстури – це найбільш часто зустрічаємі результати відображення однорідних поверхонь, таких як поля або асфальт.

– Тінь здатна постачати інформацією щодо профілю і висоти об'єктів. Однак тіні можуть також ускладнювати інтерпретацію об'єктів.

– Асоціація бере до уваги залежність між іншими розпізнаваними об'єктами або їх особливостями поблизу об'єкта, що спостерігається.

Основними функціями для програм, призначених для розпізнавання даних дистанційного зондування, є наступні:

- імпорт і експорт різних форматів растрових зображень;
- географічна прив'язка;
- радіометрична корекція (облік впливу сканера, видалення смуг, збійних рядків і атмосферної димки на одержуване зображення і тощо);
- підвищення якості зображення;
- класифікація зображень;
- аналіз рельєфу (генерація ухилів, напрямків, затінення рельєфу і перспективних видів по топографічним даними).

3.9 Глобальні системи позиціонування

Global Positioning System (глобальна система позиціонування) складається з мережі супутників, які в безперервному режимі посилають електромагнітні сигнали на Землю. Використовуючи спеціальний приймач такого випромінювання, що вимірює відстань до супутників, можна з установленою точністю (від декількох метрів до декількох міліметрів) визначити місце розташування об'єкта (координати).

В даний час використовуються GPS-приймачі, розмір яких можна порівняти з розміром стільникового телефону. GPS-модулі, що складаються з чипа і антени, ціною в кілька доларів, можуть бути поміщені в стільникові телефони, планшети та інші електронні пристрої та використовувати їх компоненти для роботи. При цьому GPS-приймач не тільки повідомляє користувачеві координати знаходження (широта і довгота), але і відображає місце розташування на електронній карті поряд з містами, транспортними магістралями і багатьма іншими об'єктами.

Крім визначення трьох поточних координат (довгота, широта і висота над рівнем моря), GPS забезпечує:

- визначення трьох складових швидкості об'єкта;
- визначення точного часу;
- прийом і обробку допоміжної інформації.

GPS складається з трьох частин:

- космічного сегмента,
- сегмента управління і контролю,
- сегмента користувачів.

GPS складається з більш ніж 24 супутників, що обертаються по 6 кругових орбітах на висоті близько 20 тис. км над рівнем моря з нахилом 55°, і мережі спеціальних наземних станцій спостереження, які забезпечують регулярне визначення параметрів руху супутників і корекцію бортової інформації про їх орбіти.

Кожен сучасний супутник на своєму борту несе високотехнологічне обладнання, основу якого складають:

- атомний годинник,
- сонячні батареї,
- антена короткохвильового діапазону для управління супутником,
- антена довгохвильового діапазону для зв'язку з користувачем.

До завдань сегмента управління і контролю входить стеження за супутниками для визначення параметрів їх орбіт (ефемерид) і поправок годин щодо системного часу GPS, прогноз орбіт супутників і їх розташування на орбітах, тимчасова синхронізація годин, завантаження навігаційного повідомлення в бортові комп'ютери супутників.

Призначений для користувача сегмент — це сукупність супутникових приймачів, які перебувають в роботі.

Типова точність сучасних GPS-приймачів в горизонтальній площині складає приблизно 5–10 м при хорошій видимості супутників.

Шляхом застосування глобальних або регіональних коригувальних систем можна досягти точності близько 1 м.

Існує клас систем, які засновані на відносній навігації. Якщо є точка, координати якої геодезичними методами відомі з дуже високою точністю, ми можемо прив'язати цю точку до навігаційного приймача. Відповідно, щодо цієї точки можна розрахувати поточну похибку між ідеальними координатами, які виміряні за допомогою геодезичних методів, і тими координатами, які він обчислює на підставі супутникових сигналів. І цю різницю застосувати до вимірювань іншого GPS-приймача. Так можна на відстані від початкової точки, що вимірюється десятками кілометрів, мати буквально міліметрову точність вимірювання координат.

Загальним недоліком використання будь-якої радіонавігаційної системи є те, що при певних умовах сигнал може не доходити до приймача або приходити із значними викривленнями (всередині залізобетонної будівлі, в тунелі, під щільні листя дерев). Нормальному прийому сигналів GPS можуть пошкодити перешкоди від наземних радіоджерел, від магнітних бур.

3.10 Основні ідеї

1. Місцевизначення по відстані до супутників. Знаючи координати навігаційних супутників і вмюючи вимірювати відстань до них, можна визначити координати спостерігача. Наприклад, якщо відомо відстань до навігаційного супутника в 11 тис. км, то ми знаходимося десь на уявній сфері радіусом в 11 тис. км з центром, що збігається з цим супутником. Якщо одночасно з цим відстань до іншого супутника складає 12 тис. км, то наше місце розташування буде десь на колі, що є перетином двох таких сфер. І, нарешті, знання дальності до третього супутника скоротить кількість можливих точок місцезнаходження до двох, одна з яких буде знаходитися десь далеко в космосі (її можна відкинути), а інша – на поверхні Землі.

2. Вимірювання відстані до супутника. Навігаційний приймач вимірює час, за який радіосигнал доходить від супутника, а потім з цього часу обчислює відстань (швидкість, помножена на час руху). Головними труднощами при

вимірюванні часу проходження радіосигналу є точне виділення моменту його передачі з супутника.

3. Досконала тимчасова прив'язка. Щоб уникнути тимчасових помилок, на супутнику встановлюють дорогі атомні годинники, точність яких складає наносекунди. Мати такий самий годинник в приймачі занадто дорого. Однак можна обійтися і простим годинником, якщо вимірювати дальність не до трьох, а до чотирьох супутників. В цьому випадку чотири неточних вимірювання (з «неналагодженими» годинами) дозволяють виключити відносний зсув шкали часу приймача наступним чином: припустимо, годинник приймача відстають від єдиного часу навігаційної системи, наприклад, на півсекунди.

Якщо виміряти час проходження сигналу від чотирьох супутників і отримати несправжні або псевдодалечинні, то виявиться, що уявні сфери з радіусами, відповідними цим псевдо, не перетинаються в одній точці. Тоді для уточнення дальностей комп'ютер приймача додає до всіх вимірів (або віднімає) деякий один і той же інтервал часу до тих пір, поки не знайде рішення, при якому всі чотири уявні сфери перетинаються в одній точці.

4. Визначення положення супутника в космічному просторі. Щоб все викладене успішно виконувалося, необхідно точно знати місце розташування кожного навігаційного супутника. Для цього, по-перше, супутники запускають на високі орбіти (близько 20 тис. км), де рух стабільний і прогнозуємий. А по-друге, незначні зміни в орбітах постійно відстежуються. При цьому відомості про місцезнаходження супутника передаються на приймач разом з кодовою послідовністю.

5. Корекція затримок сигналу. Найсуттєвіші похибки в проходженні виникають при затримці радіосигналу в іоносфері (шарі заряджених частинок на висоті 120–200 км) і тропосфері (8–18 км) Землі. Величина затримок залежить від сонячної активності і погодних умов.

Щоб зробити помилку мінімальної:

– можна передбачити, яка типова зміна швидкості поширення радіохвиль в звичайний день, при середніх іоносферних умовах, а потім ввести поправку у виміри;

– використовувати дві частоти несучих коливань. Чим нижче несуча частота сигналу, тим більше він сповільнюється. Якщо порівняти в приймальному часі поширення двох різночастотних компонентів сигналу GPS, то для кожної з них можна обчислити часову затримку в іоносфері.

Геометрично роботу супутникової навігаційної системи можна продемонструвати таким чином: користувач знаходиться в точці перетину декількох сфер, центрами яких є видимі супутники. Радіуси сфер рівні дальності до кожного із супутників.

Для визначення широти і довготи приймачу необхідно приймати сигнали як мінімум від трьох супутників; прийом сигналу від четвертого супутника дозволяє визначити і висоту об'єкта над поверхнею.

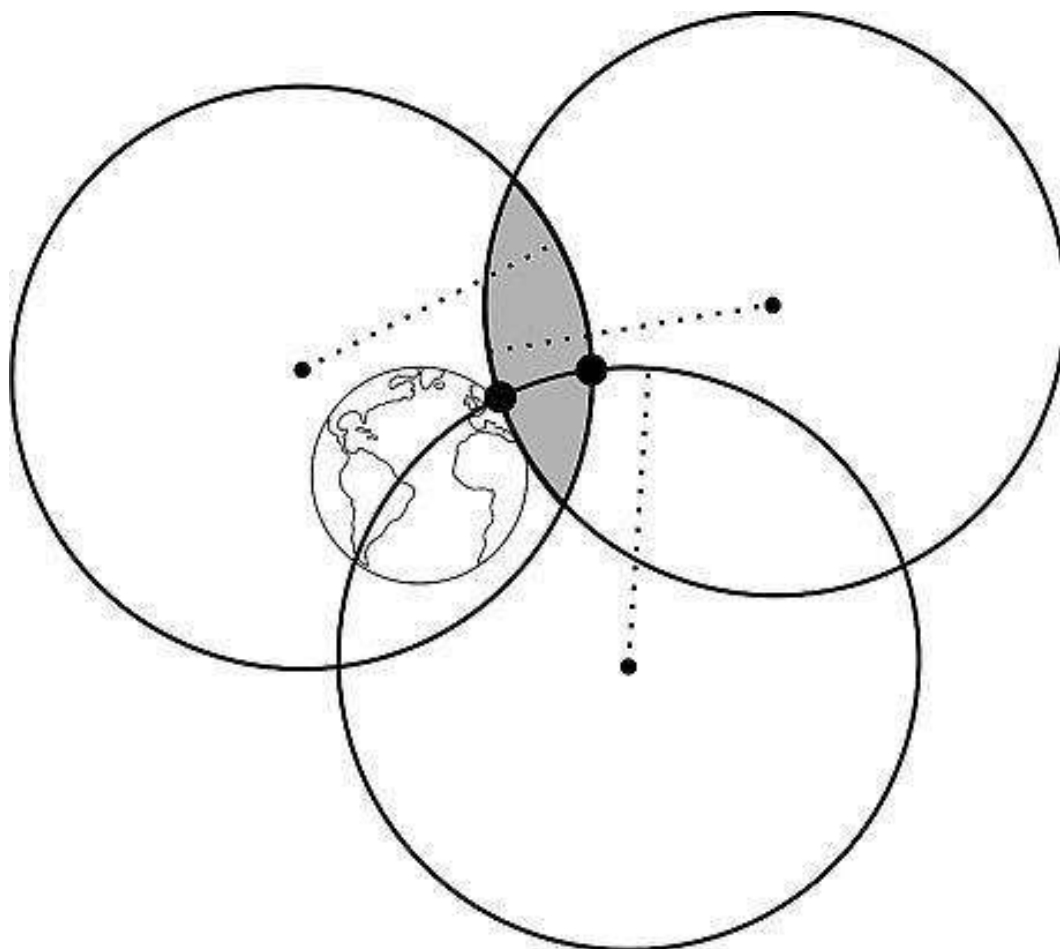


Рис. 3.7 – Визначення місцезнаходження по відстані до супутників GPS

3.11 Застосування GPS

Технологія GPS використовується не тільки в геодезії і картографії, а й в землекористуванні, екології, наземній навігації, архітектурі і будівництві, геології, регіональному управлінні, залізничному транспорті, освіті, метеорології, демографії, охороні здоров'я, тощо.

Слід зазначити ефективність застосування даної системи для вирішення завдань землеустрою. Практичне використання супутникової навігаційної системи виявляє ряд її переваг при виконанні землепорядних робіт:

- точність визначення координат пунктів за допомогою GPS вище, ніж в разі застосування традиційної зйомки;
- тимчасові витрати на визначення координат точок менше, ніж при використанні традиційної наземної зйомки;
- можливе проведення робіт при відсутності прямої видимості між вимірюваними пунктами;
- можливість експорту результатів обробки в зручному для подальшого використання ГІС-форматі.

В даний час системи глобального позиціонування (GPS і ГЛОНАСС) активно використовуються транспортними службами і компаніями.

У 2008 р світовий обсяг випуску GPS-пристроїв перевищив \$ 30 млрд. Не дивлячись на деяке падіння в 2009 р, ґрунтуючись на тенденції ринку та оцінки технологічного зростання, аналітики прогнозують стійке зростання в галузі протягом найближчих 15–20 років. Завдяки вбудовуванню GPS-приймачів в різні пристрої (мобільні телефони, планшети) розмір потенційної користувальницької бази сервісу навігації становить сотні мільйонів людей.

3.12 Існуючі системи глобального позиціонування

На сьогодні існують дві глобальні (покривають всю поверхню Землі) супутникові радіонавігаційні системи: **GPS** і **ГЛОНАСС** (GLONASS, ГЛОбальна НАвігаційна Супутникова Система – розробка радянських військових у відповідь на створення GPS).

В цілому супутникові навігаційні системи GPS і ГЛОНАСС мають приблизно однакові параметри і можливості їх використання для високоточних визначень, завдяки цьому їх сигнали можуть доповнювати один одного в «гібридних» системах і збільшувати точність і надійність визначення координат.

Галілео (Galileo) – спільний проект супутникової системи навігації Європейського союзу і Європейського космічного агентства. Нині існуючі GPS-приймачі не зможуть приймати і обробляти сигнали з супутників Галілео, хоча досягнута домовленість про сумісність і взаємодоповнення з системою GPS третього покоління. Очікується, що «Галілео» буде доведений до ладу в 2014–2016 рр.

Бейдоу. Власні супутникові навігаційні системи є у Китаю і Індії, які є регіональними через мале угруповання і відповідні (геостаціонарні) орбіти супутників.

Однак китайська супутникова система Бейдоу (Велика Ведмедиця) розвивається дуже активно. В даний час угруповання становить приблизно 15 апаратів, здатних забезпечувати визначення координат в азіатському регіоні, до 2020 року планується виведення близько 30 супутників і побудова глобальної системи позиціонування для всієї земної кулі.

Звичайна точність визначення координат споживача, яку забезпечують системи GPS і GLONASS, становить 5–10 м. Однак для багатьох додатків, таких як навігація автомобілів, судів на вузьких фарватерах, геодезії, навігації літальних апаратів, подібна точність недостатня. Для збільшення точності визначення місцезнаходження був запропонований метод диференціальної навігації, який забезпечує збільшення точності. Базова станція встановлюється в точці з відомими географічними координатами. Порівнюючи відомі координати (отримані в результаті прецизійної геодезичної зйомки) з вимірними координатами, базовий навігаційний приймач формує поправки, які передаються споживачам по каналах зв'язку.

У США є подібна власна система, яка дозволяє коригувати інформацію на Північноамериканському континенті і в Атлантиці, аналогічні системи є в

Європі і Японії. Існує глобальна система OmniSTAR, яка використовує розподілену мережу станцій у всьому світі для отримання інформації з супутників GPS. Зібрані дані транслюються на 7 геостаціонарних супутників. Кожен з них передає коригувальні поправки користувачам в межах своєї зони обслуговування. Користувачі отримують поправки по підписці.

Результати, отримані за допомогою диференціального методу, в значній мірі залежать від відстані між споживачем і базовою станцією. Застосування цього методу найбільш ефективно, коли переважаючими є систематичні помилки, обумовлені зовнішніми (по відношенню до приймача) причинами. Ці помилки в значній мірі компенсуються при близькому розташуванні базової станції і приймача споживача. Тому зона обслуговування базової станції становить не більше 500 км.

3.13 Програмне забезпечення ГІС

Можна виділити кілька класів програмного забезпечення, що розрізняються за своїми функціональними можливостями і технологічними етапами обробки геоінформації. Слід розрізняти системи, поширювані комерційно і в рамках відкритих ліцензій (безкоштовно). Окремо необхідно виділити замовні спеціалізовані розробки, виконані під індивідуальні проекти, які не володіють необхідною універсальністю. Перший найбільш функціонально повний клас програмного забезпечення – це **інструментальні ГІС**. Вони можуть бути призначені для вирішення найрізноманітніших завдань: організації введення інформації, її зберігання (в тому числі і розподіленого), відпрацювання складних інформаційних запитів, рішення просторових аналітичних задач, побудови похідних карт і схем (оверлейних операцій). Як правило, інструментальні ГІС підтримують роботу як з растровими, так і з векторними зображеннями.

Другий клас – так звані **ГІС-вьювери**, тобто програмні продукти, що забезпечують користування створеними за допомогою інструментальних ГІС базами даних. Як правило, ГІС-вьювери надають користувачеві вкрай обмежені можливості поповнення баз даних. У всі ГІС-вьювери включається інструментарій

запитів до баз даних. Вьювери зазвичай входять складовою частиною в середні і великі проекти, дозволяючи скоротити витрати на створення частини робочих місць, не наділених правами поповнення бази даних.

Довідкові картографічні системи (ДКС) поєднують в собі зберігання і більшість можливих видів візуалізації просторово розподіленої інформації, містять механізми запитів по картографічній і атрибутивній інформації, але при цьому істотно обмежують можливості користувача в додатку вбудованих баз даних. Їх оновлення (актуалізація) носить циклічний характер і проводиться зазвичай постачальником ДКС за додаткову плату.

Окремо існує цілий клас програмного забезпечення, пов'язаний з введенням картографічної основи. **Векторизатор** растрових картографічних зображень забезпечуються інструментарієм автоматичного (напівавтоматичного) розпізнавання картографічних умовних позначень і сприяють підвищенню точності і продуктивності праці при введенні цифрової основи.

Наступний клас програмного забезпечення – **засоби просторового моделювання**. Їх завдання – моделювати просторовий розподіл різних параметрів (рельєфу, зон екологічного забруднення, ділянок затоплення при будівництві гребель та інше). Вони спираються на засоби роботи з матричними даними і забезпечуються розвиненими засобами візуалізації.

Засоби обробки і дешифрування даних зондувань землі. Сюди відносяться пакети обробки зображень, забезпечені математичним апаратом, що дозволяє проводити операції зі знімками поверхні Землі. Це досить широкий набір операцій, починаючи зі всіх видів корекції (оптичної, геометричній), через географічну прив'язку знімків, аж до обробки стереопар з видачею результату у вигляді актуалізованого топоплану. Крім згаданих класів, існують програмні засоби, що маніпулюють просторовою інформацією, наприклад засоби обробки польових геодезичних спостережень, засоби навігації і ПЗ для вирішення ще більш вузьких предметних завдань (вишукування, екологія, гідрогеологія, тощо).

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Дистанційне зондування Землі.
2. Супутники дистанційного зондування Землі.
3. Електромагнітні діапазони і технічні засоби дистанційного зондування Землі.
4. Інтерпретація даних дистанційного зондування.
5. Глобальна система позиціонування: принцип роботи.
6. Існуючі системи глобального позиціонування.
7. Пристрій, можливості і використання GPS-навігатора.
8. Моделювання геозображень.
9. Візуалізація в ГІС.
10. Цифрове моделювання рельєфу.
11. Структура експертних систем.
12. Анаморфози.
13. ГІС: програмні продукти.
14. Використання ГІС на прикладі однієї з програм.

РОЗДІЛ 4

ОБРОБКА ТА АНАЛІЗ ДАНИХ В ГІС

4.1 Системи підготовки, обробки та аналізу даних

Сьогодні комп'ютерні технології застосовуються майже на усіх етапах дослідження (табл. 4.1), у том числі в області екології та природокористування.

Таблиця 4.1 – Програмне забезпечення основних етапів наукового дослідження

Етапи дослідження	Способи роботи з інформацією	Форми представлення результатів	Програмне забезпечення
1	2	3	4
Підготовчий етап	Пошук і попередній аналіз інформації про сучасний стан проблеми	Моделі об'єкту дослідження, огляд методів і результатів дослідження	Інформаційно-пошукові системи, банки даних і знань, текстові та графічні редактори
Планування дослідження	Розрахунок необхідного об'єму й визначення структури матеріалу, планування експериментів	Схема і графік проведення досліджень, план експериментів, плануємий набір необхідних дослідів	Електронні таблиці, текстові та графічні редактори, статистичні пакети
Отримання вихідних даних	Спостереження, експеримент, комп'ютерне моделювання	Облікові відомості, лабораторні журнали. Масиви даних, отриманих в результаті оцифровки кривих і зображень, комп'ютерного моделювання	Спеціальне ПЗ
Створення баз даних	Структуризація даних, організація перевірки даних при введенні, введення, імпорт і захист даних	Бази даних, дані ГІС	Вбудовані і автономні системи управління базами даних

Обробка даних	Робота з викидами і пропущеними значеннями, перетворення даних, розрахунок індексів, експорт та візуалізація даних	Дані, підготовлені до аналізу	Електронні таблиці, статистичні пакети
Аналіз даних	Графічний аналіз	Графіки, математичні моделі залежностей, статистичні дані	Пакети наручної графіки, електронні таблиці, статистичні пакети
	Статистичний аналіз	Таблиці, графіки, схеми	Статистичні пакети
	Аналіз геопросторових даних	Електронні карти, схеми розміщення станцій, таблиці просторових даних	Геоінформаційні системи
Синтез даних	Інтерпретація експериментальних результатів на основі літературних даних.	Фізична, хімічна, біологічна концептуальна основа моделі.	Інформаційні ресурси Інтернету і локальних баз даних.
	Моделювання «структура – властивості»	Графоаналітичні моделі	Пакети моделювання властивостей, математичні пакети
Синтез даних	Математичне моделювання	Аналітичні моделі; імітаційні моделі	Алгоритмічні мови програмування
Прогнозування та експертиза	Прогнозування і експертне оцінювання	Прогнози і експертні висновки	ГІС, імітаційні моделі, експертні системи
Оформлення, представлення та обговорювання результатів дослідження	Оформлення результатів дослідження у вигляді курсових і дипломних робіт, наукових звітів і статей	Текст з ілюстративною графікою, таблицями, математичними і хімічними формулами, схемами, картами	Редактори (текстових, графічних, математичних і хімічних формул)
	Представлення результатів дослідження у формі	Презентації	Мультимедійні пакети
	Обговорення результатів і обмін інформацією	Internet, електронна пошта, телеконференції	Телекомунікаційні пакети

Найбільший інтерес для дослідників в галузі біології, екології та хімії представляють інтегровані системи (**Statistica та ін.**), **що включають різноманітні засоби підготовки, обробки та аналізу даних, формування звітів.** Подібні універсальні пакети можуть застосовуватися практично на всіх етапах наукового дослідження.

4.1.1 Планування дослідження

Розрахунок обсягу необхідного матеріалу для виконання роботи необхідно провести заздалегідь, щоб плановані вибірки відповідали вимогам репрезентативності. Це особливо важливо при проведенні досліджень в польових умовах (в водних і наземних екосистемах). При цьому необхідно враховувати просторово-часові особливості функціонування об'єкту дослідження. Такий розрахунок можна провести, наприклад, в електронних таблицях MS Excel за відповідними формулами.

Планування експерименту. Дослідження називається експериментом, якщо вхідні змінні змінюються в точно врахованих умовах, дозволяє управляти ходом опитів і відтворювати їх результати кожен раз при повторенні з точністю до випадкових помилок. Під плануванням експерименту розуміється процедура вибору числа дослідів і умов їх проведення, необхідних для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю.

Планування експерименту відноситься до статистичних процедур і реалізовано в модулі «Планування експерименту» багатьох статистичних пакетів, наприклад Statistica.

Отримання вихідних даних

Дані – це інформація, отримана шляхом спостереження або експерименту і представлена у формі, придатній для постійного зберігання, передачі, обробки та аналізу.

Створення баз і масивів даних

База даних – це сукупність пов'язаних даних, організованих за певними правилами, що передбачають загальні принципи їх опису, зберігання і

використання. Робота з базами даних здійснюється за допомогою системи управління базами даних (СУБД).

Будь-яка база даних в своїй основі має певну структуру організації даних – схему інформаційного масиву, відповідно до якої впорядковані дані, з тим щоб їх можна було інтерпретувати і виконувати над ними певні операції.

Найпростішою базою даних є звичайний лист електронної таблиці, наприклад MS Excel, що складається з стовпців і рядків і містить структурований інформаційний масив. Подібні електронні таблиці використовуються в більшості програмних продуктів, пов'язаних з обробкою і аналізом даних.

Наприклад, дані в системі Statistica організовані у вигляді електронної таблиці, яка містить змінні і спостереження. Змінні можна розглядати як еквівалент стовпців, а спостереження – рядків звичайної електронної таблиці **MS Excel**.

Кожне спостереження складається з набору значень змінних. Вони можуть містити як чисельну, так і текстову інформацію. Дані в електронній таблиці можуть мати різні формати, наприклад дати, час, науковий формат, тощо. Змінні та спостереження можна додавати або видаляти з таблиці вихідних даних, вибираючи за допомогою кнопок *Vars* (змінні) або *Cases* (спостереження) на панелі інструментів відповідну команду з випадають меню: *Add* – додати, *Delete* – видалити.

Ввести дані в електронну таблицю можна одним з таких способів:

– Безпосередньо ввести їх з клавіатури. В системі Statistica є **розвинені інструментальні засоби для автоматизації** ручного введення даних.

– Скористатися даними, підготовленими в іншому додатку, використовуючи операції копіювання даних через буфер обміну.

Якщо в ході виконання дослідження доводиться мати справу з геопросторовими даними (означають інформацію, яка ідентифікує географічне розташування і властивості природних або штучно створених об'єктів, а також їх кордонів на землі; ця інформація може бути отримана за допомогою, крім

інших шляхів, дистанційного зондування, картографування і різних видів), то для систематизації та зберігання даних доцільно використовувати ГІС. Треба відзначити, що більшість сучасних ГІС дає можливість безпосередньо використовувати дані електронних таблиць Excel та ін. Перед безпосереднім введенням даних рекомендується організувати їх перевірку, а після введення – різні форми захисту інформації від втрати або несанкціонованого доступу. Інформацію в підготовлену базу даних можна імпортувати з інших баз даних.

4.1.2 Обробка даних

Перш ніж приступити до аналізу даних, необхідно провести їх перевірку на наявність помилок, а також здійснити попередню підготовку.

Виявлення помилок зводиться до перевірки відповідності значень в базі даних прийнятному діапазону, встановленого для даної змінної. Крім того, слід звернути увагу на аномальні, різко змінні значення (викиди), які можна виявити на діаграмах розсіювання, і на пропущені значення. При їх наявності застосовуються спеціальні методи обробки даних.

Найчастіше уявлення даних в графічному вигляді дозволяє ідентифікувати випадуючі точки і відкинути їх або повторити експеримент в умовах сумнівного результату.

Практично в кожному пакеті обробки і аналізу даних є можливості перетворення даних для аналізу. Наприклад, в системі Stasisca можна обчислити нові дані на основі вже введених за допомогою формул, які задаються в електронній таблиці. При цьому є можливість швидкого доступу до великої кількості математичних функцій, допускається використання і логічних операторів.

На цьому етапі вихідні дані можна перетворити в різні індекси: морфометричні, морфологічні, трофологічні, видової різноманітності, якості навколишнього середовища та ін. Наприклад, на основі даних за видовим складом спільнот і чисельності окремих популяцій розраховуються індекси видового різноманіття, які в подальшому можна використовувати в будь-яких статистичних процедурах. Розрахунок індексів зручно проводити в

електронних таблицях, причому рекомендується створити базу даних різнотипних індексів.

Аналіз даних

Комп'ютерні системи для аналізу даних відносяться до наукомістких програмних продуктів. Умовно їх можна розділити на системи візуалізації даних (пакети наукової графіки), статистичні та математичні пакети. Основними програмними продуктами, що використовуються в навчальному процесі та НДРС для аналізу даних, є електронні таблиці MS Excel, статистичні пакети Statistica та ін.

Графічний аналіз даних

Категоризовані графіки. Одним з найбільш потужних методів графічного аналізу є поділ даних на групи для порівняння структури отриманих підмножин.

Ці методи широко застосовуються як в розвідувальному аналізі даних, так і при перевірці гіпотез та відомі під різними назвами (*класифікація, групування, категоризація, розбиття, розшарування, тощо*). Наприклад, розбиття вибіркового популяційних даних на підмножини, відповідні статевим, віковим, розмірним, просторовим і іншим групам.

Категоризовані графіки дозволяють виявити закономірності, які важко піддаються кількісному опису і які досить складно виявити за допомогою обчислювальних процедур. У цих випадках категоризовані графіки надають унікальні можливості багатовимірного аналітичного дослідження або «видобутку» даних.

Діаграми розсіювання. Двовимірні діаграми розсіювання використовуються для візуалізації взаємозв'язків між двома змінними X і Y (наприклад, вагою і ростом). На цих діаграмах окремі точки даних представлені маркерами на площині, де осі відповідають змінним. Дві координати (X і Y), що визначають положення точки, відповідають значенням змінних. Якщо між змінними існує сильний взаємозв'язок, то точки на графіку утворюють

впорядковану структуру (наприклад, пряму лінію або характерну криву). Якщо змінні не пов'язані між собою, то точки утворюють «хмару».

Графічний аналіз даних можна проводити в спеціалізованих пакетах наукової графіки і в інтегрованих системах аналізу даних. Наприклад, система Statistica володіє широкими графічними можливостями. Вона включає в себе велику кількість різноманітних категорій і типів графіків (включаючи наукові, ділові, тривимірні і двомірні графіки в різних системах координат, спеціалізовані статистичні графіки – гістограми, матричні, категоризовані графіки тощо).

У систему Statistica включено велику кількість інструментів настройки всіх компонент графіків. Є можливість вибору різних типів ліній, форматів розмітки осей, кольорів, легенд, назв та інших атрибутів графіка. Налаштовані атрибути можуть бути збережені в спеціальному файлі і потім застосовуватися до інших графіків.

Доступ до всіх основних команд настройки реалізований за допомогою контекстних меню, які з'являються при натисканні на праву кнопку миші, загального меню і з панелі інструментів графіка.

Графічні засоби системи Statistica доступні в будь-якому статистичному модулі і на будь-якому етапі статистичного аналізу. Вони можуть бути використані з метою:

- візуалізації чисельних і текстових значень безпосередньо з електронної таблиці з вихідними даними або таблиці з результатами аналізу;

- виведення результатів статистичного аналізу в вигляді послідовності (черги) графіків. Для цього в діалогових вікнах усіх статистичних процедур є можливість побудови різних, призначених саме для цього виду аналізу типів графіків.

Візуалізація даних є важливим етапом статистичного аналізу. Дуже важливо підібрати вид графіка, який відповідає досліджуваним даними. У систему Statistica включені зручні інструментальні засоби для проведення інтерактивного графічного аналізу даних.

Графічний документ в системі **Statistica** може бути збережений як:

– графічний документ в спеціальному графічному форматі системи **Statistica**, який може бути відкритий пізніше і використаний в процесі аналізу,

– в графічному растровому форматі.

Статистичний аналіз даних

Статистичний аналіз даних ділиться на окремі, логічно пов'язані між собою процедури і методи.

Описова статистика і розвідувальний аналіз вихідних даних. Включає обчислення основних вибірових характеристик (середніх величин, показників варіації, параметрів розподілу) і виявлення структури даних.

Точкове та інтервальне оцінювання генеральних параметрів.

Виявлення достовірності відмінностей між вибіровими сукупностями.

Дисперсійний аналіз.

Статистичне дослідження залежностей:

- кореляційний аналіз;
- регресійний аналіз;
- аналіз часових рядів.

Багатовимірні методи:

- факторний аналіз;
- кластерний аналіз;
- дискримінантний аналіз.

Програмне забезпечення статичного аналізу даних

Основними програмними продуктами, що використовуються в навчальному процесі та НДРС, є електронні таблиці MS Excel, статистичні пакети Statistica, Stadia, Statgraphics, тощо.

4.1.3 Синтез даних

Інтерпретація результатів на основі літературних даних. Для виконання цього завдання необхідна максимально повна інформація з досліджуваної проблеми, сучасним концепціям, фактичним даним. Вона може бути знайдена в

науковій літературі в її класичному, «паперовому» вигляді або в різноманітних електронних інформаційних ресурсах.

Необхідний елемент аналізу даних – побудова моделей, в тому числі і математичних. Найпростіший варіант – побудова на підставі даних, представлених в MS Excel. За допомогою «Майстра діаграм» будується графік залежності одного ряду значень від іншого. Потім виконується команда «Додати лінію тренда» і підбирається характер залежності за максимальною величиною коефіцієнта апроксимації (він, так само як і рівняння залежності, виноситься на графік при позначці відповідного віконця в розділі «Параметри»). Отримана модель повинна бути верифікована (підтверджена) наявними літературними даними.

Графоаналітичні моделі дозволяють уявити об'єкт як те, що складається з набору структурних елементів. Цей підхід часто використовується в хімії для побудови моделі залежності «структура – властивості». До нього відноситься, зокрема, методологія **SAR** (англomовна абрeвіатуpа виpазу «кількісні відносини "структура – властивості"»).

Математичні моделі. В екології і біології широко застосовується методи математичного моделювання. Комп'ютерні технології відкрили нові можливості експериментування з об'єктами дослідження, так важко реалізовані в природних умовах. Характер цього експериментування особливий. Він дозволяє проводити досліди ні з природними об'єктами, а з їх подобами, моделями, що відображають головні властивості, способи функціонування та взаємодії живих організмів між собою та з середовищем їхньої життєдіяльності.

Моделювання дозволяє масштабувати час функціонування модельних систем (скорочувати або збільшувати) і виявляти «білі плями» в наших уявленнях про об'єкти дослідження. Модель набуває особливої цінності, коли вона дозволяє прогнозувати їх поведінку.

В екології великого поширення набуло імітаційне моделювання. В імітаційних моделях елементи і процеси оригіналу описуються абстрактними символами і операціями над ними. При цьому логічна структура

досліджуваного об'єкта, послідовність протікання в ньому процесів і склад інформації зберігаються, а поведінка системи в цілому вивчається на підставі поведінки її частин і взаємодії між цими частинами.

Нижче ми розглянемо основні характеристики деяких зазначених в таблиці програмних продуктів, їх застосування в екологічних дослідженнях, що в значній мірі розкриває зміст нерозглянутих етапів (можливості програмних продуктів в значній мірі розкривають суть етапів «Прогнозування і експертиза», «Оформлення», «Представлення та обговорення результатів дослідження»).

Електронні таблиці MS Excel

Електронні таблиці – один з основних інструментів комп'ютерної підтримки наукових досліджень при виконанні курсових і дипломних робіт. Вони мають у своєму розпорядженні різноманітні і досить ефективні засоби обробки, аналізу та візуалізації даних, а також ведення баз даних. Сюди відносяться формули, різнотипні вбудовані функції, різні типи графіків в «Майстрі діаграм», пакет аналізу даних.

Електронні таблиці дозволяють організувати структурування і перевірку даних, їх попередню підготовку шляхом фільтрації і сортування за різними критеріями, обробку за допомогою формул і функцій, проведення графічного і статистичного аналізу даних. Результати у вигляді таблиць і графіків можуть бути експортовані в текстові редактори або спеціальні пакети для підготовки демонстраційних матеріалів (Power Point).

Обробка даних здійснюється за допомогою формул і функцій. Функції – це заздалегідь визначені формули, які виконують обчислення над заданими величинами, званим аргументами. Список аргументів може складатися з чисел, тексту, логічних величин, масивів, тощо. Крім того, аргументи можуть бути як константами, так і формулами. MS Excel має у своєму складі великий набір вбудованих математичних та статистичних функцій, які можуть бути задіяні за допомогою «Майстра функцій».

Крім того, в MS Excel є спеціальний набір засобів аналізу даних, призначений для вирішення статистичних завдань (табл. 4.2). Звернення до цього інструментарію проводиться з меню «Сервіс», пункт «Аналіз даних».

Таблиця 4.2 – Основні інструменти пакету «Аналіз даних»

Дисперсійний аналіз	Пакет аналізу включає в себе три варіанти дисперсійного аналізу: однофакторний, двофакторний з повтореннями і без повторень.
Кореляція	В результаті аналізу формується кореляційна матриця, що містить коефіцієнти кореляції Пірсона.
Описова статистика	Це засіб аналізу служить для створення статистичного звіту, що містить інформацію про середнє значення, показниках варіації, стандартну помилку та ін. параметри однієї або декількох вибірок.
Двовибірковий F-Тест для дисперсій	Двовибірковий F-тест застосовується для порівняння дисперсій двох генеральних сукупностей.
Регресія	Регресійний аналіз полягає в підборі рівняння та відповідного графіка для набору спостережень за допомогою методу найменших квадратів. Регресія використовується для аналізу впливу на окрему залежну змінну значень однієї або більше незалежних змінних.
Парний двовибірковий t-тест для середніх	Парний двовибірковий t-тест Стьюдента використовується для перевірки гіпотези про відмінність середніх для двох вибірок даних. У ньому не передбачається рівність дисперсій генеральних сукупностей, з яких обрані дані. Парний тест використовується, коли є природна парність спостережень в вибірках, наприклад коли генеральна сукупність тестується двічі.
Двовибірковий t-тест	Двовибірковий t-тест Стьюдента служить для перевірки гіпотези про рівність середніх для двох вибірок. Одна форма t-тесту передбачає збіг дисперсій генеральних сукупностей, інша – розбіжність.

Електронні таблиці можна рекомендувати студентам при виконанні більшості курсових та дипломних робіт хімічної, біологічної та екологічної тематики для зберігання, обробки та оформлення результатів аналізу даних.

4.2 Пакет прикладних програм Statistica

Нижче наводиться короткий опис найбільш популярного пакету обробки та аналізу даних – Statistica, що є фактично стандартом в даному сегменті ПЗ.

Загальна структура системи

Statistica є інтегрованою системою обробки та статистичного аналізу даних. Система складається з наступних основних компонентів:

- багатофункціональної система для роботи з даними, яка включає в себе електронні таблиці для введення вихідних даних, а також спеціальні таблиці для виведення чисельних результатів аналізу. Для складної обробки даних є модуль «Управління даними»;

- графічної системи для візуалізації даних і результатів статистичного аналізу;

- набору статистичних модулів, в яких зібрані групи логічно пов'язаних між собою статистичних процедур. У будь-якому конкретному модулі можна виконати певний спосіб статистичної обробки, не звертаючись до процедур з інших модулів. Кожен модуль є повноцінним Windows-додатком. Тому користувач має можливість одночасної роботи як з одним, так і з декількома модулями. Всі основні операції при роботі з даними і графічні можливості доступні в будь-якому статистичному модулі і на будь-якому етапі аналізу;

- спеціального інструментарію для підготовки звітів. За допомогою текстового редактора, вбудованого в систему, можна готувати повноцінні звіти. У пакеті також є можливість автоматичного створення звітів.

Система Statistica працює з чотирма різними типами документів, які відповідають основним компонентам системи. Це:

- електронна таблиця, яка призначена для введення вихідних даних і їх перетворення;

- графік – документ в спеціальному графічному форматі для візуалізації та графічного представлення чисельної інформації;

- звіт – документ у форматі RTF (Розширений текстовий формат) для виведення текстової та графічної інформації.

У відповідності зі стандартами середовища Windows кожен тип документа виводиться у власному вікні в робочій області системи Statistica. Як тільки це вікно стає активним, змінюється панель інструментів і меню. У них з'являються команди і кнопки, доступні для активного документа.

4.2.1 Основні кроки обробки даних в системі Statistica

Статистична обробка даних в системі Statistica зазвичай складається з наступних основних кроків:

- введення вихідних даних в електронну таблицю системи Statistica;
- попередні перетворення даних перед безпосереднім застосуванням конкретного статистичного методу;
- візуалізація даних за допомогою того чи іншого типу графіків;
- статистичний аналіз за допомогою деякого статистичного методу;
- вивід чисельних, текстових та графічних результати на екран, в окремі файли або в файл зі звітом.

4.2.2 Статистичний аналіз в пакеті прикладних програм Statistica

Статистичні процедури системи Statistica згруповані в декількох спеціалізованих статистичних модулях. У кожному модулі можна виконати аналіз даних певним способом, не звертаючись до процедур з інших модулів.

Модуль «Основні статистики» (Basic Statistics). Зазвичай з цього модуля починається робота в системі Statistica. Він включає в себе наведені нижче групи статистичних процедур.

Описові статистики, угруповання, розвідувальний аналіз. Система Statistica пропонує широкий вибір методів розвідувального статистичного аналізу. Тут можна обчислити практично всі описові статистики загального характеру: медіану, моду, квартилі, визначені користувачем процентилі, середнє значення і стандартне відхилення, довірчий інтервал для середнього, асиметрію і ексцес з їх стандартними помилками, тощо. Практично всі описові статистики можуть бути обчислені для даних, розділених на групи за допомогою однієї або декількох групуючих змінних. Наприклад, всього

кілька клацань миші дозволяють розбити дані на групи, наприклад за статтю та віком, і провести їх графічний аналіз.

Кореляції. Цей розділ включає кошти, що дозволяють досліджувати залежності між змінними з використанням коефіцієнта кореляції Пірсона. Спеціальні графічні можливості дозволяють вибрати окремі точки на діаграмі розсіювання і оцінити їх внесок в лінію регресії. Обчислені кореляційні матриці виводяться у вигляді електронних таблиць *Scrollsheet*.

t-критерії та інші критерії для групових відмінностей. У цій групі процедур можуть бути обчислені t-критерії для залежних і незалежних вибірок та інші процедури для виявлення групових відмінностей. Як і всюди в системі, у всіх меню результатів є функції детальної діагностики та графічного представлення.

Модуль «Дисперсійний аналіз» (ANOVA/MANOVA). Тут реалізовані методи загального одновимірного і багатовимірного дисперсійного аналізу з можливістю обробки планів практично необмеженої складності. Є можливість задавати плани безпосередньо, визначивши реальні змінні і рівні факторів, тому навіть не дуже досвідчені користувачі системи Statistica можуть аналізувати в цьому модулі надзвичайно складні плани.

Модуль «Множинна регресія». Якщо ви хочете побудувати залежності між багатовимірними перемінними, підібрати просту лінійну модель і оцінити її адекватність, скористайтеся модулем Multiple Regression.

Модуль «Непараметрична статистика і підгонка розподілів». Якщо ви хочете перевірити різні гіпотези про характер розподілу ваших даних, працюйте в модулі Nonparametrics/Distribution – «Непараметрична статистика/Розподілу». Модуль містить великий набір непараметричних критеріїв згоди, зокрема критерій Колмогорова – Смирнова, а також рангові критерії Манна – Уїтні, Вілкоксона і багато інших.

Статистичні процедури модуля дозволяють користувачеві легко порівняти розподіл спостережуваних величин з великою кількістю різних теоретичних розподілів. Ви можете підігнати до даних нормальне, рівномірне, лінійне,

експоненціальне, біноміальне, Пуассоновське, геометричне розподілення, розподіл Бернуллі.

Точність підгонки оцінюється за допомогою критерію χ^2 -квадрат або одновибірчого критерію Колмогорова – Смирнова (параметри підгонки можуть контролюватися). Додатково підгонка гіпотетичного розподілу до емпіричного може бути оцінена в призначених для користувача гістограмах (стандартних або кумулятивних) з накладенням на них певних функцій; лінійні і стовпчасті графіки очікуваних і спостережуваних частот можуть бути отримані безпосередньо з таблиці з вихідними даними. Визначені користувачем функції від однієї і двох змінних також легко можуть бути побудовані і накладені на графіки.

Модуль «Факторний аналіз» містить широкий набір статистик і методів факторного аналізу з розширеною діагностикою і великим різноманіттям дослідницьких і розвідувальних графіків. Тут можна виконувати аналіз головних компонентів і головних факторів для наборів даних, що містять до 300 змінних. Вихідні результати включають власні значення (звичайні, кумулятивні і відносні), навантаження факторів і коефіцієнти факторних балів. Простір факторів можна візуально переглядати «зріз за зрізом» на двох або тривимірних діаграмах розсіювання з зазначеними точками даних; серед інших графічних засобів – графіки «кам'янистої осипи», різні типи діаграм розсіювання, гістограми, лінійні графіки, тощо. Після того як факторні рішення визначено, користувач може обчислити (відтворити) кореляційну матрицю і оцінити узгодженість факторної моделі шляхом аналізу залишкової кореляційної матриці (або залишкової дисперсійної/коваріаційної матриці). На вході можна використовувати як вихідні дані, так і матриці кореляцій.

4.2.3 Вивід числових і текстових результатів аналізу у системі Statistica

Чисельні результати статистичного аналізу в системі Statistica виводяться у вигляді спеціальних електронних таблиць, які називаються таблицями виведення результатів – *Scrollsheets*.

Таблиці *Scrollsheet* можуть містити будь-яку інформацію (чисельну і текстову), від короткого рядка до мегабайтів результатів. Зазвичай навіть в результаті найпростішого статистичного аналізу на виході виходить велика кількість чисельної і графічної інформації. В системі Statistica ця інформація виводиться у вигляді послідовності, яка складається з набору таблиць *Scrollsheet* і графіків.

Statistica містить велику кількість інструментів для зручного перегляду результатів статистичного аналізу і їх візуалізації. Вони включають в себе стандартні операції по редагуванню таблиці, операції зручного перегляду (рухливі межі стовпців, поділ прокрутки в таблиці та ін.), доступ до основних статистик і графічним можливостям системи Statistica. При виведенні цілого ряду результатів (наприклад, кореляційної матриці) Statistica відзначає значимі коефіцієнти кореляції червоним кольором. Користувач також має можливість виділити за допомогою кольору необхідні значення в таблиці *Scrollsheet*.

Якщо користувачеві необхідно провести детальний статистичний аналіз проміжних результатів, то можна зберегти таблицю *Scrollsheet* в форматі файлу даних Statistica і далі працювати з ним, як зі звичайними даними.

Крім виведення результатів аналізу у вигляді окремих вікон з графіками і таблицями *Scrollsheet*, в системі є можливість створення звіту, в вікно якого може бути виведена вся ця інформація. Звіт – це документ (у форматі RTF), який може містити будь-яку текстову або графічну інформацію. У Statistica є можливість автоматичного створення звіту, так званого автозвіту. При цьому будь-яка таблиця або графік можуть бути автоматично спрямовані в звіт.

Контрольні питання і завдання для самостійної роботи

1. Способи роботи з інформацією на різних етапах наукового дослідження.
2. Розрахунок обсягу необхідного матеріалу і планування експерименту.
3. Отримання вихідних даних, створення баз і масивів даних.
4. Графічний аналіз даних.
5. Статистичний аналіз даних.

6. Синтез даних.
7. Програмне забезпечення обробки і аналізу кількісних наукових даних.
8. MS Excel. Основні інструменти пакета «Аналіз даних».
9. MS Excel. Графічна обробка даних.
10. Статистичний пакет Statistica.
11. Статистичний аналіз в пакеті прикладних програм Statistica.
12. Подання даних в пакеті прикладних програм Statistica.

Список рекомендованої літератури до розділу 4

1. Геоинформатика: учебник для вузов. В 2 кн./ под ред. В. С. Тикунова. – 2е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2008.
2. Основы геоинформатики: учеб. пособие для вузов. В 2 кн. / под ред. В. С. Тикунова. – М.: Академия, 2004.
3. Орлов, В. Ю. Основные понятия и применение геоинформационных систем в природоохранной деятельности: учеб. пособие для вузов / В. Ю. Орлов. – Ярославль, 2003.
4. Берлянт, А. М. Теория геоизображений / А. М. Берлянт. – М.: ГЕОС, 2006.
5. Цветков, В. Я. Геоинформационные системы и технологии / В. Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1997.
6. Самардак, А. С. Геоинформационные системы: электронный учебник / А. С. Самардак. – Владивосток: Дальневосточный гос. университет, 2005.
7. Бугаевский, Л. М. Геоинформационные системы: учеб. пособие для вузов / Л. М. Бугаевский, В. Я. Цветков. – М.: Златоуст, 2000.
8. Ципилева, Т. А. Геоинформационные системы: учеб. пособие / Т. А. Ципилева. – Томск, 2004.

РОЗДІЛ 5 АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ

5.1 Загальна характеристика апаратного забезпечення ГІС

Геоінформаційні системи базуються на певному наборі технічного обладнання, основними функціями якого є забезпечення роботи програмних ГІС-продуктів і допоміжних програм, збереження масивів цифрових даних, забезпечення збору і введення даних, представлення готової інформації. Комплекс електронних і електронно-механічних пристроїв, призначений для технічної підтримки працездатності ГІС, називається **апаратним забезпеченням ГІС**. Апаратне забезпечення (синоніми – апаратні засоби, апаратура, технічні засоби, hardware) – технічне устаткування геоінформаційної системи, що містить власне комп'ютер і інші механічні, магнітні, електричні, електронні й оптичні периферійні пристрої чи аналогічні прилади, що працюють у складі апаратного комплексу або автономно, а також будь-які пристрої, необхідні для функціонування геоінформаційної системи (наприклад, GPS-апаратура, електронні картографічні прилади і геодезичні прилади). Загальна організація взаємозв'язку елементів апаратного забезпечення геоінформаційної системи називається **архітектурою**, сукупність функціональних частин – **конфігурацією** системи.

У наш час різними фірмами виробляються тисячі моделей різних комп'ютерів і периферійних пристроїв, кількість комплектуючих вузлів і деталей обчислюється десятками і сотнями тисяч. При плануванні архітектури ГІС і виборі конфігурації апаратного забезпечення слід орієнтуватися на характер розв'язуваних завдань, вимоги програмного забезпечення, методи обробки й обсяги даних, що циркулюють у системі даних.

Залежно від призначення і масштабу ГІС апаратне забезпечення може мати різні функціональні групи пристроїв. Для простих настільних ГІС кінцевого користувача досить звичайного офісного комп'ютера з принтером,

багатофункціональні корпоративні ГІС можуть налічувати десятки робочих місць з різними периферійними пристроями, об'єднаних у єдину обчислювальну мережу з керованим доступом. Для виконання деяких технологічних операцій введення чи представлення даних у середовищі ГІС розробляються унікальні апаратні пристрої вартістю в десятки і сотні тисяч доларів США.

У той самий час основна частина бюджетних ГІС-проектів орієнтована на використання стандартних комп'ютерів і периферійних пристроїв. У зв'язку з особливостями організаційної структури ГІС апаратне забезпечення прийнято поділяти на три основні групи:

- 1) пристрої обробки і збереження даних (власне комп'ютери);
- 2) пристрої збору і введення даних;
- 3) пристрої візуалізації і представлення даних.

Від організації взаємодії і технічних характеристик різних пристроїв залежить ефективність роботи геоінформаційної системи в цілому. Взагалі ГІС характеризуються підвищеними вимогами до технічних характеристик комплектуючих вузлів комп'ютерів і периферійних пристроїв. Зокрема, спеціальні вимоги висувають до апаратної підсистеми збору і введення просторових даних, у якій використовуються спеціалізовані прилади. Особливі вимоги також висуваються до підсистеми виведення даних – необхідність друку великоформатних повнокольорових карт зумовила необхідність створення спеціального класу друкувальних периферійних пристроїв.

5.2 Пристрої збору і введення інформації

Стандартними пристроями введення інформації в комп'ютер є клавіатура і графічний маніпулятор «миша». За допомогою клавіатури в комп'ютер вводиться цифрова і символна інформація, для чого на клавіатурі розміщені різні клавіші (102 чи 104 клавіші). Маніпулятор «миша» використовується в програмах із графічним інтерфейсом. За допомогою курсора миші користувач указує на різні елементи керування, розміщені на екрані, чи робить

оконтурювання об'єктів. Для керування і введення даних застосовують різні типи графічних маніпуляторів: механічні (рух миші передається в комп'ютер за допомогою обертання кульки і системи валиків) і оптичні (світлочутливий елемент зчитує рухи по спеціальній поверхні). Різновидом механічної миші є трекбол – кулька розміщена зверху й обертається рукою користувача. У мобільних комп'ютерах як графічний маніпулятор можуть використовуватися джойстики (рух курсора керується відхиленням спеціальної рукоятки) чи перо, яким надавлюють або пишуть на сенсорному покритті екрана чи графічного планшета.

Для введення великих масивів просторово-розподілених даних у ГІС використовуються спеціальні периферійні пристрої. Для цифрування паперових картографічних матеріалів в умовах офісу призначені дигітайзери (ручне введення даних) і сканери (автоматичне введення даних). При цифруванні за допомогою дигітайзера картографічні об'єкти обводяться по зовнішньому контуру чи осьовій лінії (векторне представлення). Сканер повністю копіює всю поверхню вихідного графічного джерела, площа карти розбивається на окремі елементи певного розміру (растрове представлення), кожному елементу присвоюється код кольору. Скановане зображення може відразу перетворюватися в растрові дані формату якогось ГІС-пакета чи використовуватися для розпізнавання і векторного цифрування об'єктів ручним (екранне дигітизування) або автоматизованим способом (векторизація).

Для збору і просторової прив'язки даних у польових умовах використовуються приймачі GPS і електронні геодезичні прилади. Сучасні моделі цих пристроїв можуть працювати як автономно, обмінюючись даними з ПК за допомогою flash-карт, так і бути прямо підключеними до мобільного ПК.

У спеціальних організаціях, що займаються створенням і відновленням топографічних карт, використовуються периферійні пристрої, які дозволяють розпізнавати й цифрувати рельєф за аерознімками – оптичні або цифрові стерео-фото-граметричні станції.

Дигітайзери. *Digitizer* (digitizer, digitiser, tablet, table digitizer, digitizer

tablet, digital tablet, graphic tablet, – синоніми – цифрувач, графічний планшет, графічний пристрій введення даних, графоповторювач – іноді використовуються терміни «сколка», «таблетка») – пристрій для ручного цифрування картографічної і графічної документації у вигляді послідовності точок, положення яких описується прямокутними декартовими координатами площини. Дигітайзер складається з плоскої панелі (tablet) з мережею горизонтальних і вертикальних провідників і магнітно-індукційного курсора. Залежно від призначення може комплектуватися курсорами двох типів: курсором з індукційним кільцем (за розмірами і конфігурацією подібний до курсора миші) для високоточного введення або пером (stylus, pen stylus) – для низькоточного введення координат.

Технічні характеристики дигітайзерів визначаються:

- розмірами робочої області;
- загальними габаритами, приблизно відповідними форматам А4–А0;
- просторовою точністю курсора;
- просторовою точністю поля дигітайзера, закладеною в його конструкцію, тобто величиною мінімального кроку між сусідніми провідникам.

Сумарна точність зчитування координат для більшості моделей дигітайзерів звичайно знаходиться в межах десятих чи сотих часток міліметра. Великоформатні (А1, А0) столи можуть кріпитися на підставці. Робоче поле столу може бути виконане з прозорого матеріалу і мати підсвічування (рис. 5.1).



Рис. 5.1 – Дигітайзер формату А0.

Картографічні матеріали, призначені для цифрування, кріпляться на робочу область дигітайзера (рис. 5.2 а). За допомогою курсора–зчитувача вказується кілька контрольних точок з відомими координатами, після чого встановлюється відповідність між координатними системами матеріалів, що цифруються, і дигітайзера. У процесі подальшої роботи всі координати, що зчитуються, будуть автоматично перетворюватися у встановлену систему координат.

Ручне дигітизування надає оператору свободи вибору, точності опису картографічних об'єктів. Частота зчитування координат точок залежить від типу об'єкта, звивистості його контурів, вимог проекту, кваліфікації оператора і багатьох інших факторів. При правильному виборі техніки цифрування можна значно скоротити кількість опорних точок, що описують контури об'єкта при збереженні заданої точності. За необхідності можна використовувати режим потокового цифрування, коли задається відстань (звичайно 1–5 мм), через яку курсор автоматично зчитує координати, оператору необхідно тільки вести курсор уздовж заданої лінії. При цій технології цифрування може створюватися надлишкова кількість точок на прямих ділянках, а також можливі помилки на місцях, де вигин лінії менше кроку автоматичного зчитування.

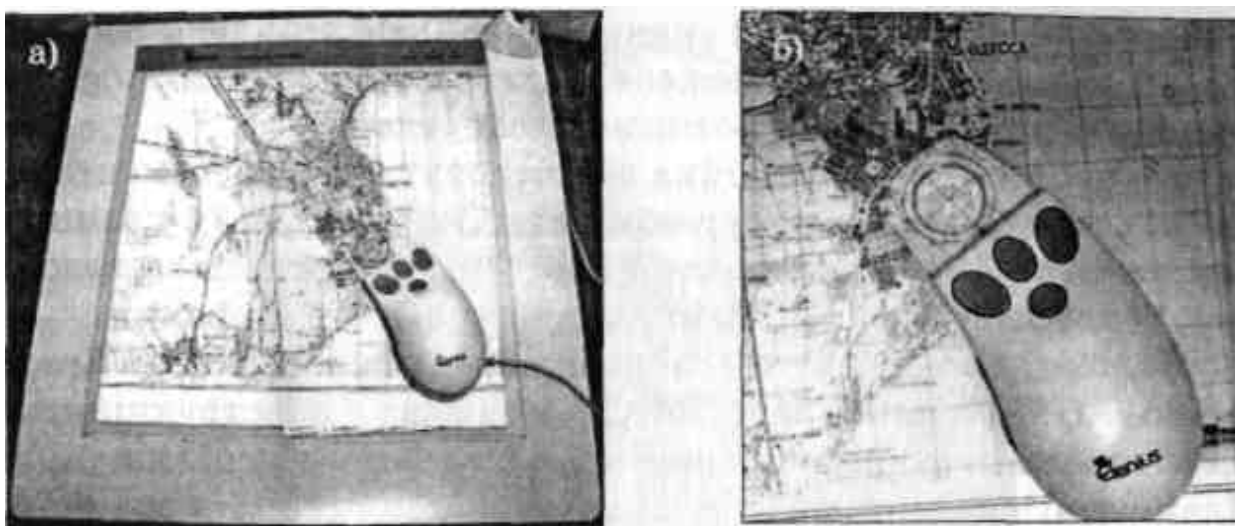


Рис. 5.2 – Дигітайзер формату А4 із закріпленим картографічним матеріалом:

а – загальний вигляд; б – курсор дигітайзера.

Курсор дигітайзера може бути оснащений різною кількістю функціональних кнопок (звичайно 4 або 16 – рис. 5.2 б). Функції цих кнопок можна програмувати, наприклад, задавати номери кнопок зчитування координат, закінчення об'єкта, замикання полігону чи переходу в потоковий режим за вимогою різних операторів. Багато моделей дигітайзерів оснащуються системою налаштування, що дозволяє їм працювати з різними пакетами ГІС і САПР. У зв'язку зі значною складністю і вартістю (вартість дигітайзерів досягає \$3000–4000) та появою порівняно дешевих сканерів дигітайзерне введення просторових даних сьогодні практично цілком витиснуте технологіями екранного дигітизування. Основним виробником картографічних дигітайзерів залишилася фірма CalComp (лінія моделей DrawingBoard).

Сканери. *Сканер* (scanner) – синонім «скануючий пристрій» – пристрій аналого-цифрового перетворення зображення для його автоматизованого введення в комп'ютер у растровому форматі шляхом сканування (послідовного перегляду і зчитування смуг зображення) у відбитому чи прохідному світлі з непрозорого і прозорого оригіналу (кольорового, монохромного напівтонового, штрихового).

Технічні характеристики й сфери застосування сканерів залежать від виду і технології подачі матеріалу, що сканується, просторового дозволу (визначається кількістю елементів растра на дюйм, звичайно 300–600 dpi і більше), точністю розпізнавання кольору і півтонів (характеризується кількістю біт, що описують кожен елемент растра). Розрізняють планшетні сканери (flatbed scanner), барабанні сканери (drum scanner), роликові сканери (sheet-feed scanner) і ручні сканери (handheld scanner). Застосування останніх у ГІС обмежене малим форматом сканованого аркуша в додатках щодо розпізнавання тексту.

Основою сканера є лінійка зі світлочутливими елементами, що рухається вздовж документа, який сканується (у планшетних сканерах), або сканований документ протягується вздовж нерухомої лінійки (у барабанних і роликових сканерах).

Найбільш поширені моделі планшетних сканерів фірм Epson, Canon, AGFA, Mustek, HP, UMAX. У зв'язку з конструкційними особливостями формат планшетних сканерів не перевищує А3. Планшетні сканери можуть сканувати документи з оптичним розділенням до 4800 dpi і глибиною кольору до 42 біт/піксель, оснащуються слайд-пристроями для сканування фотонегативів і спеціалізованим програмним забезпеченням для корекції сканованих матеріалів.

Програмне забезпечення, призначене для планшетних сканерів, дозволяє здійснювати контроль якості і корекцію сканованого матеріалу. Для забезпечення заданої точності сканування використовуються спеціальні контрольні пластини з точно нанесеними мітками. За допомогою спеціального програмного забезпечення порівнюються еталонні характеристики пластини з сканованою копією, визначаються розміри локальних перекручувань і розробляються коригувальні виправлення для кожного сканера.

Для сканування великоформатних картографічних документів розроблені різні моделі роликкових сканерів. Сканери фірм Intergraph і Contex сканують кольорові, чорно-білі карти і плани формату А1–А0, а також рулонні матеріали з роздільною здатністю 400–800 dpi, товщина матеріалу, що сканується, може досягати 15 мм (наприклад, наклеєні на фанеру чи алюмінієві аркуші міські архітектурні плани). Роликкові сканери мають похибку 0,1% на довжину сканованого документа, що для аркуша карти розміром 384×368 мм дасть похибку близько 0,3–0,4 мм. Спеціалізовані планшетні сканери мають кращі характеристики точності – 0,05 %, але теж не забезпечують потрібного стандарту. Зазначені вище вимоги задовольняють тільки барабанні сканери, що застосовують для професійного «топографічного» сканування і створення цифрових копій карт (рис. 5.3).

У таких сканерах особлива увага приділяється мінімізації і повному виключенню можливих перекручувань, що виникають у процесі сканування. Матеріал, який сканується, жорстко кріпиться на спеціальному барабані, при обертанні барабана документ рухається уздовж нерухомої скануючої лінійки.

Застосовуються спеціальні електродвигуни для забезпечення рівномірного руху барабана без затримки чи ривків, спеціальні системи стабілізації електроживлення, що виключають впливи коливання напруги, системи амортизації для гасіння вібрацій.

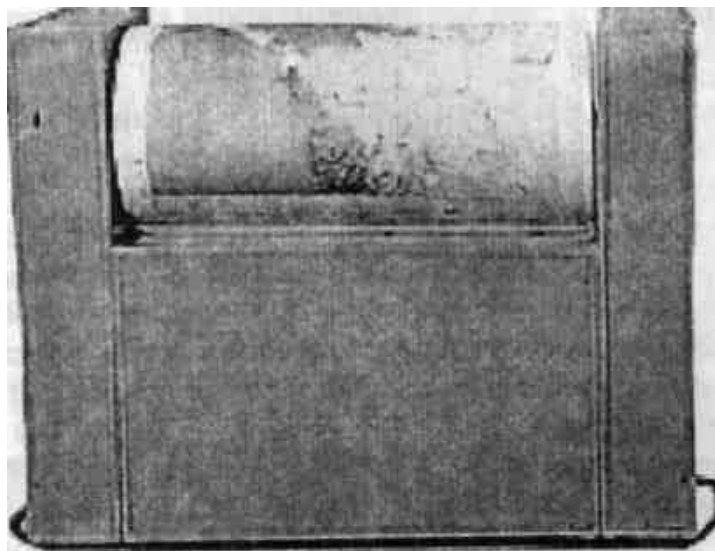


Рис. 5.3 – Барабанний сканер ProfScan 5020C

Такі пристрої встановлюються на спеціальній основі, у приміщенні підтримуються стабільні вологість і температура, для керування створене спеціальне програмне забезпечення. Загальна вартість таких програмно-апаратних комплексів може досягати 100000–150000 дол. США. Наприклад, барабанний сканер CCS 500–50 TF (Tangent, USA) з урахуванням програмного забезпечення і налагодження коштує близько 150000 дол. США, аналогічна апаратура російського складання ProfScan 5020C – 14500 дол. США.

GPS-приймачі. GPS-приймачі є користувацьким компонентом системи GPS (Global Positioning System, Глобальна система місцевизначення, система супутникового місцевизначення, система супутникового визначення координат) і призначені для визначення географічних координат і висот щодо координатно-висотної системи WGS–84.

До діючих у наш час систем супутникового місцевизначення відносять системи GPS (NAVSTAR) – США і ГЛОНАСС (GLONASS) – Російська

Федерація. Основне розроблення і розгортання компонентів цих систем проводилися в 70–90-х роках ХХ ст. Система GPS цілком розгорнута в 1993 р.; ГЛОНАСС – у 1996 р. (на орбіту виведені всі супутники).

У складі обох систем місцевизначення виділяють три підсистеми (сегменти):

1) підсистему наземного контролю і керування (control-segment) – мережу наземних станцій, що забезпечує супутники точними координатами (ефемеридами) та іншою інформацією;

2) підсистему комплексу супутників (space-segment), що складається з 24 космічних апаратів, оснащених кількома атомними цезієвими стандартами частоти-часу, які постійно передають на частотах L1 і L2 сигнали для вимірювання псевдовідстаней кодовим і фазовим методами, мітки часу й інші повідомлення, необхідні для місцевизначення;

3) підсистему апаратури користувачів (user-segment), яка містить приймачі місцевизначення з антенами, накопичувачами результатів вимірювань, іншим оснащенням і програмним забезпеченням обробки даних.

Визначення координат базується на визначенні відстаней від приймача до 3–6 супутників і побудови геодезичних засічок. Оскільки точне місце розміщення кожного супутника розраховане для кожного моменту часу, відстань до нього визначається за часом запізнювання радіосигналу. Існує два види радіокоду, переданого супутниками, військовий (більш точний) і цивільний (менш точний). Для підвищення точності місцевизначення приймачами GPS використовується кілька радіоканалів для прийому сигналу від одного супутника, застосування фазового методу розрахунку дальності, використання роботи двох приймачів одночасно і спеціального програмного забезпечення для камеральної обробки даних польової зйомки. При використанні додаткових методів точність визначення горизонтальних і вертикальних координат на місцевості може досягати 1–3 мм. На точність визначення координат впливає взаєморозміщення супутників на небесній півсфері (супутники повинні знаходитися в різних секторах і по можливості

вище 15° над обрієм), радіозатінення деревами і спорудами, радіовідбиття від горизонтальних і вертикальних поверхонь.

Приймачі місцевизначення (GPS receivers, GLONASS receivers, GPS/GLONASS receivers) – електронні пристрої, що приймають сигнали супутників з метою місцевизначення. Приймачі місцевизначення розрізняють, від якого супутника приймається сигнал, розділяють ці сигнали, ведуть спостереження за ними, вимірюють, переводять результати в цифрову форму, попередньо їх обробляють, зберігають та ін. Приймачі бувають послідовного спостереження (1–2 канали) і багатоканальні (multi-channel) рівнобіжного спостереження (6–12 і більше каналів), застосовуючи кодовий метод вимірювання; одночастотні L1 і двочастотні L1 і L2, що вимірюють кодовим і фазовим методами; безкодові, що вимірюють різниці фаз подвоєних частот L1, L2; мініатюрні, ручні, малогабаритні; розраховані на прийом сигналів GPS, ГЛОНАСС чи обох систем. Моделі приймачів GPS поділяються на кілька класів за конструктивними особливостями, функціональними можливостями і точністю визначення координат.

Приймачі навігаційного класу точності визначають координати точки стояння при зупинках і в русі з точністю 100–130 м, розраховують азимут і відстань до заданої точки. Конструктивно приймачі виконані в єдиному корпусі з антеною, дисплеєм, клавіатурою керування, блоком енергоживлення. Розміри і зовнішній вигляд цих пристроїв фірм Gramlin, Magellan порівнянні з мобільними телефонами; на корпусі розміщені рідинно-кристалічний дисплей і клавіатура; передбачені рознімання для зв'язку з ПК (рис 5.4 а).

Для ГІС-проектів фірмою Trimble розроблений спеціальний тип приймачів, що містить блок приймача, наріжну антену, блок енергоживлення і блок реєстрації даних (рис. 5.4 б). За допомогою таких комплексів можна не тільки визначати координати точок (до 5000 точок з описами), а й ідентифікувати їх з використанням спеціальної бібліотеки описів. Точність визначення координат з використанням таких комплексів становить 0,6–1 м. Передбачено обмінні формати даних з багатьма пакетами ГІС.

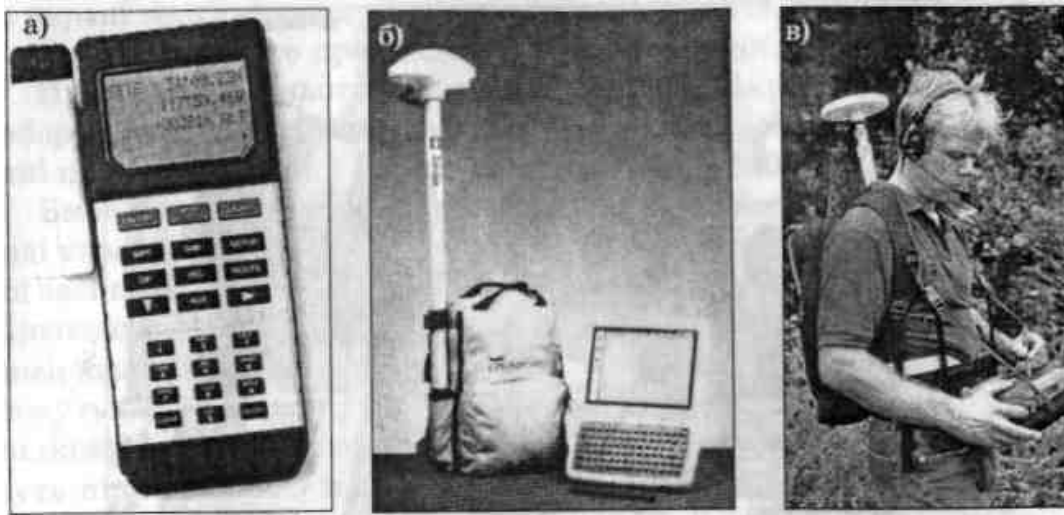


Рис. 5.4 – Приймачі GPS: а) навігаційний приймач GPS Magellan; б) приймач GPS Trimble PathFinder з накопичувачем даних; в) польовий збір даних з використанням приймача GPS.

Точність геодезичного класу (1–5 мм) досягається при використанні диференціальних станцій – комплексу двох високоточних приймачів. Один із приймачів установлений стаціонарно і постійно вимірює свої координати. Шляхом статистичної обробки численних вимірів координати точки стояння визначаються з дуже високою точністю. Інші приймачі, використовувані в мобільному варіанті, підтримують постійний радіозв'язок з базовою станцією й одержують від неї виправлення для визначення координат. Приймачі геодезичного класу випускають фірми Trimble, Leica, Ashtech, Sokkia, Carl Zeiss. За допомогою таких систем створюються високоточні опорні геодезичні мережі, що потім можуть згущатися за допомогою електронних геодезичних приладів і низькоточних GPS–приймачів.

Електронні геодезичні прилади. Пристроями, призначеними для використання в геодезії, є: **теодоліт** (theodolite) – для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів; **далекомір** (distancemeter) – для вимірювання відстаней; **нівелір** (level) – для визначення перевищень горизонтальною лінією візування; **тахеометр** (tacheometer) – для виміру горизонтальних і вертикальних кутів, довжин ліній і перевищень (рис. 5.5).

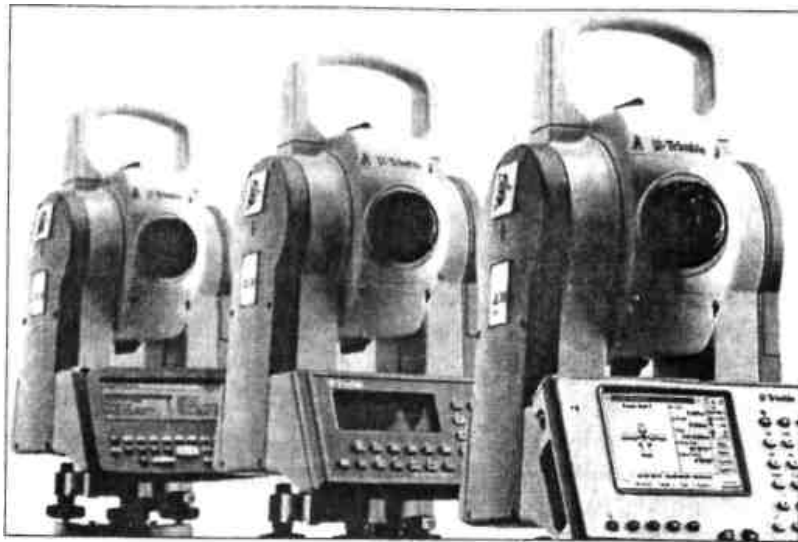


Рис. 5.5 – Електронні геодезичні прилади фірми Trimble.

Сучасні геодезичні прилади вимірюють горизонтальні і вертикальні кути з точністю до 1 кутової секунди. Вмонтовані лазерні далекоміри дозволяють визначати відстані з точністю до 1 см на 1 км на максимальній відстані до 3,5 км. Багато приладів відомих фірм Leica, Sokkia, Carl Zeiss, Trimble мають властивість масштабування функціональних можливостей. На один корпус може міститися різний набір оптико-механічних і електронних компонентів. Прилади початкового рівня оснащуються автоматичними електронними калькуляторами з відображенням на екрані вертикального і горизонтального кутів, похилої відстані, горизонтального прокладення і перевищення.

Прилади середнього класу оснащуються мікропроцесорами з набором прикладних програм і пам'яттю, яка дозволяє зберігати дані про вимірювання і ідентифікацію 1000–3000 точок.

Вмонтоване програмне забезпечення дозволяє безпосередньо в ході вимірювання вирішувати такі завдання: виконання зворотної засічки, спостереження й зрівнювання теодолітного ходу, вимірювання зі зсувами, винесення в натуру координат об'єктів, вимірювання площ і об'ємів та ін. Універсальні робочі станції можуть виконувати виміри без участі людини, автоматично відслідковуючи переміщення маркера на місцевості. Ці прилади можуть підключатися прямо до мобільного ПК або обмінюватися даними з

комп'ютерами за допомогою flash-карт. До складу багатьох пакетів ГІС входять операції обробки даних геодезичних вимірювань (наприклад, модуль COGO – координатна геометрія, модуль пакету ARC/INFO фірми ESRI).

Стереофотограмметричні станції. Стереофотограмметричні станції призначені для побудови об'ємних зображень рельєфу земної поверхні за двома аерофотознімками поверхні Землі. За конструктивним виконанням і технологією обробки знімків розрізняють: **аналогові** (працюють з негативами чи фотовідбитками) і **цифрові** (працюють зі сканованими знімками) стереофотограмметричні станції. З використанням спеціальної оптичної системи виконується суміщення стереопари знімків у поле зору оператора і створюється «віртуальна» тривимірна модель. За допомогою спеціальних аналітичних алгоритмів на стереомоделі рельєфу проводяться (цифруються) горизонталі. Ця технологія використовується при масовому створенні і відновленні топографічних карт у спеціалізованих організаціях. Пристрої цього типу виробляються і в Україні – у державному науково-виробничому підприємстві «Геосистема» (м. Вінниця) (рис. 5.6).



Рис. 5.6 – Аналітична стереофотограмметрична станція «Стереосканаграф-6»

5.3 Пристрої візуалізації і подання даних

Візуалізація (visualization, visualisation, viewing, display, displaying, синонім – графічне відтворення, відображення – у ГІС, комп'ютерній графіці і картографії) – проектування і генерація зображень, у тому числі геозображень, картографічних зображень та іншої графіки на пристроях відображення (переважно на екрані дисплея) на основі вихідних цифрових даних і алгоритмів їхнього перетворення.

Крім екрана дисплея, картографічні зображення можуть бути відображені на великих екранах за допомогою проекційної системи чи виведення у вигляді твердої копії на папері, плівці за допомогою принтера чи плотера.

Дисплеї. Дисплей (display, display device), синоніми – пристрій відображення, відеоекран – пристрій (система) виведення, що здійснює візуальне подання чи відображення (display, displaying) виведених даних на екран комп'ютера (screen), монітор. За конструкцією розрізняють дисплеї на основі електронно–променевих трубок (ЕПТ-монітор, CRT-display) і рідинно-кристалічні дисплеї (РК-дисплеї, LCD-display), плазмові дисплеї (plasma-panel display). Сучасні комп'ютерні дисплеї характеризуються розміром екрана, підтримуваними стандартами роздільної здатності, швидкістю відновлення зображення на екрані, відповідністю вимогам електробезпечності і відсутності іонізуючого випромінювання, зручністю керування і налаштування.

Дисплеї на основі **електронно-променевих трубок** є найбільш давньою і поширеною технологією візуалізації цифрових зображень. Зображення формується шляхом опромінення електронним променем плям люмінесцентної речовини на передній стінці вакуумної трубки. Колір формується злиттям трьох близько розміщених плям з різним кольорним світінням – червоним, зеленим і синім (red, green, blue; RGB-модель); інші кольори та їхні півтони формуються шляхом змішування основних кольорів. Зображення формується з окремих зерен (пікселів), що складаються з трьох різнобарвних плям, розмір зерна становить 0,2–0,28 мм. Розмір екранів ЕПТ–дисплеїв складає масштабний ряд 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23 і 24 дюйми по діагоналі. Підтримуються такі

стандарти роздільної здатності для відображення інформації: VGA (640×480 пікселів); SVGA (800×600 пікселів); XGA (1024×768 пікселів). Монітори з діагоналлю 17 і більше дюймів можуть підтримувати просторову дрібність 1280×1024; 1600×1200; 1792×1344; 1920×1440; 2048×1536 пікселів (можливість такої роздільної здатності визначається характеристиками і драйверами відеокарти). Для передачі кольору використовуються три основні колірні RGB-моделі: 8 біт на піксель – 256 кольорів; 16 біт на піксель, High Color – 56 тис. кольорів і відтінків; 24 біт на піксель – True Color, більше 16 млн кольорів і відтінків. На якість сприйняття зображення значно впливає частота відновлення зображення на екрані, при низьких швидкостях (менше 65 Гц) стає помітним мерехтіння екрана. Оптимальною швидкістю відновлення екрана вважається 85–95 Гц. У своїх ЕПТ-дисплеях основні фірми-виробники Samsung, Samtron, LG, NEC, Philips, Sony, Hansol, Mitsubishi застосовують технології створення плоских екранів, зменшення геометричних і яскравих перекручувань, зменшення енергоспоживання.

З появою технології **рідинно-кристалічних дисплеїв** почалося поступове збільшення їхніх розмірів і екранного розділення. Пікселі на цьому типі пристроїв формуються зі світлодіодів трьох основних кольорів, видимість чи невидимість світлодіода визначається станом рідкого кристала. Сучасні рідинно-кристалічні дисплеї (на основі TFT-матриці) для настільних комп'ютерів характеризуються розмірами від 15 до 24 дюймів, розмірами пікселя 0,28–0,3 мм, підтримкою екранної дрібності 1280×1024; 1600×1200 пікселів. Такі дисплеї мають значно менші розміри порівняно з ЕПТ-аналогами, меншим енергоспоживанням і відсутністю іонізуючого випромінювання. Рідинно-кристалічні дисплеї розміру 12–15 дюймів і роздільної здатності до 1280×1024 пікселів також використовуються в різних моделях ноутбуків. Повнокольорові дисплеї з діагоналлю 2–3,5 дюйма і роздільною здатністю до 320×240 використовуються в портативних моделях ПК, а також пристроях мобільного зв'язку.

Принтери. Принтер (printer), синонім – друкувальний пристрій –

пристрій відображення текстової (алфавітно–цифрової) і графічної інформації, що базується на тому чи іншому принципі друку. Розрізняють друкувальні пристрої: **пелюсткові**, або **ромашкові**, принтери – послідовні шрифтові ударні пристрої типу механічних друкарських машинок (забезпечують тільки алфавітно–символьний друк і практично вийшли чи виходять із використання); **матричні** принтери з генерацією знака у вигляді точок растра шляхом удару голок друкуючої голівки по фарбувальній стрічці (з просторовим розділенням до 300 dpi), **лазерні** принтери, у яких зображення переносяться лазерним променем на папір чи інший матеріал методом ксерографії, забезпечуючи високий просторове розділення (звичайно 300–1200 dpi) і аналогічні їм принтери з перенесенням зображення за допомогою матриці світлодіодних елементів, які називають **світлодіодними** принтерами; **термопринтери** і **принтери з термопереносом**, що базуються на принципі термодруку на термочуттєвому чи звичайному папері відповідно; **струминні** принтери з видавлюванням фарбувальної речовини через сопла форсунок (звичайно до 1200 dpi). За можливостями відтворення кольору принтери поділяються на багатокольорові і монохромні, або чорно-білі, принтери, що забезпечують штриховий і/чи напівтоновий друк.

Принтери переважно призначені для друку сторінкових документів формату А4–А3, до яких входить як текст, так і графіка. Технічні характеристики сучасних принтерів визначаються просторовим дозволом друку, швидкістю виведення чорно-білої чи кольорової сторінки, вартістю друку однієї сторінки, стійкістю зображення під впливом вологи чи світла, розмірами, додатковими функціями.

Фірми HP, Epson, Canon, Lexmark, Samsung, Xerox виробляють широкий спектр пристроїв різного типу і класу. До складу модельних рядів відомих фірм входять як моделі початкового рівня зі швидкістю друку до 10 стор/хв, так і професійні моделі з можливістю друку 25–35 повнокольорових сторінок за хвилину, які здатні працювати в обчислювальній мережі й оснащені власними накопичувачами інформації. Постійно розширюється модельний ряд пристроїв,

що мають в одному корпусі функції лазерного або струминного принтера, копіра і сканера.

Для друку великоформатних документів застосовуються технології розбиття на окремі сторінки з подальшим склеюванням. До принтерів також іноді відносять пристрої з технологією струминного друку для рулонних документів шириною до 153 см. Відмінність високопродуктивних великоформатних принтерів з високим просторовим розділенням друку від плотерів (графопобудовників) растрового типу досить умовна.

Плотери. **Плотер (plotter)**, синоніми – графобудівник, автоматичний координатограф – пристрій відображення, призначений для виведення даних у графічній формі на папір, пластик, фоточуттєвий матеріал чи інший носій шляхом креслення, гравіювання чи фото-реєстрації іншим способом. Розрізняють **планшетні** плотери (flatbed plotter) з розміщенням носія на плоскій поверхні, **барабанні** плотери (drum plotter) з носієм, що закріплюється на обертовому барабані, **рулонні**, або роликові, плотери (roll-feed plotter) із креслярською голівкою, що переміщується в одному напрямку при одночасному переміщенні носія в перпендикулярному йому напрямку.

За принципом побудови зображення плотери поділяються на векторні і растрові. **Векторні** плотери створюють зображення пером чи олівцем. **Растрові** плотери, успадковуючи конструктивні особливості принтерів, створюють зображення шляхом рядкового відтворення і за способом друку поділяються на **електростатичні** плотери з електростатичним принципом відтворення, **струминні** – базуються на принципі струминного друку (видавлюванні фарбувальної речовини через сопла форсунок), **лазерні** – відтворюють зображення з використанням світлового променя чи лазера, **світлодіодні** – відрізняються від лазерних плотерів способом перенесення зображення з барабана на папір, **термічні** плотери, **мікрофільм-плотери**, або фотоплотери з фіксацією зображення на світлочутливому матеріалі.

Основні конструктивні та експлуатаційні характеристики плотерів: формат відтвореного зображення–оригіналу, що варіює звичайно від А4 до А0 для

плотерів нерулонного типу чи вимірюється робочою довжиною барабана і максимальною довжиною рулону (до декількох десятків метрів) для рулонного типу; розмір робочого поля; точність; просторове розділення растрових плотерів (звичайно в межах 300–2500 dpi); швидкість промальовування або виготовлення одиниці продукції заданого формату; наявність чи відсутність власної пам'яті (буфера); інтерфейс і програмне забезпечення. Деякі моделі плотерів комплектуються або можуть оснащуватися насадками, що доповнюють їх функціями сканера. У наш час найбільшого поширення набули струминні плотери фірми Hewlett Packard (рис. 5.7), що дозволяють друкувати повнокольорові картографічні документи формату А4–А0. Такі пристрої оснащуються системою безупинної подачі чорнила, системою моніторингу запасу чорнила й оповіщення про їх можливу недостачу для друку заданого документа, системою відрізання паперу чи нарізання на аркуші певного формату. Оскільки документи, передані на друк, мають растровий формат, обсяг файлу друку може досягати кількох сотень мегабайт. Моделі плотерів, призначені для повнокольорового великоформатного друку, оснащуються високошвидкісними інтерфейсами SCSI, Fire–Wire, USB для обміну даними з комп'ютерами, власними графічними процесорами і дисковими накопичувачами.



Рис. 5.7 – Широкоформатний струминний плотер HP DesignJet.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Дайте загальну характеристику апаратного забезпечення ГІС.
2. Що таке пристрої збору і введення інформації? Наведіть приклади.
3. Яке призначення дигітайзерів? Поясніть на прикладі принцип роботи цих приладів.
4. Охарактеризуйте призначення сканерів, як апаратного забезпечення ГІС– технологій.
5. Поясніть можливості орієнтування на місцевості при застосуванні GPS-приймачів.
6. Що таке плотери? Які існують види плотерів?
7. Проаналізуйте тенденції розвитку апаратного забезпечення ГІС– технологій.
8. Поясніть поняття «планшетний сканер».
9. Що таке принтер? Види принтерів.
10. Охарактеризуйте дисплеї та їх види.
11. Проаналізуйте види GPS-приймачів та надайте їм характеристику.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЇ ВВЕДЕННЯ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

6.1 Введення даних у ГІС

Є обов'язковою операцією, необхідною для функціонування ГІС. Для різних типів даних розроблені спеціальні технології введення, що відповідають функціональним можливостям, включеним до складу програмного ГІС-забезпечення, розроблені спеціалізовані периферійні пристрої.

Як вихідні матеріали, з яких виконується введення даних у ГІС, у наш час використовуються:

- топографічні карти;
- загально-географічні карти різного тематичного змісту;
- архітектурні плани і плани землевпорядкування;
- дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ);
- матеріали польової інструментальної зйомки;
- стандартні статистичні звітні форми в паперовому й електронному поданні;
- текстові джерела, фотографії й ілюстрації;
- рукописні карти і тексти.

Залежно від типу джерел вхідних даних застосовуються різні технології введення даних. У першу чергу розділяються методи введення просторових і атрибутивних даних, для чого розроблені різні види графічних і табличних редакторів. Залежно від виду і якості вхідних матеріалів можуть використовуватися методи ручного або автоматизованого введення.

Основний вплив на вибір джерел даних і технологію їхнього введення чинить сфера застосування оброблюваної в ГІС інформації. Залежно від цілей роботи розрізняються вимоги до просторової і семантичної точності вхідних даних, часу їх збирання (створення), методів попередньої підготовки і формалізації даних. Наприклад, вхідні дані, придатні для створення електронного або паперового атласу адміністративної області, не можуть без

додаткової підготовки використовуватися для створення системи земельного кадастру, де вимоги до точності вимірювання довжин і площ об'єктів у кілька разів вищі. Для систем, що моделюють природні або суспільні процеси, також необхідні особливо підготовлені й описані блоки даних, отриманих як зі стародавніх рукописних текстів, так і за допомогою найсучасніших систем збору інформації з космосу. На технологію збору і введення даних також впливають методи подальшого аналізу і подання підсумкової інформації.

Введення даних, незважаючи на впровадження автоматизованих технологій, як і раніше, залишається найбільш складною і трудомісткою операцією при створенні і функціонуванні ГІС. Найбільш часто використовуються технології сканування паперових картографічних матеріалів, геометрична корекція сканованого зображення для усунення просторових похибок, цифрування паперових або сканованих карт із використанням ручної або напівавтоматизованої технології розпізнавання картографічних об'єктів.

За оцінками різних експертів, вартість введення даних може досягати 80 % вартості всього ГІС-проекту, включаючи вартість апаратних засобів і зарплати висококваліфікованого персоналу. Помилки і пропуски, допущені при введенні даних, можуть призвести до перекручування інформації на наступних етапах її обробки і цілком знецінити кінцевий результат. Тому перед введенням даних виконується оцінка інформаційних потреб системи на всіх етапах її функціонування, підбираються джерела даних, улаштовується перелік інформаційних об'єктів, створюються їх докладні формалізовані описи, розробляється план послідовного цифрування. Обов'язковим елементом введення даних є вибірковий або повний контроль точності і повноти введення.

6.2 Джерела вхідних даних для ГІС

6.2.1 Картографічні матеріали

Карти як джерело просторових даних для ГІС, як і раніше, зберігають свою актуальність. Хоча частина матеріалів, отриманих методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і польової інструментальної зйомки, постійно зростає,

на різних картах можна знайти різнобічну і відповідним чином формалізовану інформацію про багатьох реальних або виявлених різними методами просторових об'єктів.

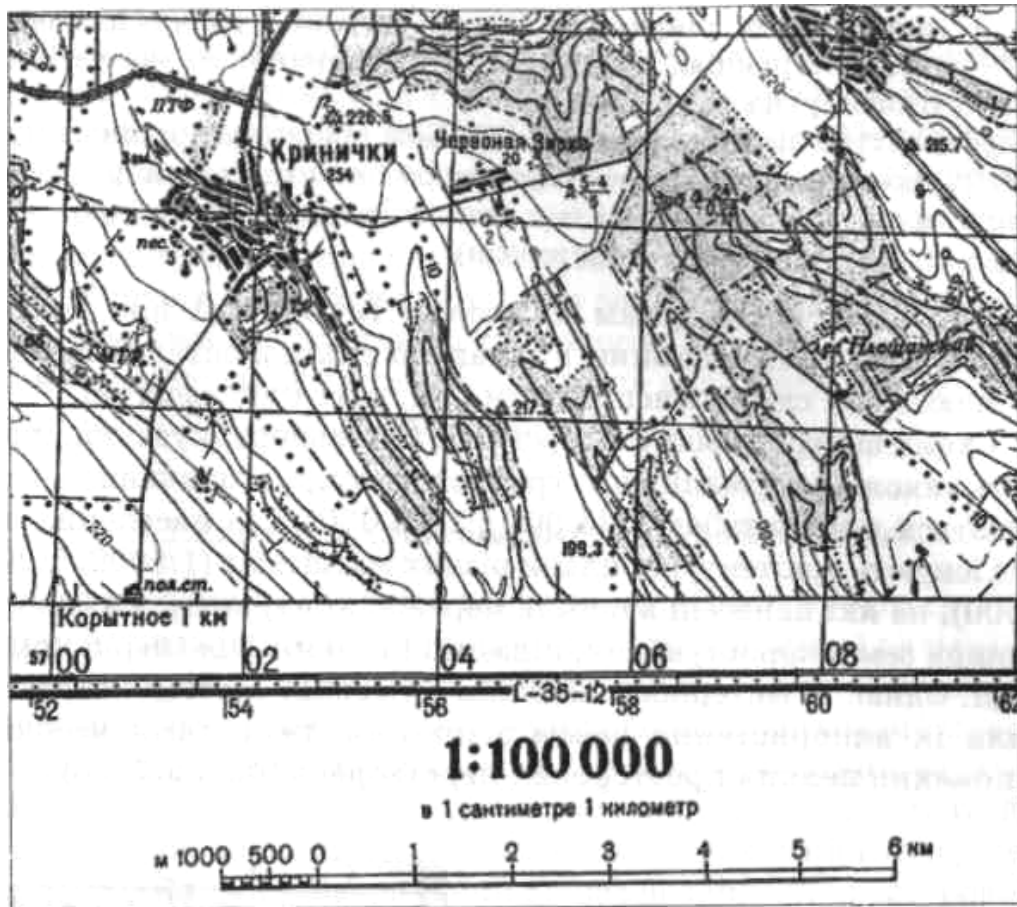


Рис. 6.1 – Фрагмент топографічної карти масштабу 1:100000

Для просторового прив'язування і копіювання даних при побудові багатьох картографічних баз даних, включаючи тематичні карти і цифрові моделі рельєфу, використовуються топографічні карти – загально-географічні карти універсального призначення, що докладно зображують місцевість. Топографічні карти поділяють на великомасштабні (1:50000 і більше), середньомасштабні (1:100000–1:500000), (рис. 6.1) і дрібномасштабні, або оглядово-топографічні (дрібніше 1:500000). У кожній країні існує офіційно прийнята державна система картографічних проєкцій, масштабів, розграфлення і номенклатури карт та умовних знаків для топографічних карт. Великомасштабні топографічні карти (1:50000, 1:25000 і 1:10000) створюються за матеріалами польових топографічних зйомок, а всі інші – складаються

камерально за більш великомасштабними картами.

Одним із найважливіших елементів карт, що впливають на точність представлення об'єктів у просторі за координатами x , y , z , є координатна і висотна системи.

Для топографічних карт, створюваних у системі картографічних установ колишнього СРСР, а згодом і України, використовується координатна система Гаусса-Крюгера – система плоских прямокутних координат і рівнокутна картографічна проекція з тією самою назвою. У проекції Гаусса-Крюгера поверхня еліпсоїда на площині відображається по меридіанних зонах, ширина яких дорівнює 6° (для карт масштабів $1:500000$ – $1:10000$) і 3° (для карт масштабів $1:5000$ – $1:2000$). На аркушах топокарт відображається картографічна рамка як з географічними координатами (градуси/хвилини/секунди), так і топографічними координатами (метри відносно початку координат зони). З урахуванням перекручувань проекції, технології топографічної зйомки і додрукової підготовки листа карти, просторова похибка при відображенні будь-якого об'єкта на поліграфічному відбитку карти має не перевищувати $0,1$ мм. Виходячи з цієї величини, можна визначити величину систематичної похибки і, відповідно, точність цифрової карти, побудованої на основі топокарти обраного масштабу. Для масштабу $1:200000$ закладена похибка становитиме близько 20 м, для $1:100000$ – 10 м, для $1:10000$ – 1 м. Таким чином, для одержання підсумкової точності цифрової карти 1 м і нижче необхідно використовувати топокарти масштабу $1:10\ 000$ або матеріали спеціальної топографічної зйомки.

Для визначення висотних координатних систем використовуються референц-еліпсоїди – геометричні моделі усередненої поверхні земної кулі. У різних країнах використовуються різні еліпсоїди і початкові точки відліку висот (для топокарт, що виробляються на Україні, використовуються еліпсоїд Красовського і Балтійська система висот), тому при використанні топокарт різних країн слід порівнювати висотні системи. Проблема розбіжностей висотних систем загострилася з початком масового застосування приймачів супутникового визначення координат і висот. Система GPS використовує

Всесвітню висотну систему WGS-84 і для її спільного використання з даними національних топокарт необхідно вносити відповідні виправлення.

За топокартами можна визначити і безпосередньо цифрувати такі просторові об'єкти:

- систему координат (географічну чи топографічну);
- місце розташування і висоти пунктів опорної геодезичної мережі;
- оцінки висот рельєфу, контури і глибину ерозійних форм;
- місце розташування гідрографічних об'єктів, оцінки урізів води, глибин, ширини русла, швидкості і напрямку течії;
- назву населеного пункту, кількість будинків, тип і контури великих будівель, кар'єрів та ін.;
- тип покриття, ширину проїжджої частини й узбіччя для авто доріг, конструкцію, довжину і вантажопідйомність мостів, висоту (глибину) насипів і виїмок;
- контури лісових масивів або ділянок природної рослинності, тип деревних порід, висоту і густоту рослинності, ширину лісосмуг;
- місце розташування і тип елементів лінійної технічної інфраструктури (ЛЕП, трубопроводи).

Найбільш достовірним джерелом інформації про контури водних просторів, глибини і характер дна є навігаційні карти, що мають той самий масштабний ряд, що і топографічні.

Схеми внутрішньогосподарського землевпорядкування, що містять також інформацію про ґрунтовий покрив, звичайно виготовляються в масштабах 1:25000 і 1:10000. Для населених пунктів існують архітектурні плани різних масштабів (1:5000, 1:2000, 1:500), на які нанесені вулична мережа, контури будинків, межі ділянок землекористування, підземні і наземні інженерні комунікації. Однак ці матеріали виконані в умовній системі координат, і для їх використання разом з іншими джерелами необхідне виконання певних просторових перетворень (рис. 6.2 а, б).

Різні загально-географічні і тематичні карти також можуть бути джерелом

даних для ГС. Більшість таких карт виконані в масштабі дрібніше 1:1 000 000 у різних картографічних проекціях і має значні лінійні або кутові перекручування. Цифрування таких матеріалів вимагає урахування параметрів картографічних проекцій, дані про які є в більшості картографічних редакторів. У процесі обробки таких карт можуть знадобитися процедури загальної або локальної трансформації зображень для прив'язування системи координат джерела даних під систему координат загальної бази даних ГС-проекту.

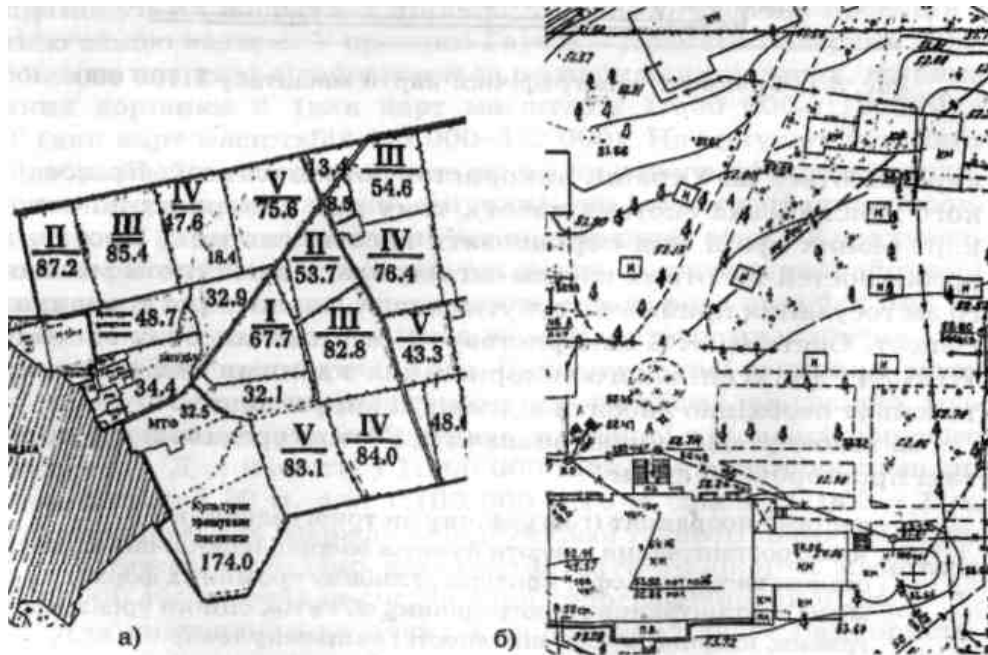


Рис. 6.2 – Фрагменти схеми землевпорядкування М 1:25000 (а) і архітектурного плану М 1:500 (б).

6.2.2 Дані дистанційного зондування Землі

Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) базуються на реєстрації і подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації від поверхні ґрунту, рослинності, води та інших об'єктів. Винос пристроїв, що реєструють, у повітряний або навколосемний простір дозволяє одержати значно більш широке охоплення території порівняно з наземними методами досліджень. При дистанційному зондуванні значний вплив на якість і застосовність одержуваних даних чинять спектральний діапазон зйомки, просторова точність, радіометрична точність, просторове охоплення, оперативність і повторюваність

зйомки, вартість даних.

Фіксування випромінювання виконується як з використанням хімічних фотографічних методів, так і електронних фоточутливих елементів. У першому випадку зображення поверхні Землі фіксується на фотоплівці, що вимагає доставки її на поверхню Землі, проявлення і друку знімків. Для наступного сеансу зйомки необхідний запуск нового космічного апарата, тому в наш час ця технологія практично не використовується на автоматичних супутниках (в основному на населених орбітальних станціях і кораблях). Основний обсяг даних ДЗЗ виробляється за допомогою електронних приладів, що фотореєструють відбиту сонячну радіацію так званих приладів із зарядовим зв'язком – ПЗЗ. Ці прилади дозволяють реєструвати різні діапазони хвиль відбитої сонячної радіації як у видимій, так і в ультрафіолетовій та інфрачервоній спектральних зонах.

На основі таких елементів створюються електронні скануючі пристрої, що можуть установлюватися на різних космічних апаратах, призначених для зйомки атмосфери, океану і поверхні суші. При встановленні радіолокаційних систем такі супутники можуть визначати висоту і довжину хвиль, рівень водної поверхні, розливи нафтопродуктів на поверхні води. З природно-ресурсних супутників ведуться спостереження за кольором і щільністю рослинного покриву, кольором і текстурою ґрунтів, кольором води, температурою земної поверхні. З космосу здійснюється високоточна зйомка для топографічного картографування, радіолокаційна зйомка рельєфу і вологості поверхневого шару ґрунту. Зйомка ведеться безупинно згідно з маршрутом прольоту супутника, дані постійно передаються на наземні станції.

На наземних станціях виконується обробка інформації, що надходить: здійснюються геометрична корекція (усуваються кутові перекручування крайових зон, лінійні перекручування уздовж лінії зйомки та ін.); радіометрична корекція (усуваються перешкоди, що виникають при зйомці, передачі і прийомі даних, атмосферні перешкоди, вирівнюється освітленість); нарізка на ділянки визначеного розміру, прив'язування до системи координат

та ін. Такі матеріали можуть передаватися замовнику протягом тижня після зйомки. Багато комерційних систем можуть проводити зйомку визначеної ділянки, для чого змінюється кут нахилу знімальної камери або орбіта супутника. У центрах обробки інформації накопичені великі архіви цифрових даних.

У наш час діють кілька комерційних систем дистанційного зондування, дані яких активно поширюються і на Україні. Досить поширені дані американської системи Landsat (рис. 6.3), французької SPOT, індійської Irs, російської «Ресурс». Дані високої просторової точності пропонуються знімальними системами Ikonos і QuickBird (США).



Рис. 6.3 – Знімок високої просторової точності знімальної системи ДЗЗ Landsat – м. Одеса (з колекції Українського центру менеджменту Землі і ресурсів)

Основні характеристики даних, отриманих за допомогою цих знімальних систем, наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні технічні характеристики систем дистанційного зондування Землі природно-ресурсного призначення.

Система (країна)	Скануючий пристрій	Спектральні канали (мкм)	Смуга зйомки, км	Просторова точність, м	Повторюваність, днів
Ресурс-О (Росія)	МСУ-СК	0,5–0,6, 0,6–0,7, 0,7–0,8, 0,8–1,1, 10,4–12,6	600	140 (видимий) 550 (тепловий ІЧ*)	24
	МСУ-Э	0,5–0,6, 0,6–0,7, 0,8–0,9	45	до 25 (видимий і ближній ІЧ)	24
Landsat (США)	ETM	0,52–0,9	185	15 (панхроматичний)	16
		0,45–0,52 0,52–0,6 0,63–0,69 0,76–0,9		30 (багатоспектральний)	
		10,4–12,5		60 (тепловий)	
IRS (Індія)	PAN	0,5–0,75	70–96	5,8 (видимий)	5
	LISS-3	0,52–0,59 0,62–0,68 0,77–0,86 1,55–1,7	142	23,5 (видимий) 23,5 (видимий) 23,5 (ближній ІЧ) 70,5 (тепловий ІЧ)	24
	WiFS	0,62–0,68 0,77–0,86 1,55–1,75	804	188 (видимий) 188 (ближній ІЧ) 188 (тепловий ІЧ)	5
SPOT Франція	HRV (SPOT 1,2,3)	0,5–0,59, 0,61–0,68, 0,79–0,89	60	10 (панхроматичний) 20 (багатоспектральний)	26
	HRVIR (SPOT 4)	0,5–0,59, 0,61–0,68, 0,79–0,89, 1,58–1,73	60	10 (панхроматичний) 20 (багатоспектральний)	26
Січ-1 (Україна)	МСУ-М	0,5–1,1		1500 (видимий і ближній ІЧ)	
	МСУ-С	0,5–1,0		340 (видимий і ближній ІЧ)	
QuickBird (США)		0,45–0,9	6,5	0,61 (панхроматичний) 2,44 (багатоспектральний)	1–4

* ІЧ – інфрачервоний

Додаткова обробка й аналіз даних ДЗЗ (виділення і порівняння різних спектральних діапазонів, сполучення знімків з різним просторовим дозволом,

класифікація і виділення зон з визначеними характеристиками) виконуються за допомогою спеціального програмного забезпечення. Найбільш відомими програмними пакетами обробки даних ДЗЗ є ERDAS IMAGINE (США) і ErMapper (Австралія).

6.2.3 Дані електронних геодезичних приладів

Дані з електронних геодезичних приладів являють собою файл із координатами та ідентифікаторами точок зйомки. У таких файлах також може міститися інформація про проведені виміри – вертикальні і горизонтальні кути, відстані. Файли даних можуть створюватися в спеціальних фірмових форматах або в звичайному текстовому форматі ASCII. Спеціальні програмні пакети для обробки даних геодезичних вимірів або модулі координатної геометрії інструментальних пакетів ГІС (пакет Інвент-Град (Україна); програмні пакети CREDO компанії «Кредо Діалог» (Білорусь), розширення Survey Analyst, сімейства пакетів ArcGIS компанії ESRI (США) та ін.) зчитують такі дані за допомогою спеціальних конверторів.

Текстові дані перетворюються в координати точок прив'язування, для яких за обмірюваними кутами і відстанями визначаються місця розташування точок по контурах об'єктів (будинків, доріг та ін.), створюється графічний векторний файл. Якщо прилад підтримує введення ідентифікаторів і описів об'єктів під час зйомки, ці дані можуть автоматично вводитися в атрибутивну базу даних.

6.2.4 Джерела атрибутивних даних

Джерелом атрибутивних даних для ГІС можуть бути стандартні звітні форми різних державних, комерційних і громадських організацій, наукові звіти і публікації, дані спостережень на гідрометеорологічних станціях та ін. Велика частина таких документів створюється і подається в цифрованому вигляді у форматах програмних пакетів обробки документів Word, Excel, Access. До складу більшості пакетів ГІС, що працюють з реляційними таблицями для збереження атрибутивних даних, входять спеціальні модулі імпорту й експорту даних у формати Excel і Access.

Для обробки текстових даних розробляються методи їх групування,

формалізації, переведення в табличну форму. При обробці паперових джерел можуть використовуватися методи автоматизованого розпізнавання тексту.

6.3 Технології цифрування вхідних даних

6.3.1 Сканування

Сканування в наш час є одним з основних видів перетворення зображень з паперових (плівкових та ін.) типів носіїв у різні формати електронних зображень. Сам термін «сканування» означає, що площина вихідного зображення проглядається послідовно по смугах, кожна смуга, у свою чергу, поділяється на окремі елементи. Відбите оптичне електромагнітне випромінювання кожного елемента зображення реєструється світлочутливим датчиком, при цьому відбувається осереднення колірних і яскравих характеристик (елемент зображення тепер може вважатися пікселем); залежно від поточних налаштувань сканера пікселу присвоюється певний код у бітовому, сіро-кольоровому або RGB-форматах, після чого інформація про порядкове положення і колір пікселя записується в растровий графічний файл.

Якість сканування визначається точністю місцеположення елементів сканера, що зчитують (різниця між положенням пікселя на вихідному документі й в електронному файлі, що може бути розрахована за допомогою спеціального програмного забезпечення), і якістю передачі кольору (у більшості випадків визначається користувачем на око). Якість сканованих картографічних документів вимагає контролю й у більшості випадків – геометричної корекції сканованої копії карти.

Матеріал, що сканується, повинен бути відповідним чином підготовленим, не зім'ятим, не мати складок, розривів. Дуже зношені документи бажано підклеїти на картон. За необхідності на документ можуть бути нанесені маркери на позначення ділянки сканування чи для орієнтації щодо лінії північ–південь (верх-низ). Підготовлений документ укладається на поверхню сканера (заправляється в ролики, закріплюється на барабані).

Просторова точність при скануванні карти залежить від дрібності деталей

вихідного зображення. Для топографічних карт звичайно досить установити 200 чи 300 dpi (іноді для систем автоматизованого розпізнавання об'єктів може використовуватися точність 400–600 dpi), для контурних або виконаних вручну планів може бути досить 100–150 dpi. Залежно від розміру ділянки сканування, глибини кольору і просторового дозволу автоматично розраховується розмір підсумкового файлу (для нестиснутого формату TIFF).

Процес сканування карт, як правило, здійснюється із середовища якогось графічного редактора, що дозволяє робити збереження і первинні перетворення отриманої копії. Більшість сучасних програмних пакетів для введення даних за допомогою сканера (MapEdit, Easy Trace, Descartes) призначена для роботи з растровими зображеннями і дозволяє робити два основних типи перетворень: змінювати кількість пікселів у зображенні, змінювати місце розташування групи пікселів усередині площини зображення (геометрична корекція); змінювати колірний режим або колірні характеристики всього зображення чи групи обраних пікселів (яскрава і колірна корекція).

Спотворення зображення є однією з найбільш поширених помилок, що виникають у процесі сканування. Навіть незначні відхилення на частки градуса від базової лінії при великих розмірах карт призводять до лінійних перекручувань у кілька міліметрів. Це особливо помітно на стиках окремих фрагментів при зшиванні великих аркушів. За наявності ліній координатної сітки або маркерів перекис може бути усунутий за допомогою функцій «Поворот зображення на довільну величину». Кут повороту визначається шляхом задання базових ліній (північ-південь, лінія рамки тощо), відносно яких розраховується виправлення. Поворот може здійснюватися покроково з візуальним контролем відносного положення ліній сітки карти з лініями координатної сітки робочого поля пакета обробки графіки. У разі потреби може здійснюватися поворот усього поля зображення на 90° за чи проти годинникової стрілки або розворот зображення на 180°.

Часто сканування вихідного зображення проводиться зі значним «запасом» по краях. За необхідності краї, де лінійні і кутові перекручування найбільш

значні, можуть бути обрізані, а фрагмент, що залишився, зберігається у вигляді нового графічного файлу.

У багатьох випадках доводиться створювати необхідне зображення з окремих фрагментів. Таке зшивання може здійснюватися як у вигляді злиття окремих файлів, так і складанням «мозаїк» з окремих файлів. Зшивання двох фрагментів (один із яких є базовим) здійснюється різними методами, що використовують зазначення декількох загальних точок у площині зображення, у зв'язку з чим фрагменти, що зшиваються, повинні значною мірою перекривати один одного. Може бути зазначено дві, три і більше спільних точок; при зв'язуванні фрагментів здійснюються кутові повороти, лінійні або площинні трансформації зображень.

Афінне перетворення може виправити зрушення, поворот і розтягання окремо по осі X і Y . Усі перетворення лінійні для всього растра, тобто рівнобіжні лінії залишаються рівнобіжними (рис 6.4 а, б). Для запуску перетворення досить трьох точок, що не лежать на одній прямій.

Поліноміальне перетворення виправляє більш складні, у тому числі і нелінійні перекручування. Якщо афінні перетворення допомагають позбутися неправильного положення аркуша на площині, то квадратичні допомагають виправити прогинання аркуша, перекручування сканування та ін. (рис. 5.4 в, г). Для запуску перетворення необхідно кілька точок, і розташовуватися вони повинні максимально хаотично. Якщо, наприклад, якісь чотири точки будуть утворювати прямокутник, рівнобіжний осям координат, то перетворення працюватиме некоректно.

Скановане зображення (наприклад, карти) з точністю 200–400 dpi утворить графічний файл розміром до 50–100 Мб. Загальний розмір сканованих даних для великого міста чи району може складати десятки і сотні гігабайт.

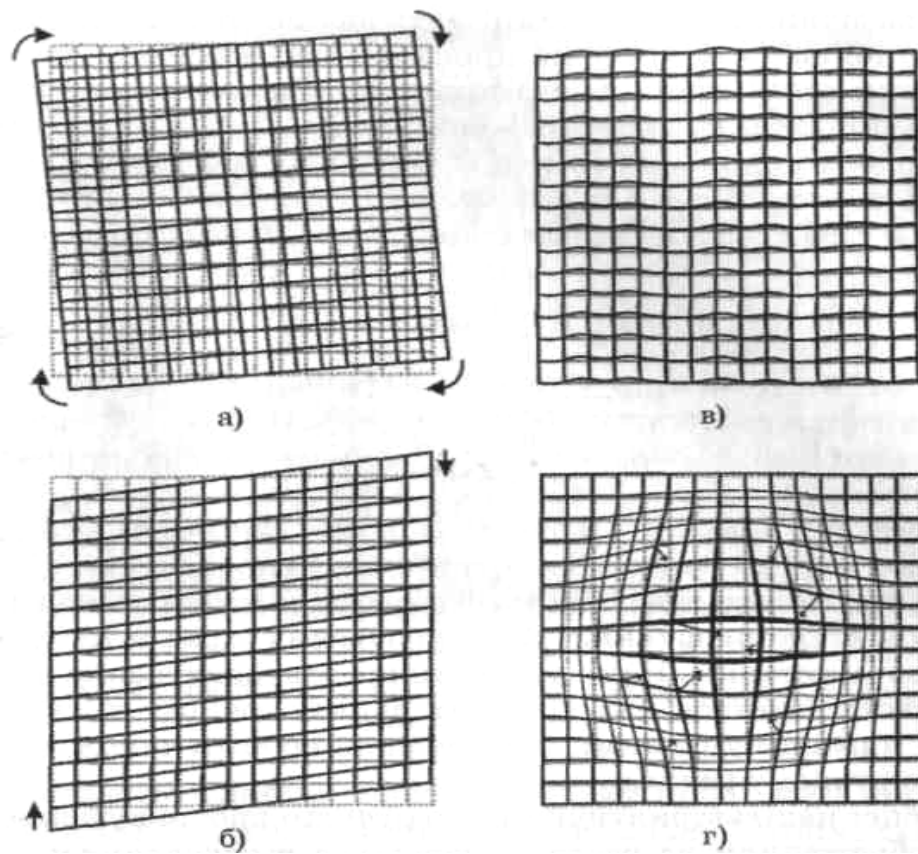


Рис. 6.4 – Геометричні трансформації растрових зображень:

- а) афінні перетворення кутових перекручувань; б) афінні перетворення перекосів; в) поліноміальні перетворення перекручувань сканування;
- г) поліноміальні перетворення перекручувань при прогинанні аркуша.

Апаратні комплекси, що використовуються для сканування і підготовки вихідних картографічних даних, повинні мати значні обсяги оперативної і магнітної пам'яті, графічні прискорювачі, системи створення резервних копій даних на оптичні носії. Для зменшення розмірів файлів при їхньому збереженні і пересиланні використовуються різні технології стиснення графічної інформації, наприклад, для збереження і швидкого розпакування великих масивів стиснутих графічних даних використовується формат MrSID.

6.3.2 Векторизування

Скановані растрові картографічні матеріали використовуються для створення векторних цифрових карт. При гарній якості вихідних карт (гарне розрізнення ліній і контурів, відсутність фону і забруднень, чітка передача

кольору) можуть використовуватися системи розпізнавання графічних образів і автоматичного промальовування їхніх контурів. Процедури розпізнавання растра і промальовування векторних графічних примітивів позначаються терміном **векторизування**. Векторизування може бути ручним і напівавтоматичним. Напівавтоматичне векторизування в основному застосовується для лінійних даних, точкові об'єкти вводяться в ручному режимі, полігональні об'єкти також замикаються в ручному режимі.

Процес напівавтоматичного або ручного простежування лінії за її зображенням на растрі називається **трасуванням**. У різних програмних пакетах для векторизування різні інструменти трасування, заздалегідь прив'язані на визначені комбінації растрових елементів. Звичайно це основний трасувальник, призначений для простежування суцільних і пунктирних ліній, а також трасувальник ортогональних (що вигинаються тільки під прямим кутом), ламаних, точкових ліній, замкнутих прямокутних контурів, інструмент оконтурювання заштрихованих ділянок і інструмент оконтурювання залитих плям. Процес векторизування керується набором параметрів трасування, які можна поєднувати в стратегії трасування.

Для початку трасування суцільної або пунктирної лінії в автоматичному режимі зазначається початкова точка на «правильній» ділянці, де для автоматичного трасувальника не передбачається ускладнень. Для початку трасування пунктирної або точкової лінії потрібно послідовно вказати дві сусідні точки, таким чином задається зразковий крок і напрямок. Додаткові операції трасування ліній передбачають: максимальну відстань розриву між фрагментами лінії, максимальний кут повороту лінії і максимальну відстань пошуку початку іншої лінії під кутом від напрямку попередньої лінії, максимальну і мінімальну товщину лінії, що трасується, відстань між опорними точками вздовж лінії та ін. У разі затримки оператор у будь-який момент може взяти керування процесом векторизування на себе.

Для автоматизованого векторизування необхідне використання попередньо підготовлених растрових матеріалів. Рекомендується використовувати

матеріали із задалегідь розділеними тематичними шарами, тобто на карті, що векторизується, повинні бути елементи одного типу – горизонталі рельєфу, річкова мережа, дороги, контури будинків та ін.

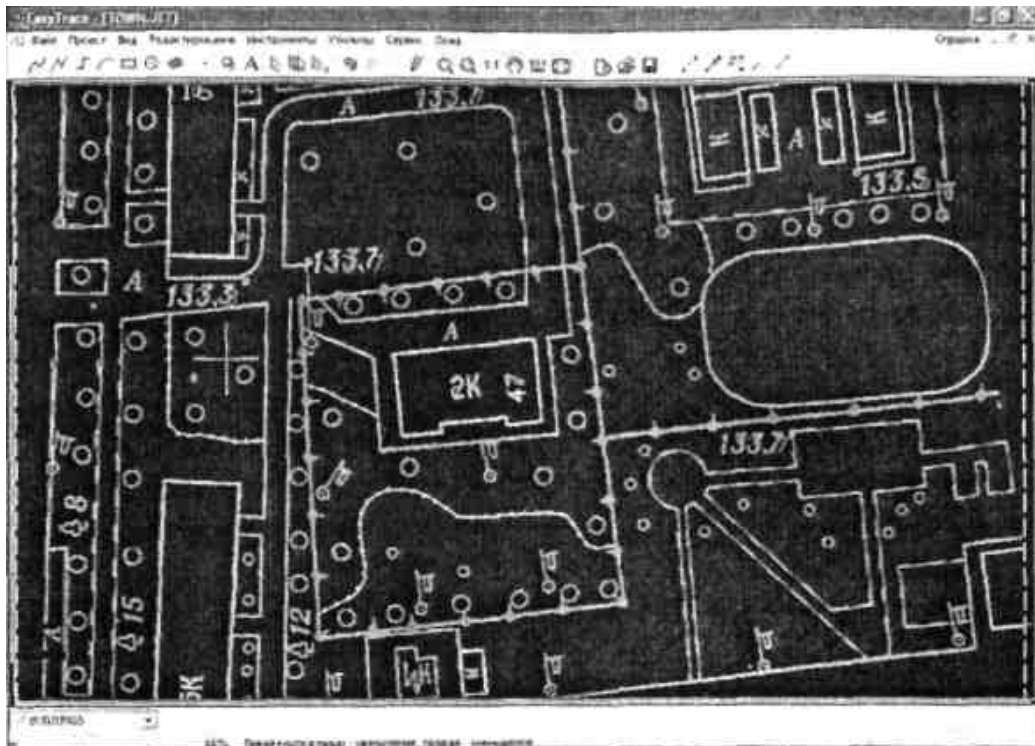


Рис. 6.5 – Робочий екран векторизатора Easy Trace з ділянкою міського плану

Для підвищення яскравості і контрастності растрової карти використовується процедура інвертування кольору, за якої білий колір стає чорним, і навпаки. На рис. 6.5 зображений екран програмного пакета для векторизування Easy Trace з фрагментом міського плану, що векторизується, у масштабі 1:500 з використанням процедури інвертування кольору.

У процесі створення векторних об'єктів здійснюється присвоєння ідентифікаторів (номерів трубопроводів, будинків, назв вулиць, висот горизонталей рельєфу тощо). Одним із режимів автоматичної ідентифікації є присвоєння значень висот лініям горизонталей рельєфу, глибин та інших ізоліній з рівним кроком зміни значень. Для автоматичної ідентифікації група близько розташованих ліній перекреслюється перпендикулярним відрізком, для якого задаються початкове значення і крок зміни значень. Аналізують

послідовність перетинання ліній і виконують присвоєння значень у порядку проходження ліній.

Відомим в Україні векторизатором є пакет Digital державного науково-виробничого підприємства «Геосистема» (м. Вінниця).

6.3.3 Геокодування

Геокодування – метод і процес позиціонування просторових об'єктів відносно деякої координатної системи і їхніх атрибутів. Для геокодування необхідні табличний набір координатних даних – широта і довгота, координати X і Y , вулична адреса, файл просторової бази даних, у координатах якої буде здійснюватися пошук місця розташування точки, а також установлення в ці координати точкового об'єкта з заданими атрибутами.

У наш час у різних ГІС-пакетах (Mapinfo, Arc View та ін.) реалізовані функції адресного прив'язування даних з використанням файлів спеціального формату, у яких формалізована інформація з вуличних мереж (StreetMap, рис. 6.6). Вулична мережа міста розбивається на окремі квартальні відрізки, для кожного відрізка в базі даних описані назва вулиці, номер будинку початкової точки відрізка з правого боку, номер будинку останньої точки відрізка з правого боку, номер будинку початкової точки з лівого боку і номер будинку кінцевої точки з лівого боку вулиці. Правий і лівий бік визначаються напрямком цифрування відрізка вулиці. При геокодуванні адреси будинку, описаної назвою вулиці і номером будинку, знаходиться відрізок з необхідною назвою та інтервалом номерів будинків, далі на відповідній стороні (парні/непарні номери) знаходиться приблизне місце розташування будинку за різницею між номерами будинків на початку і кінці ділянки. Розміри будинків і можливі пропуски між ними в даному методі не враховуються.

Методами геокодування можна досить швидко створювати картографічні бази даних для інформації, що має текстове координатне прив'язування. Крім вуличних адресних координат, існують шаблони для створення об'єктів (точкових або площинних) за назвами міст і адміністративних одиниць, за кодами поштових округів та ін. (рис. 6.7).

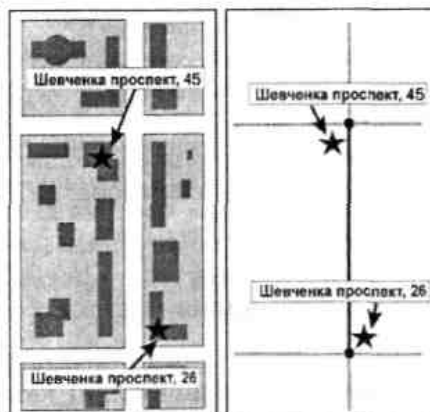
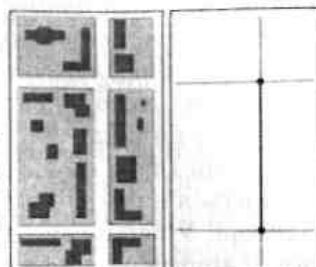


Рис. 6.6 – Подання вуличної мережі у форматі StreetMap

№	Назва міста	Назва вулиці	№ будинку
345	Одеса	Шевченка проспект	45
453	Одеса	Шевченка проспект	26

Таблиця з адресними полями

Вибір способу визначення адреси
 (можна визначити місце розташування об'єкта щодо контуру будинку або сегменту вуличної мережі)



Пошук місця розташування і створення нових точкових картографічних об'єктів

Рис. 6.7 – Геокодування місця розташування будинків за адресним прив'язуванням в базі даних формату StreetMap

Необхідно контролювати ідентичність адресних координат у геокодованій базі і базі координатного прив'язування – географічні і топографічні координати повинні бути в одному числовому форматі з базовою системою координат; назви вулиць в обох наборах даних не повинні мати різночитань, скорочень; буквені ідентифікатори будинків (наприклад, корпус 3а) повинні зберігатися в окремому полі та ін.

6.4 Контроль якості створення цифрових карт

Якість є одним з основних керованих параметрів процесу створення цифрових карт поряд з їхнім складом, вартістю, інформаційними ресурсами.

Залежно від сфери використання цифрових карт до них висуваються різні вимоги. Ці вимоги (просторова точність, склад об'єктів, точність опису об'єктів) мають бути сформульовані ще на етапі проектування цифрової карти. Залежно від вимог просторової і семантичної точності підбираються вихідні картографічні матеріали, плануються додаткові польові зйомки або використання ДДЗЗ, складаються номенклатура і класифікація об'єктів, вибирається програмне забезпечення, периферійні пристрої введення даних та ін.

У наш час можна виділити дві основні сфери використання цифрових карт:

- 1) як основи для створення різних паперових карт або картографічних ілюстрацій;
- 2) як основи для просторових вимірів, розрахунків, аналізу.

У першому випадку просторова точність визначається точністю поліграфічного відбитка створюваної карти і залежить від методу друку, системи умовних знаків, відображуваного масштабу та ін. При створенні цього типу карт можна обмежитися візуальною подібністю картографічних об'єктів, просторова похибка допускається від 0,1–0,2 мм у видимому масштабі карти. При створенні картосхем величина просторової похибки може не вважатися визначальним фактором якості, іноді в просторову основу свідомо вносяться перекручування для кращого відображення якісних, ілюстративних

характеристик відображуваного явища або об'єктів.

У тому випадку, коли цифрова карта є основою для розрахунків відстаней, площ і обсягів у кадастрових, будівельних або навігаційних ГІС, просторові похибки можуть спричинити значні перекручування підсумкових просторових розрахунків, що, у свою чергу, призводиться до похибок розрахунку вартості земельних ділянок, вартості будівництва, оподаткування та ін. У таких додатках просторова точність визначається точністю використовуваних приладових вимірів (до 0,1 мм на місцевості). Створення таких цифрових картографічних основ вимагає значних ресурсів і виконується тільки спеціалізованими організаціями, що мають відповідне технічне забезпечення і кваліфікованих фахівців.

У наш час в Україні найбільш значний обсяг робіт із введення картографічних даних здійснюється в процесі трансформації паперових топографічних карт різних масштабів у цифрову форму.

Забезпечення якості створюваних цифрових карт можливе лише за умови високого рівня організації виробництва, що відповідає кваліфікації персоналу, який володіє спеціальними знаннями і навичками.

Підготовка цифрових картографічних матеріалів на базі топографічних карт проводиться відповідно до вимог таких документів:

- Нормативи щодо створення електронних карт місцевості масштабів 1:1000000, 1:500000, 1:200000 (ГП МЦЕК МНС та Укргеодезкартографія);
- Положення про редагування цифрових карт місцевості, які виготовляються на основі картографічних матеріалів з використанням растроскануючого обладнання (затвердж. Укргеодезкартографією 02.06.97 р.);
- Положення про порядок організації контролю при виготовленні цифрових карт (затверджене Укргеодезкартографією 14.02.97 р.);
- Технічні умови на створення серії топографічних карт областей масштабу 1:200000 (затверджені Укргеодезкартографією в травні 1996 р.);
- Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000

(затверджений начальником ГУГКК при КМ України і погоджений з начальником ЦТУ ГП Збройних сил України в 1998 р.);

– Тимчасові правила щодо збору та встановлення географічних назв при виконанні топографічних робіт (затвердж. Укргеодезкартографією 04.08.94 р.);

– Типові редакційні вказівки на створення карт територій адміністративних районів (затверджені Укргеодезкартографією в грудні 1996 р.);

– Умовні позначення для топографічних карт масштабів 1:200000 и 1:500000.

При створенні цифрових карт як вихідні картографічні матеріали використовують топографічні карти тих самих масштабів і незалежно від застосовуваної технології використовують такі параметри оцінки:

– повноту і правильність заповнення паспорта номенклатурного листа цифрової топографічної карти;

– точність планового розташування об'єктів;

– повноту об'єктового складу;

– повноту характеристик об'єктів;

– правильність визначення кодів об'єктів;

– правильність визначення характеристик об'єктів;

– відповідність формату;

– відповідність правилам цифрового опису.

Кількісна оцінка цифрових карт дається за допомогою:

– таблиць для оцінки точності планового розташування, де наведені максимально припустимі середні квадратичні похибки розташування об'єктів. Значення допуску залежать від типу об'єкта, масштабу, характеристик місцевості;

– розрахунків для обчислення одиничного показника якості, що визначається для кожного показника (правильність визначення коду об'єкта, повнота характеристик об'єкта тощо) і виражається у відсотках:

$$V = (J / K)100, \quad (6.1)$$

де V – одиничний показник якості;

Л – абсолютна кількість об'єктів з похибками (може виражатися сумою об'єктів з похибками різного типу);

К – загальна кількість об'єктів цифрової карти.

Систематичні похибки при створенні цифрової картографічної продукції виникають унаслідок різних об'єктивних і суб'єктивних причин (відсутність необхідного обладнання, невідповідність технічних характеристик обладнання необхідної точності, відсутність чи слабка формалізація класифікаторів об'єктів, що цифруються, помилки введення через неопрацьовані інструкції з введення різних ситуацій, низька кваліфікація операторів, відсутність контролю).

До найбільш поширених помилок відносять:

– порушення просторово-логічних зв'язків у цифровій карті з багат шаровою структурою, наприклад, на всій цифровій карті в місцях перетинання автомобільних доріг і рік, під об'єктом «міст» (кам'яний, бетонний, залізобетонний) відповідна частина об'єкта «ріка» відсутня;

– неправильне введення семантичної (атрибутивної) інформації;

– систематична невідповідність коду об'єкта і його найменування за прийнятим класифікатором цифровій топографічній карті;

– порушення характеру локалізації. Усі полігональні гідрографічні об'єкти на цифровій топографічній карті подані у вигляді лінійних. Лінії проведені по центру об'єктів;

– відсутність регламентуючих документів і вироблення операторами самостійного колективного рішення щодо цифрування тієї чи іншої ситуації;

– відсутність опису правил цифрування подібних ситуацій у регламентуючих документах за відсутності технології взаємодії оператора і коректора карт;

– систематична помилка в плановому розташуванні точкових об'єктів або вершин лінійних об'єктів через неточність оператора (наприклад, паралакс візира дигітайзера);

– усі об'єкти цифрової карти не мають координатного прив'язування;

– неадекватна вихідним матеріалам передача форми об'єктів цифрової карти через низьку кваліфікацію оператора і відсутність вихідного контролю.

У кількісній формі оцінка виражається одним числом – значенням показника якості, що відбиває визначену сукупність властивостей продукції. Наприклад, для показника якості «точність планового розташування об'єктів» середня квадратична похибка положення контуру рослинного покриву щодо вихідних картографічних матеріалів у масштабі цифрової топографічної карти 1:200000 становить 0,2 мм.

Однією з найважливіших складових виробництва цифрових карт, що забезпечує їхню якість, є контроль якості. Виділяють такі види контролю:

- суцільний, при якому контролюються всі одиниці продукції;
- вибірковий – контролюється порівняно невелика кількість одиниць продукції із сукупності, до якої вона належить;
- статистично-вбірковий контроль, правила якого базуються на законах теорії ймовірностей і математичної статистики.

У цілому необхідний рівень якості цифрових карт досягається цілим комплексом заходів. З одного боку, це точне формулювання замовником і споживачем карти її змістовних характеристик, рівня просторової точності, вихідних матеріалів. З боку виконавця робіт необхідне розроблення чітких інструкцій персоналу щодо цифрування тієї чи іншої тематичної групи об'єктів, ідентифікації і класифікації об'єктів, порядку послідовного введення різних груп об'єктів. Залежно від виду робіт і їхньої критичності для якості карти в цілому організуються контрольні заходи. Технічна документація підсумкової карти є важливим елементом для оцінки всієї виконаної роботи.

У наш час багато цифрових карт, особливо в неспеціалізованих установах і організаціях, виконується в ручному режимі, тому суб'єктивний фактор, тобто кваліфікація оператора і контролера, є основним стримуючим фактором для збільшення кількості якісної цифрової продукції. Для підготовки кваліфікованого оператора для екранного або апаратного дигітизування необхідно кілька років практичної роботи за наявності відповідної геодезичної,

картографічної або географічної освіти. Унаслідок цього все більш істотним фактором картографічного виробництва стає зростання вартості кваліфікованої праці фахівців. Тому основною лінією зростання продуктивності цифрового картографування є подальший розвиток автоматизованих методів введення: підвищення якості розпізнавання картографічних образів сканованих карт і даних дистанційного зондування Землі.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Охарактеризуйте вихідні матеріали, з яких виконується введення даних у ГІС.
2. Обґрунтуйте значення карти як джерела просторових даних для ГІС.
3. Яка координатна система використовується для топографічних карт, створюваних у системі картографічних установ України?
4. На чому базуються методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)?
5. Охарактеризуйте системи дистанційного зондування.
6. Як обробляються дані з електронних геодезичних приладів дистанційного зондування?
7. Чим визначається якість сканування?
8. Поясніть термін векторизування матеріалів.
9. Дайте характеристику процесу геокодування.
10. Якими засобами можна забезпечити якість створюваних цифрових карт?

РОЗДІЛ 7

ПОДАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В ГІС

7.1 Візуалізація інформації в ГІС

Подання інформації в зрозумілій і зручній для користувача формі є однією з основних функцій будь-якої системи обробки даних. Оскільки ГІС орієнтовані переважно на обробку просторово-розподілених даних, вони подають оброблену інформацію у вигляді різних карт, картодіаграм, тривимірних і анімізованих зображень.

Побудова картографічного зображення є досить складним науково-методичним і технологічним процесом. Для створення карт та інших геозображень у різних прикладних науках (картографії, геології, землевпорядкуванні, гідрографії та ін.) розроблені різні стандарти і нормативні вимоги. У той самий час технологія ГІС дає користувачу значно більші можливості для створення й обробки картографічної інформації, які в багатьох випадках не передбачені чи не затребувані традиційними методами паперових технологій.

На екран дисплея можна вивести кілька вікон з різними тематичними картами для їхнього спільного візуального аналізу; електронні карти легко масштабуються з можливістю автоматизованої генералізації; спеціальні засоби редагування дозволяють швидко змінювати підписи, умовні позначення і загальне компонування картографічного зображення. За наявності картографічної бази даних користувач одержує можливість робити швидкі інтерактивні запити про властивості того чи іншого об'єкта курсором миші, складати запити з використанням математичних і логічних функцій, робити вибірки, будувати тематичні карти й картодіаграми. Користувач може ставити перед інформаційною системою запити типу: «Які населені пункти з якою загальною чисельністю населення знаходяться на відстані 100 км від АЕС», «Які сади і виноградники знаходяться в межах двох годин їзди від міста *N*» – і одержувати відповіді в картографічній і табличній формі.

Внаслідок легкості побудови та аналізу карт за наявності готових картографічних баз даних картографічний аналіз і подання даних досить поширені в таких сферах діяльності, як маркетинг земельних ділянок, доставка товарів і надання послуг населенню, територіальне керування, освіта та ін. Для обслуговування широкого кола нових споживачів геоінформації з'явився клас програмних продуктів ГІС, призначених для надання інформації кінцевому користувачу з мінімальним набором функцій введення і редагування даних (ГІС-в'ювери). Так само існує велика кількість програмних продуктів ГІС, призначених для обробки і подання інформації в стандартах конкретної прикладної галузі діяльності (геологічні карти і розрізи, архітектурні і кадастрові плани, топографічне і гідрографічне картографування) з відповідними шаблонами і наборами умовних знаків. У таких програмних продуктах велика увага надається також можливостям одержання твердих копій картографічних зображень з урахуванням нормативних вимог до їхньої точності і зовнішнього вигляду.

Основні принципи виведення інформації на екран дисплея чи тверді носії, дизайн зображень і зручність сприйняття їх людиною характеризуються в цілому поняттям **візуалізація**.

7.2 Методи і технології візуалізації інформації в ГІС

Процес одержання зображення на екрані чи аркуші паперу в різних випадках може містити в собі безліч окремих технологічних операцій, які необхідно виконувати в певному порядку. Вихідні дані, що зберігаються у файлах різних форматів ГІС-пакетів, як правило, являють собою набори ідентифікаторів просторових об'єктів, координати їхніх опорних точок, посилання на записи в базах даних, посилання на бібліотеки умовних знаків та ін. У деяких випадках цифрова картографічна база даних створюється з урахуванням вимог подальшої візуалізації у середовищі визначеного ГІС-пакета і може бути представлена як карта визначеного відомчого стандарту без додаткової обробки. У більшості ж випадків цифрові карти являють собою

контури об'єктів у визначеному універсальному форматі, призначені для експорту в різні формати пакетів ГІС. У цьому випадку для одержання повноцінного геозображення необхідна додаткова обробка даних.

7.2.1 Подання картографічних шарів

Уся сукупність об'єктів на вихідній карті чи групі карт, покладених в основу цифрової картографічної бази даних, може бути розбита на групи однотипних об'єктів – гідрографічних, адміністративних границь, доріг, населених пунктів та ін. Такі групи об'єктів, як правило, цифруються, зберігаються й обробляються у вигляді окремих наборів файлів даних. При візуалізації кожний файл даних подається як окремий картографічний шар.

Шар (layer, theme, coverage, overlay) – сукупність однотипних (однієї мірності) просторових об'єктів, що стосується однієї теми (класу об'єктів) у межах деякої території й у системі координат, загальній для набору шарів. За типом об'єктів розрізняють точкові, лінійні і полігональні шари, а також шари з тривимірними об'єктами (поверхнями). Пошарове, чи багат шарове подання є найбільш поширеним способом організації просторових даних у пошарово-організованих ГІС (layer-based GIS). Для зручності збереження й обробки великих наборів даних кожний із шарів може бути розбитий на фрагменти в результаті операції фрагментування (tiling); при відображенні на екрані виконується зворотне зшивання. Звичайно «нарізання» на фрагменти успадковує прийнятту схему розграфлення карт (по окремих аркушах топокарт, по градусній сітці). Логічна нерозривність отриманого фрагментованого шару забезпечується засобами, що підтримують безшовні бази даних.

У більшості програмних ГІС-пакетів картографічний шар є основною одиницею подання даних – на рівні шарів здійснюються пошук, завантаження і вивантаження даних у середовище ГІС, до об'єктів шару застосовуються функції пошуку, форматування, зміни графічних змінних.

У разі збігу систем координат можливе багаторазове накладення картографічних шарів у векторному поданні, також можливе використання растрових картографічних шарів. Через те що растрові карти непрозорі, вони

звичайно використовуються у вигляді підкладки на задньому плані комбінованого векторно-растрового зображення. Кількість одночасно виведених на екран картографічних шарів обмежена ресурсами комп'ютера.

Для контролю і керування візуалізацією картографічних шарів у різних ГІС-пакетах існують спеціальні інструменти. У деяких програмних оболонках функції керування шарами поєднуються з функціями легенди і керування графічними змінними (ArcGIS Desktop). Для керування шарами доступні функції відкриття і закриття одного шару, відкриття і закриття групи шарів, закриття усіх раніше відкритих шарів.

При одночасному відкритті і перегляді кількох шарів необхідно упорядковувати їх взаємоположення і взаємоперекриття. В екранних вікнах, що керують відображенням шарів, можна побачити розміщення окремого шару порівняно з іншими шарами, а так само покроково перемістити обраний шар нагору чи вниз усієї групи шарів.

Для кожного шару характерними є такі **властивості**:

1. **Видимість** (visible) – включається чи виключається відображення цього шару на екрані (при цьому шар залишається в оперативній пам'яті і бере участь у всіх інших дозволених операціях). Крім цього, є функції відображення шару залежно від масштабу екранного подання, задаються найменший і найбільший масштаби, за яких шар бачимо на екрані; включається чи виключається відображення службової інформації для окремих об'єктів шару – опорних точок, центроїдів полігонів, напрямків ліній та ін.

2. **Редагованість** (editable) – у шар, що редагується, дозволено вносити зміни за допомогою всіх доступних інструментів створення і редагування форми об'єктів, а також змінювати графічні змінні об'єкти. Як правило, можна редагувати тільки один шар.

3. **Участь у запитах** (selectable) – із шару можна одержувати атрибутивну інформацію за допомогою різних засобів побудови запитів, у противному разі всі запити ігноруються.

4. **Підписування** (auto label, labeled) – у відповідному шарі включається

режим автоматичного друку пояснювальних підписів для картографічних об'єктів, наприклад, назв країн, міст, вулиць. За замовчуванням для підпису береться вміст першого текстового поля з атрибутивної бази даних, є можливість налаштування на будь-яке інше поле бази даних або використання як підпису результату обчислень (злиття фрагментів тексту) у кількох полях. Так само може задаватися формат відображення підпису – шрифт, розмір і колір шрифту, прив'язування до центра точки, лінії чи полігона (у центрі або збоку зі зсувом униз чи ввєрх). Задається метод контролю накладення і дублювання підписів (наприклад, підписи не можуть накладатися один на один при даному масштабі, не може бути двох однакових підписів та ін.).

Для відображення службової інформації (наприклад, підписів) поверх усіх відкритих шарів даних створюється косметичний шар. Вміст косметичного шару існує, поки залишається відкритим базовий шар, щодо якого виводиться службова інформація; за необхідності косметичний шар може бути збережений у вигляді окремого файлу даних.

Спеціальні тематичні шари утворюються при створенні тематичних карт, вони прив'язані до шару, на основі якого створена тематична карта. Переміщення за списком накладення шарів базового шару зумовлює переміщення і похідного тематичного шару.

7.2.2 Подання екранних видів (вікон)

Програмні продукти ГІС здебільшого працюють під керуванням операційної системи Windows і використовують властивості екранних вікон для подання інформації. Екранні вікна ГІС-пакетів підпорядковується основним функціям роботи з вікнами – переміщенню по робочій області екрана, згортанню і розгортанню розміру вікон, розміщенню вікон каскадом або мозаїкою, можливості вертикального і горизонтального прокручування зображення у вікні. Одночасно може бути відкрита велика кількість різнотипних вікон; розміщення та вміст вікон на екрані дисплея називається **екраним видом (View)**.

Для візуалізації інформації в ГІС звичайно використовується кілька типів

екранних вікон. Уся просторова інформація виводиться у вікно карти, атрибутивна – у вікно табличного браузера, діаграми – у вікно діаграм, готові звітні форми – у вікно звітів та ін. Існують спеціальні вікна для виведення легенд тематичних карт, вікна відображення результатів запитів, вікна для перегляду текстів програм. Кожний тип вікон має свої правила роботи і свій інтерфейс.

При роботі з вікном карти в більшості програмних ГІС-пакетів доступні такі функції.

1. Встановлення області відображення за допомогою зазначення розмірів і пропорцій вікна карти. Можуть встановлюватися режими автоматичного вписування у вікно карти за координатами крайніх точок об'єктів усіх відкритих картографічних шарів, об'єктів активного шару, об'єктів просторової вибірки. Розмір і масштаб відображення можуть задаватися за допомогою рамки, що розсікає, – область зображення, що потрапило в прямокутну рамку, збільшується до розмірів поточного вікна карти. У багатьох ГІС-пакетах доступні функції автоматичної зміни або збереження масштабу при зміні розмірів вікна карти.

2. Зумування (zoom) – покрокове збільшення або зменшення видимого масштабу зображення у вікні карти. Керування зумуванням здійснюється з меню, що випадає, або піктографічного меню; стандартна піктограма – лупа зі знаком «плюс» або «мінус». При використанні покрокового зумування звичайно відбувається зменшення/збільшення масштабу у два рази. Так само можливе визначення довільного масштабу відображення у встановлених одиницях вимірювання. Поточний масштаб зображення відображається в рядку стану або спеціально виділеної області службової частини екрана.

3. Панорамування – горизонтальне прокручування зображення у вікні карти з використанням смуг прокручування (scrolling) або спеціального інструмента «долонька».

Для відображення карти у вікні може використовуватися одна з картографічних проекцій, що містяться в спеціальній бібліотеці. У ГІС-пакетах

звичайно вмонтовані глобальні і велика кількість регіональних проекцій.

Для вікна табличного браузера доступні функції сортування полів таблиці – виведення або заборона виведення визначених полів, зміна порядку проходження полів, зміна шрифту для виведення вмісту таблиці. Перегляд вмісту таблиці здійснюється за допомогою горизонтальних і вертикальних смуг прокручування.

Шляхом установлення розміру, місця розміщення і властивостей екранних вікон формується екранний вигляд, призначений для певного виду роботи: екранного цифрування, аналізу, картографічного або табличного подання деякого набору даних. Такий екранний вигляд може бути збережений під певним ім'ям. У процесі подальшої роботи при завантаженні даного екранного вигляду (робочого набору, проекту) відбувається автоматичне завантаження всіх пов'язаних з даним видом картографічних шарів, їхній розподіл по вікнах, вирівнювання, масштабування, підписування, встановлення легенд тематичних карт, виведення таблиць, побудова діаграм та ін.

7.2.3. Подання векторних об'єктів

Для візуалізації просторових об'єктів цифрових векторних карт використовуються **графічні змінні** (graphic variables, graphic factors, semiological factors) – графічні засоби, використовувані для побудови окремих картографічних знаків, знакових систем, графічних образів у цілому. Для кожного типу зображень і рівня керування побудовою зображення використовуються різні графічні функції або бібліотеки готових графічних елементів.

Для об'єктів типу **точка** створена велика кількість різних бібліотек умовних позначень. У більшості випадків ці бібліотеки оформлені у вигляді файлів шрифтів True Type, що входять до системного реєстра Windows. Такі бібліотеки символів універсальні й одночасно доступні для різних ГІС-пакетів. Звичайно бібліотеки символів організовані за тематичним принципом – геометричні символи, топографічні символи, символи з малюнками будинків, транспортних засобів, рослин, фігурками людей і тварин, геологічні і

метеорологічні символи, стрілки «північ-південь», рози вітрів та ін. Доступні такі настроювання символів: зміна розмірів, кольору, кута нахилу. Для контрастного відображення символу на кольоровому фоні карти передбачений колір, що облямовує.

Відображення **лінійних** об'єктів виконується за допомогою певного набору графічних змінних, кількість і зовнішній вигляд яких залежить від конкретного ГІС-пакета. Для ліній може бути змінений тип (суцільна, переривчаста з різною довжиною штрихів і пробілів, із заповненням, з поперечними і зигзагоподібними елементами та ін.), колір лінії і заповнення лінії, товщина (задається в лінійних або відносних одиницях). Доступні згладжування перегинань лінії в опорних точках (сплайнові функції), згладжування з'єднань і перетинів ліній.

Для об'єктів типу **полігон** доступні настроювання границі полігона (*border*, *boundary*) і його внутрішнього заповнення (*fill*). Для границь полігонів доступні ті самі бібліотеки, що використовуються для оформлення лінійних об'єктів. Для внутрішньої частини полігона доступні суцільні заливання (основним чи напівтоновим кольором із стандартної бібліотеки, за необхідності може бути створений новий колір) і штрихування (вибирається тип штрихування, колір ліній чи фігур штрихування, колір міжштрихового простору). У деяких програмних пакетах доступне заповнення полігонів за допомогою текстур або растрових зображень.

При оформленні текстових об'єктів доступні всі настроювання шрифтів Windows (розмір, колір, нахил, підкреслення), так само використання фона, що забезпечує кращу видимість кольорового оформлення карти.

7.2.4 Подання поверхонь і растрових карт

Для растрових даних, поданих у вигляді безперервних поверхонь, у різних ГІС-пакетах передбачені кольорові або чорно-білі **палітри**. Палітра являє собою послідовність кольорів або яскравості, за допомогою яких на екрані або папері відображаються числові значення комірок растрової поверхні. Кількість кольорів у палітрі обмежена; як правило, використовується 16 або 256 градацій

кольору, розміщених у певному порядку. При візуалізації перший колір палітри присвоюється найменшим значенням поверхні, останній – найбільшим, іноді доступний реверс (зворотний порядок проходження кольорів). Для визначення послідовності присвоєння градації кольору конкретним числовим значенням відображуваної поверхні використовуються різні методи. Зміна подання растрової карти може бути досягнута за допомогою різних методів групування (класифікації) значень, зміни кількості класів, різних методів присвоєння кольору різним класам значень.

При використанні **лінійної класифікації** весь діапазон значень рівномірно розподіляється між мінімальним і максимальним значеннями, ширина класів однакова, кожний клас відповідає порядковому кольору палітри. Таке подання найбільш оптимальне при рівномірному розподілі значень в інтервалі між найбільшими і найменшими значеннями поверхні (наприклад, при відображенні цифрових моделей рельєфу з рівномірним кроком висотних рівнів). На рис. 7.1 наведені різні варіанти візуалізації карти, що являє мережу елементарних водотоків у межах басейну ріки. Значення кожної комірки растра відображає кількість комірок, які знаходяться вище за течією (з яких дана комірка одержує водне живлення). Змінюючи верхнє значення відображуваного діапазону, можна одержати різні варіанти видимості водотоків різного класу.

У межах поверхонь, отриманих розрахунковими методами, часто спостерігаються одиничні аномально високі або низькі значення. При використанні лінійної класифікації ці аномальні значення приводять до угруповання основної маси значень в один–два класи і появи значної кількості порожніх класів. У цих випадках рекомендується використання **логарифмічної** або **експоненційної класифікації** (ширина кожного наступного класу збільшується у відповідній залежності).

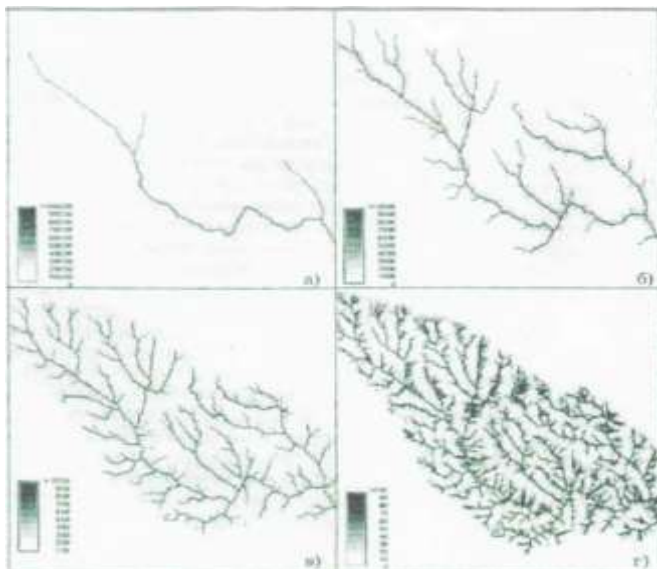


Рис. 7.1 – Варіанти візуалізації карти, що являє мережу елементарних водотоків, при зміні верхнього значення відображуваного діапазону:
 а) до 100000 комірок; б) до 10000 комірок; в) до 1000 комірок; г) до 100 комірок

Якщо аномальні значення є наслідком похибки розрахункового методу, їх виведення можна відмінити, знайшовши мінімальні і максимальні значення для відображення поверхні. На рис. 7.2 наведена карта того самого басейну ріки в логарифмічній шкалі.



Рис. 7.2 – Візуалізація карти, що являє мережу елементарних водотоків, у логарифмічній шкалі

Залежно від використовуваних кольорів і порядку їхнього проходження палітри бувають **монохромними** (від білого через збільшення насиченості до базового кольору), **двоколірними** (два базових кольори на кінцях палітри і перехідні кольори між ними), **багатоколірними** (у палітрі кілька базових кольорів з перехідними ділянками між ними). Для передачі різних характеристик поверхонь можуть використовуватися палітри з різною плавністю передачі кольору, а так само з різкими змінами колірному тону для підкреслення градієнтів.

Для відображення поверхонь у системах роботи з растровими даними може бути передбачено кілька десятків стандартних палітр, а також надані можливості для створення палітр користувачем. Для відображення класифікованих растрових карт (наприклад, для меж землекористування чи ґрунтових ареалів) використовуються спеціальні переривчасті палітри, у яких сусідні кольори підбираються з максимальними розбіжностями.

При відображенні поверхонь також використовується метод **побудови ізоліній**. Користувач може використовувати різні методи класифікації для визначення кроку ізоліній, а так само колір ізолінії залежно від її числового значення. Деякі програмні оболонки дозволяють підписувати значення ізолінії, креслити бергштрихи, згладжувати ізолінії за допомогою сплайнових функцій.

Метод **затінення (відмивання) рельєфу** добре виявляє і відображає топографічні поверхні. У цьому випадку задаються кутове азимутальне положення й висота над горизонтом джерела освітлення, розраховується кут падіння променів на різні ділянки поверхні, розраховується рівень насиченості базового залежно від освітленості елемента растра. Такі напівтонові карти часто використовуються для відображення рельєфу при створенні поліграфічних макетів політичних карт країн, материків і світу.

Метод **побудови векторів** відображає напрямок відхилення (зміни температур, концентрації, тиску) між сусідніми елементами поверхні. Напрямок відображається за допомогою стрілок, так само для відображення градієнта між сусідніми елементами растра може використовуватися різний

колір або товщина стрілок. За необхідності суміжні елементи растра групуються в блоки певного розміру (2×2; 5×5; 10×10 комірок, інші довільні значення), у цьому випадку стрілка характеризує середній напрямок зміни значень для всіх елементів блока.

Метод **тривимірних (3D) блок-діаграм** використовує кілька типів відображення рельєфу: у вигляді профілів по одній з горизонтальних осей, у вигляді сітки профілів по обох горизонтальних осях (каркасне зображення), у вигляді трикутних граней TIN-моделі рельєфу. Так само можуть відображатися ізолінії рівних значень поверхні з рівномірним або змінним кроком. Задаються вертикальний і горизонтальний кути для огляду отриманого тривимірного зображення, вертикальний масштаб, проекція відображення (ортогональна або перспективна), обмеження перегляду по вертикальних і горизонтальних осях, обрізка країв області блок-діаграми за визначеним контуром. Колір каркасних ліній та ізоліній задається як залежно від значень комірок растра поверхні за палітрою, так і вручну користувачем.

На тривимірну блок-діаграму можливе накладення інших типів зображень – контурних і векторних карт, безперервних або дискретних текстур, а також графічних файлів із сканованими картами чи аерокосмоснімками.

На основі блок-діаграм за наявності в ГІС-пакеті відповідного функціонального модуля будуються різні анімаційні схеми перегляду – задаються напрямок і кут огляду спостережної камери, положення джерела висвітлення, траса руху точки огляду та ін. Отримані зображення з високою фотореалістичною якістю записуються в спеціальний файл із визначеним часовим кроком, на основі окремих кадрів будуються анімаційні фільми з можливістю перетворення і перегляду в стандартних відеоформатах. Такі методи візуалізації використовуються в різних авіаційних або суднових тренажерах, на яких екіпажі освоюють дії в обстановці визначеного аеропорту, протоки та ін.

7.3 Тематичне картографування. Картодіаграми

Крім оглядових загально-географічних і топографічних карт у практиці географічного аналізу і подання даних широко використовуються тематичні карти, створені на основі аналізу атрибутивних даних, пов'язаних з тим чи іншим набором просторових об'єктів (наприклад, кількість населення в містах або адміністративних одиницях). Тематичні карти і картодіаграми використовуються для візуального аналізу просторово-розподіленої інформації, у зв'язку з цим сприйняття й аналіз таких карт людиною значною мірою залежать від методики їхньої побудови і візуальних характеристик.

Побудова тематичних карт і картодіаграм із використанням просторової основи у вигляді точкових, лінійних і полігональних об'єктів і пов'язаних з ними записів з табличних баз даних є однією з найбільш поширених функцій ГІС. При побудові картодіаграми пов'язана з об'єктом інформація візуалізується у вигляді картографічних знаків, що відбивають якісні або кількісні характеристики кожного об'єкта. Процедура побудови тематичної карти або картодіаграми звичайно реалізована у вигляді спеціального програмного модуля, виклик якого здійснюється за допомогою спеціального пункту меню. У більшості програмних продуктів ГІС реалізована побудова декількох типів карт за тематичними шаблонами.

Користувач має можливість вибрати тип створюваної карти, вибрати з атрибутивної бази дані характеристики, за якими буде будуватися карта, вибрати стиль оформлення карти (колір, тип символу та ін.).

Атрибутивна інформація, на основі якої будується карта (одне чи кілька полів бази даних), називається тематичною змінною. Як тематична змінна може використовуватися вираження, що обчислює нове значення на підставі значень одного чи кількох полів з використанням математичних, логічних і просторових операторів або функцій.

У більшості програмних ГІС-пакетів доступні такі тематичні шаблони:

- ранжовані діапазони;
- стовпчасті картодіаграми;

- кругові картодіаграми;
- ранжовані символи;
- точки з заданими вагами;
- індивідуальні значення.

7.3.1 Ранжовані діапазони

Шаблон «Ранжовані діапазони» («Градуйовані кольори») відображає одну тематичну змінну у вигляді розбитого на визначені діапазони набору числових значень обраної змінної (наприклад, чисельності населення по країнах світу). Кількість і межі діапазонів установлюються користувачем, виходячи з поставленого завдання. У той самий час кількість діапазонів істотно впливає на сприйняття карти і можливість проведення аналізу взагалі. Велика кількість діапазонів (понад 10) утруднює загальне сприйняття карти, колірне розходження між сусідніми діапазонами може бути занадто малим. Мала кількість діапазонів (менше 5–4) значною мірою узагальнює значення між сусідніми діапазонами, багато окремих груп значень можуть бути нівельованими. Найбільш часто рекомендується використовувати 5–7 діапазонів.

Залежно від призначення карти для визначення меж діапазонів можуть бути використані різні методи розбиття вибірки числових даних на діапазони. У більшості ГІС-пакетів доступні такі методи поділу усієї вибірки значень картографованої тематичної змінної на діапазони (за кількістю або розмом діапазонів).



Рис. 7.3 – Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом рівної кількості значень

Метод рівної кількості значень (Equal Count) – у кожний діапазон входить рівна кількість записів з табличної бази даних. Якщо число записів не кратне кількості діапазонів, спірні записи визначаються в той діапазон, до якого ближче значення запису (рис. 7.3).

Метод рівних інтервалів (Equal Ranges) – кожний діапазон має приблизно рівну різницю між верхнім і нижнім значеннями діапазону (рис. 7.4).

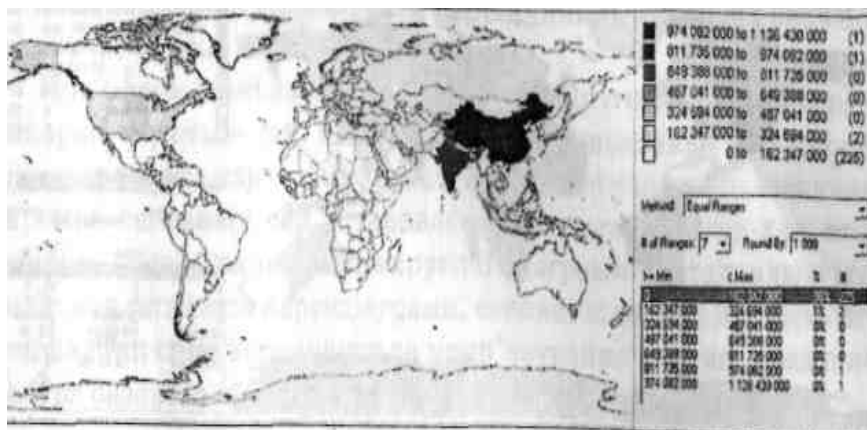


Рис. 7.4 – Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом рівного розкиду значень

Метод природного розбиття (Natural Break) – діапазони створюються на основі розривів між групами близьких числових значень (рис. 7.5).



Рис. 67.5 – Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом природного розбиття

Метод розбиття з використанням середньоквадратичного відхилення (Standard Deviation) – середина середнього діапазону відповідає середньому

значенню усієї вибірки значень; верхній діапазон містить значення, що перевищують суму середнього і середньоквадратичного відхилення; нижній діапазон містить значення, що не перевищують різниці середнього і середньоквадратичного відхилення (рис. 7.6).

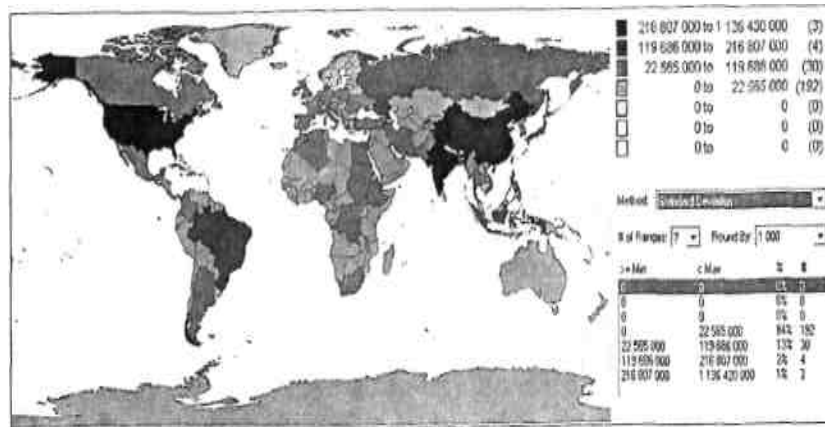


Рис. 7.6 – Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом середньоквадратичного відхилення

Метод ручного розбиття (Custom) – довільно встановлювані користувачем верхні і нижні межі діапазонів.

Кожному діапазону присвоюється визначена графічна змінна залежно від типу картографічного об'єкта (точка, лінія або полігон). Графічні характеристики (тип, колір і розмір символу; колір, тип і товщина лінії; заповнення і колір полігона) вибираються з відповідних бібліотек, так само користувачу може бути запропонована деяка кількість готових шаблонів оформлення карти.

7.3.2 Стовпчасті та кругові діаграми

Різні діаграми є найбільш поширеним способом візуалізації числових даних, показуючи кількісні розбіжності або вагові внески в загальну суму числових значень. За наявності в базі даних однотипних числових значень, що характеризують більш загальну тематичну характеристику (наприклад, чисельність вікових або національних груп у загальному населенні країни), стає можливою побудова відповідних картодіаграм.

Шаблон «Стовпчаста картодіаграма» відображає кілька однотипних тематичних змінних. Кожна змінна відображається у вигляді ранжованого стовпця в діаграмі, що дозволяє візуально порівнювати числові значення різних змінних. При виборі групи змінних слід враховувати порівнянність числових значень (відсотки, частки, абсолютні значення).

Для екранного подання можуть бути задані параметри стовпців: висота залежно від відображуваного значення, ширина стовпця, колір або штрихове заповнення. Може використовуватися різне розміщення стовпців (поруч або накладення зверху, нахил уліво чи вправо, різні варіанти прив'язування до центра базового об'єкта). Так само задаються пояснювальні заголовки і підписи стовпців.

Шаблон «Кругова картодіаграма» також відображає кілька тематичних змінних. Кожна змінна відображається у вигляді ранжованого кругового сектора в діаграмі, що дозволяє візуально порівнювати числові значення різних змінних. При виборі групи змінних необхідно враховувати порівнянність числових значень (відсотки, частки, абсолютні значення).

При оформленні зовнішнього вигляду кругових картодіаграм використовуються такі настроювання: встановлення залежності діаметра значка картодіаграми від сумарного числового значення окремих сегментів або встановлення рівного розміру для всіх значків, застосування напівкруглої діаграми. Установлюється колір для сегментів картодіаграми, основні підписи і підписи сегментів. Так само визначаються прив'язування картодіаграми до центра базового об'єкта, кут початку першого сегмента та ін.

7.3.3 Ранжовані символи

Шаблон «**Ранжовані символи**» відображає одну тематичну змінну у вигляді символів, розмір чи колір яких пропорційний абсолютним числовим значенням картографованого атрибута. Задається розмір (колір) символу для мінімальних і максимальних (іноді і для декількох фіксованих проміжних) значень атрибута. Зовнішній вигляд значків береться з бібліотек точкових символів.

7.3.4 Точки із заданими вагами

Шаблон «Точки із заданими вагами» відображає одну тематичну змінну у вигляді поля точок, де кожна точка відповідає певному числовому значенню (наприклад, одна точка відповідає одному мільйону чоловік при картографуванні чисельності населення країн світу). Звичайно цей шаблон використовується для полігонів; загальна кількість точок, виведених у межах полігона, пропорційна величині відображуваного значення змінної.

7.3.5 Індивідуальні значення

Шаблон «Індивідуальні значення» відображає одну тематичну змінну, величина числових значень не враховується. Кожен об'єкт на карті одержує індивідуальне графічне відображення (символ, колір або штрихування полігона), основна увага приділяється підкресленню візуальних розбіжностей між об'єктами. Цей шаблон використовується, як правило, для створення карт адміністративних одиниць (країн, провінцій, районів та ін.) За необхідності графічні змінні кожного об'єкта можуть редагуватися користувачем вручну.

7.3.6 Легенди тематичних карт і картодіаграм

Легенда є обов'язковим елементом карти, у якому подаються всі текстові і числові пояснення до графічного оформлення об'єктів на карті. У різних програмних ГІС-пакетах підходи до створення й оформлення легенд можуть бути різними: легенда автоматично створюється при завантаженні кожного тематичного шару, постійно відображається на екрані і модифікується при редагуванні зовнішнього вигляду просторових об'єктів (ArcGIS); або легенда відображається в спеціальному вікні в процесі створення відповідної тематичної карти (Mapinfo).

Шаблони тематичних карт і картодіаграм автоматично генерують свою легенду зі своєю системою пояснювальних умовних знаків і підписів. Користувач має можливість модифікувати умовні знаки і підписи до них; зміни одночасно відображаються на карті і легенді. Так само користувач має можливість змінювати розмір і форму вікна легенди, створювати заголовки вікна легенди.

Легенди растрових карт генеруються в спеціальній області екрана при використанні того чи іншого методу візуалізації. Типова легенда растрової поверхні являє собою вертикальний стовпець, розділений на прямокутні блоки, кількість блоків відповідає кількості використаних класів, колірне заповнення блоків відповідає обраній палітрі. На границях блоків підписуються граничні числові значення. Аналогічним способом відображаються колір і числові значення ліній при контурному методі візуалізації поверхні.

7.4 Карти як результат і засіб візуалізації

Значне поширення програмних засобів ГІС, що вміщують функціональні можливості картографічних редакторів, зняття грифа таємності з топокарт масштабу 1:100 000 і поява комерційного доступу до матеріалів вітчизняної і зарубіжної космозйомки дозволяють створювати цифрові карти в різних науково-виробничих і комерційних організаціях, навчальних закладах і навіть індивідуально в домашніх умовах. Багато науково-дослідних і навчальних організацій одержали можливість створювати власні банки картографічної інформації і самостійно забезпечувати картографічне обслуговування своєї роботи, однак поряд із позитивними моментами цієї діяльності є й негативні. Основними факторами, що викликають справедливі нарікання з боку картографічних організацій, є недотримання стандартів просторової точності цифрованих карт, а також порушення авторських прав при створенні цифрових копій топокарт і атласів. У випадку комерційного використання таких матеріалів відбувається подальше нагромадження просторових похибок (і відповідно, похибок вимірювання відстаней і площ)'. У наш час у країні триває розробка стандартів на тематичний зміст і просторову точність деяких видів карт, проводиться сертифікація виробників цифрових карт, програмного й апаратного забезпечення.

Картографія як сфера точних наук віддавна використовує математичні методи і тому раніше за інші науки про Землю почала використовувати можливості ЕОМ для побудови картографічного зображення. Удосконалення

методів картографо-математичного моделювання обумовило застосування ЕОМ і для формування тематичного змісту карт.

Цифрове картографування, цифрова картографія – порівняно новий складний термін, а також цілий науковий теоретичний і прикладний розділ, що перебуває на стику взаємодії географії, картографії, математичних методів обробки даних і інформатики. Як впливає з буквального визначення даного терміна, цей науковий розділ займається створенням і вивченням цифрових аналогів традиційних картографічних зображень. У зв'язку з різними підходами до тлумачення суті «цифрової картографії» на сьогодні існують різні погляди на місце і роль цього напрямку в сфері наук про Землю – від повного заперечення традиційних методів («тепер усе можна автоматизувати і взагалі не думати, як це робиться»), до заперечення можливості застосування методів автоматизації складання карт («тільки паперові карти можна називати «картами», свої твори програмісти нехай називають якось інакше»). Істина звичайно знаходиться між двома крайніми точками зору – карти, побудовані за допомогою різних програмних і технічних засобів, давно перевершили за точністю і дизайном традиційні технології, але при їхньому створенні повинні використовуватися основні методи, розроблені картографічною і суміжними науками для виявлення й подання просторових об'єктів і їхніх взаємозв'язків.

Розвиток картографії – безупинний процес, що включає теорію і технологію створення карт. Теоретична картографія вивчає основні положення про форму і методи зв'язку між реально існуючими об'єктами й процесами та їх відображенням на картах. Центральним об'єктом картографії є власне **карта** – образно-знакова модель, математично визначене, зменшене, генералізоване зображення поверхні Землі, іншого небесного тіла чи космічного простору, що показує розміщені чи проєктовані на них об'єкти в прийнятій системі умовних знаків.

Велика частина інформації про навколишнє середовище сприймається людиною візуально, через зір. Саме на зорове сприйняття розраховані різні картографічні зображення. Карта, паперова або цифрова, повинна мати ряд

властивостей:

- просторово-часову подібність відображуваних об'єктів і явищ;
- змістовну відповідність властивостей і характеристик явищ, їх типових особливостей, генезису, ієрархії і внутрішньої структури;
- метричність, що передбачає вимірювання координат, довжин і обсягів (геометрична метричність), а також вимірювання змістовних характеристик карти (атрибутивна метричність);
- однозначність – передбачає, що кожен знак на карті має лише єдиний зафіксований у легенді зміст, будь-яка точка на поверхні з координатами X , Y має тільки одне значення Z ;
- наочність й оглядовість, які забезпечують різні картографічні масштаби і відповідні цим масштабам набори відображуваних об'єктів. Об'єкти відображаються за допомогою картографічних символів, логічна структура й описи яких подані в легендах.

Термін «**цифрова карта**» протягом більш ніж двадцятилітньої історії змінювався і розвивався разом із розвитком технологій цифрового картографування і зміною відомчої належності організацій. Протягом тривалого періоду цифрові карти створювалися в Державному управлінні геодезії і картографії колишнього СРСР, де було дано таке визначення цифрової карти: «цифрова модель земної поверхні, сформована з урахуванням законів картографічної генералізації в прийнятих для карт проекції, розграфці, системі координат і висот».

Більшість визначень цього періоду виходили з положення, що цифрова карта повинна бути копією її паперового аналога.

У наш час з'явилася велика кількість доступного програмного забезпечення і вихідних даних, які дозволяють створювати найрізноманітніші зображення, що мають з картами тільки спільну координатну основу. На позначення таких зображень А. М. Берлянтом (1997) введений у науковий обіг термін «геозображення». **Геозображення** (geoimage, georepresentation) – будь-яка просторово-часова масштабна генералізована модель земних (планетних)

об'єктів або процесів, яка представлена в графічній образній формі. Розрізняють (Берлянт, 1997):

- **двовимірні плоскі** геозображення (2D geoimages, flat geoimages), наприклад, карти, плани, електронні карти, аеро- і космічні знімки;

- **тривимірні, або об'ємні**, геозображення (3D geoimages, volumetric geoimages), наприклад, стереомоделі, анагліфи, блок-діаграми, картографічні голограми;

- **динамічні** геозображення (dynamic geoimages), тобто анімації, картографічні фільми, мультимедійні карти й атласи.

Унаслідок того що карта сама є моделлю будь-якої місцевості, усе частіше виникають думки, що цифрова карта не повинна бути копією паперової карти з її системою умовних знаків (моделлю моделі), а прямо відображати реальну дійсність, використовуючи власний арсенал засобів створення зображення і різноманітних джерел даних. За ступенем ускладнення зв'язків між окремими елементами підсумкової карти і використання спеціальних програмних та технічних засобів створення карт до цього часу склалася така система визначень.

Цифрова карта (digital map) – цифрова модель місцевості, створена шляхом цифрування картографічних джерел, фотограметричної обробки даних дистанційного зондування, цифрової реєстрації даних польових зйомок або іншим способом. Цифрова карта є основою для виготовлення звичайних паперових, комп'ютерних, електронних карт, вона входить до складу картографічних баз даних, є одним із найважливіших елементів інформаційного забезпечення ГІС і може бути результатом функціонування ГІС.

Основними складовими цифрової карти є координатна система і набір елементарних графічних об'єктів, що відображають місце розміщення просторових обрисів відповідних реальних об'єктів чи явищ. У більшості ГІС-пакетів цифрові карти подаються окремим картографічним шаром і містять тільки однотипні об'єкти, а також є основною одиницею збереження даних (файлом або групою зв'язаних файлів).

Електронна карта (electronic map) – картографічне зображення, яке візуалізоване на дисплеї (відеоекрані) комп'ютера на основі даних цифрових карт чи баз даних ГІС з використанням програмних і технічних засобів у прийнятій для карт проекції і системі умовних знаків.

Картографічна база даних (cartographic data base, cartographic database) – сукупність взаємозалежних картографічних даних з будь-якої предметної (тематичної) області, представлена в цифровій формі (у тому числі у формі інших картографічних баз даних) при дотриманні загальних правил опису, збереження і маніпулювання даними. Картографічна база даних доступна багатьом користувачам, не залежить від характеру прикладних програм і підпорядковується системі керування базами даних (СКБД).

Картографічний банк даних, КБД, (cartographic data bank, cartographic databank) – комплекс технічних, програмних, інформаційних і організаційних засобів збереження, обробки і використання цифрових картографічних даних. До складу КБД входять картографічні бази даних з окремих предметних (тематичних) областей, система керування базами даних, а також бібліотеки запитів і прикладних програм. Розрізняють єдиний центральний картографічний банк даних (central (centralized) cartographic databank), що містить увесь фонд інформації з даної теми, і розподілений картографічний банк даних (distributed cartographic databank), що являє собою територіально роз'єднану систему регіональних і/або локальних КБД, об'єднаних у мережу під єдиним керуванням.

За оцінками різних дослідників, інформаційний обсяг різних цифрових карт і геозображень, що зберігаються в пам'яті комп'ютерів в усьому світі, вже в кілька разів перевищує обсяг паперових карт, і розрив постійно збільшується. У зв'язку з цим усе частіше виникають думки, що традиційна картографія має поступитися місцем новим комплексним дисциплінам – **геоінформатиці, геоматиці, геоіконіці**.

У картовидавничій практиці колишнього СРСР, а згодом – України, методи автоматизованої картографії використовуються більше 20 років, розроблена

низка відомчих стандартів цифрових карт і автоматичних картографічних систем (АКС). У першу чергу ці системи призначені для автоматизації виробництва і збереження номенклатурних листків стандартних топографічних карт різних масштабів. Широко використовуються методи автоматизованого дешифрування космо- і аерофотознімків для відновлення карт і побудови горизонталей рельєфу. У той самий час потреби більшості споживачів картографічної продукції значно випереджають можливості аерогеодезичних підприємств за термінами відновлення топокарт, а також за номенклатурою відображуваних об'єктів. У зв'язку з цим виникла велика кількість відомчих стандартів цифрової картографії, у яких топокарти необхідні тільки для початкового координатного прив'язування.

При складанні багатьох видів відомчих карт, наприклад, земельного кадастру, природоохоронних і надзвичайних ситуацій, використовується інформація з атрибутивних баз даних, даних дистанційного зондування, матеріали польових зйомок і описів. На методику і технології складання карт значно впливають галузеві підходи до виділення і класифікації просторових об'єктів, районування, просторової інтерполяції. Для одержання таких зображень використовуються програмні й апаратні засоби, не передбачені стандартами відомчої картографії. Оскільки такого роду картографування в наш час, як правило, виконується програмними засобами ГІС, у науковій літературі все частіше вживається термін **геоінформаційне картографування** як визначення інтегрального напрямку, що передбачає методи автоматизованого картографування, обробки даних дистанційного зондування, геоінформатики і теоретичних методів системного картографування для конкретної предметної області.

7.5 Програмні і технічні засоби візуалізації картографічної інформації

Різні групи користувачів картографічної інформації можуть висувати різні вимоги до технологій її візуалізації. Це може бути простий перегляд готового картографічного зображення на екрані дисплея і друкування копії на

звичайному принтері формату А4; презентація за участю серії карт та інших геозображень з використанням проекційного устаткування; підготовка оригінал-макета великоформатної карти для подальшого друку на спеціальному поліграфічному устаткуванні, підготовка і перегляд анімованих карт тощо. Для обслуговування різних груп користувачів розроблений ряд спеціальних програмних ГІС-продуктів, що містить різний набір функціональних можливостей для подання даних.

7.5.1 Електронні атласи

Електронні атласи в багатьох випадках подібні до своїх паперових аналогів з додатковими функціями автоматизації пошуку даних. Типовий електронний атлас містить інформаційний блок, який складається із серії електронних тематичних карт, текстових статей, фотографій, звукових і відеофрагментів, і блок керування, що містить систему меню, каталог, систему гіперпосилань, підказки й ін. Більшість електронних атласів є кінцевим продуктом і не допускає зміни свого змісту користувачем.

Інтерфейс таких атласів дозволяє переглядати зміст як у вільному режимі, переходячи від одного блока інформації до іншого за допомогою гіперпосилань, виконувати пошук даних за ключовими словами, так і використовувати сценарії для тематичного показу, наприклад, шкільних уроків з гідрографії суші, клімату, геології. На екран виводяться відповідні фрагменти тематичних карт, пояснювальні тексти й ілюстрації, відеофрагменти. У багатьох країнах розробляються національні електронні атласи, призначені для використання в навчальних закладах. У вищих і середніх навчальних закладах України поширюється Електронний атлас України, створений Інститутом географії НАН України і підприємством Інтелектуальні системи ГЕО. Так само в комерційному продажі з'явилися електронні атласи окремих регіонів України, атласи міжнародної і національної транспортної мережі, атласи великих міст та ін., виконаних різними державними і комерційними підприємствами.

7.5.2 ГІС-в'ювери

Назва цього класу програмних продуктів означає, що вони призначені для

перегляду (viewing) готових картографічних продуктів, підготовлених у середовищі інших програмних ГІС-продуктів. Багато виробників програмного забезпечення ГІС створює і вільно поширює такі програми для демонстрації можливостей своїх базових програм. Наприклад, компанія ESRI безкоштовно поширює свій ГІС-в'ювер ArcReader, призначений для перегляду і друку готових галерей карт.

Такі програмні продукти дозволяють користувачу: завантажувати довільний набір карт; виконувати операції пошуку необхідної інформації за допомогою засобів організації запитів; виконувати оформлення карт із використанням різних готових шаблонів умовних знаків; виконувати операції зміни масштабу перегляду; керувати відображенням окремих тематичних шарів. Також до складу ГІС-в'ювера можуть входити функції друку карт чи їх фрагментів. У свою чергу, для підготовки готових картографічних зображень у визначеному форматі, що не допускає їх редагування, до інструментальних ГІС входять спеціальні програмні модулі публікації карт. До складу програмних засобів ГІС фірми ESRI входить модуль ArcGIS Publisher, що дозволяє на основі зображень, створених різними картографічними або аналітичними модулями, створювати екранне зображення для кінцевого користувача. Також модуль ArcGIS Publisher дозволяє готувати картографічні зображення для Internet-сайтів, що підтримують функції навігації по карті, інтерактивних запитів на основі картографічної або атрибутивної інформації, генерації растрових зображень для друку та ін.

7.5.3 Системи автоматизованого картографування

ГІС-пакети ArcGIS Desktop (ESRI), Mapinfo, GIS Office (Intergraph), AutoCAD (Autodesk) і багато інших містять різні функціональні модулі, що дозволяють виконати весь цикл робіт зі створення картографічного зображення або електронного атласу, починаючи зі збору інформації з різних джерел і закінчуючи поліграфічним макетом. У багатьох випадках ці функціональні модулі поєднуються в спеціалізоване робоче місце для картографа-дизайнера. Залежно від предметної області використання підсумкових карт і технологій

їхнього виготовлення функціональний склад такого робочого місця може значно змінюватися.

Оснoву системи автоматизованого картографування складають банки даних цифрової картографічної й атрибутивної інформації. Тематичний банк даних, створений для обслуговування певної предметної області (наприклад, створення топографічних карт, архітектурних планів, кадастрових карт, геологічних, гідрологічних, автодорожніх, туристичних карт) містить певний фіксований перелік об'єктів. Кожному об'єкту заздалегідь присвоюється певний тип умовного знака і параметри їхнього відображення в різних типах карт; при відкритті певного картографічного шару одночасно відбувається і його оформлення в системі умовних знаків. Також при постійному картографуванні певної території у певному масштабі створюються спеціальні шаблони (templates), в яких зазначаються межі області відображення карти, масштаб карти, відображається стандартна легенда карти й елементи оформлення карти – рамка, заголовок, масштабна лінійка, стрілка «північ-південь», текстові виноски, логотипи та ін. Для одержання повноцінної карти в цьому випадку досить вибрати потрібний шаблон, далі відбувається завантаження необхідних тематичних шарів і їхнє оформлення.

Бібліотеки картографічних символів, ліній, заливок полігонів, палітр для відображення поверхонь, елементів допоміжного оформлення карт, картографічних легенд, таблиць, картодіаграм і звичайних діаграм є важливим ресурсом, який забезпечує можливості картографа-дизайнера щодо створення різних типів карт. У багатьох випадках до складу функціональних засобів ГІС-пакетів входять засоби створення і редагування точкових символів, штрихувань, текстур, типів ліній та ін., що дозволяють створювати бібліотеки картографічних символів для широкого кола карт та інших геозображень.

Для подання атрибутивних даних у табличній формі до складу багатьох програмних продуктів ГІС входять спеціальні програмні засоби – генератори табличних звітів. Найбільш поширений генератор табличних звітів Crystal Reports фірми Seagate Software (США), що входить до складу ГІС-пакетів

ArcGIS і Mapinfo Professional. На основі картографічних банків даних ці програмні продукти створюють багатосторінкові табличні звіти з картографічною і діловою графікою.

За необхідності одержання поліграфічних відбитків карт або інших геозображень, створюваних з використанням різних ГІС-пакетів, до складу систем автоматизованого картографування входять спеціальні програмні модулі, призначені для контролю правильної передачі кольору і прискорення виведення на пристрої друку великоформатних карт. Програмні модулі – **денситометри** – дозволяють коректно переходити від колірного подання екрана (модель RGB) до колірного подання пристроїв друку (модель CMYK). Прискорення виведення на широкоформатні струминні плотери забезпечують програмні модулі – **растеризатори**, що перетворюють поле зображення векторних карт у масиви растрових пікселів, які складаються із сотень мільйонів елементів.

Останнім часом усе більшого поширення набувають анімовані зображення на основі серій послідовно відображуваних електронних карт. Таким методом візуалізуються процеси поширення хмарного покриву, забруднень у повітряному або водному середовищі, поширення води або сейсмічних хвиль у геологічному середовищі. Як уже зазначалося в попередніх розділах, така візуалізація може виконуватися як зі стаціонарної точки огляду, так і в режимі вільного або керованого «польоту».

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Охарактеризуйте технологію побудови картографічного зображення.
2. Дайте характеристику поняття «візуалізація».
3. Що таке картографічні шари?
4. Опишіть властивості картографічних шарів.
5. Як відбувається робота з вікнами карти в програмних ГІС-пакетах?
6. Охарактеризуйте графічні змінні для візуалізації просторових об'єктів цифрових векторних карт.

7. Охарактеризуйте подання поверхонь і растрових карт в ГІС.
8. Що таке тематичне картографування?
9. Що відображає шаблон «Ранжовані діапазони»?
10. Дайте характеристику діаграм, як найбільш поширеного способу візуалізації числових даних.
11. Що відображає шаблон «Точки із заданими вагами»?
12. Що відображає шаблон «Індивідуальні значення»?
13. Як генеруються легенди тематичних карт і картодіаграм?
14. Охарактеризуйте поняття «цифрове картографування», «цифрова картографія».
15. Що таке геозображення?
16. Обґрунтуйте вживання терміну «геоінформаційне картографування».
17. Що таке електронні атласи?
18. Дайте характеристику ГІС-в'юерів.
19. Що складає основу системи автоматизованого картографування?

РОЗДІЛ 8

СУЧАСНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНИХ ЗНАНЬ

8.1. Приклади створення великих ГІС-проектів

8.1.1 Електронний атлас природних ресурсів України

Електронний атлас України є пілотним проектом Національного атласу України, виконавцями якого є співробітники Інституту географії НАН України і Товариства з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО». Керівник проекту – доктор географічних наук, член-кореспондент НАНУ Л. Г. Руденко, співкерівник – кандидат фізико-математичних наук В. С. Чабанюк, менеджер – А. І. Бочковська. За створення Атласу України 24 лютого 2003 р. Президія НАНУ на своєму засіданні присудила члену-кореспонденту НАНУ Л. Г. Руденку та першому заступнику директора ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО» кандидату технічних наук О.Є. Литвиненку премію імені В. І. Вернадського.

Атлас розроблено з використанням новітніх результатів досліджень інститутів Національної академії наук України (географії, геофізики, геологічних наук, ботаніки, зоології), Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту та даних Державного комітету статистики, Міністерства економіки та деяких інших міністерств і відомств, серед яких автори особливо відзначають активну допомогу працівників Міністерства охорони навколишнього природного середовища і ядерної безпеки як консультантів та експертів.

Роботи зі створення електронної версії пілотного проекту Національного атласу виконані за фінансової підтримки Національної академії наук України та Канадського центру досліджень міжнародного розвитку. Саме цей центр надав грант на розробку атласу, а його працівники своїми консультаціями сприяли ходу виконання робіт.

Електронний атлас України за допомогою системи карт наводить

інформаційний образ держави стосовно її природних, соціальних, економічних і екологічних особливостей. Він належить до атласів загального використання, які розраховані на широке коло користувачів і призначені, перш за все, для довідкових цілей. Атлас забезпечує можливість отримати загальне і досить повне уявлення про зображені на його картах природні і соціально-економічні явища. Крім того, Атлас може стати посібником при вивченні України та її регіонів.

Головною складовою інформаційного забезпечення Атласу є набір електронних карт. Але до складу Атласу також входять текст, діаграми, таблиці і фотографії, які значно доповнюють картографічну інформацію. Він структурований за тематичними блоками:

- загальні відомості про країну;
- природні умови і природні ресурси;
- населення;
- економіка;
- екологія.

Всього в Атласі 40 розділів, 176 карт, 200 графіків і 110 фотографій. Інформаційне забезпечення подане, як правило, станом на 01.01.1998 р. Інші дати зазначені в легендах карт та додаткових матеріалах.

За допомогою Атласу можна вирішувати такі завдання:

- **в екологічній сфері** – аналіз стану і динаміки екологічної ситуації в Україні та її регіонах;
- **у сфері економічної діяльності** – забезпечення державних, регіональних та локальних управлінських структур всебічною інформацією про розвиток і функціонування господарства, економічні зв'язки, їх динаміку та можливі напрямки трансформації;
- **у соціальній сфері** – аналіз розміщення та рух населення, його етнічних і культурних ознак, соціальних процесів, що відбуваються в суспільстві;
- **у сфері освіти** – забезпечення шкільної, вузівської та інших рівнів освіти та просвіти доступною аналітичною і інтегрованою інформацією про державу

та її регіони.

Інформація, що міститься в Атласі, є відкритою. Її можна використовувати при підготовці доповідей, рефератів, інших документів. При використанні матеріалів обов'язковим є посилання на Атлас, а при використанні карт – додатково на авторів карт. Посилання на Атлас слід подавати у вигляді: ***Атлас України. Пілотний проект електронної версії Національного атласу України.***

Програмну реалізацію Електронного атласу України виконано з використанням сучасних Інтернет-технологій, а саме: HTML, JavaScript, ActiveX-об'єктів. Вибір способу реалізації зумовлений насамперед можливістю його перегляду ліцензійним програмним забезпеченням, яке є в користувача. У даному випадку це – Microsoft Internet Explorer. Використання мови HTML надає можливість структурувати Атлас за допомогою так званих фреймів – кадрів на HTML-сторінках.



Рис. 8.1 – Структура головного вікна Атласу України

Головне вікно Атласу розділене на три фрейми (рис. 8.1). Верхній фрейм, або «Навігація», виконує функції переміщення по інформаційних матеріалах системи. Лівий («Зміст») і правий («Результат») фрейми надають можливість

вибирати і переглядати карти, текстові описи, фотографії та інші інформаційні матеріали, що входять до Атласу. Якщо в правому фреймі завантажується карта, то в правій частині фрейму з'являється додаткова панель управління, яка дозволяє в інтерактивному режимі переміщувати карту, змінювати її масштаб, одержувати інформацію про об'єкти на карті та здійснювати їх пошук, переглядати легенду та опис карти тощо, тобто виконувати типово ГІСівські операції маніпулювання просторовими даними.

Для роботи з Атласом необхідний персональний комп'ютер не нижче Intel×86Pentium-133 з операційною системою Windows 95 і вище, браузер Internet Explorer 4.0 і вище, 16 Mb RAM, чотиришвидкісний CD-ROM. Рекомендується відеокарта SVGA 1 Mb, High Color (16 bit), мінімальна роздільна здатність екрана – 800×600 точок (рекомендовано 1024×780 точок).

8.1.2 Глобальні геоінформаційні системи

Проект GRID (Global Resource Information Database) – Глобальної бази даних природно-ресурсної інформації – є частиною програми GEMS (Global Environment Monitoring System – Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища), яка виконується під егідою Організації Об'єднаних Націй (UNEP).

Метою проекту є збір і поширення наявної інформації про стан навколишнього середовища в масштабах усієї земної кулі.

Довгостроковими завданнями проекту є:

- розширити доступність і вільний обмін глобальними і регіональними просторово–координованими даними про стан навколишнього середовища;
- забезпечити ООН і міжурядові організації доступом до сучасних технологій керування даними про навколишнє середовище;
- дати можливість усім країнам світу використовувати GRID-сумісні технології національної оцінки стану навколишнього середовища і керування нею.

Для того щоб краще збирати, керувати і поширювати дані про навколишнє середовище та іншу інформацію, у рамках GRID створено серію центрів. У наш

час такі центри існують у; а) Найробі (Кенія); б) Женеві (Швейцарія); в) Бангкоці (Таїланд); г) Арендалу (Норвегія); д) Варшаві (Польща); е) Сиу Фолсі (США); є) Оттаві (Канада); ж) Сан Хосе дос Кампос (Бразилія); з) Цукубі (Японія); и) Катманду (Непал); і) Копенгагені (Данія). Разом ці центри формують взаємозалежну мережу для керування й обміну даними. У Найробі знаходиться центр з керування проектом (GRID-Control), у Женеві – центр з аналітичної обробки даних (GRID-Processor). При цьому тільки центри GRID-Найробі і GRID-Женева субсидуються UNEP. Інші центри існують за рахунок виконання різних програм і надання експертних оцінок у вирішенні місцевих проблем чи проблем за тематичними напрямками.

Проект розробляється з 1988 року рядом країн-учасниць (Канада, США, Норвегія, Фінляндія та ін.) рядом міжнародних і національних організацій (НАСА, Інститут досліджень систем навколишнього середовища (ESRI), США; Женевський університет, Швейцарія та ін.). З 1990 р. розпочата експлуатація GRID.

Глобальний ресурсний інформаційний банк даних об'єднує цифрові дані про навколишнє середовище з різних джерел, причому значною мірою завдяки унікальним можливостям геоінформаційних технологій. Прикладами масивів цифрових даних, асимільованих GRID, є: цифрова модель рельєфу Землі ETOPO-5, розроблена Національним центром геофізичних даних США, сукупність висотних відміток у вузлах регулярної мережі з коміркою розміром 5–5 кутових хвилин, карта ґрунтів світу ФАО ЮНЕСКО, щотижневі і сезонні карти вегетаційного індексу рослинного покриву, НАСА (США), що складаються за даними дистанційного зондування Землі.

Геоінформаційне програмне забезпечення GRID здійснюється за допомогою пакета ELAS, розробленого в НАСА для обробки даних дистанційного зондування і ГІС-пакета ARC/INFO, розробленого в ESRI (США).

Проект CORINE – (Coordination on Information of the Environment) – проект створення геоінформаційної системи Європейського Співтовариства.

Розроблення проекту розпочато в червні 1985 р. відповідно до рішення Ради Міністрів Європейського Співтовариства. Створення системи в основному було виконане в 1985–1990 рр.

Основними завданнями при цьому були такі:

- 1) забезпечити збір інформації про стан навколишнього середовища для використання в пріоритетних напрямках діяльності Співтовариства;
- 2) забезпечити координацію національних ініціатив, що висуваються членами Співтовариства, і поліпшувати інформацію на міжнародному рівні;
- 3) забезпечити погодженість номенклатури, визначень і т.п., а також створення інших умов, необхідних для порівнянності даних.

Ці завдання спочатку розглядалися як взаємозалежні. У межах даного загального напрямку було визначено кілька пріоритетних галузей, у тому числі захист біотопів, запобігання локальному і трансграничному забрудненню повітря та збереження навколишнього середовища Середземноморського регіону.

Основними проектами, які розробляються в рамках CORINE, є: забруднення повітря, біотопи, берегова ерозія, стан земної поверхні, морське середовище, ґрунтова ерозія/якість ґрунту і водні ресурси.

Система містить більше 40 шарів інформації, включаючи топографію, адміністративні межі, дані про клімат (з більш ніж 6,5 тисяч метеорологічних станцій), земельні і водні ресурси, рослинний і тваринний світ. Особливу увагу приділено оцінці ризику несприятливих природних і антропогенних явищ, таких, як сейсмічна активність, водна ерозія ґрунтів та ін., а також джерелам зосередженого техногенного забруднення природного середовища. Зокрема, проект з атмосферного повітря – CORINAIR, що входить до складу CORINE, охоплює проблеми викидів діоксиду сірки, оксидів азоту і летких органічних сполук у країнах ЄС. При цьому враховується близько 120 видів господарської діяльності.

Програмне забезпечення геоінформаційної системи CORINE здійснюється з використанням ГІС-пакетів ARC/INFO (США) – для масштабу 1:1000000 і

SICAD (Федеративна Республіка Німеччина) – для масштабу 1:300000.

8.2 Регіональні інформаційні системи охорони навколишнього природного середовища та раціонального природокористування

Охорона навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів носить комплексний характер. Дослідження з охорони довкілля ведуться практично у всіх областях науки і техніки та стосуються проблем глобального, регіонального та локального масштабу. Накопичена величезна кількість різноманітних даних, що визначають шляхи та напрями оптимізації і вдосконалення природокористування в широкому його значенні. Проте, їх практичне використання для вирішення природоохоронних задач стримується недостатнім розвитком теорії та практики побудови екологічних інформаційних систем, які є одним з нових видів автоматизованих інформаційних систем (АІС) і призначених для збору й аналізу різноманітної інформації про стан навколишнього природного середовища для задач природокористування.

Як розглядалося раніше, АІС може виконувати функції збору, обробки і видачі інформації в автоматизованому режимі. В рамках регіону функції збору інформації покладаються на систему єдиного екологічного моніторингу регіону.

Автоматизовані системи, призначені для інтеграції різноманітної інформації, називаються інформаційно-моделюючими системами (ІМС). Вони є інформаційним "ядром" географічних інформаційних систем, об'єднують концепції банків даних та відомостей (експертних систем) та системи моделювання. Завдяки цьому ІМС не тільки зберігає переваги об'єднаних видів систем, але і набуває нові якості, пов'язані з можливістю інтеграції різноманітної інформації, накопичуваної в моделях і базах знань. ІМС розглядаються як перспективний інструмент для вирішення регіональних екологічних проблем і підвищення якості навколишнього природного середовища.

На даний момент практикою накопичений значний досвід побудови

багаторівневих інформаційних систем, які вирішують вузько специфічні або, навпаки, багатоцільові задачі. Частина з них добре досліджена теоретично, а частина з певною ефективністю втілена на практиці. В області ж екології та охорони навколишнього природного середовища спроби створення багатоцільової інформаційної системи і перехід від теоретичних розробок до практичного втілення ще не достатньо не реалізовані. Нещодавно в числі об'єктивних причин, що визначили цю ситуацію, була відсутність споживачів такого інформаційного ресурсу. Проте, в даний час управлінням охорони навколишнього природного середовища в областях, які контролюють екологічну ситуацію, а також координують розрізнені дії різних органів, що визначають і лімітують певні види природокористування та ін., потрібне застосування багаторівневих інформаційних систем. Специфіка задач, вирішуваних ними, вимушує останні до систематичної інтерпретації лавиноподібно наростаючої інформації. При цьому стає все більш ясним, що локальне використання потужних засобів обчислювальної техніки для оптимізації окремих процесів (переважно розрахункових) не приносить бажаного ефекту і, що потрібна цілісна взаємозв'язана та взаємозалежна інформаційна система, що здійснює підтримку діяльності підрозділів управлінь на всіх рівнях і з усіх проблемних питань.

Розглянемо постановку основних задач, способи їх вирішення, процес побудови алгоритму для відомих екологічних інформаційних систем, які комплексно характеризують аспекти природокористування та стану навколишнього природного середовища регіону.

Задачі інформаційної системи. На етапі перед проектних досліджень по створенню регіональної інформаційної системи визначаються концептуальні положення та конкретизуються її основні задачі. До них належать:

- централізоване об'єднання інформації, яка комплексно характеризує стан і використання природних ресурсів регіону;
- максимальне інформаційне забезпечення природоохоронних служб регіону у виконанні функцій загального екологічного контролю за станом

навколишнього природного середовища; оперативне використання інформації для оцінки екологічної ситуації і ухвалення управлінських рішень;

- забезпечення органів державного керування, наукових, проектних і громадських організацій, населення необхідною достовірною інформацією про стан природного середовища;

- розвиток і вдосконалення системи обміну науково–технічною інформацією, упровадження технічних і організаційно- економічних рішень в області охорони довкілля;

- забезпечення початковими даними ряду прикладних задач по економіці природокористування, нормуванню шкідливого впливу на оточуюче середовище.

Зі всіх вказаних загальних і окремих питань інформаційна система здійснює:

- впорядкований збір і зберігання інформації по єдиній методиці з використанням сучасних інформаційних технологій;

- швидкий доступ до усієї екологічної інформації для всіх рівнів управління охороною природи в області, а також для інших організацій. З урахуванням поставленої мети та переліку вирішуваних питань, її умовно можна назвати; єдина регіональна інформаційна система природокористування (ЄРІСП).

Структура ЄРІСП. Специфіка роботи управління та перспективні задачі на найближче майбутнє зумовлюють конфігурацію ЄРІСП, в яку входять самостійні і взаємозв'язані підсистеми:

- Адміністративно-управлінська, представлена апаратом Управління по охороні навколишнього природного середовища;

- Райміськвідділи (комітети), які включають периферійні структурні підрозділи управління;

- Довідкова інформаційна система (ДІС);

- Банки даних природоохоронних і природо-ресурсних організацій і служб;

- Екологічна паспортизація;
- Екологічний моніторинг
- Самостійні блоки – програмні комплекси державної екологічної експертизи, інспекції аналітичного контролю,
- Інспекції екологічного контролю, і регіонального інформаційного аналітичного центру (РІАЦ) Управління по охороні навколишнього природного середовища.

Така структура дозволяє:

- здійснювати оперативний контроль за станом, використанням і охороною земель, надр, підземних і поверхневих вод, атмосфери, рослинного та тваринного світу, за джерелами й об'єктами забруднень, за використанням, зберіганням і похованням відходів;
- надавати можливість прогнозування екологічної обстановки;
- аналізувати нормування споживання природних ресурсів і об'єми викидів забруднень;
- виявляти зони екологічної біди та надзвичайних екологічних ситуацій;
- обґрунтовувати сертифікацію територій та об'єктів регіону, що охороняються тощо.

При такому об'ємі різномірної інформації основу інформаційного забезпечення ЄРІСП можуть складати існуючі і перспективні відомчі системи спостереження і контролю за станом природного середовища, офіційні форми звітності з охорони довкілля, кадастри природних ресурсів. Стосовно до них ЄРІСП є інтегруючою системою міжмашинного обміну інформацією в електронній формі.

Документація в системі ЄРІСП. Інформація ЄРІСП доповнюється наступними видами і формами документації:

- державна статистична звітність;
- оперативна і первинна звітність підприємств;
- проекти нормованих викидів і скидів, розроблені на підприємствах;
- матеріали місцевих органів управління про утворення та використання

екологічних фондів і страхових фондів охорони природи, про видачу дозволів на природокористування і ін.

Підсистема банків даних. Основою й однією зі складових ланок ЄРІСП є підсистема банків даних регіональних природоохоронних і природо-ресурсних відомств і служб. До цих установ, крім Управління по охороні навколишнього природного середовища, можуть входити: Департамент по гідрометеорології і моніторингу навколишнього середовища, комітети із земельних ресурсів і землеустрою, по геології і використанню надр, водному господарству, по економіці та прогнозуванню розвитку території області, Департамент сільського господарства, Обласний центр Держсанепіднагляду, Станція захисту рослин, Проектно–пошуковий центр агрохімслужби тощо. Склад та назва даних органів визначається специфікою ведення відповідної діяльності на території регіону.

В системі ЄРІСП банки даних вище перелічених відомств і служб, що є головними джерелами інформації об'єднаних банків даних соціально-гігієнічного моніторингу, кадастрів природних ресурсів і т. д., які технічно зв'язані з центральним банком даних Управління по охороні навколишнього природного середовища модемним зв'язком. Останній забезпечує безперебійне функціонування мережі, систематичне надходження, оновлення і архівування усередині системи даних, що поступають. Централізація та концентрація інформації відомств і служб ґрунтується на принципах добровільного обміну і часткового об'єднання інформаційних матеріалів, що визначено в спеціально розробленому документі – "Положення про єдину регіональну інформаційну систему природокористування". Практична реалізація цього принципу дозволяє виключити можливості багатократного дублювання відомчої інформації, яка циркулює по мережі ЄРІСП, звести її погрішності та неточності до мінімуму, забезпечити методологічну єдність і репрезентативність використовуваної інформації. В результаті цього інформація, одержувана на всіх ієрархічних рівнях ЄРІСП, є пріоритетною по відношенню до інформації з інших джерел при підготовці й ухваленні рішень в області охорони навколишнього

природного середовища й екологічної безпеки для всіх органів державного управління, а також при визначенні адміністративно–правових відносин між юридичними та фізичними особами, які здійснюються органами представницької, виконавчої та судової влади на території області.

Екологічна паспортизація. Не дивлячись на те, що в Україні відмінені екологічні паспорти підприємств, в АІС, що розглядається, доцільно ввести відповідний системний блок (в даний час стоїть питання про можливе введення таких паспортів або аналогічних документів на промислових підприємствах). У цьому блоці екологічної паспортизації в рамках ЄРІСП узагальнюються дані підприємства по всіх видах природокористування, у тому числі:

- про оснащеність, технічний стані очисного устаткування підприємства;
- про викиди, скиди та розміщення відходів по регіону;
- про наявність дозволів по природокористуванню;
- по автоматизованому складанню звітів підприємств по охороні природи;
- по обміну інформації з питань природокористування на машинних носіях;
- по упровадженню комп'ютерних програм на підприємствах для узагальнення даних;
- по автоматизації робіт організаційних структур охорони навколишнього природного середовища на підприємствах (відділів, служби тощо).

Основна мета та призначення екопаспорту в АІС – створення інформаційної бази даних по природокористуванню, мережі регулярної звітної інформації, формування та впорядкування первинних екологічних даних підприємств, отримання інформації для визначення економічності використовуваних технологій з метою подальшої сертифікації, обов'язкового екологічного страхування, регулювання оподаткування і т. д.

Схематично підсистемний блок екологічної паспортизації організований чотирма ієрархічними рівнями, зв'язаними потоками інформації:

- банк первинних екологічних даних підприємств;
- банк міст, адміністративних районів, промислових зон;

– банк первинних екологічних даних областей.

– проміжну і зв'язуючу роль виконує банк первинних екологічних даних Управління по охороні навколишнього природного середовища.

При загальному підході екопаспорт побудований на принципах, що включають єдиний системний підхід до проблеми охорони навколишнього середовища. Він є первинною базою даних по повітрю, воді, ґрунту, відходам і т. д. У форму екопаспорту, як нормативно-технічного документа, закладені технологічні планування природокористувача, операційні карти, технологічні інструкції, ДСТУ, ГОСТи, ТУ на основні та допоміжні матеріали. При заповненні форм складаються балансові схеми матеріальних потоків, розраховуються витрати енергетичних і матеріальних ресурсів на одиницю продукції, що випускається, ефективність виробництва.

Індивідуальний екопаспорт природокористувача реалізований за блоковим принципом – узагальнені відомості, база даних по воді, повітрю, відходам, за станом навколишнього середовища. При цьому стратегія екопаспорту розрахована на будь-якого природокористувача, незалежно від форми власності, будь-яку специфіку виробництва – хімічну, сільськогосподарську, оборонну, лісопереробну тощо. Використані принципи об'єктно-орієнтованого програмування дозволяють зістикувати бази даних ресурсних природокористувачів, періодично їх оновлювати, виявляти "вузькі місця", брудні виробництва, вводити економічні методи управління, зв'язувати кадастри природних ресурсів з впливом технології переробки конкретного матеріалу у природокористувача, створювати банк даних по природоохоронних і ресурсозберігаючих технологіях. Заповнений екопаспорт дає можливість розробити форми державної звітності для будь-якого рівня управління, а також матеріали нормованих викидів і скидів підприємства, міста, території, мати інформацію по полігонах, відходам виробництва і динаміки їх впливу на оточуюче середовище. Крім того, запропонована схема побудови екологічного паспорта дозволяє прогнозувати створення аварійних ситуацій, розраховувати зони ураження.

Довідкова інформаційна система даних (ДІСД). В загальній схемі ЕРІСП нетрадиційне місце займає довідкова інформаційна система даних (ДІСД). В ній відсутні стереотипні дані по всіляких нормативах, ДСТУ, правових актах і т. д. і здійснюється узагальнення, експертна оцінка, систематизація і доведення матеріалів до:

- споживача довідково-інформаційних матеріалів по інноваційних технологіях і процесах, спрямованим на вдосконалення природокористування та виробничих процесів;
- розробників сучасного устаткування і технологій, рекомендацій по раціональному використанню різних видів природних ресурсів;
- провідних фахівців регіону і країни, що займаються розробкою проблем природоохоронного значення;
- організацій, основними напрямками діяльності яких є питання природокористування, промислової екології, їх економічні і юридичні аспекти.

Довідкова інформаційна система даних формується на добровільних засадах організаціями-засновниками. Як первинні матеріали використовуються: інформаційні та рекламні листи організацій і авторів-розробників; інформаційні повідомлення міністерств і відомств, що носять рекомендаційний чи обов'язковий характер в частині упровадження описуваних процесів, приладів і устаткування; інформаційні картки по інноваціях, методиках, технологіях тощо, заповнені на основі матеріалів конференцій, нарад і інших науково-практичних форумів; інформаційні відомості, що поступили по відомчих системах телекомунікаційних і модемних мереж. Тобто, тут розглядаються ті матеріали, які мають дозвіл на використання для формування баз і банків даних.

Первинні інформаційні матеріали проходять експертну технологічну експертизу, після чого інтерпретуються в унікальні інформаційні карти, що забезпечують жорстко заданий сценарій введення даних в комп'ютер, і далі безпосередньо заносяться у відповідні бази даних. Підтримку баз даних в актуальному стані здійснює регіональний інформаційно-аналітичний центр

Управління охорони навколишнього природного середовища.

Матеріали, що містяться в довідковій інформаційній системі, надаються користувачам у вигляді:

- роздрукованої на персональній електронно-обчислювальній машині
- тематичного підбору інформації на дискеті, що надається замовником;
- програми (системи управління базами даних) і наповнених баз даних з подальшим інформаційним супроводом;
- програми з описом принципів роботи і технічних можливостей програми.

Підсистема комплексного екологічного моніторингу організовує та об'єднує власне екологічний моніторинг і моніторинг біоти, як його складову частину, соціально гігієнічний моніторинг, моніторинг джерел і об'єктів антропогенного впливу. Функціонально практично всі перераховані види моніторингу здійснюються регіональними службами спеціально уповноважених органів в області охорони навколишнього природного середовища, а регіональна інформаційна система в даному випадку виконує синтез і необхідну інтерпретацію інформації.

Підсистема комплексного екологічного моніторингу ЄРІСП.

Враховуючи, що екологічний моніторинг – система спостережень, оцінки та прогнозу стану навколишнього природного середовища для вивчення природних (у тому числі пов'язаних з антропогенними впливами) процесів і явищ для обґрунтування управлінських рішень у сфері природокористування, то метою підсистеми комплексного екологічного моніторингу ЄРІСП є:

- комплексна оцінка якості навколишнього природного середовища області;
- встановлення антропогенних чинників, які негативно впливають на стан природного середовища і вимагають ухвалення управлінських заходів;
- прогноз змін при реалізації проектів господарської діяльності;
- обґрунтування взаєморозрахунків за забруднення довкілля з суміжними територіями.

Крім цього, враховуючи вимоги соціально-гігієнічного моніторингу, сюди

входять: розширення об'ємів і номенклатури показників стану середовища життя людей (якість питної води, продуктів харчування, атмосферного повітря селітебних зон, санітарного стану піднаглядних об'єктів і т. д.), збір даних і поглиблений аналіз показників, що характеризують стан здоров'я та захворюваності населення області; комплексна оцінка показників стану середовища життя людей та їх вплив на здоров'я й захворюваність населення.

Збір і аналіз інформації здійснюється по таких показниках: стан і зміна повітряного середовища, водних об'єктів, ресурсів вод і деградації водних екосистем, ґрунтів, геологічного середовища, наземних екосистем, а також параметри біогеохімічної оцінки території. Крім того, в рамках реалізації програми соціально гігієнічного моніторингу ідентифікуються показники: медико-географічні, забруднення атмосферного повітря селітебних зон, забруднення питної води та водних джерел рекреаційного призначення, екологічного стану фунтів і радіаційної безпеки.

Самостійні блоки та їх склад. Комплексом програм загального призначення об'єднані такі самостійні блоки ЄРІСП, як адміністративно-управлінський, райміськкомітети (відділи), екологічна експертиза та інспекція аналітичного контролю. Це, по суті, структуровані за профілем роботи підрозділів управління по охороні навколишнього природного середовища внутрішні, відомчі потоки інформації, орієнтовані на інтелектуальну підтримку діяльності його фахівців. Організацію потоків інформації та реальне функціонування вказаних підсистем забезпечує локальна комп'ютерна мережа цього управління, яка обслуговується регіональним інформаційно-аналітичним центром. Оскільки програмні засоби всіх рівнів ЄРІСП замикаються на регіональному інформаційно-аналітичному центрі, то він є вузловою ланкою, що забезпечує надходження, проходження інформації, її накопичення, зберігання і варіантну інтелектуальну обробку. Відповідно до цього центр здійснює:

– координацію створення і ведення банків даних природоресурсного та природоохоронного напрямку;

- організацію інформаційної взаємодії і координацію дій між відомчими центрами по обробці і обміну інформацією екологічного характеру;
- виконання розрахункових задач моделювання, картографування, обробки даних дистанційного і лабораторного зондування;
- забезпечення обчислювального процесу;
- передачу даних для обчислювального процесу.

Структура інформаційних потоків. Механізм надходження та проходження інформації по мережах ЄРІСП достатньо складний. Загальна структура інформаційних потоків визначилася таким чином. Джерела вхідної інформації, якими є сформовані банки та банки, що перебувають в процесі формування, профільні бази даних установ, організацій і відомств природно-ресурсного, експлуатаційно-ресурсного блоку та існуючої системи постійного стеження, за станом і забрудненням середовища надають ЄРІСП необхідну інформацію по попередньо визначених обумовлених формах, параметрах, показниках. Отримана інформація систематично, регулярно поступає в центр Управління по охороні навколишнього природного середовища і індексується залежно від привласненого статусу оперативної або архівної інформації в банках даних центру відповідно до певного профілю. Архівна і оперативна інформація забезпечує функціонування блоку і соціально-гігієнічного моніторингу, кадастрів ресурсів, відділів Управління по охороні навколишнього природного середовища через локальну комп'ютерну мережу. Паралельно інформація поступає в рамках підсистеми екологічної паспортизації від природокористувачів, виробничих об'єднань, діяльність яких контролюється та координується цією організацією. Інформація, що приймається, також індексується у відповідні банки даних і по необхідності використовується підрозділами Управління по охороні навколишнього природного середовища по локальній мережі. Частина оперативної інформації профільних відділів, осідаючи на робочих місцях фахівців, також поступає в банки даних центру і надалі застосовується при необхідності в тих або інших видах робіт. Частина інформації, що архівується центром в рамках ЄРІСП,

зберігається окремими пакетами та використовується в поточній роботі у міру потреби. Працездатність довідкової інформаційної системи даних забезпечується її засновниками, на основі перманентного надходження та пошуку інформаційних, рекламних відомостей тощо.

Вся інформація, що проходить по мережах ЄРІСП, доступна користувачам. Безпосередніми споживачами вихідної інформації, крім структурних підрозділів Управління по охороні навколишнього природного середовища є: відомства, державні установи і організації, що наділені статусом джерел вхідної інформації; органи державного та адміністративного управління області, районів, підприємств тощо. Потенційні користувачі (відомства, державні установи і організації, засоби масової інформації) дістають доступ до матеріалів ЄРІСП за визначених умов відповідно до сфери їх інтересів і компетенції відповідальності.

Алгоритми як інформаційний об'єкт. В процесі розробки алгоритмів ЄРІСП виникла необхідність вирішення ряду проблем. Визначувані унікальністю задач інформаційної системи, вони характеризуються гранично простим формуванням структури банків даних, вихідних і звітних форм, а також функціональною організацією представлення даних. Так, при виникненні потреби введення нового інформаційного банку даних ця проблема повинна розв'язуватися без залучення програмістів і без розробки нового програмного продукту. Крім того, відповіді на нестандартні запити повинен одержувати фахівець на робочому місці без команди програміста в наочному вигляді (ділова графіка, картографія і т. д.), а не тільки у вигляді тексту та цифрових таблиць. Це досягається за допомогою представлення банків даних у вигляді інформаційних об'єктів (під об'єктом тут розуміється сукупність даних і алгоритмів обробки інформації) на основі об'єктно-орієнтованих технологій. В цьому випадку забезпечується однотипна робота з різномірною інформацією. Робоче середовище фахівця становить собою єдину програму-ядро, яке здійснює підтримку роботи з інформаційними об'єктами. Унікальність роботи з даними визначається алгоритмами, що містяться безпосередньо в об'єктах.

Спрощується конструювання та модифікація інформаційних банків. Універсальні функції сконструйовані в ядрі, тому при побудові нового, необхідно задати структуру зберігання даних і унікальні способи їх обробки. При цьому в процесі експлуатації байку даних користувачам надається можливість зміни як структури інформації, так і алгоритмів її обробки. Крім того, передача інформації можлива декількома способами: усередині однієї організації шляхом посилення запиту до інформаційного об'єкту, а для сторонніх організацій – формуванням інформаційного об'єкту (відповіді на запит). Разом з даними користувач одержує і алгоритми подальшої обробки інформації, що за наявності програми ядра, виключає необхідність перетворення форматів зберігання даних, а новий об'єкт просто включається в інформаційний банк. Об'єктно-орієнтована технологія полегшує створення та підтримку розподілених баз даних. Робоча інформація зберігається в єдиному екземплярі (не рахуючи статистичного архіву), і при необхідності споживачі звертаються із запитом до інформаційного об'єкту, який обробляється в місці свого розташування. З цієї причини виключається необхідність дублювання інформаційних банків для потенційних споживачів інформації, що дозволяє локалізувати місце зберігання інформації і забезпечити підтримку даних в актуальному стані.

При реалізації картографічних систем управління банками даних, в інформаційні об'єкти додаються картографічні характеристики та алгоритми обробки запитів, специфічних для картографічного представлення. Після цього вся інформація може бути представлена на картосхемах. З'являється можливість обробки запитів за умов територіальної приналежності інформації.

Таким чином, модульний принцип, який реалізовується в даному випадку, дозволяє користувачу:

- збирати з модулів будь-яку необхідну конфігурацію системи, формувати будь-які вихідні форми, виходячи із завдань, структури та практики рядового користувача;
- замінювати застарілі модулі (у зв'язку із заміною розрахункової

методики або нормативів) і розширювати систему підключення нових програм;

- експлуатувати модулі, як автономно, так і спільно, обмінюючись інформацією на дискетах або по мережі.

Використання інформаційної системи регіонального рівня дозволяє підвищити оперативність дій при ухваленні управлінських рішень в області охорони навколишнього природного середовища; забезпечити уніфікацію програмно-технічних засобів, що використовуються в інформаційному процесі, а також збільшує вміст і доступність природо-ресурсних і природоохоронних банків даних середовища.

8.3 Відомчі ГІС-технології в екології

З розвитком цивілізації життя стає все небезпечнішим. Окрім природних людині загрожують і техногенні катастрофи – як неминуча розплата за допитливість і прагнення до комфорту. Все нові небезпеки підстерігають нас буквально зі всіх сторін. Щонайменші порушення технології і техніки безпеки, недбалість, недогляд, нарешті, горезвісний «людський чинник» – все це і багато що інше може привести і дуже часто приводить, до страхітливих наслідків як для самої людини, так і для навколишнього його світу: проривам гребель, вибухам на атомних електростанціях викидам в атмосферу отруйних газів, тонами нафти, що розлилася, – всього не перелічити.

Якщо заздалегідь з'ясувати, коли і де найбільш вірогідне виникнення екстремальної ситуації, тобто знайти «слабке» місце, звідки прийде небезпека, то шансів впоратися з нею, а може, і зовсім їй запобігти було б невимірно більше. Як мовиться «знати б, де впасти, – соломки б підстилати». Саме таку можливість дає розробка ГІС-технологій досліджень екстремальних ситуацій.

Сучасні системи управління вимагають нових підходів до аналізу інформації, що поступає, і відповідного аналітичного забезпечення. Одним з таких аналітичних засобів, що розвиваються, є геоінформаційні системи

(ГІС), що застосовуються для роботи с просторово розподіленою інформацією. ГІС традиційно використовується при аналізі екологічної

ситуації, що має просторове розподілення.

Приклади сучасних відомих ГІС-технологій доводять ефективність та перспективність цього наукового напрямку.

Наскрізнi геоінформаційні технології грошової оцінки земель населених пунктів.

Грошова оцінка земель відноситься до однієї з найактуальніших задач у здійсненні земельної та економічної реформ в Україні. Вона виступає інтегральною характеристикою кількісних, якісних, економічних, правових, регіональних та інших показників земельних ділянок і слугує основою єдиного механізму оподаткування земель та справляння інших платежів в процесі цивільного обігу земельних ділянок.

За своїм змістом грошову оцінку земель можна віднести до задач геоінформаційного (просторового) аналізу, оскільки її виконання потребує врахування впливу факторів регіонального, зонального та локального місцезосташування земельних ділянок на території населеного пункту, які мають кількісні характеристики, просторову прив'язку та просторові відношення.

Геоінформаційні технології грошової оцінки земель. Виходячи з практики грошової оцінки земель населених пунктів з застосуванням технології ГІС, можна виділити п'ять основних етапів:

- 1) створення цифрової картографічної основи на територію міста;
- 2) визначення базової вартості;
- 3) економіко-планувальне зонування;
- 4) грошова оцінка земель за категоріями та визначення системи і зон впливу локальних факторів;
- 5) грошова оцінка земельних ділянок.

Перші чотири етапи складають зміст робіт проектних і науково-дослідних організацій, які виконують проекти грошової оцінки земель населених пунктів. П'ятий етап відповідає використанню результатів попередніх етапів в регіональних та місцевих органах управління земельними ресурсами для

розрахунку вартості земельних ділянок конкретних землекористувачів та визначення розмірів платежів за землю. Далі для кожного етапу коротко розглядаються основні зміст і результати та методи застосування ГІС.

Створення баз цифрових картографічних даних на території міста.

База цифрових карт проекту створюється в складі шарів цифрової векторної карти М 1:10 000 або М 1:5 000, растрового плану М 1: 2 000.

За матеріалами генплану міста створюються тематичні шари функціональних зон, головних споруд та магістралей інженерних мереж, зон планувальних обмежень, тощо. Важливим для ГІС грошової оцінки земель і кадастрового зонування є створення цифрової моделі планувального каркасу території, який називають базовим планом або топоконтуром міста. Базовий план визначається як сукупність каркасних елементів території. До таких елементів відносяться: межа населеного пункту, магістралі загальноміського та районного рівнів, осі вулиць, межа смуги землевідведення, залізниці, природні перешкоди (ріки, струмки, канали, яри, рівчаки, тощо), в окремих випадках – межі ділянок виробничих підприємств, зелених та рекреаційних зон.

Доцільно відмітити, що подібна модель під назвою топоконтур міста на території Києва в традиційному (паперовому) виконанні створюється і чергується управлінням генплану міста в Київпроекті та періодично затверджується міською радою. Попередня цифрова модель базового плану як окремий шар створюється на основі цифрової карти М 1:10000, остаточна модель каркасних елементів створюється з використанням растрового топографічного плану М 1:2000. Для економіко-планувального зонування виділяються земельнооціночні одиниці (оціночні райони) – територіально виражені та функціонально визначені утворення, в межах і на множині яких здійснюється оцінка споживчих властивостей земель міста. Крупність одного оціночного району визначається територіальним поширенням (неперервністю) домінуючого типу функціонального використання земель.

Цифрова модель меж оціночних районів створюється засобами ГІС з використанням каркасних елементів моделі топоконтуру та цифрових шарів

генплану міста. Екологічна якість районів оцінюється з застосуванням оверлейного аналізу (перекриття) території районів з зонами забруднення середовища. Підвищенню якості результатів сприяє також застосування ГІС для оцінки проміжних і кінцевих результаті на основі побудови різноманітних тематичних карт розподілу оціночних районів за рівнем вихідного показника або розрахованої характеристики.

Грубі помилки або алогічні тенденції виявляються просто, завдяки наглядному просторовому уявленню результатів.

Грошова оцінка земель за категоріями та визначення системи локальних факторів. Грошова оцінка земель різного функціонального призначення виконується в розрізі економіко-планувальних зон та земель сільськогосподарського призначення в межах населеного пункту. З застосуванням ГІС на цьому етапі створюються:

– цифрові карти бонітування ґрунтів та відповідна база даних грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення за категоріями угідь (рілля, багаторічні насадження, сіножаті та пасовища);

– цифрові карти зон впливу територіально – планувальних, інженерно – геологічних, історико – культурних, природно – ландшафтних, санітарно – гігієнічних та інженерно – інфраструктурних локальних факторів та база даних відповідних коефіцієнтів для диференціювання грошової оцінки земельних ділянок в межах економіко–планувальних зон.

ГІС на цьому етапі використовується в режимі системи автоматизованого проектування, оскільки за допомогою ГІС засобів проектується межі зон впливу локальних факторів. Для цього застосовуються методи побудови буферних зон навколо відповідних об'єктів, наприклад, для створення зон пішохідної доступності, санітарно-захисних або охоронних зон, методи моделювання рельєфу місцевості для автоматизованого визначення зон з ухилом більше 20 %, тощо. Якість результатів та ефективність роботи в ГІС на декілька порядків вище порівняно з традиційними методами. А головне полягає у тому, що застосування ГІС на цьому етапі дозволяє створити

геоінформаційний ресурс на комп'ютерних носіях, який є ключовим для автоматизації заключного етапу – практичного використання результатів попередніх етапів для грошової оцінки десятків тисяч конкретних земельних ділянок в середніх і великих містах.

Вартість земельної ділянки певного функціонального використання визначається з урахуванням локальних коефіцієнтів на основі просторового аналізу місцезоташування земельної ділянки в межах економіко-планувальної зони по відношенню до зон впливу локальних факторів.

Застосування ГІС на цьому етапі найбільш ефективно, оскільки мова йде про виконання грошової оцінки тисяч земельних ділянок в кожному населеному пункті, оперативну передачу результатів в органи державної податкової адміністрації для управління процесом справляння землекористувачами платежів за землю. Об'єктивно, що тільки з застосування ГІС для грошової оцінки земельних ділянок можливе практичне виконання Закону “Про плату за землю”. Важливим для цього етапу є створення особливого геоінформаційного ресурсу – геокодованого адресного реєстру міста у вигляді бази даних вулиць, номерів будинків (землевідведень), координат центроїдів для просторового визначення адреси. За умов трудомісткості проведення суцільної інвентаризації земельних ділянок та створення бази даних координат їх меж, наявність геокодованого адресного реєстру дозволяє з достатньою точністю проводити грошову оцінку земельних ділянок засобами ГІС.

Геоінформаційні системи земельного кадастру, лісового реєстру і територій, що особливо охороняються: У державному управлінні і регулюванні існує безліч кадастрів, реєстрів і фондів, покликаних вести поточний інформаційний потік і його обробку по об'єктах обліку для прогнозів на майбутнє. Особливе значення для багатих природними ресурсами територій суб'єктів отримують інформаційні потоки в системах земельного кадастру, лісового реєстру і кадастру природних територій, що особливо охороняються. Між ними існує взаємний обмін як в текстовій складовій кадастрів і реєстрів,

так і координатною прив'язкою, що характеризується, до місцевості.

Розглядаючи структури кадастрів, реєстрів і фондів існуючих потоків інформації пропонується наступна схема рівнів опису природних і природнотехногенних об'єктів і їх взаємозв'язків. Базовий рівень в рамках агентства геодезії і картографії визначає кордони суб'єктів, населених пунктів, за допомогою введення регіональних картографо-геодезичних фондів, державного каталога географічних назв, а також географічних інформаційних систем (ГІС) державного та регіонального призначення. Перший рівень державної кадастру об'єктів нерухомості передбачає координатну прив'язку і оцінку земель і об'єктів нерухомості на базі державного земельного кадастру, державного містобудівного кадастру і системи технічного обліку будівель і споруд.

Другий рівень – Міністерство природних ресурсів через агенцію водних ресурсів веде державний водний реєстр, Державна агенція лісового господарства – державний лісовий реєстр. Державна агенція по надровикористанню організовує ведення державного кадастру родовищ і корисних копалин і державного балансу запасів корисних копалин, забезпечення в установленому порядку постановки запасів корисних копалин на державний баланс і їх списання з державного балансу; третій рівень – кадастри в сфері екології і моніторингу довкілля, а саме ведення Червоної книги, кадастру природних територій, що особливо охороняються, соціально-гігієнічного моніторингу, єдиного державного фонду даних про стан навколишнього природного середовища, його забруднення.

Ієрархічна різноманітність потоків кадастрової інформації передбачає наступну класифікацію типів інформації і їх опис: фонд даних – впорядкована, постійно поповнювана сукупність документованої інформації про об'єкти обліку або явища в динаміці; кадастр даних – зведення документованих відомостей про об'єкти обліку або явища, їх опис і оцінка; каталог даних (книга) – систематизована і рубрифікована підбірка відомостей про об'єкти або явища кадастрового обліку; реєстр або реєстр даних – перелік (список, опис)

врахованих об'єктів або явищ в кадастрі; облікова картка (форма, бланк) – окремий аркуш паперу або картону стандартного розміру, розграфлений для потреб кадастрового обліку.

Типово-ієрархічний зв'язок в потоці кадастрової інформації є структурою рівнів формування в єдине ціле безліч розрізнених характеристик об'єктів обліку (облікових карток), такий, що характеризується на певних етапах, як кадастр, каталог, реєстр і фонд даних. В той же час, якщо потік кадастрової інформації включає просторову прив'язку даних, то необхідне вживання засобів географічної або графічної інтерпретації даних. При цьому розрізняють наступні програмні засоби обробки: векторизатор, база даних, ГІС. Застосування ГІС в кадастровому потоці у багатьох випадках необхідно, тому що сприяє проведенню просторового аналізу даних, прогнозуванню явищ і процесів, стеженню за динамічними змінами кордонів об'єктів, обліку тощо. Все це передбачає нерозривний зв'язок між веденням кадастрів (реєстрів) різної спрямованості через геоінформаційні системи. Стосовно унікальних територіальних особливостей природних об'єктів необхідно розрізняти будову геоінформаційних систем (ГІС), що приводить до необхідності аналізу смислового вмісту наступних термінів:

Географічна інформаційна система (ГІС) – апаратно-програмний комплекс + база даних), що забезпечує збирання, обробку, відображення, зберігання і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію для ефективного вирішення певних завдань, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням і управлінням.

Географічне інформаційне середовище (ГІСР) – географічна інформаційна система с програмуємим модулем рішення поступаючих науково-виробничих задач, що вимагає від користувача навиків програмування та дозволяє розробляти множини вузькоспеціалізованих ГІС на її основі (платформі).

Таке смислове багатоваріантне трактування терміну «ГІС» сповна виправдано і засновано на тому, що необхідність поєднання потоків інформації

від різних кадастрів, реєстрів і банків (фондів) даних обумовлена наступними причинами:

1) як правило, будь-який окремих банк даних з картографічною прив'язкою в різних галузях природокористування формується на різних ГІС, а інколи і із застосуванням вузькоспеціалізованих ГІС;

2) взаємообмін інформаційними потоками між різними галузями природокористування, завдяки сильним відомчим бар'єрам, практично ускладнений і технологічно вимагає додаткового опрацювання.

Таким чином, в процесах державного ведення різних видів кадастрів і реєстрів необхідно базуватися на єдиній ГІС-платформі, а її детальне опрацювання слід проводити конкретно у відповідних галузях природокористування, але дотримуючись чітко розробленої єдиної технології уніфікації (спеціалізації) ГІС. Багато в чому уніфікація інформації різних кадастрів і реєстрів передбачає розробку, як галузевих баз даних, так графічного представлення об'єктів облік.

Створення на основі ГІС – технологій і геоecологічних представлень єдиної системи реєстрів і кадастрів дозволить чітко зв'язати один з одним приватні інформаційні потоки по галузях і відомствах територіального природокористування. У результаті з'явиться можливість обміну інформацією між різними структурами державного, регіонального і муніципального управління. Для цього необхідне картографічне представлення різних галузевих фондів інформації в одній (єдиній) геоінформаційній системі. Причому обмін або конвертація даних з однієї системи в іншу вимагає певних налаштувань і аналізу взаємодії інформаційних потоків, що розрізняються, як в графічній складовій, так і базах даних (текстових масивів даних).

Деталізація інформації в рамках галузевих фондів даних повинна здійснюватися за допомогою уніфікації (доопрацювання) ГІС по конкретним завданням цього напрямку.

Геоінформаційна система «Екстремум»: Її завдання – прогнозувати вірогідність виникнення надзвичайних ситуацій і, по можливості, запобігати їм,

а якщо на це нема змоги, планувати роботу по ліквідації наслідків аварій або стихійних лих так, щоб звести до мінімуму заподіяний ними збиток. Для цього в ГІС є блок бази даних. У ньому сполучені бази даних двох типів: картографічна, така, що має цифрові карти різного масштабу, і семантична, така, що містить опис об'єктів. Це, природньо, топографічні карти, а також карти, на які нанесені відомості про рослинний покрив, ґрунти, населені пункти, населення і його розподіл, дороги, джерела природної і техногенної небезпеки і безліч іншої інформації, необхідної для вирішення того або іншого практичного завдання. Всі відомості зберігаються в базі даних ГІС у вигляді інформаційних шарів, кожен з яких можна при необхідності викликати, активізувати і доповнити. Наприклад, при рішенні задачі прогнозування і запобігання лісовим пожежам потрібна інформація про рельєф, про рослинність (який даному районі ліс, хвойний або листяний), про ґрунт, про погоду (денні і нічні температури, вологість, скільки днів тому був останній дощ, прогноз гідрометеоцентру на найближчі дні і так далі). В результаті ГІС може вказати місця, в яких в найближчий тиждень виникнення пожежі найбільш ймовірно, передбачити, як вона, в випадку біди, поширюватиметься і які заходи потрібно зробити, аби не допустити пожежі або звести її (а також наслідки від неї) до мінімуму. Таку розробили для Московської області. Крім того, в ГІС є і ще дуже важливий блок – математичні моделі, з допомогою яких можна вирішувати спеціалізовані задачі. Вони дозволяють прогнозувати обстановку оцінювати небезпеку природнього або техногенного походження, розраховувати поля цих дій, шкоду від них, нарешті розробляти план конкретних дій, які дозволять з найменшими затратами досягати найбільшого ефекту при ліквідації наслідків різних аварій та стихійних лих.

До недавнього часу не було методик прогнозування наслідків землетрусів. Ті, які були, дозволяли визначити поля дії та бальність землетрусу в тому чи іншому пункті. Але самого головного: якого саме збитку завдадуть стихійні лиха населенню і забудовам, які заходи безпеки необхідно прийняти – попередні моделі підказати не могли. А інших моделей в світі просто не було.

Застосування комп'ютерів, оперативна пам'ять яких складає 1 Гбт. вирішують всі такі завдання.

Окрім блоків бази даних і математичних моделей в ГІС є блоки оцінки наслідків – для оптимізації заходів щодо ефективного реагуванню і блок вихідних даних і документування. Простіше кажучи, один блок дає рекомендації, а інший – робить їх зрозумілими. Саме наявність третього блоку – блоку реагування – в більшості випадків і визначає неповторність цієї системи.

Геоінформаційна система «Екстремум», дозволяє оцінювати наслідки землетрусів, паводків, лісових пожеж, аварій на АЕС, викидів хімічно та радіаційно небезпечних забруднюючих речовин, руйнації нафтопроводів.

Треба сказати, що частина систем, розроблених на базі ГІС «Екстремум», вже пройшла перевірку життям. Про одну з систем, призначеної для аварійних розливів нафти, розповімо детальніше.

Моделі аварійних розливів нафти на суші і малих річках із застосуванням ГІС-технологій. Що таке нафтопровід? Це труби і так звані площадкові об'єкти – насосні перекачуючі станції, нафтобази і нафтоховища. Нашу країну, ліси, долини і річки вздовж і поперек пересікають сотні кілометрів нафтопроводів. На дорогах нафтопроводів – десятки річок. У будь-якій точці лінійної частини нафтопроводу може статися аварійний розлив; в цьому випадку нафта з нього розтечеться по суші і потім, через особливості рельєфу в районі річок, потрапить в річки. Як же працює система в такому разі?

Припускаємо що, на одній з ділянок нафтопроводу сталася аварія: у трубі утворилася тріщина і нафта через неї виливається на землю. Зрозуміло, перше, що потрібно зробити, – це знайти місце прориву і перекрити трубопровід. Але аби щонайшвидше і ефективніше впоратися з наслідками аварії, необхідно заздалегідь знати її масштаби.

Таким чином, потрібно знати, куди саме спрямується потік нафти і скільки її виллється. Завдання це якраз для гарного комп'ютера, оснащеного спеціалізованою ГІС-програмою, а рішення складається з декількох етапів.

Спочатку потрібно з'ясувати, скільки ж саме нафті вилилося і ще виллється з труби. Це само по собі не просто. Деякий час неминуче піде на те, аби виявити витік. Потім трубу треба перекрити, природно, як можна ближче до місця прориву. До тих пір, поки це не зроблено, нафта хльостатиме з пошкодженої ділянки під напором – адже по трубопроводу вона йде під тиском в декілька десятків атмосфер. Але маслянистий потік не припиниться і після того, як трубу перекриють спеціальним затвором або заслінкою. Той об'єм нафти, який залишився в трубі після цього, теж витече – але вже з меншою швидкістю. Слід враховувати, що нафта – це в'язка рідина, а в'язкість її залежить від складу. Фахівці всі ці, що насилу піддаються обліку, чинники «загнали» у вигляді змінних в «триповерхові» рівняння і вивели на їх основі математичну модель. З її допомогою можна дізнатися, скільки саме нафті виллється на землю за той або інший час.

Зрозуміло дізнатися, який об'єм аварійного розливу, – це ще не головне. Найважливіше – знати: куди вся нафта, що пролилася, подінеться? Як далеко вона добереться? Де проходить основне русло? Можливо, нафта залле автомагістраль, і тоді машини будуть ковзати по дорозі, як по катку? А що, якщо вона спрямується до річки, на березі якої стоїть наприклад, дитячий табір? Лише знаючи відповіді на цих і багато інших питань, можна щонайкраще підготуватися: вислати аварійну бригаду точно в місце аварії, послати потрібну кількість людей і техніку і або запобігти майбутнім катастрофам, або звести до мінімуму збиток від них. Вочевидь, що нафта розтікатиметься по місцевості. Ясно і те, що в гору вона не потече – буде струмочками або річками, залежно від інтенсивності потоку, прагнути в низини. На швидкість потоку неминуче зроблять вплив рельєф місцевості і рослинний покрив: із скелястого обриву гірська річка потече з однією швидкістю, а по заливному луку – з іншою, набагато меншою. При цьому по дорозі вода стане з більшою або меншою швидкістю всмоктуватися в ґрунт і одночасно випаровуватися. Швидкість випаровування буде залежати від температури повітря і складу нафти, а швидкість вбирання в ґрунт – від самого ґрунту: одна праворуч – пісок, інше –

глина, а третє – наприклад, гравій. Нарешті, у момент аварії може йти дощ – і тоді нафта потече разом з потоками води. Ще чого одна складна система рівнянь з безліччю змінних. Вирішити її змогли, зрозуміло, із застосуванням технології ГІС. В першу чергу об'єднали бази даних, що роблять найістотніший вплив на результат, – на площу, контури і координати нафтової плями, яка виникне зрештою завдяки аварії на нафтопроводі. В результаті автори отримали цифрову топографічну модель місцевості. До неї увійшли абсолютні висоти місцевості, інформація про водотоках – струмки і річки, що протікають поблизу нафтопроводу, про водоймища із стоячою водою, про ґрунти, про рослинні покриви, а також усереднені дані про мікрорельєф. Кожна з цих баз даних і була одним з декількох інформаційних шарів моделі. Крім того, треба було створити математичну модель, яка б повністю описувала розлив нафти. Вчені це роблять наступним чином. Місцевість навколо нафтопроводу розбивають на множину гіпотетичних стовбців з певною площею та висотою (площа залежить від масштабу а висота відповідає абсолютній висоті майданчика над рівнем моря). Потім вони розраховують поведінку, потужність і інші характеристики потоку, виходячи з того, що накопичується нафта на кожному елементі площі за рахунок припливу при позитивному градієнті, а убуває – при негативному (простіше кажучи, тече з ділянок верхніх на нижні). Заповнюється один майданчик – нафта починає перетікати на наступну. Правильність розрахунків комп'ютер регулярно перевіряє, звіряючи загальну кількість нафти, що витекла, і кількість її в басейні з врахуванням припливу і спаду від фільтрації і випарювання. Врешті-решт програма видає, по-перше, напрями основних потоків нафти, а по-друге, остаточну площу, контури і координати нафтової плями. Зрозуміло, всі складні розрахунки підтверджені практикою.

Використання геоінформаційних систем для аналізу природоохоронної діяльності газотранспортного підприємства («ЕКОГІС»).

Як приймаючий геоінформаційний пакет використаний програмний комплекс MapInfo. Сформовану інформацію у вигляді спеціальних підготовлених таблиць програмний модуль «ЕКОГІС» передає в MapInfo. На

основі переданих таблиць MapInfo формує необхідні тематичні карти.

Картографічну основу ГІС складає векторна карта Півдня Росії масштабу 1:1000000. У її склад входять як базові шари, так і додаткові, такі, що відображають інформацію про місце розташування технологічних об'єктів, кордони суб'єктів і районів.

Об'єкти екологічного обліку винесені в спеціально підготовлений картографічний шар, в якому кожному об'єкту привласнений унікальний ідентифікатор, відповідний аналогічному номеру дозволу в БД. Додатково кожному об'єкту екологічного обліку привласнена інформація, що вказує його адміністративно-просторову належність, що дозволяє оперувати інформацією одного об'єкту (або групи об'єктів) при просторовому узагальненні та виконанні перехресних запитів.

Для кожного виду дії в системі «ЕКОГІС» реалізований запит, при ініціалізації якого формуються дані за запрошуваний рік або квартал, і здійснюється їх експорт в MapInfo. Модуль «ЕКОГІС» картографує дані по п'яти основним видам дії – це викиди, скидання забруднюючих речовин розміщення відходів, пересувні джерела і значимі екологічні аспекти.

Картографічні моделі організовані таким чином, що при оновленні їх вмісту залежно від параметрів вибірки форма картографічного вигляду, кольорова палітра, градація в легендах і інші параметри залишаються постійними.

У «ЕКОГІС» реалізовано декілька видів тематичного картографування:

- діапазони, що використовуються для картографування площадкових об'єктів застосовуються для картографування об'ємів дії і плати;

- діапазони крапок (градуирований колір), використовуються для картографування точкових об'єктів (дозволи і філії) і вказують об'єми забруднення і значущість екологічних аспектів;

- стовпчасті діаграми застосовуються для різних об'єктів як при картографуванні об'ємів дії і плати, так і для порівняння декілька значень (нормативні і наднормативні викиди, скидання, розміщені відходи, тощо;

– кругові діаграми застосовуються для демонстрації структури забруднюючих речовин і палива в пересувних джерелах, а також плати по ним ;

Окрім перерахованого залежно від вирішуваних завдань користувачеві доступні і інші можливості пакету MapInfo для картографічного моделювання.

Для посилення аналітичної складової до складу модуля «ЕКОГІС» включені 15 растрових тематичних карт що відображають екологічну обстановку на території антропогенної діяльності.

Растрові карти демонструють стан довкілля і її стійкість до антропогенних дій. Всі тематичні карти прив'язані до векторних основ.

Комп'ютерна система розподіленої інвентаризації парникових газів як засіб прийняття ефективних управлінських рішень:

Виходячи з зобов'язань, які має Україна відповідно до Кіотського протоколу до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй із зміни клімату, необхідно в період з 2008 по 2012 рр. стабілізувати емісії парникових газів в атмосферу на рівні 1990 р.

Для здійснення розподіленої інвентаризації парникових газів в Україні може бути використана цифрова карта ТОВ «ІСГЕО», яка представляє собою просторову базу даних масштабу 1:500000. Просторова база даних містить базову графічну та семантичну інформацію, що дозволяє використовувати її для усіх видів робіт. Графічна інформація задає просторове положення географічних об'єктів. Семантична інформація передає описові характеристики просторових об'єктів т задає прийняті схеми класифікації. На логічному рівні база даних організована у вигляді окремих таблиць, які містять картографічні об'єкти та класифікатори. Фізично база даних реалізована у форматі системи MapInfo. Картографічні об'єкти виділено згідно з класифікатором топографічної інформації. Інформаційна база даних України складається з двох частин. Перша частина поєднує таблиці, в яких зберігається інформація про географічні об'єкти. Такі таблиці подано в форматі системи MapInfo, і включають вони метричні та семантичні характеристики об'єктів. До другої частини віднесено класифікатори, що використовуються в базі даних України.

Використовувана статистична інформація береться в основному із статистичних довідників, які публікуються Державним комітетом статистики України. До основних типів статистичних довідників, які використовуються, віднесено: загальнодержавні статистичні щорічники України; загальнодержавні відомчі статистичні збірники; регіональні та обласні галузеві статистичні збірники. Державним комітетом статистики України та його регіональними управліннями публікується ряд статистичних збірників. Статистична інформація публікується по роках та по регіонах (адміністративних областях).

З використанням вказаних статистичних збірників отримують відповідні вхідні дані, які програмним шляхом вносяться у відповідні таблиці визнаних на міжнародному рівні методик. Згідно з цими методиками інвентаризація парникових газів здійснюється в наступних секторах людської діяльності: енергетика; індустриальні процеси; використання розчинників та інших продуктів; сільське господарство; зміни в землекористуванні і лісове господарство; відходи. Вказані методики використовуються у вигляді програми Microsoft Excel. Це дає можливість здійснювати за міжнародно узгодженими методиками інвентаризацію на трьох рівнях (загальнодержавному), регіонально-обласному, на рівні елементарних ділянок). При цьому використовується файлова структура методик.

В Excel-таблиці файлів MODULE1.XLS та MODULE6.XLS записуються вхідні дані для інвентаризації парникових газів по кожному із секторів; деякі з них містять проміжні результати інвентаризації. Інвентаризація проводиться по роках, тобто при першому запуску програми утворюється папка поточного року і в неї копіюються всі наведені вище файли. При переході на наступний рік утворюється нова папка і в неї копіюються незаповнені вихідні файли. Логічна структура Excel-таблиць є ієрархічною. На вершині цієї ієрархічної структури є секторальні звіти, тобто звіти, що містять результати інвентаризації парникових газів по всіх секторах методик. На нижньому рівні знаходяться сектори. Кожний сектор складається з певної кількості робочих листів. Кожний робочий лист займає одну або декілька Excel-таблиць.

Засоби формування вихідних даних: Структура створеної геоінформаційної системи розподіленої інвентаризації включає дві основні частини: GHGInvent та GHGMap. GHGInvent – це програмний модуль, основними функціями якого є запис вхідних даних у відповідні Excel-таблиці. Цей модуль здійснює інвентаризацію парникових газів згідно з вибраною моделлю інвентаризації. Вхідними даними для цього модуля є: цифрова карта, з якої беруться топографічні дані, прив'язка до місцевості, а також інформація про рослинність, населення та ін.; статистичні довідники по областях, що містять статистичні дані з: енергетики, індустриальних процесів, сільського господарства, змін в землекористуванні і лісового господарства, відходи. Основними функціями модуля GHGMap є формування запитів до таблиць результатів інвентаризації, генерування нових геоінформаційних шарів з результатами інвентаризації та відображення їх на карті. Вхідними даними для цього модуля є сформовані модулем GHGInvent таблиці інвентаризації та топографічна інформація з цифрової карти.

Представлена геоінформаційна система є достатньо складною в плані програмної реалізації, оскільки для її коректної роботи має правильно взаємодіяти між собою ряд програмних комплексів різного типу. Такий набір програмних засобів включає: бази даних вхідної інформації, які заповнює оператор; Excel-таблиці методик інвентаризації, які програмно заповнюються відповідно до вибраної моделі інвентаризації; таблиці бази даних, які сумісні із засобами MapInfo для відображення на електронній карті України.

Оскільки програмне забезпечення MapInfo Professional є сумісне з програмними системами фірми Microsoft, то базу даних інвентаризації парникових газів створено засобами Microsoft Access. Програмування модуля GHGInvent здійснюється з використанням, системи програмування Microsoft Visual Basic. Реалізація модуля GHGMap здійснюється в основному засобами MapInfo Professional 6.5. Цей модуль повинен складатися з набору SQL запитів до таблиць бази даних GHGInvNNNN.mdb, які формують нові шари, що містять результати інвентаризації парникових газів згідно з вибраною моделлю. Цими

ж засобами новостворені шари повинні відображатися на цифровій карті.

З метою уточнення інформації про емісії парникових газів від різного роду діяльності сформовано ряд баз даних. Зокрема, використовуючи географічну енциклопедію України створено електронну таблицю з основними географічними характеристиками районів. Ця таблиця включає поля: область, район, площа, фізико-географічна провінція, кількість опадів, ґрунти, площа, вкрита лісом, склад лісу (хвойні, твердолистяні, м'яколистяні), промисловість (основні види), площа сільськогосподарських угідь, орні землі, сіножаті, пасовища, осушені ґрунти.

Створено також електронну базу даних оцінки запасів вуглецю у фітомасі та стоку вуглецю у фітомасу лісів України. Розрахунок проведено для кожної області на основі даних інвентаризації лісів у 1996 р. та регресійних рівнянь обчислення фракцій абсолютно сухої речовини у компонентах деревостану з наступним конвертуванням в одиниці вуглецю. На основі бази даних земельного покриття Євразії з легендою сезонних регіонів земельного покриття (253 класи) в бінарному форматі сформовано відповідну цифрову карту України. Кожна елементарна ділянка цієї карти відповідає ділянці земної поверхні розміром 1×1 км.

Дані векторизовано і створено нові шари для цифрової карти України. На основі електронної бази даних «Ліси СРСР (1990)» масштабу 1:2500000 сформовано цифрову карту лісів України. Базу даних конвертовано у формат MapInfo і адаптовано відповідно до кордонів України.

Геоінформаційні технології у вивченні дикорослих лікарських рослин (ДЛР): Для полегшення роботи користувача створений простий інтерфейс, що відкриває широкі можливості роботи з ГІС «Лікарські рослини», а також розроблена і запропонована для використання система, яка дозволяє вести пошук необхідної інформації по декількох напрямках:

- вид лікарської рослини;
- належність до адміністративного району;
- ресурсні характеристики популяцій;
- рослини, що підлягають охороні.

Варіанти пошуку дозволяють виділяти зі всього масиву даних лише необхідний результат.

Дана функція пошуку дозволяє створювати карти-схеми запасів сировини конкретного виду ДЛР.

Використання електронних карт-схем, на яких місцеположення популяцій указується точніше за допомогою географічних координат, значно ефективніше в порівнянні з паперовими аналогами. Крім того, електронні карти-схеми містять більше інформації, яка відбита наочніше у вигляді паспорта популяції.

Окрім вказаних можливостей, ГІС дозволяє проводити обробку ресурсних характеристик, наприклад, виділяти популяції ДЛР що підлягають охороні, а також обчислювати сумарну площу виявлених популяцій або загальний запас сировини, який можна заготовити на даній території, а також деякі інші критерії.

Таким чином, використання ГІС – технологій в лікарському ресурсоведенні дозволяє не тільки складати рекомендації по раціональному плануванню і використанню запасів сировини дикорослих лікарських рослин на сучасному рівні, але і дає великі можливості для моніторингу популяцій рідкісних або зникаючих лікарських рослин.

Досвід, придбаний в ході проведення дослідження з даної проблеми, показав, що використання ГІС перспективний і відкриває величезні можливості при вивченні дикорослої лікарської флори і використанні ресурсів ДЛР.

Геоінформаційні системи відкрили нові можливості фіксації популяцій з урахуванням географічних координат. Використання «координатної» прив'язки дозволило точніше фіксувати чагарники, що, на відміну від методів використовуваних раніше, знижує ризик тривалого їх пошуку. При цьому полегшується завдання охорони популяцій рідкісних видів ЛР.

ГІС дозволяють систематизувати дані по кожній популяції у вигляді паспортів «місця збирання сировини».

Завдяки вбудованій системі «аналізу даних» ГІС дозволяють проводити моніторинг популяцій виходячи з даних динаміки їх розвитку.

Створення електронних карт запасів сировини ДЛР дозволяє раціональніше організувати заготівку ДЛР. Різні варіанти пошуку популяцій роблять можливим вибір ділянки заготівки з урахуванням ресурсних характеристик. Крім того, внесені дані по відповідності сировини нормативним вимогам дозволяють розширити пошук і за показниками якості сировини.

Розроблена і вивчена ГІС є універсальним «програмним продуктом», що дозволяє працювати не тільки в конкретному регіоні, але і в будь-якій точці земної кулі за наявності відповідної топооснови.

Особливості геоінформаційних систем обслуговування охорони довкілля:

Особливості геоінформаційних систем в галузі екологічної безпеки. Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень в галузі охорони навколишнього середовища важливе місце приділяється геоінформаційній системі, що повинна мати у своєму розпорядженні різні банки еколого-економічних даних і відповідати основним вимогам раціонального природокористування. На відміну від інших інформаційних систем, екологічна інформація має ряд особливостей, що класифікуються по наступним ознаках:

– *Синтетичний характер інформації* обумовлений великою кількістю факторів і має основне значення з погляду комплексного впливу на навколишню природне середовище. Більш конкретно ця ознака виявляється в регіональних і міжгалузевих аспектах охорони природи і будується на обліку дуже різноманітних умов, що торкають інтереси охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів. Наприклад, питання визначення економічної ефективності екологічних витрат не можуть бути вирішені без синтезу інформаційних даних в галузі медицини і гігієни, метеорології і біології, технології й економіки, статистики й аналізу тощо.

– *Аналітичний характер інформації* визначається наявністю значного обсягу різнорідних і децентралізованих даних, який необхідно приводити в порівнянний вид. Різнорідність інформаційних даних обумовлена міжгалузевим характером охорони навколишнього середовища, а децентралізованість –

результатом особливостей первинного збору інформації на передпроектній стадії проектування.

– *Оперативний характер інформації* впливає з задач оперативного впливу на локальні вогнища деградації природних ресурсів з урахуванням їх відтворення і раціональної витрати. При зборі й обробці інформації варто брати до уваги новизну і масштаби екологічної статистики, інерційність інформації, вплив фонових факторів, багатоетапний збір даних, нестандартність показників по охороні навколишнього середовища і ряд інших особливостей.

До нестандартних показників відносяться, наприклад: кількість забруднюючих речовин і їхніх джерел, обсяги організованих і неорганізованих викидів, наявність стаціонарних і пересувних джерел забруднення, екологічний ефект, кількість коштовних речовин, добутих із джерел вод і промислових викидів тощо. Їх новизна полягає в тім, що збір і обробка різнопланової інформації, незалежно від розмірності показників, що враховуються, повинні мати закінчене еколого-економічне вираження, втрати, що можуть бути нанесені народному господарству в результаті нераціонального використання природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища.

Інерційність інформації полягає в тому, що негативні процеси, що викликані забрудненням навколишнього середовища, відбуваються не відразу, а поступово, викликаючи так називаний "ефект відставання", що виникає і при зворотній дії, тобто на стадії запобігання забруднення.

Однієї з особливостей інформації з охорони навколишнього середовища є її багатоступеневість. Наприклад, інформація для розрахунку фактичного і потенційного збитку від забруднення навколишнього середовища не може бути достовірною, якщо прийнятий якийсь визначений проміжок часу. Для забезпечення кількісних і якісних характеристик збитку необхідний і більш тривалий інформаційний, просторовий і тимчасовий ряди.

В галузі охорони навколишнього середовища варто розрізняти **первинну і похідну** інформацію. Первинну одержують у результаті прямого спостереження, реєстрації даних про стан, функціонування і змінах в

екологічних системах під впливом антропогенних факторів. Похідна інформація накопичується в результаті обробки первинної.

Збір і обробка екологічної інформації. При проведенні еколого-економічних розрахунків проєктованих чи об'єктів що реконструюються, що можуть забруднювати навколишнє середовище, виділяють наступні п'ять основних галузей народного господарства: промисловість, охорона здоров'я, житлово-комунальне і побутове, сільське, а також лісове господарства.

Проєктування, розробка й впровадження в діяльність геоінформаційних систем природоохоронних територій: спрямовані на створення цілісного програмного продукту, що дозволяє спостерігати за розвитком об'єкта, управляти його інфраструктурою, здійснювати попередній розрахунок доцільності тих або інших дій з організації процесу роботи, вести облік і класифікацію елементів системи. Алгоритми й архітектуру даної системи можна використати як базову платформу для створення ГІС конкретної заповідної території. Так як об'єктом геоінформаційної системи є заповідна територія, то основними завданнями роботи ГІС будуть:

- розробка й апробація концепції стійкого розвитку регіону.
- рішення завдань з ефективною охороною заповідних територій.
- організація наукових досліджень й екологічного моніторингу.
- сприяння освітньому розвитку населення в сфері екології.
- збереження природно-заповідного фонду.

ГІС системи дозволяють не тільки продивлятися об'єкти, що цікавлять вас, збільшувати та зменшувати зображення, точно вимірювати ряд геометричних характеристик об'єктів (площу заповідних територій, довжину річки чи відстань між екологічно-небезпечним об'єктом та найближчою водоймою), а й показавши на об'єкт, отримати інформацію про нього. Наприклад, обравши заповідну територію, ви отримаєте інформацію про територію, перелік видів рослин і тварин тощо, а також моніторингові данні за декілька років по даній території. Ви можете також використовувати ГІС як пошукову систему. В цьому випадку ви робите запит, в якому перелічуєте всі параметри, що вас

цікавлять, наприклад, знайти всі автозаправні станції, які знаходяться на відстані 500 м. від р. Тиса і можуть бути підтоплені у випадку паводкової ситуації. За допомогою ГІС можна спрогнозувати та змодельовати потенційну чи реальну подію. Зокрема, оперативно прогнозувати можливі місця розривів на трасі нафтопроводу, відслідкувати шляхи розповсюдження забруднень та оцінити можливу шкоду природному середовищу, а також обчислити об'єм коштів, потрібних для ліквідації цієї аварії.

Кінцевим результатом є програмне забезпечення, що здатне автоматизувати й значно прискорити розвиток робіт у сфері природоохоронної діяльності заповідних територій, а алгоритм його роботи можливо буде використати для створення комплексних ГІС у подібних виробничих сферах. Наукове забезпечення розвитку заповідної справи. необхідно здійснювати шляхом встановлення регіонального замовлення установам природно-заповідного фонду, науково-дослідним установам, вищим навчальним закладам, що дасть змогу постійно отримувати науково обґрунтовані рекомендації щодо збереження, відтворення і збалансованого використання унікальних природних комплексів, рідкісних та таких, що перебувають під загрозою зникнення видів рослин, тварин і грибів. Слід запровадити регулярний централізований науковий аналіз результатів досліджень поточних та прогнозних змін біорізноманіття на природно-заповідних територіях. З цією метою необхідно здійснити перехід на електронно-програмне забезпечення, що спростить та розширить доступ до накопиченої інформації, дозволить оперативно розв'язувати гострі природоохоронні проблеми. Також необхідно забезпечити розвиток системи ведення Державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду АРК. На підставі наукових досліджень поєднати в єдину систему інформаційні ресурси Державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду. Програмою має передбачатися виконання наукових заходів щодо інвентаризації біотичного і ландшафтного різноманіття недосліджених ділянок заповідних територій, екологічного моніторингу та здійснення проблемних досліджень у межах

територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

Пріоритетними напрямками наукового забезпечення розвитку заповідної справи мають стати такі:

- розроблення наукових обґрунтувань щодо створення нових та розширення існуючих заповідних територій, в першу чергу в складі екологічної мережі;

- дослідження факторів та причин, що зумовлюють деградацію природних екосистем, розвиток наукових засад щодо запобігання негативним впливам, їх зменшення, відновлення екосистем та розроблення відповідних рекомендацій;

- створення науково-методичної бази для здійснення природо-охоронних заходів;

- урахування в різних секторах економічної діяльності завдань збереження біорізноманіття, в т. ч. під час рекреаційного використання територій;

- розроблення наукових методів екологічно збалансованого господарювання в межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

Для здійснення моніторингу за станом природно – заповідного фонду і його об'єктами та прийняттям своєчасних управлінських рішень необхідно застосовувати комплексний підхід до управління природно – заповідним фондом. Геоінформаційні системи дають змогу швидко й комплексно інтерпретувати накопичену інформацію, оперативно її поновлювати та аналізувати поєднуючи з прийняттям управлінських рішень. Обов'язковою умовою застосування ГІС-технологій є наявність достовірної просторово–часової інформації про стан об'єктів управління, явищ і процесів у навколишньому середовищі, які відбуваються в режимі реального часу існуючої еколого–економічної системи.

Процес створення інформаційних систем та застосування сучасних інформаційних технологій в управлінні природокористуванням необхідно розглянути з точки зору системного підходу, який включає: збір, обробку та формалізацію інформації про стан еколого–економічної системи, накопичення та обробку даних, їх інтерпретацію у графічній формі на електронних картах;

обґрунтування прийняття управлінських рішень при умові розподілу задач за блоками: економічним, екологічним, соціальним та технічним.

Отже, за своєю суттю ГІС – це карта + база даних + аналіз. Причому, електронні карти зберігаються шарами: окремо вода, дороги, адміністративний поділ, функціональне зонування і т. д. Тобто ми можемо переглядати інформацію, яка нам потрібна, не загромождаючи зображення об'єктами інших шарів.

Державним органам заповідної справи ГІС-технології дадуть можливість здійснювати комп'ютерну підтримку ведення господарства в тому числі шляхом оперативного пошуку та аналізу інформації, тобто істотно скоротити час для прийняття рішень при управлінні природно-заповідними територіями. Отримання оперативної інформації можливо лише через ведення, оновлення банку даних і освоєння геоінформаційних систем. Адже їх експлуатація пов'язана з обов'язковим щорічним внесенням поточних змін в базу даних.

Сучасні технології геоінформаційних систем (ГІС-технології) відкривають широкі можливості щодо автоматизації обробки результатів досліджень територіальних об'єктів. Одним з перших в Україні прикладів використання ГІС-технологій для розвитку заповідної справи є програма “Екомережа”, яку розроблено за підтримки Регіонального екологічного центру “РЕЦ-Київ” в 2002 р. Основним завданням цієї системи є узагальнення результатів наукових досліджень, що проводилися в різні часи на території Миколаївської області, для проектування регіональної екологічної мережі.

Програма “Екомережа” – це база даних географічних та біологічних об'єктів Миколаївської області. Структура бази дозволяє зберігати інформацію про територіальні об'єкти, види тварин, види рослин та рослинні угруповання. Опис кожного територіального об'єкта включає такі характеристики: назва об'єкта, охоронний статус об'єкта (територія природно-заповідного фонду, ІВА-територія тощо), статус в екологічній мережі (природне ядро, екокоридор), категорія об'єкта згідно з Законом України “Про природно-заповідний фонд України” (природний заповідник, ландшафтний заказник тощо), ступінь

антропогенного перетворення території, опис географічного положення об'єкта, опис зоологічної цінності об'єкта, реквізити рішень про надання території особливого охоронного статусу, поштова адреса адміністрації об'єкта або установи (організації), у віданні якої знаходиться об'єкт, площа об'єкта, перелік адміністративних районів, на території яких об'єкт розташований, перелік географічних координат периметра об'єкта, перелік власників, користувачів землі в межах об'єкта, фотографії, рисунки, схеми об'єкта. Приклад діалогу вводу даних наведено на рисунку 1

Інформація щодо видів тварин включає таксономічні характеристики (вид, рід, ряд), дані щодо статусу особливої охорони виду (категорії охорони виду за “червоним” списком Міжнародного союзу охорони природи, Європейським “червоним” списком, “Червоною книгою України”, регіональним “червоним” списком; чи підлягає вид особливій охороні згідно з Боннською, Бернською конвенціями); географічні координати та короткий опис ділянок, на яких вид був відзначений; адміністративний район; фотографії, рисунки. Структура даних щодо видів рослин відрізняється лише заміною графи “ряд” на графу “родина”. Для рослинних угруповань вводиться назва угруповання, географічні координати місця знаходження, його короткий опис та адміністративне розташування, фотографії. Кількість описів місць знаходження будь-якого об'єкта не обмежується.

Програма “Екомережа” надає можливість систематизувати дані за такими критеріями відбору: всі об'єкти, що мають задану категорію охорони; всі об'єкти, що мають заданий статус в екомережі; всі об'єкти, які відповідають заданому ступеню антропогенного перетворення; всі об'єкти, площа яких знаходиться у заданому інтервалі; всі об'єкти, що розташовані в заданому адміністративному районі; всі об'єкти, що знаходяться у віданні обраних землевласників чи землекористувачів; види тварин, рослин, рослинні угруповання, які належать до певного таксону; мають обраний охоронний статус; розташовані в межах вказаного адміністративного району або на території об'єкту, відомості щодо якого є в базі даних. Отримати інформацію

можна у вигляді мапи, вікна інформації або текстового файлу. На мапі територіальний об'єкт зображається багатокутником, місця знаходження тварин, рослин і рослинних угруповань – умовними знаками. Перелік елементів, що відображені на мапі, формується автоматично і з'являється в окремому вікні разом з відкриттям мапи. Для отримання звіту необхідно обрати елемент (об'єкт, вид рослин тощо), вказати тип критерію вибірки (наприклад, категорія охорони об'єкта) та значення для цього типу (скажімо, ІВА-територія), після чого результат вибірки з'являється одночасно на мапі та в списку. Окрема кнопка викликає на екран всю інформацію про об'єкт, який обрано у вікні мапи або у вікні списку. Всі дані про об'єкт можна помістити у текстовий файл для подальшої роботи.

При розробці програми “Екомережа” використано MapInfo 6.0 Pro і операційну систему Windows 98. Вимоги до апаратних засобів визначаються системою MapInfo і операційною системою. Мінімальна конфігурація комп'ютера, що необхідний для роботи програми, включає процесор 233 МГц, 32 Мб оперативної пам'яті, монітор SVGA 15 і 4 Мб відеопам'яті. Але для комфортної роботи бажано використовувати процесор з частотою 600 МГц, 128 Мб оперативної пам'яті, 16 Мб відеопам'яті, монітор з діагоналлю 17. Об'єм ГІС “Екомережа” на жорсткому диску (HDD) залежить головним чином від кількості фотографій, що внесені в базу даних. Кожне фото займає близько 100 Кб (використовуються jpg-файли якістю до 800×600). Базові мапи ГІС “Екомережа” охоплюють 15 Мб, програмна частина – 0,3 Мб; 2 Мб займають таблиці даних.

Можливості програми “Екомережа” щодо обробки матеріалів наукових досліджень обумовили успішне застосування цієї розробки під час вирішення широкого кола питань природокористування. Програма отримала високі оцінки на регіональному та загальнодержавному рівнях. На замовлення державного управління екології та природних ресурсів в Миколаївській області продовжується інформаційне наповнення системи.

За своєю суттю дані стаціонарних наукових досліджень, які ведуть

спеціалісти наукових відділів установ природно-заповідного фонду (ПЗФ), є просторово-координованими. Так, багаторічні спостереження проводяться на опорній мережі моніторингу, яка є системою пробних площ, маршрутів та ін., а останні, у свою чергу, є чітко визначеними в просторі. Очевидно, що в цьому сенсі геоінформаційні системи (ГІС) є адекватним сучасним інструментарієм для збирання, зберігання, опрацювання та аналізу таких даних. Широке впровадження ГІС-технологій для моніторингу в заповідниках, національних парках тощо може піднести ці дослідження на якісно новий рівень. Крім того, це сприятиме створенню та поширенню тематичних векторних мап (ареалів видів, ландшафтів, об'єктів ПЗФ та ін.), відсутність яких істотно знижує якість наразі створених ГІС природоохоронного спрямування державного й регіонального рівнів. Як наслідок, аналітичні й прогностичні можливості таких ГІС є досить обмеженими.

Створення різноманітних геоінформаційних систем туристичного призначення. Це можуть бути ГІС туристичної інфраструктури на різних рівнях (національному, регіональному, місцевому), ГІС для туристичних центрів, ГІС курортів, ГІС окремих туристичних об'єктів, маршрутів, ГІС туристичної інфраструктури автомагістралей, великих міст ГІС екотуризму тощо.

Екотуризм включає всі види туризму, орієнтовані на довготривале збереження природного довкілля. Він передбачає гармонійне поєднання людини, природного середовища та рекреаційної інфраструктури, науково-пізнавальне освоєння природного різноманіття і гуманістичного ресурсного потенціалу рекреаційних територій, сприяє ознайомленню із звичками і традиціями територіальних громад тощо.

До пріоритетних видів екотуризму нині можна віднести піший спортивно-оздоровчий туризм, подорожі на велосипедах і конях, спуск гірською річкою на надувних плотах, човнах, катамаранах, катання на водних лижах, віндсерфінг, екскурсії в карстові печери, спортивне полювання і рибальство, парапланеризм, прогулянки на повітряних кулях. Вони активно впроваджуються у

Вижницькому, Ужанському, Шацькому, Деснянсько-Старогутському, Азово-Сиваському та інших національних природних парках.

Вплив інформаційних технологій на розвиток туризму величезний, оскільки прямо пов'язаний з підвищенням ефективності роботи як кожного туроператора окремо, так і усього туристичного бізнесу в цілому. Це прямо впливає на конкурентоздатність фірми на сьогоднішньому ринку. Використання комп'ютерних мереж, Інтернету та інтернет-технологій, програмні продукти наскрізної автоматизації всіх бізнес-процесів туристичного бізнесу сьогодні не просто питання лідерства і створення конкурентних переваг, але і виживання на ринку в найближчому майбутньому.

Відзначимо, що впровадження інформаційних технологій у туристичну індустрію включало в себе кілька етапів. Перший етап – «Створення даних». Його головна мета полягала у підвищенні ефективності оперативної діяльності підприємств за допомогою автоматизації процесів, заснованих на інформації. Цей період почався в 1960-х рр. і для нього було характерно використання міні-комп'ютерів. Другий етап – «Інформаційні системи управління». Представляв собою етап розробки таких інформаційних технологій, які сприяли підвищенню ефективності управлінської через вдосконалення вимог до безпосередньої організації передачі інформації. Вони були впроваджені в 1970-і рр. і використовували вже специфічні галузеві методи управління підприємствами, пов'язані з інформаційними ресурсами. У цей час, інформаційні технології, як правило, застосовувалися для потреб внутрішнього маркетингу та адміністративних функцій.

На початку 80-х рр. настав етап «Системи стратегічної інформації», мета якого полягала у поліпшенні конкурентоспроможності фірми шляхом зміни або самої природи, чи на поведінку в туристичному бізнесі. Були впроваджені різного виду інтегровані мережі з урахуванням підвищення конкурентоспроможності: для удосконалення безпосередньої діяльності, для координації діяльності з функціональним і діловим лініях, а також для налагодження зв'язку із зовнішніми організаціями. І, нарешті, на початку 90-х

рр. настав четвертий етап – «Етап мереж». На даному етапі відбулося з'єднання мереж усіх рівнів: підприємств, регіональних і глобальних.

Головні характеристики даного етапу – це підвищення можливостей інформаційних технологій, зменшення розмірів обладнання, зниження витрат на його придбання з одночасним збільшенням надійності, взаємозв'язок терміналів, розташованих у різних точках планети. Все це сприяло тому, що інформаційні технології стали важливим інструментом у діяльності всіх організацій туризму. У результаті всередині 90-х років всі підприємства, не залежно від розміру, пропонованого продукту та географії, пережили серйозний процес переорганізації бізнесу .

Моніторинг рекреаційно-туристичних територій засобами ГІС і дистанційного зондування. Здійснення моніторингу, особливо навколо курортів державного і місцевого значення, контроль за використанням природних лікувальних ресурсів, за забудовою всередині курортних зон.

У ДНВЦ «Природа» на протязі 2007 року розроблено ряд демонстраційних проектів ГІС «Турист». Такі інформаційні системи були створені на територію м. Чортків Тернопільської обл., м. Кам'янець-Подільський Хмельницької обл., м. Херсон і м. Генічеськ Херсонської обл., а також Київську область в загалом та доступні по мережі Інтернет. Використанні сучасні геоінформаційні технології (програмні комплекси Erdas Imagine та ArcGIS) і матеріали ДЗЗ.

Вони складаються з географічних даних та бази даних туристичних об'єктів, додаткової інформації туристичної інфраструктури (готелі, заклади харчування, транспорт, лікарні, аптеки, органи управління тощо) з можливістю детальної довідкової інформації про ці об'єкти. При цьому збір інформації, що становить основу довідкової бази даних, проводиться з різних джерел, в тому числі з друкованих видань, ресурсів Інтернет та вивчення об'єктів на місцевості й уточнення їх місце знаходження. Вся підібрана інформація розбита по тематичним категоріям, у кожній з яких представлено декілька картографічних шарів з можливістю ідентифікації об'єкта й одержання додаткової інформації з нього.

Такі туристичні ГІС створені на базі використання технологій ESRI ArcGIS Server. Система складається з клієнтського інтерфейсу та серверного рівня. Клієнтська частина ГІС реалізована засобами Internet браузерів. Клієнти обробляють тільки функції клієнтського інтерфейсу, а всі дані відправляють на ArcGIS Server. Результати відпрацювання запитів інтерпретуються браузером і відображається на екрані.

Реалізовані такі функції:

- відображення об'єктів, маршрутів, регіонів;
- переміщення по карті, зміна масштабу відображення;
- підключення та відключення даних до набору відображення;
- підключення космічних знімків для відображення;
- друк обраного фрагменту карти;
- відображення даних по окремому об'єкту та детальної довідникової інформації;
- виконання просторових і атрибутивних запитів;
- вимірювання відстаней;
- можливість пошуку.

Але це далеко неповний перелік можливостей клієнтської частини запропонованої ГІС системи, яка при необхідності може бути додатково функціонально розширена.

Використання геоінформаційних технологій для виявлення лісових підпалів в Карпатському регіоні

Сучасні геоінформаційні системи – це потужний багатофункціональний інструментарій для забезпечення інформаційних потреб моніторингу навколишнього природного середовища структурними підрозділами МНС, державним управлінням екології та природних ресурсів, державною санітарно–епідеміологічною службою, державною екологічною інспекцією з охорони довкілля та ін.

На сьогодні у розвинутих країнах широкого розповсюдження набули інтеграційні та об'єднувальні програми автоматизованих інформаційно-

управляючих систем, насамперед ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, Reconnaissance) і C4ISR (Command and Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance). Метою програми ISTAR є інтеграція засобів отримання, збирання, оброблення та доведення до споживачів розвідувальної інформації, а програма C4ISR розроблена для вирішення проблеми інтеграції автоматизованих систем управління, інформаційного забезпечення, зв'язку та розвідки.

Обидві ці системи з усіма їхніми можливостями можна з успіхом використовувати і у структурних підрозділах МНС України для прогнозування, виявлення та оцінювання наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру: паводків, лісових пожеж, підпалів сухої рослинності та різних метеорологічних явищ.

Головні особливості ГІС полягають у тому, що така система:

- містить дані про просторові об'єкти у цифровому вигляді, причому в комп'ютерному середовищі вся інформація про кожен окремий об'єкт структурується, тобто зводиться в єдину базу даних;

- утворює інформаційну модель предметної області – розглядуваної території (земної поверхні, акваторії), в яку органічно імпортуються будь-які просторові об'єкти поточного інтересу;

- містить набір просторових, математичних та інших операцій, які в сукупності визначають її функціональні можливості;

- підтримується різноманітним забезпеченням: апаратним, програмним, інформаційним, математичним, нормативно-правовим, організаційним тощо.

Опрацьовуючи зібрану інформацію, ГІС може виконувати функції:

- геодезичної бази даних, тобто бази для накопичення та зберігання даних про різні регіони, території та місцевості;

- геодезичної візуалізації місцевості;

- створення й актуалізації картографічних матеріалів;

- оброблення та аналізу даних.

Як геодезичні бази даних ГІС представляє автоматизоване сховище, де

зберігаються цифрові карти місцевості та її рельєфу, аеро- та супутникові знімки, інформація про атрибути важливих просторових об'єктів тощо. Сюди ж може надходити (в тому числі і в режимі on-line) координатна інформація від GPS-систем, видова (іконна інформація від оптикоелектронних і радіолокаційних систем аерокосмічної розвідки, технічних засобів дистанційного зондування Землі, станцій радіотехнічної, радіаційної розвідки та ін. Таким чином, можна з впевненістю стверджувати, що сучасне програмне забезпечення ГІС розглядається як певна інфраструктура, навколо якої можуть формуватися спеціалізовані інформаційні системи для різноманітних споживачів геопросторової інформації, в тому числі і потреб структурних підрозділів МНС України. Завдяки цьому значно покращиться прогнозування, виявлення та оцінювання наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру, в тому числі і людської недбалості, яка виражається у навмисних підпалах сухої рослинності на відкритих Карпатських полонинах, які часто переростають у лісові пожежі.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Дайте загальну характеристику програмних засобів для роботи з просторовими даними ГІС-технологій.
2. Назвіть базові модулі, що реалізують основні функції ГІС.
3. На які категорії поділяють комерційні ГІС-пакети ?
4. Наведіть приклади інтеграції ГІС з Інтернетом.
5. За якими ознаками класифікують геоінформаційні системи?
6. Які типи геоінформаційних систем виділяють за проблемно–тематичною орієнтацією?
7. Охарактеризуйте поділ геоінформаційних систем за територіальним охопленням.
8. Який принцип створення електронного атласу України за допомогою системи карт?
9. Дайте характеристику глобальної бази даних природно-ресурсної

інформації.

10. Які завдання вирішує проект CORINE?

11. Які задачі охоплюють екологічні інформаційні системи?

12. Дайте характеристику структури єдиної регіональної інформаційної системи природокористування (ЄРІСП).

13. Що таке геоінформаційні технології грошової оцінки земель?

14. Проаналізуйте геоінформаційні системи земельного кадастру, лісового реєстру і територій, що особливо охороняються.

15. Як вирішується проблема прогнозування надзвичайних ситуацій на прикладі геоінформаційної системи «Екстремум»?

16. Проаналізуйте моделі аварійних розливів нафти на суші і малих річках із застосуванням ГІС-технологій.

РОЗДІЛ 9

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ

Початкова інформація, яку збирають для складання карт, є неоднорідною для різних територій та об'єктів, а також сфер їх екологічної характеристики. До неї належать дані польових спостережень, матеріали дистанційного зондування, картографічні матеріали, створені раніше, текстові дані, відомості, які стосуються моніторингу довкілля, інформаційні системи екологічних даних тощо. Шляхи отримання даної інформації також різноманітні й залежать від об'єктів картографування, його тематики, наявних відомостей та інших умов, що визначають конкретне завдання по створенню карт. Державні кадастри (земельний, водний, лісовий, надровий, тваринного світу, рослинного світу, природних територій курортів, парникових газів, клімату, територій і об'єктів природно-заповідного фонду) забезпечують облікові дані, що надаються державними і регіональними інформаційними системами для екологічного картографування.

Картографічні бази включають цифрові карти і матричні контурні карти різних рівнів детальності, які мають різний початковий масштаб.

Матричні карти будуються на основі приписування блокам моделі цифрової або кодової характеристики. Цифрова характеристика визначає середнє значення певного параметру або показника в даному блоці. Наприклад: середнє значення абсолютної відмітки поверхні землі, середня потужність водоносного горизонту, відсоток лісистості, відносна забудованість території, приналежність даного блоку до певного району або до певного річкового басейну. В останніх двох випадках даному блоку приписують певний код. Відповідно, в базі даних зберігаються матриці показників і параметрів.

Контурні карти будуються шляхом виділення контурів полів об'єктів і показників, що мають однакові характеристики або значення. Наприклад, контури розподілу порід певного віку, ландшафтна карта, річкове русло. В базі

даних в цьому випадку зберігається інформація тільки про контур об'єкту.

Контурні карти зручні для довідково-інформаційної системи, внаслідок їх меншої умовності, порівняно з матричними. Не виключається поєднання матричних і контурних карт для одного показника або характеристики.

Сучасний етап картографування характеризується інтенсивним впровадженням ГІС-технологій і цифрових методів отримання карт з використанням відповідної інформації. Як указується в Концепції Національної програми інформатизації, в Україні, на основі картографічних баз даних, передбачається утворення багатоцільової інформаційно-технологічної бази з використанням геоінформаційних технологій збору, збереження, аналізу всієї сукупності відомостей для моделювання і подальшого прогнозу екологічного стану територій.

9.1 Класифікація інформації для екологічного картографування та її коротка характеристика

Зважаючи на різноманіття інформації, що використовується для екологічного картографування, її класифікують по певних критеріях. Особливе значення для мети картографування має класифікаційний показник по умові просторової "прив'язки" інформації.

Для завдань екологічного картографування застосовують три основні типи об'єктів просторової "прив'язки" або локалізації інформації. До них належать:

- адміністративно-територіальний;
- геосистемний;
- моніторинговий.

Адміністративно-територіальний тип. Інформація по цьому типу включає різні види показників, які належать до адміністративно-територіальних одиниць країни, що картографуються. При цьому розглядаються такі адміністративно-територіальні одиниці як адміністративні області і райони; міста та інші населені пункти обласного та районного підпорядкування; сільськогосподарські, лісогосподарські, промислові та інші підприємства й

організації.

Інформаційне забезпечення, що відповідає даному типу, наступне. По адміністративних областях і районах існують оглядові статистичні матеріали, які характеризують ресурси поверхневих вод, різне використання земель, забруднення атмосфери та ін. природних компонентів. Ці матеріали регулярно готуються відповідними службами: гідрометеорологічною, екологічною, сільськогосподарською, лісогосподарською тощо. По населених пунктах постійно розробляються узагальнені статистичні матеріали. Їх створенням займаються гідрометеорологічні, екологічні, санітарно–епідеміологічні, водогосподарські та ін. служби крупних населених пунктів і промислових центрів. Дослідження на національному рівні становлять основне джерело інформації, яке є базою для екологічного картографування країни у цілому. Вони включаються в річну доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні, що представляється Верховній Раді. Також використовується звітність обласних Державних управлінь по охороні навколишнього природного середовища. Крім того, розглядаються оглядові та статистичні матеріали, що стосуються сільсько-, водо- та лісогосподарських об'єктів.

Геосистемний тип включає:

- ландшафти як комплексні природні утворення, що піддаються антропогенні дії;
- водозбірні басейни різного рівня, в межах яких здійснюється накопичення та перерозподіл забруднюючих речовин;
- компоненти природного середовища, що розглядаються як підсистеми;
- техногенні територіальні утворення різного вигляду ієрархічного рівня.

По об'єктах цього типу, як правило, відсутні статистичні та інші інформаційні матеріали, які регулярно готуються. У зв'язку з цим для цілей екологічного картографування необхідно проводити спеціальні дослідження.

Моніторинговий тип включає різні територіальні об'єкти, по яких ведуться екологічні вимірювання: конкретні точки (пункти) земної поверхні;

лінії (маршрути) досліджень; площі зйомок.

Моніторинг ведеться:

– постійно діючими стаціонарними станціями і пунктами мережі спостережень і контролю стану навколишнього природного середовища;

– наземними і авіа-космічними мобільними способами регулярного і періодичного або разового збору екологічної інформації.

Існуюча система екологічних досліджень і вимірювань утворює неоднаковий ступінь інформаційного забезпечення при розробці екологічних карт. Найдоступнішою для користувача по показнику просторової "прив'язки" є система основних матеріалів (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 – Основні джерела інформації для створення екологічних карт

Типи об'єктів локалізації інформації	Джерела інформації
Адміністративно-територіальний Райони, міста і ін. поселення обласного підпорядкування, лісо-, водо- та сільськогосподарські об'єкти	Державні статистичні форми звітності і огляди земельних, лісових, водних і ін. ресурсів забруднення компонентів довкілля національного і обласного рівня. Статистичні форми звітності і стану лісо-, водо-, сільськогосподарських об'єктів
Геосистемний Басейни річок. Ландшафти. Компоненти ландшафтів. Техногенні об'єкти	Матеріали екологічних досліджень наземними і дистанційними методами, існуючі картографічні джерела, техніко-економічні обґрунтування, оцінка впливу на навколишнє природне середовище проекрованої діяльності (ОВНС) та ін. матеріали
Моніторинговий Станції (пости) спостережень Лінії (маршрути) досліджень. Площі досліджень	Бюлетені і довідники про стан атмосферного повітря, поверхневих вод і ін. Матеріали екологічних досліджень наземними і дистанційними методами

В загальному вигляді класифікація джерел інформації для екологічного картографування представлена в таблиці 9.2. Кожний тип інформації, вказаний в ній, може мати більш детальний поділ.

Таблиця 9.2 – Класифікація джерел екологічної інформації

Критерії класифікації екологічної інформації	Тип екологічної інформації
Характер джерела інформації	Картографічна. Аерокосмічна. Статистична. Описова
Період тимчасового обхвату	Довгострокова (10 і більше років). Середньострокова (5–10 років). Поточна (річна). Сезонна (частина року). Оперативна. Екстрена.
Об'єкт "прив'язки" інформації. Ступінь покриття території	Адміністративно-територіальна. Природно-територіальна(геосистемна). Покомпонентна (в середині геосистем). Мережна (моніторингова). Безперервна(континуальна). Переривиста(дискретна)
Характер об'єктів "прив'язки" інформації	Точкова. Лінійна. Площадкова
Вид подачі інформації Рівень розгляду (дослідження) по територіальному охопленні	Кількісна. Якісна. Бальна (ранжована). Глобальна (Земля в цілому). Трансгранична (Україна з прилеглими територіями). Національна. Регіональна Місцева (локальна)
Рівень розгляду за ієрархією об'єктів	Біосферна (мегаекологічна). Ландшафтна (ландшафтно-екологічна). Екосистемна (синекологічна) Популяція (демекологічна).Видова (аутекологічна)
Групи організмів (суб'єкти оцінки)	Флористична. Фауністична. Антропосистемна
Вид дії на організм	Фізичні параметри .Хімічні параметри. Біологічні параметри

Найбільш важливі та широко використовувані при картографуванні матеріали – статистичні, картографічні, аерокосмічні.

Статистична інформація. Відповідно до законодавства в Україні проводиться робота по створенню статистичної інформації, яка передбачає єдині принципи та методики отримання даних. В межах країни існує автоматизована система збору, збереження, обробки та розповсюдження статистичної інформації, яка може бути використана у картографуванні. При цьому велике значення мають статистичні матеріали, отримані при режимних

спостереженнях, на об'єктах мережі гідрометеорологічної служби, спеціалізованих стаціонарах, включаючи заповідники. Наприклад, для отримання початкової інформації по розрахунках параметрів забруднення навколишнього природного середовища широко використовуються статистичні матеріали по клімату.

Картографічні матеріали характеризуються чіткою просторовою локалізацією об'єктів, класифікацією або рубрикацією якісних і кількісних показників, що відображаються.

Велике значення для вивчення динаміки природного середовища під впливом природних процесів і антропогенної діяльності мають старі карти і плани, створені на основі зйомок. Зіставляючи їх із сучасними, а також з аеро- і космічними знімками знаходять і аналізують зміни географічних об'єктів і явищ за період 50, 100 та 150 років.

Аерокосмічна інформація в даний час достатньо обширна. Космічна система вивчення природних ресурсів Землі включає: пілотовані космічні станції типу "Салют"; автоматичні космічні апарати типу "Метеор" і "Космос"; пункти прийому та міжгалузевої обробки інформації; центри отримання, первинної обробки та розповсюдження космічної інформації.

Широко використовуються телевізійні та сканерні зображення високої та середньої роздільної здатності, які одержуються з російських супутників "Метеор", американських "Ландрат", французьких "Спот". Елементи роздільної здатності становлять 20–85 м. На зображеннях сканерів високого ступеня розрізняння, особливо кольорових синтезованих знімках, виділяються ті ж об'єкти, що і на фотографічних, але при цьому забезпечується регулярне повторення зйомки. Вони зручні для автоматичної обробки, оскільки поступають з орбіти в шифрованому вигляді та використовуються для оперативного контролю.

Фотографії, отримані в цій системі, мають велику якість зображення місцевості (декілька метрів). Вони забезпечують можливість стереоскопічного вивчення об'єктів і дають цінну інформацію про всі об'єкти поверхні.

Особливо актуальне значення має космофотоінформація для вивчення стану, використання й обліку земель, які зумовлюють оцінку екологічного стану земельних ресурсів. Використання космічної інформації при екологічному картографуванні дозволяє налагодити систематичне спостереження за станом земельних ресурсів.

Переваги використання космічних фотознімків при екологічному картографуванні земель визначаються об'єктивною оптичною інформативною місткістю, достовірністю, точністю і необхідною періодичністю отримання інформації.

Зміст карти, що розробляється з використанням космофотознімків, може бути розділений на три частини: **загальногеографічну** (елементи топографічної основи), **тематичну**, яка відображає сучасне розміщення і використання земель та **екологічну**. Тематичний зміст карти включає: сільгоспугіддя (рілля, багаторічні насадження, пасовища, сінокоси), землі лісового та водного фонду, землі населених пунктів і інші.

Екологічне навантаження карти відображає екологічний стан земельних ресурсів (підтоплення, руйнування від ерозійних процесів) і землі, які пошкоджені господарською діяльністю людини (кар'єри, промислові зони, відвали). Вибір способів зображення об'єктів, що картографуються, зумовлюється вимогами генералізації, призначенням і масштабом карти.

Інформаційні джерела, що використовуються для розробки карти включають, разом з космофотознімками, топографічні та тематичні карти, фондові та літературні матеріали, які підбираються та аналізуються в напрямі, що дозволяє одержувати повну інформацію про екологічний стан земель. Підбір інформації повинен відповідати тематичній орієнтації досліджень і мати конкретний територіальний обхват. Одним з визначальних чинників вибору і оптимізації параметрів космічних фотознімків є спектральний діапазон, від якого залежить можливість сприйняття закладеної в них інформації і використання її для певної мети.

Розпізнавання сільськогосподарських угідь на космічних знімках

проводиться переважно по прямих дешифрувальних ознаках. Оцінка екологічного стану земель здійснюється на основі аналізу специфічних відхилень у фотогоні (кольорі) та структурі фотозображення з використанням індикаційних еталонів. У процесі складання карти розробляються індикаційні таблиці прямих і непрямих дешифрувальних ознак картографованих об'єктів.

9.2 Застосування ГІС-технологій в інформаційному забезпеченні екологічного картографування

В даний час все більш важливою при вирішенні завдань екологічного картографування є організація інформаційного забезпечення і логічне обґрунтування задач і процедур по переробці інформації, які реалізуються в геоінформаційних технологіях. При цьому відбувається сумісне використання картографічних і географічних методів, а також математичних моделей. Основна мета такого завдання спрямована на отримання нових карт оцінювального характеру, що дозволяє оперативно виробляти природоохоронні заходи.

У створенні та використанні екологічних карт чітко виділяються два рівні картографування, відповідно до яких можна розрізнити два основні типи карт, і, відповідно, два напрями формування інформаційних фондів у ГІС.

В основі розробки екологічних карт першого типу лежать фактологічні дані, отримані шляхом інструментального вимірювання рівнів забруднення, дані топографічних і тематичних карт, результати обробки аерокосмічних зображень, обліково-статистичні, наукові та інші матеріали. Ці дані складають основу для формування першого інформаційного фонду базової екологічної картографічної інформації в ГІС, задача якого полягає в організації первинних уявлень про просторово-часовий розподіл окремих елементів екологічних явищ, які картографуються. Прикладами екологічних карт першого типу є карти констатацій про джерела та інтенсивність забруднень об'єктів, різних геосфер.

На основі екологічних карт першого типу розвивається інший

інформаційний фонд вищого, ніж попередній, рівня. Він дає основу для розробки системи принципово нових екологічних карт другого типу. Їх зміст пов'язаний з виявленням зворотного зв'язку впливу суспільства на природу та ступеню стійкості природи до подальших впливів. Відмінна особливість екологічних карт другого типу – їх орієнтація на оперативне відображення динаміки екологічних процесів, результатів екстраполяції виявлених тенденцій, зіставлення і фактичного розвитку подій з прогностичними варіантами. Екологічні карти другого типу містять експертні оцінки.

При такому підході розширюються можливості екологічного картографування, знімаються обмеження, зумовлені лише одним варіантом картографічного зображення того чи іншого екологічного явища або процесу. Це підвищує можливості вибору більш оптимальних рішень по охороні навколишнього природного середовища на основі екологічних карт і математико-картографічного моделювання.

Як і більшість складних програмних продуктів, найбільш поширені такі ГІС, як ArcInfo або MapInfo, не зважаючи на наявність внутрішніх мов програмування (Avenue та MapBasic відповідно), підтримують можливість підключення додаткових модулів, реалізованих в інших програмних середовищах. Крім того, при програмуванні на внутрішніх мовах існує можливість підключення бібліотек процедур і функцій з інших мов програмування.

При розробці ГІС-додатків враховується той факт, що для вирішення більшості задач, зв'язаних із застосуванням ГІС при картографуванні, достатньо створення баз даних (у вигляді таблиць), елементи яких мають просторову прив'язку, а також елементарних процедур роботи з ними. Внаслідок цього внутрішні мови програмування в ГІС орієнтовані, в першу чергу, на розробку додатків такого типу, незважаючи на недоліки, які пов'язані з втратою простоти створення та швидкості реалізації вирішення інших задач. Тому, при розробці складного ГІС-проекту уважно підходять до питання вибору програмних засобів, що використовуються на його окремих етапах.

Беручи до уваги наявність складних обчислювальних алгоритмів, вживаних при вирішенні задач, які зв'язані з використанням картографічної інформації при моделюванні, існує необхідність і можливість (враховуючи простоту програмування та високу швидкість обчислень) застосування системи MATLAB для їх вирішення. Перспективним напрямом застосування системи MATLAB – розрахунок задач, пов'язаних з використанням змістовних характеристик явищ, для успішного вирішення яких необхідна проста й ефективна організація доступу до даних, закладених в картографований об'єкт.

Типовим прикладом карти, що відображає окрім синтетичного картографованого показника та його аналітичні характеристики, є ландшафтна карта. Текстовий опис елемента легенди ландшафтної карти складається з опису геолого-геоморфологічного, рослинного (геоботанічного) та ґрунтового компонентів ландшафту і зв'язків між ними і їх складовими. Оскільки "найприроднішим" для ГІС є табличне представлення даних, то запис структури ландшафту доцільно здійснити у вигляді таблиці зв'язків між компонентами, що становлять ландшафт. Очевидно, що при записі у вигляді таблиці більшість елементів таблиці не міститиме ніяких посилань і, отже, для прискореного доступу до даних і зменшення об'єму пам'яті, що використовується, доцільно застосувати метод запису розріджених (sparse) матриць.

Останнім часом у зв'язку з багатою різноманітністю проблем, вирішуваних за допомогою ГІС-технологій, відбувається розподіл програмного забезпечення за його призначенням. Якщо раніше створювалися "повні" ГІС-пакети, то зараз ставка робиться на ГІС-основу ("геометричні алгоритми", алгоритми роботи з базами даних і інтерфейс) і модулі, що підключаються. При цьому спрощуються способи підключення бібліотек процедур і функцій, написаних за допомогою інших мов програмування, у тому числі і спеціалізованих, що відкриває широкі можливості для їх застосування при вирішенні завдань, пов'язаних з картографічним моделюванням.

Велику перспективу має застосування ГІС і в інформаційному забезпеченні

регіонального медико-екологічного аналізу. Медико-екологічне картографування як частина комплексних географічних досліджень ґрунтується на широкому використуванні кількісних і якісних показників. Поєднання різних за призначенням показників природних і антропогенних передумов хвороб людини розкривають основні тенденції погіршення ступеня географічної комфортності геосистем топологічного та регіонального рівнів. Їх подальший синтез дозволяє отримати інтегральні характеристики при визначенні меж ареалів передумов хвороб людини і медико-екологічних ситуацій.

В структурі ПС обов'язковою ланкою передбачається блок, що містить в собі інформацію медико-географічного і медико-екологічного напрямку. ПС як мультимодульна система має постійні та тимчасові інформаційні потоки, які забезпечують взаємозв'язок між її окремими блоками на компонентному, інтегральному і комплексних рівнях.

Структура інформаційних блоків медико-екологічного модуля ПС є відкритою та передбачає постійне надходження додаткової інформації компонентного, інтегрального і комплексного рівнів. Медико-екологічний модуль є багаторівневою системою інтеграції кількісних і якісних показників, зосереджених в приватних соціально-орієнтованих модулях ПС. Детальний та аргументований процес аналізу медико-екологічних ситуацій ґрунтується на досить великому банку даних. Це одна з важливих вимог до структури медико-екологічного модуля ПС, оскільки його банк даних повинен постійно поповнюватися цільовою інформацією. На цій підставі можна вважати, що медико-екологічна структура модуля ПС відповідає всім необхідним вимогам, як системного аналізу, так і основним принципам систем відкритого типу. В медико-екологічному блоці ПС передбачається картографічний субблок, який забезпечує дослідження класифікації території по сукупності актуальних і потенційних медико-екологічних ситуацій. Така процедура включає обґрунтування по вибору базових і ключових картографічних основ, принципів ранжирування території по сукупності антропогенних навантажень,

складання компонентних і комплексних медико-географічних і медико-екологічних карт, типологічного районування природних передумов хвороб людини і типологічного ранжирування антропогенних передумов хвороб людини. Отримані карти потрібно розглядати як етап регіонального аналізу формування проблемних медико-екологічних ситуацій.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Які Ви знаєте об'єкти просторової локалізації інформації для екологічного картографування? Дайте їх коротку характеристику.
2. Наведіть класифікацію джерел інформації для екологічного картографування. Як можна, на вашу думку, деталізувати приведені в ній типи екологічної інформації?
3. Яку роль відіграють ГІС-технології в інформаційному забезпеченні екологічного картографування? Обґрунтуйте відповідь.
4. Назвіть напрями формування інформаційних фондів в ГІС і дайте їм коротку характеристику.
5. Охарактеризуйте програмне забезпечення ГІС, яке використовується для екологічного картографування.
6. Розкрийте суть застосування ГІС в медико-екологічному картографуванні.
7. Що лежить в основі розробки екологічних карт ?
8. Назвіть найбільш важливі та широко використовувані при картографуванні матеріали .

РОЗДІЛ 10

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

10.1 Роль і зміст інформаційного забезпечення екологічного моніторингу

Система екологічного моніторингу – основний інструмент взаємодії суспільства та навколишнього природного середовища. Його нормативно-правовою основою є Закон України "Про охорону навколишньої природного середовища" (затв. Постановою ВР №1268-X11 від 26.06.91 р.; Положення про державну систему моніторингу навколишньої природного середовища (затв. Постановою КМУ № 391 від 30.03.98 р.), а також Постанова КМУ № 1551 (від 17.11.2001 р. "Про організацію Міжвідомчої комісії з питань моніторингу навколишньої природного середовища". Крім того, розробляються й інші нормативні документи, наприклад: Проект Концепції Державної програми моніторингу навколишньої природного середовища України, а також проект наказу Мінприроди "Про затвердження Типових правил проведення неперервного моніторингу викидів забруднюючих речовин в атмосферу на підприємствах".

Перед системами моніторингу, здійснюваного в країні, існують наступні задачі:

- оперативний контроль енергоекологічного, соціального та медико–біологічного стану довкілля;
- об'єктивна оцінка на базі проведеного контролю поточної картини стану НПС і здоров'я населення;
- виявлення факторів екологічного неблагополуччя регіону;
- підготовка інформації для прийняття управлінських рішень по екологічній обстановці;
- моделювання і прогнозування розвитку екологічної ситуації;
- аналіз ступеня ризику управлінських впливів.

Для вирішення таких задач використовується одержання інформації по узагальнюючим характеристикам навколишнього природного середовища, але навіть при мінімально-необхідному обсязі останніх загальний об'єм інформації залишається досить великим, крім того, при цьому інформація повинна раціонально зберігатися, оброблятися та представлятися. Тому центральною ланкою системи екологічного моніторингу є інформаційна система.

Як правило, **інформаційне забезпечення** системи комплексного (єдиного) екологічного моніторингу містить:

- упорядковану структуру інформаційних потоків (вхідних, внутрішніх, вихідних);
- інфраструктуру власне інформаційної бази даних;
- методики збору даних від стаціонарних і пересувних постів;
- методики передачі даних, отриманих від постів різного рівня;
- методики обробки даних і розрахунку інтегральних показників стану навколишнього середовища;
- методики визначення джерел викидів;
- структуру користувачьких організацій мережі й експлуатаційних служб.

10.2 Структура сучасної системи екологічного моніторингу

Структура системи екологічного моніторингу наведена на рис. 10.1.

Вона включає чотири функціональних блока:

- інформаційно-вимірювальну підсистему на базі автоматизованих постів екологічного контролю;
- пересувні пости екологічного контролю (пересувні лабораторії на автомобілях і переносні індивідуальні прилади контролю);
- підсистему комунікацій між постами контролю;
- геоінформаційну систему, що включає в себе графічні і тематичні бази даних екологічної спрямованості, системи моделювання, відновлення і прогнозу полів екологічних і метеорологічних факторів й систему інформаційної підтримки прийняття рішень з управління.

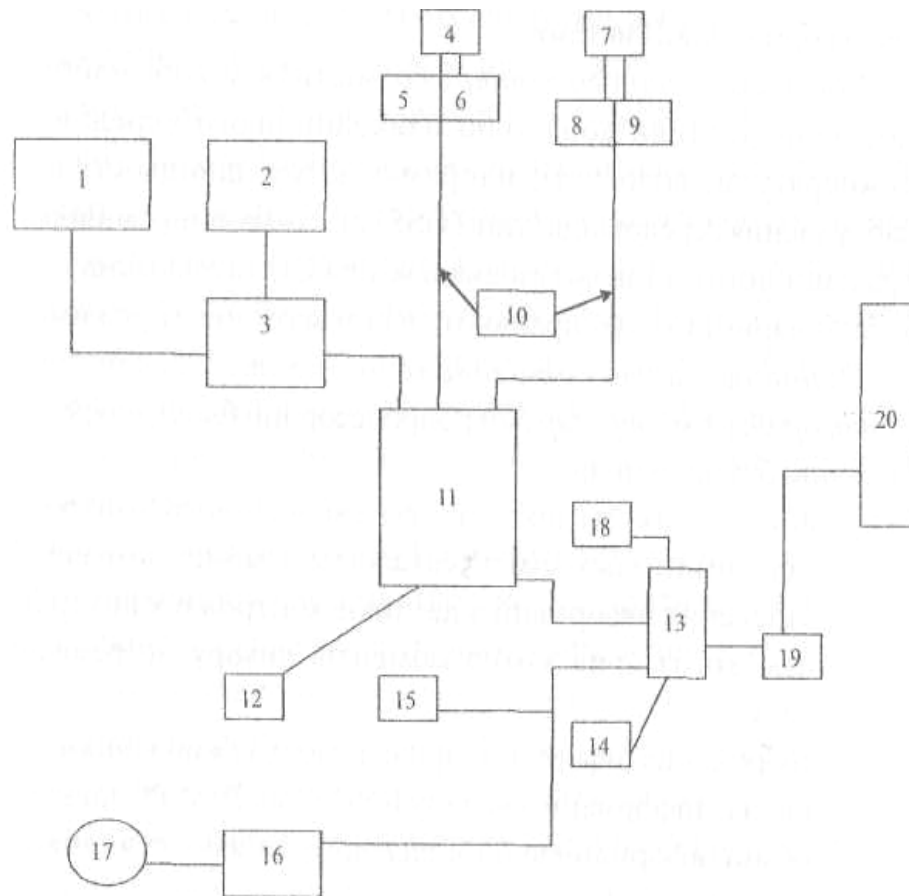


Рис. 10.1 – Структурна схема автоматизованого посту екологічного контролю

1, 2 – газові датчики; 3 – перетворювач сигналів виходу газових датчиків у сигнали, сумісні з входами контролера; 4 – датчики напрямку і швидкості вітру; 5, 6 – перетворювачі інформації про напрямок і швидкість вітру в опір; 7 – датчик температури та вологості; 8, 9 – перетворювачі температури та вологості в опір; 10 – кабелі від датчиків, 11 – контролер; 12 – програмне забезпечення контролера; 13 – IBM PC; 14 – програмне забезпечення IBM PC; 15 – програмне забезпечення стандарту передачі даних; 16 – телефонний модем; 17 – розетка телефонного апарата; 18 – програмне забезпечення Іпінеті; 19 – карта підключення до мережі Іпінеті; 20 – центральний (головний) пост.

Організаційно система складається з первинних постів екологічного контролю, розташованих у ряді об'єктів, і центрального поста системи, у функції якого входить одержання від первинних постів інформації, ведення баз

даних, підтримка технічного та програмного забезпечення геоінформаційної системи.

Пост екологічного контролю містить у собі найбільш доступні датчики контролю навколишнього середовища: температури, вологості, напрямку вітру, швидкості вітру, забруднення середовища (тип TO8812), гамма-випромінювання (радіаційного), а також газоаналізатори CO та двооксиду азоту (стаціонарні та ті, що працюють в автоматичному режимі).

Основою автоматизованого посту екологічного моніторингу є контролер (мікропроцесорний блок), що реалізує наступні базові функції:

- опитування датчиків постів екологічного контролю з заданим тимчасовим інтервалом між моментами вимірів;
- занесення інформації з датчиків контролю у внутрішню пам'ять із прив'язкою моментів виміру до реального часу;
- збереження інформації при перебоях із живленням;
- видача інформації з каналу K.8-232 на IBM PC по запити;
- обмін інформацією по модемному зв'язку із зовнішніми користувачами.

Усі функції виконуються апаратним і програмним способами.

Апаратна частина становить собою контролер на базі мікропроцесора, телефонної пари проводів і перехідника для з'єднання з комп'ютером. Оптимальна частота фіксації даних – один раз у 10–15 хвилин.

Вимірювальна система дозволяє розробляти додаткові пристрої для комплектації постів різними датчиками та програми первинної обробки інформації.

Як підсистему комунікації використовують мережу Internet і модемний зв'язок. Крім того, можливий радіомодемний зв'язок. Протокол обміну–передачі даних постів автоматизованого контролю передбачає передачу даних усіх постів на центральний (головний) пост системи по встановленому (погодженому) графіку по каналах електронної пошти Інтернеті.

Структура інформаційної підсистеми може бути реалізована, на базі програмних продуктів, наприклад ARC View фірми ESRI (США). Основою

інформаційного забезпечення системи є дані про стан навколишнього середовища в районі (регіоні). Така інформація може надходити як зі стаціонарних автоматизованих постів безперервного екологічного контролю, так і з пересувних лабораторій. У зв'язку з цим, для її збереження розробляються бази даних різної структури. Як показує практика, одержувану інформацію доцільно зберігати в таблицях, що відповідають датам проведених досліджень і містять адреси точок контролю, спектр і концентрації досліджуваних забруднювачів, метеорологічні умови при проведенні вимірів тощо. На основі таких таблиць потім у геоінформаційній системі створюються карти точок вимірів і відновлюються поля неперервного забруднення.

Автоматизовані пости екологічного контролю розташовуються на постійному місці. Тому вся картографічна інформація має ту саму основу. База даних, як правило, складається з двох взаємозалежних таблиць. Перша містить так звану постійну інформацію довідкового характеру: адреса; зведення організаційного характеру (відповідальні за функціонування первинного посту екологічного контролю) тощо. Друга таблиця містить щодня поповнювану інформацію, що включає власне дані спостережень. У неї вносяться дата вимірів і значення вимірюваних факторів у визначені моменти часу. У базі даних фіксуються значення вимірів, отримані у визначені години (наприклад, у 9⁰⁰, 12⁰⁰, 15⁰⁰ і 18⁰⁰ год.). На основі організованої у такий спосіб інформації будуються діаграми та графіки зміни метеорологічних факторів чи концентрацій забруднювачів. ГІС також дозволяє робити статистичну обробку результатів вимірів за періоди часу, що цікавлять користувача.

Усі дані, які надходять з автоматизованих постів контролю, проходять попередню обробку, що включає в себе оцінку вірогідності вимірюваних параметрів з метою виявлення метеорологічних погрешностей та несправностей ("збоїв") вимірювального устаткування. Крім того, здійснюється і форматування даних для передачі їх у геоінформаційну систему та записи у відповідні бази даних. Для обробки даних використовується програмне забезпечення, що дозволяє візуалізувати дані вимірів у табличному чи

графічному вигляді. Файли даних у вихідному виді зберігаються в архіві системи.

Багато систем моніторингу включають картографічні тематичні бази даних по промислових підприємствах регіону (міста), містять дані про структуру й обсяги забруднень, які надходять у навколишнє середовище. Така інформація використовується при виявленні можливих винуватців несприятливих екологічних ситуацій.

Спеціалізовані програми по виконанню прогнозних і ситуаційних розрахунків, що можуть входити в систему екомоніторингу ("Призма", "Дзеркало", "Хмара" та ін.) дають можливість визначати поширення забруднюючих речовин від джерел надходження забруднень. Це дає можливість комплексно аналізувати екологічну ситуацію, яка складається на розглянутій території.

Інформаційна підсистема дозволяє представляти дані як в електронному вигляді, так і у вигляді "твердих" копій (карти полів забруднень, таблиці результатів вимірів, різні графіки, діаграми).

10.3 ГІС єдиного екологічного моніторингу регіону

Розглянемо принципи побудови ГІС екологічного моніторингу для регіону міського типу. У загальному випадку вона повинна містити наступні взаємозалежні структурні ланки:

- бази та банки даних екологічної, правової, медико-біологічної, санітарно-гігієнічної, техніко-економічної спрямованості;
- блок моделювання й оптимізації промислових об'єктів;
- блок відновлення за даними вимірів і прогнозу поширення полів екологічних і метеорологічних факторів;

Для адміністративних органів регіонального керування виділяється ряд функцій, по яких виникає необхідність інформаційної підтримки прийнятих рішень в області екологічної безпеки життєдіяльності населення, раціонального енергоспоживання та енергозбереження. До таких функцій належить:

- звітність про результати виконання робіт у рамках соціально-екологічного стану регіону і заходах для його поліпшення;

- контроль поточного стану навколишнього середовища, перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих й тому подібних речовин на підвідомчій території;

- планування (річне, квартальне) програм соціального розвитку, вивчення якості життя населення, підвищення екологічної безпеки життєдіяльності населення в регіоні;

- керування в повсякденній адміністративній діяльності (розгляд претензій, скарг, конфліктів з юридичними та фізичними особами).

Потоки блок прийняття рішень інформації для прийняття керуючих чи коригувальних рішень проходять різні стадії: одержання, обробка і відображення інформації, оцінка і прийняття рішень.

Комплексність екологічних проблем вимагає системного підходу до їх рішення, що виражається в конкретних діях спеціалістів кожної галузі. Структура інформаційного забезпечення системи екологічного моніторингу відображає цю специфіку. По функціональному призначенню його доцільно розділити на проблемно-орієнтовані блоки (чи ГІС-шари)

інформації окремих регіональних служб, включаючи архітектурно-планувальні, комунальні, інженерного забезпечення й ін.

Інформаційне забезпечення системи повинне містити, наступні тематичні шари інформації (рис. 10.2):

- загальна екологічна характеристика (атмосферне повітря, водойми, фунт, санітарно–епідеміологічні умови тощо);

- джерела негативного впливу на навколишнє середовище (викиди і скиди, тверді відходи тощо);

- зонування територій (об'єкти виробничого призначення, селітебні території, адміністративні будинки тощо);

- система охоронних територій (пам'ятники історії й архітектури, водоохоронні зони тощо);



Рис. 10.2 – Тематична інформація в регіональній системі єдиного екологічного моніторингу

- інженерно-технічні і транспортні комунікації (магістралі наземного і підземного видів транспорту, теплотраси, лінії електропередачі тощо);
- охорона здоров’я і соціально-побутові умови;
- нормативні і правові документи;

– перспективи розвитку регіону.

Одним з найважливіших елементів системи є дані про об'єктивний стан навколишнього середовища. Для прикладу розглянемо структуру баз даних з показниками якості атмосферного повітря та водних об'єктів.

База даних по повітрю. Система збору даних по якості повітря буде одержувати інформацію про якісний та кількісний стан метеорологічних і фізичних величин, отриманих від автоматичних приладів для виміру викидів, автоматичних приладів для виміру фонових параметрів, метеорологічних автоматичних приладів, пересувних лабораторій і вивчення руху автотранспорту.

Інформація заноситься в пам'ять і обробляється для подальшого одержання параметрів, що будуть використовуватися при вирішенні екологічних проблем.

База даних по повітрю містить у собі базу даних по викидах в атмосферу і базу даних по забрудненню атмосферного повітря. Обидві бази даних повинні відповідати наступним вимогам:

мати в наявності максимум інформації, займаючи найменший обсяг пам'яті;

- забезпечувати, завдяки легкому доступу, швидку обробку інформації;
- володіти гнучкістю стосовно доступу, пошуку й обробки даних;
- містити всю необхідну статистичну інформацію.

Банк даних по викидах в атмосферу, крім того, повинен містити зведення про промислові підприємства, включаючи призначення та географічні координати підприємства, установлені для цих підприємств гранично допустимі викиди, їхні фактичні значення і т. п. Зокрема, він може включати наступні елементи:

– виробничі об'єкти: ідентифікуються усі виробничі чи переробні об'єкти, виділяються робочі цехи, використовувані чи вироблені речовини, викиди з труб;

– цивільні об'єкти: визначаються об'єкти та їхнє призначення, визначається їхня частка викиду в повітря;

– дані, отримані з мережі контролю: визначаються станції і прилади зйомки атмосферного забруднення

База даних по забрудненню атмосферного повітря містить координати кожного стаціонарного поста чи місцезнаходження пересувної лабораторії з указівкою часу виміру та прив'язаного до нього значення кожного вимірюваного інгредієнта.

Способи доступу в базу даних повинні бути простими і "спрямовуватися" самою системою. Порядок доступу повинен залежати від організації бази даних.

Рівень доступу визначає точку входу в базу даних і область її виводу на екран: чим вище рівень доступу, тим більш обширно буде представлена інформація.

Приватна, з погляду споживачів, база даних створюється на трьох рівнях:

- рівень доступу в базу даних;
- рівень прикладних програм;
- рівень даних.

На рівні доступу в базу даних здійснюється керування авторизованим доступом і власне доступ у базу даних. Потім споживач входить у рівень прикладних програм, у якому він може виконати визначене число функцій у залежності від дозволеного рівня доступу. Виконавши функції, споживач попадає в рівень даних.

Способи взаємодії споживача з архівом, прикладними програмами і даними не повинні залежати від деталей побудови бази даних. Техніко-конструктивні аспекти повинні входити у виняткову компетенцію відповідального за цю роботу співробітника й операторів системи, а споживач повинний підключатися тільки до прикладних функцій системи.

База повинна мати захист від несанкціонованого доступу на будь-якому рівні.

База даних по водних об'єктах. По кожному річковому басейну наводяться дані про соціально-економічну структуру, гідрологічні та

гідрогеологічні параметри, водозабезпеченість, дані по екстремальних ситуаціях і характеристикам повеней, організації водозбірної території, дані по іригації і дренажу, дані по якості води і контролю її забруднення, гідротехнічним спорудам й електростанціям, земельним та рослинним ресурсам, тваринному світу, рекреаційному освоєнню території та її перспективах, а також законодавчих актах.

Структурно, інформаційно та програмно бази даних по водних чи інших об'єктах моніторингу проектуються аналогічно вище описаній базі даних по атмосферному повітрю.

У ГІС тематична інформація, що стосується розташування та конфігурації основних джерел забруднення, повинна бути представлена відповідними електронними картами. Базы даних, у яких міститься інформація про підприємства регіону, у сукупності з відповідними картами дозволяють одержувати відповіді на такі запити:

- що становить собою об'єкт, виділений на карті, та де він розташований;
- які об'єкти викидають визначені шкідливі речовини;
- які підприємства викидають дану шкідливу речовину в обсязі більше дозволеного;
- які речовини викидає дане підприємство й у якому обсязі;
- які підприємства перевищують установлені нормативи;
- у якого підприємства прострочена дія дозволу на викид і скид;
- у якого підприємства є заборгованість по виплатах зборів за забруднення навколишньої природного середовища.

Дані про інженерно-технічні та транспортні комунікації повинні зберігатися в ГІС єдиного екомоніторингу також і у виді відповідних карт і тематичних баз даних. При цьому інженерно-технічні комунікації в базах даних мають додаткову графічну інформацію у вигляді креслень і пояснювальних документів, необхідних для їхньої безпечної експлуатації. У базах даних по транспортних магістралях повинні міститися такі екологічні показники, як інтенсивність руху, спектр і обсяг шкідливих викидів на одиницю довжини,

віброакустичні дані тощо. Перелічені показники змінюються на різних ділянках магістралі. Тому при картографуванні магістралі представляються у виді сукупності взаємозв'язаних дуг, кожній з яких у базі даних ставляться характеристики у її відповідність. У цілому ж графічні та тематичні бази даних по транспортних магістралях повинні забезпечувати виконання запитів:

- яка кількість заданої шкідливої речовини викидається по всій довжині транспортної магістралі;
- на якій магістралі викидається максимальна кількість визначеної шкідливої речовини чи всіх речовин разом;
- яка загальна кількість транспортних одиниць, які їдуть по заданій магістралі або кількість транспортних одиниць заданого виду;
- яка магістраль (чи ділянка магістралі) є найбільш завантаженою в транспортному відношенні.

Зображення автомобільних магістралей на карті лініями різної ширини в залежності від інтенсивності руху транспорту по них чи обсягу викидів забруднюючих речовин автомобілями на різних ділянках магістралей спрощує аналіз транспортної ситуації, а одночасне використання бази даних дозволяє одержати будь-яку інформацію, яка цікавить користувача.

Операція накладення шарів інформації в ГІС (наприклад, полів концентрацій монооксиду вуглецю) дозволяє зробити висновок про джерело екологічної небезпеки та прийняти відповідні управлінські рішення.

Крім розповсюджених баз даних у системі інформаційного забезпечення моніторингу особливе значення має блок моделювання розподілу полів концентрацій забруднюючих речовин на основі загальних показників роботи промислових об'єктів або інших джерел забруднення та ступені їх впливу на навколишнє середовище. Такі розрахунки необхідні:

- при аналізі неблагополучної екологічної ситуації в регіоні та для виявлення її винуватців (разом з інформацією з даних вимірів концентрацій);
- при прогнозуванні екологічної обстановки при впровадженні в дію, реконструкції тих чи інших джерел антропогенного впливу на навколишнє

середовище;

– при визначенні розміру витрат на зменшення кількості викидів у навколишнє середовище.

В даний час існує ряд методик і самостійних програмних засобів (які не входять до складу ГІС), що дозволяють визначати поля концентрацій забруднюючих речовин за результатами рішення рівнянь, що описують в тій чи іншій мірі наближення розсіювання домішок у атмосфері або водному середовищі.

Таким чином, ГІС вносить значний вклад у створення єдиного інформаційного простору для територіальних служб управління.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Сформулюйте і конкретизуйте задачі екологічного моніторингу регіону, у якому Ви проживаєте.

2. Дайте характеристику функціональних блоків системи комплексного екологічного моніторингу.

3. Приведіть загальну структуру апаратних засобів і програмних продуктів, які застосовуються на постах екологічного контролю.

4. У чому полягають принципи побудови ГІС екологічного моніторингу регіону міського типу?

5. Яка інформаційна підтримка здійснюється при прийнятті управлінських рішень по екологічній безпеці регіону?

6. Охарактеризуйте тематичні шари інформації, що використовуються системі єдиного екологічного моніторингу.

7. Охарактеризуйте бази даних по об'єктах біосфери в системі екологічного моніторингу.

8. Охарактеризуйте бази даних по інженерно-технічних і транспортних комунікаціях.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ArcSDE – Spatial Database Engine,

DIME – Dual Independent Map Encoding

ESRI – Environment System Research Institute

GPS – Global Positioning System

GRID – Global Resource Information Database)

SQL – Structured Query Language

TIN – Triangulated Irregular Network

АБД – адміністрація баз даних

ГІС – географічні інформаційні системи

ГІС – технології – геоінформаційні технології.

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі

ДІСД – довідкова інформаційна система даних

ДЛР – дикорослі лікарські рослини

ЕОМ – електронно-обчислювальні машини

ЄРІСП – єдина регіональна інформаційна система природокористування

ПЗЗ – прилад із зарядовим зв'язком

СКБД – система керування базами даних

ІС – інформаційна система

Предметний покажчик

ARC/INFO, ArcView, ArcGIS, MAP/INFO, MGE, IDRISI, GRASS, SYSTEM-9, SYMAP, GRID, CALFORM, MAP, ODYSSEY, GDPP, GRID, WDDDES, ArcStorm, ArcIMS, ArcView GIS 3.x, Map Objects, ArcSDE CAD Client, ArcInfo Workstation, ERDAS IMAGINE, ErMapper, MrSiD – програмні продукти.

DIME-структура – структура збереження просторової інформації.

GPS (Global Positioning System) – глобальна система місцевизначення, система супутникового місцевизначення, система супутникового визначення координат.

TIN-модель – векторна полігональна структура (модель) просторових даних, що будується шляхом об'єднання відомих точкових значень у серії трикутників за алгоритмом тріангуляції Делоне. Основний принцип алгоритму тріангуляції Делоне полягає в тому, щоб з наявного набору точок з відомими висотними позначками (значеннями координати Z) побудувати трикутники, які всі разом будуть максимально близькими до рівносторонніх фігур. Досягається це постійним контролем умови, відповідно до якої будь-яке коло, проведене через три вузли в трикутнику, не включатиме ніякого іншого вузла.

Адміністрація бази даних – колектив, що відповідає за правильну роботу БД.

Апаратне забезпечення (синоніми – апаратні засоби, апаратне забезпечення, апаратура, технічні засоби, hardware) – технічне устаткування геоінформаційної системи, що містить власне комп'ютер і інші механічні, магнітні, електричні, електронні й оптичні периферійні пристрої чи аналогічні прилади, що працюють у складі апаратного комплексу або автономно, а також будь-які пристрої, необхідні для функціонування геоінформаційної системи (наприклад, GPS-апаратура, електронні картографічні прилади і геодезичні прилади).

Архітектура – загальна організація взаємозв'язку елементів апаратного забезпечення геоінформаційної системи.

Атрибутивні дані – інформація, яка або не має просторового прив'язування, або характеризує просторові об'єкти без зазначення місця їх розміщення.

База даних (БД, data base, database, DB) – це сукупність даних, організованих за певними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, збереження і маніпулювання даними.

Векторизування – процедура розпізнавання растра і промальовування векторних графічних примітивів. 148 149 150

Векторний спосіб подання просторових даних, або **векторна модель** – спосіб формалізації просторових даних, що ґрунтується на використанні набору елементарних графічних об'єктів, або «графічних примітивів».

Візуалізація (visualization, visualisation, viewing, display, displaying, синоніми – графічне відтворення, відображення) у ГІС, **комп'ютерній графіці і картографії** – проектування і генерація зображень, у тому числі геозображень, картографічних зображень і іншої графіки на пристроях відображення (переважно на екрані дисплея) на основі вихідних цифрових даних, правил і алгоритмів їхнього перетворення.

Восьмизв'язний код Фрімана – набір з восьми цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), кожна з яких кодує один із восьми фіксованих напрямків.

Геозображення (geoimage, georepresentation) – будь-яка просторово-часова масштабна генералізована модель земних (планетних) об'єктів або процесів, яка представлена в графічній образній формі.

Геоінформатика – це наука, технологія і прикладна діяльність, пов'язані зі збором, збереженням, обробкою, аналізом і відображенням просторових даних, а також із проектуванням, створенням і використанням географічних інформаційних систем.

Геоінформаційні технології – сукупність засобів, способів і методів автоматизованого збору, зберігання, маніпулювання, аналізу і відображення (представлення) просторової інформації.

Геокодування – метод і процес позиціонування просторових об'єктів

відносно деякої координатної системи і їхніх атрибутів.

Геореляційна структура даних – структура, де метрична та топологічна інформація організована так само, як у лінійно-вузлових структурах, але додаткова (атрибутивна) інформація зберігається в базі даних в окремих реляційних таблицях.

ГІС – організований набір апаратур, програмного забезпечення, географічних даних і персоналу, призначений для ефективного уведення, зберігання, відновлення, обробки, аналізу й візуалізації всіх видів географічно прив'язаної інформації».

ГІС-в'ювери – програмні продукти, призначені для перегляду (viewing) готових картографічних продуктів, підготовлених у середовищі інших програмних ГІС-продуктів.

Далекомір (distancemeter) – пристрій для вимірювання відстаней.

Денситометри – програмні модулі, що дозволяють коректно переходити від кольорового подання екрана (модель RGB) до кольорового подання пристроїв друку (модель CMYK).

Дигітайзер (digitizer, digitiser, tablet, table digitizer, digitizer tablet, digital tablet, graphic tablet, – синоніми – цифрувач, графічний планшет, графічний пристрій введення даних, графоповторювач, «сколка», «таблетка») – пристрій для ручного цифрування картографічної і графічної документації у вигляді послідовності точок, положення яких описується прямокутними декартовими координатами площини.

Дисплей (display, display device), синоніми – пристрій відображення, відеоекран – пристрій (система) виведення, що здійснює візуальне подання чи відображення (display, displaying) виведених даних на екран комп'ютера (screen), монітор.

Екранний вид (View) – розміщення та вміст вікон на екрані дисплея.

Електронна карта (electronic map) – картографічне зображення, яке візуалізоване на дисплеї (відеоекрані) комп'ютера на основі даних цифрових карт чи баз даних ГІС з використанням програмних і технічних засобів у

прийнятій для карт проекції і системі умовних знаків.

Зумування (zoom) – покрокове збільшення або зменшення видимого масштабу зображення у вікні карти.

Інформатика – це наука про засоби, методи і способи збору, обміну, збереження й обробки інформації за допомогою автоматизованих засобів.

Інформаційна система – комплекс баз даних і спеціальних методів і засобів (програмних, організаційних і т. п.), що дозволяють працювати з інформацією в широкому колі користувачів.

Інформаційні технології – система процедур перетворення інформації з метою формування, обробки, розповсюдження і використання інформації.

Інформація – це будь-які відомості про навколишній світ і про процеси, що відбуваються у ньому.

Карта – образно-знакова модель, математично визначене, зменшене, генералізоване зображення поверхні Землі, іншого небесного тіла чи космічного простору, що показує розміщені чи проєктовані на них об'єкти в прийнятій системі умовних знаків.

Картографічна база даних (cartographic data base, cartographic database) – сукупність взаємозалежних картографічних даних з будь-якої предметної (тематичної) області, представлена в цифровій формі (у тому числі у формі інших картографічних баз даних) при дотриманні загальних правил опису, збереження і маніпулювання даними. Картографічна база даних доступна багатьом користувачам, не залежить від характеру прикладних програм і підпорядковується системі керування базами даних (СКБД).

Картографічний банк даних, КБД, (cartographic data bank, cartographic databank) – комплекс технічних, програмних, інформаційних і організаційних засобів збереження, обробки і використання цифрових картографічних даних. До складу КБД входять картографічні бази даних з окремих предметних (тематичних) областей, система керування базами даних, а також бібліотеки запитів і прикладних програм. Розрізняють єдиний центральний картографічний банк даних (central (centralized) cartographic databank), що

містить увесь фонд інформації з даної теми, і розподілений картографічний банк даних (distributed cartographic databank), що являє собою територіально роз'єднану систему регіональних і/або локальних КБД, об'єднаних у мережу під єдиним керуванням.

Конфігурація – сукупність функціональних частин.

Лінійно-вузлова структура векторних даних – структура, у якій об'єкт у базі даних структурований ієрархічно, а базовими елементарними графічними об'єктами, крім точки, лінії і полігону є дуга (або сегмент).

Лінія (line) – відрізок прямої, що з'єднує дві точки.

Модель даних – фіксована система понять і правил для представлення даних структури, стану і динаміки проблемної області в базі даних.

Нівелір (level) – пристрій для визначення перевищень горизонтальною лінією візування.

Палітра – послідовність кольорів або яскравості, за допомогою яких на екрані або папері відображаються числові значення комірок растрової поверхні.

Панорамування – горизонтальне прокручування зображення у вікні карти з використанням смуг прокручування (scrolling) або спеціального інструмента «долонька».

Піксель – елемент растра.

Плотер (plotter), синоніми – графобудівник, автоматичний координатограф – пристрій відображення, призначений для виведення даних у графічній формі на папір, пластик, фоточуттєвий матеріал чи інший носій шляхом креслення, гравіювання чи фото–реєстрації іншим способом.

Полігон (polygon) – замкнута послідовність ліній, що відокремлює частину поверхні.

Принтер (printer), синонім – друкувальний пристрій – пристрій відображення текстової (алфавітно-цифрової) і графічної інформації, що базується на тому чи іншому принципі друку.

Проект CORINE – (Coordination on Information of the Environment) – проект створення геоінформаційної системи Європейського Співтовариства.

Проект GRID (Global Resource Information Database) – Глобальна база даних природно-ресурсної інформації – є частиною програми GEMS (Global Environment Monitoring System – Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища), яка виконується під егідою Організації Об'єднаних Націй (UNEP) (Global Resources..., 2003).

Растрезатори – програмні модулі, що перетворюють поле зображення векторних карт у масиви растрових пікселів, які складаються із сотень мільйонів елементів.

Растрове зображення – це двовимірна матриця осередків (пікселів) однакового розміру, причому в кожному осередку зберігається значення атрибута, що може являти собою результат виміру, інтерполяції, класифікації або інакше обчислене значення.

Розподілена база даних – набір розміщених у різних географічних пунктах сховищ інформації, об'єднаних лініями зв'язку.

САПР – система автоматизованого проектування.

Система керування базою даних – спеціальне програмне забезпечення, призначене для створення, ведення і конкурентного використання баз даних.

Сканер (scanner) – синонім «скануючий пристрій» – пристрій аналого-цифрового перетворення зображення для його автоматизованого введення в комп'ютер у растровому форматі шляхом сканування (послідовного перегляду і зчитування смуг зображення) у відбитому чи прохідному світлі з непрозорого і прозорого оригіналу (кольорового, монохромного напівтонового, штрихового)

СППР – система підтримки прийняття рішень

Тахеометр (tachometer) – пристрій для виміру горизонтальних і вертикальних кутів, довжин ліній і перевищень

Теодоліт (theodolite) – пристрій для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів.

Точка (point) – первинний графічний елемент із координатами (x, y), місце розташування якого відоме з довільно заданою точністю.

Трасування – Процес напівавтоматичного або ручного простежування

лінії за її зображенням на растрі.

Цифрова карта (digital map) – цифрова модель місцевості, створена шляхом цифрування картографічних джерел, фотограметричної обробки даних дистанційного зондування, цифрової реєстрації даних польових зйомок або іншим способом.

Шар (layer, theme, coverage, overlay) – сукупність однотипних (однієї мірності) просторових об'єктів, що стосується однієї теми (класу об'єктів) у межах деякої території й у системі координат, загальній для набору шарів. За типом об'єктів розрізняють точкові, лінійні і полігональні шари, а також шари з тривимірними об'єктами (поверхнями).

ОСНОВНА ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Атлас України. Пілотний проект електронної версії Національного атласу України [Текст] / Інститут географії НАН України.. – К.: ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО», 2000.
2. Баранов Ю. Б., Берлянт А. М., Кошкарев А. В. Геинформатика. Толковый словарь основных терминов [Текст] / Ю. Б. Баранов, А. М. Берлянт, А. В. Кошкарев. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
3. Бунь Р. А. Комп'ютерна система розподіленої інвентаризації парникових газів як засіб прийняття ефективних управлінських рішень [Текст] / Р. А. Бунь Искусственный интеллект, 2006. – №4. – С. 368–376.
4. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование [Текст] / Берлянт А. М. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1997. – 64 с.
5. Вольська С. Ю., Геоінформаційна технологія: етапи розвитку, стан в Україні [Текст] / С. Ю. Вольська, О. Маргаф, Л. Г. Руденко Л. Г. // Укр. геогр. журнал, 1993. – №4. – С. 6–14.
6. Геоинформатика [Текст]: учебник для студентов ВУЗов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов [и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
7. Геоінформаційні системи в агросфері [Текст]: навч. посіб. / В. В. Морозов, Н. М. Шапоринська, О. В. Морозов [та ін.]. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 269 с.
8. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы [Текст] / ДеМерс М. Н. – М.: Изд-во СП Дата+, 1999. – 491 с.
9. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию баз геоданных [Текст] / М. Зейлер. – М.: Дата+, 2001. – 254 с.
10. Інформаційні системи і технології [Текст]: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / С. Г. Карпенко, В. В. Попов, Ю. А. Тарновський [та ін.]. – К.: МАУП, 2004. – 192 с.
11. Кошкарев А. В. Геоинформатика [Текст] / А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов. – М.: Картогеоцентр-Геодезиздат, 1993. – 213 с.
12. Кохан С. С., Мервін М. Ван. Географічні інформаційні системи [Текст]:

посібник / С. С. Кохан, М. Ван. Мервін. – К.: НАУ, 2003. – 206 с.

13. Митчелл Э. Руководство по ГИС-анализу. Ч. 1: Пространственные модели и взаимосвязи [Текст]: пер. с англ. / Митчелл Э. – К.: ЗАО ЕСОММ Со; Стилос, 2000. – 198 с.

14. Мкртчян О. С. Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії. [Текст]: навч. посібник / О. С. Мкртчян. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010 – 119 с.

15. Маслов В. П. Інформаційні системи і технології в економіці [Текст]: навчальний посібник / В. П. Маслов. – К.: Слово, 2005. – 264 с.

16. Морозов В. В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами [Текст]: навч. посіб. / В. В. Морозов. Херсонський державний університет. – Херсон: Вид-во ХДУ, 2006. – 91 с.

17. Банки екологічної інформації [Текст] / Самойленко Н. М., Рогозинський М. С. [та ін.] – Чернівці: Книги-XXI, 2009. – 304 с.

18. Рудько Г. І Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС К – MINE) [Текст] / Г. І Рудько, М. В., Назаренко ред. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.

19. Основи інформаційних систем [Текст]: навч. посібник. – Вид. 2-ге, перероб. і доп. / В. Ф. Ситник, Т. А. Писаревська, Н. В. Єрьоміна [та ін]. – К.: КНЕУ, 2001.– 420 с.

20. Суховірський Б. І. Геоінформаційні системи і технології в регіональному розвитку [Текст] / Б. І. Суховірський. Чернігівський держ. Ін-т економіки і управління. – К.: Знання України, 2002. – 208 с

21. Светличный А. А. Географические информационные системы: технология и приложения / А. А.Светличный, В. Н. Андерсон, С. В. Плотницкий. – Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.

22. Світличний О. О., Основи геоінформатики [Текст]: навчальний посібник / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

23. Тикунов В. С. Географические информационные системы: сущность, структура, перспективы [Текст] / В. С. Тикунов. Картография и

геоінформатика. Итоги науки и техники (Сер. «Картография»). – М.: ВИНТИ АН СССР, 1991. – Т. 14. – С. 6–79.

24. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем [Текст]: навч. посібник / В. Д. Шипулін. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 313 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Инструментарий геоинформационных систем [Текст]: справочное пособие / Бусыгин Б. С, Гаркуша И. Н., Серединин Е. С. [и др.]. – К.: ИРГ «ВБ», 2000. – 172 с.

2. Вольська С. Ю., Геоінформаційна технологія: етапи розвитку, стан в Україні [Текст] / С. Ю. Вольська, О. Маргаф, Л. Г. Руденко Л. Г. // Укр. геогр. журнал, 1993. – №4. – С. 6–14.

3. Геоинформатика [Текст]: учеб. для студ. ВУЗов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов [и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.

4. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию баз геоданных [Текст] / Зейлер М. – М.: Дата+. – 2001. – 254 с.

5. Кошкарев А. В. Геоинформатика [Текст] / А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов. – М.: Картогеоцентр – Геодезиздат, 1993. – 213 с.

6. Мкртчян О. С. Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії [Текст]: навч. посібник / О. С.Мкртчян. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010 – 119 с.

7. Морозов В. В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами [Текст]: навч. посіб. / В. В. Морозов. Херсонський державний університет. – Херсон: Вид-во ХДУ, 2006. – 91 с.

8. Растоскуев В. В., Геоинформационные технологии при решении задач экологической безопасности [Текст]: учеб.-метод. / В. В. Растоскуев, Е. В. Шалина. – СПб: ВВМ. – 2006. – 256 с.

9. Світличний О. О., Основи геоінформатики [Текст]: навчальний посібник / О. О.Світличний, С. В. Плотницький. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

ДЛЯ НОТАТОК

Навчальне видання

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

підручник для студентів спеціальності 101 «Екологія»

Автори:

ПІТАК Інна Вячеславівна
НЕГАДАЙЛОВ Анатолій Анатолійович
ПІТАК Олег Ярославович
МАСІКЕВИЧ Юрій Григорович
ШАПОРЕВ Валерій Павлович
ПЛЯЦУК Леонід Дмитрович
САМОЙЛЕНКО Наталія Миколаївна
МОЇСЄЄВ Віктор Федорович
МАСІКЕВИЧ Андрій Юрійович
МАНОЙЛО Євгенія Володимирівна
ПОНОМАРЬОВА Наталія Георгіївна
КОМАРИСТА Богдана Миколаївна

Відповідальний за випуск Пітак І. В.
Роботу до видання рекомендувала проф. Зінченко М. Г.

План 2018 р., поз. 30

Підписано до друку 07.11.2018 р. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 14. Наклад 300 прим.
Зам. № 77. Ціна договірна

Видавець і виготовлювач:
ТОВ «Друкарня Мадрид»
61024, м. Харків, вул Максиміліанівська, 11
Тел.: (057)756-53-25

www.madrid.in.ua

info@madrid.in.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК№4399 від 27.08.2012 року