

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г.,
Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф.

Геоінформаційні технології в екології

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів*

Суми

2012

УДК 504:025.4.03

ББК

Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

Листом №1/11-6774 від 15.05.2012 року

Рецензенти:

Ю.С.Ющенко, д.геогр.наук., проф. ЧНУ ім. Ю. Федьковича

Ю.В.Малюкін, д. ф–м. наук, проф. ін–ту сцинтиляційних матеріалів НАН України

Геоінформаційні технології в екології : Навчальний посібник / Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф./– Чернівці:, 2012.– 273с.

Розглянуті основи геоінформаційних технологій, та їх використання у сфері екології та охорони довкілля. Докладно описані джерела одержання екологічної інформації. Наведені основні положення та структура географічних інформаційних систем. Викладені базові поняття створення геоінформаційних технологій. Охарактеризоване інформаційне забезпечення екологічного картографування та екологічного моніторингу. Наведені відомості про програмні засоби геоінформаційних технологій. Описані приклади сучасних ГІС– технологій в екології.

Навчальний посібник призначений для студентів–екологів вищих навчальних закладів.

ISBN

ЗМІСТ

Передмова.....	7
Вступ.....	8

Частина перша

Основи геоінформаційних технологій

Розділ 1. Геоінформаційні технології в сучасному світі.....	10
1.1.Поняття про геоінформаційні системи.....	10
1.2.Інформатика, геоінформатика, геоінформаційні технології і географія	15
1.3. Визначення ГІС. Відмінність ГІС від інших інформаційних систем...	22
1.4. Історія розвитку геоінформаційних технологій.....	26
1.5. Функції й галузі застосування ГІС і геоінформаційних технологій.....	37
1.6. Класифікація сучасних ГІС.....	45
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	48
Розділ 2. Апаратне забезпечення геоінформаційних систем і технологій...50	
2.1.Загальна характеристика апаратного забезпечення ГІС.....	50
2.2. Пристрої збору і введення інформації.....	51
2.3. Пристрої візуалізації і подання даних.....	62
2.4. Тенденції розвитку апаратного забезпечення.....	67
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	69
Розділ 3. Атрибутивна інформація в ГІС.....70	
3.1. Способи подання атрибутивних даних.....	70
3.2. Бази даних як подання об'єктів реального світу.....	72
3.3. Моделі даних.....	75
3.4. Функціонування баз даних.....	81
3.5. Керування даними в ГІС.....	84
3.6. Розподілені бази даних.....	88
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	91
Розділ 4. Методи формалізації просторово–розподіленої і інформації.....92	
4.1. Використання карт.....	92

4.2. Картографічні проекції.....	93
4.3. Просторова інформація в ГІС.....	99
4.4. Растрове подання просторових даних.....	101
4.4.1. Загальна характеристика.....	101
4.4.2. Ієрархічні растрові структури.....	105
4.4.3. Стиснення растрових даних.....	107
4.5. Векторне подання метричних даних.....	108
4.5.1. Загальна характеристика.....	108
4.5.2. Точкова полігональна структура.....	113
4.5.3. DIME–структура.....	115
4.5.4. Структури «дуга–вузол».....	117
4.5.5. Геореляційна структура.....	118
4.5.6. TIN–модель.....	119
4.6. Порівняння векторної й растрової моделі даних.....	123
4.7. Вибір способу формалізації і перетворення структур даних.....	125
4.8. Internet–сервіси і ГІС.....	128
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	130
Розділ 5 Технології введення просторових даних.....	131
5.1. Введення даних у ГІС.....	131
5.2. Джерела вхідних даних для ГІС.....	132
5.2.1. Картографічні матеріали.....	132
5.2.2. Дані дистанційного зондування Землі.....	136
5.2.3. Дані електронних геодезичних приладів.....	140
5.2.4. Джерела атрибутивних даних.....	140
5.3. Технології цифрування вхідних даних.....	141
5.3.1. Сканування.....	141
5.3.2. Векторизування.....	144
5.3.3. Геокодування.....	147
5.4. Контроль якості створення цифрових карт.....	149

Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу.....	154
Розділ 6. Подання інформації в ГІС.....	155
6.1. Візуалізація інформації в ГІС.....	155
6.2. Методи і технології візуалізації інформації в ГІС.....	156
6.2.1. Подання картографічних шарів.....	157
6.2.2. Подання екранних видів (вікон).....	159
6.2.3. Подання векторних об'єктів.....	161
6.2.4. Подання поверхонь і растрових карт.....	163
6.3. Тематичне картографування. Картодіаграми.....	167
6.3.1. Ранжовані діапазони.....	168
6.3.2. Стовпчасті та кругові діаграми.....	171
6.3.3. Ранжовані символи.....	172
6.3.4. Точки із заданими вагами.....	172
6.3.5. Індивідуальні значення.....	172
6.3.6. Легенди тематичних карт і картодіаграм.....	173
6.4. Карти як результат і засіб візуалізації.....	174
6.5. Програмні і технічні засоби візуалізації картографічної інформації..	179
6.5.1. Електронні атласи.....	180
6.5.2. ГІС–в'юери.....	180
6.5.3. Системи автоматизованого картографування.....	181
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	183

Частина друга

Використання ГІС– технологій для вирішення екологічних задач

Розділ 7. Сучасні геоінформаційні системи та розвиток екологічних знань	185
7.1. Приклади створення великих ГІС–проектів.....	185
7.1.1. Електронний атлас природних ресурсів України.....	185
7.1.2. Глобальні геоінформаційні системи для збереження довкілля.....	188

7.2. Регіональні інформаційні системи охорони навколишнього природного середовища та раціонального природокористування.....	191
7.3. Відомчі ГІС–технології в екології.....	204
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	236
Розділ 8. Інформаційне забезпечення екологічного картографування.....	237
8.1. Класифікація інформації для екологічного картографування та її коротка характеристика.....	238
8.2. Застосування ГІС–технологій в інформаційному забезпеченні екологічного картографування.....	244
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	248
Розділ 9. Інформаційне забезпечення екологічного моніторингу.....	249
9.1. Роль і зміст інформаційного забезпечення екологічного моніторингу.....	249
9.2. Структура сучасної системи екологічного моніторингу.....	250
9.3. ГІС єдиного екологічного моніторингу регіону.....	254
Контрольні запитання і завдання до самостійної роботи до розділу	261
Перелік скорочень.....	262
Предметний покажчик.....	263
Основна використана література.....	270
Рекомендована література.....	273

Передмова

Навчальний посібник підготовлено колективом авторів.

Розділи 1,2,3 підговила – кандидат технічних наук, доцент кафедри ХТПЕ НТУ «ХПІ» –Пітак Інна Вячеславівна

Розділ 7 підготував старший викладач к-ри екологія і право Чернівецького факультету НТУ «ХПІ»– Негадайлов Анатолій Анатолійович

Розділи 8,9 підготував доктор біологічних наук, професор, зав.кафедрою екології і права Чернівецького факультету НТУ «ХПІ» – Масікевич Юрій Григорович

Розділ 4 підготував доктор технічних наук, професор, зав. кафедрою прикладної екології Сумського державного університету – Пляцук Леонід Дмитрович

Розділ 5 підготував доктор технічних наук, професор, зав. кафедрою ХТПЕ НТУ «ХПІ»–Шапорев Валерій Павлович

Розділ 6 підготував кандидат технічних наук, доцент кафедри ХТПЕ НТУ «ХПІ»–Моїсеєв Віктор Федорович

Вступ

На сьогодні географічні інформаційні системи (ГІС) є найбільш ефективним інструментом пізнання й опису географічного середовища, що постійно змінюється. Ці системи використовуються для рішення багатьох практичних завдань, пов'язаних, так чи інакше, з просторово–розподільними даними, які використовуються для забезпечення екологічної безпеки й стійкого розвитку регіонів. Географічні інформаційні системи можуть використовуватися в таких областях, як:

- аналіз даних екологічного моніторингу;
- створення цифрових карт, що демонструють стан навколишнього середовища;
- аналіз змін, що відбулися в досліджуваному регіоні;
- прогнозування наслідків прийняття тих або інших господарських рішень.

У розвинених країнах ГІС використовують надзвичайно широко, у нас же усвідомлення їхнього потенціалу тільки починається. Останнім часом спостерігається усе більш активне використання ГІС–технологій у нафтовій галузі, а також у геологорозвідці. Однак можливості використання ГІС цим, безумовно, не обмежуються. Будь–яка галузь, що має розподілену на деякій території мережу виробництва або послуг, стає зацікавленою у використанні ГІС–технологій для підвищення ефективності своєї діяльності. Величезне значення ці системи відіграють при вирішенні різноманітних екологічних завдань.

Особливість використання ГІС–технологій у завданнях екологічної безпеки визначається тим, що відомості, використовувані для підтримки прийняття рішень в області природоохоронної діяльності, надзвичайно різноманітні й, як правило, включають:

- дані дистанційного (супутникового) моніторингу;
- дані підсупутникових спостережень, отриманих за допомогою локальних методів моніторингу, наприклад, з борта дослідницького судна;

– дані офіційної статистики й архівні дані.

Крім того, останнім часом при прогнозуванні наслідків господарської діяльності й природних катастроф всі частіше використовують результати математичного моделювання. Різноманітність типів використаних даних (векторні й растрові просторові дані, а також численні таблиці) приводить до необхідності використання різноманітного інструментарію. Тому для рішення завдань екологічної безпеки рівною мірою необхідні растрові й векторні ГІС. Відповідно в книзі крок за кроком розглядаються основні прийоми роботи з ГІС починаючи від найпростіших операцій і закінчуючи прикладами рішення досить складних завдань.

На даний час в навчальному процесі при вивченні дисципліни «Геоформаційні технології» використовуються класичні підручники та навчальні посібники: Геоінформатика: Учеб. для студ. вузов / [Е.Г.Капралов, А.В.Кошкарєв, В.С.Тикунов и др.]; Под ред. В.С.Тикунова. – 2005р, Карпенко С.Г. Інформаційні системи і технології: Навч. Посібник для студ. вищ. навч. закл. / [С.Г. Карпенко, В.В. Попов, Ю.А. Тарновський, Г.А. Шпортюк.] – 2004р., Кохан С.С. Географічні інформаційні системи: Посібник/ За ред. М. Ван Мервіна/ С.С.Кохан. 2003р., Маслов В.П. Інформаційні системи і технології в економіці / В.П.Маслов; Навчальний посібник.–2005р., Растоскуєв В.В. Геоинформационные технологии при решении задач экологической безопасности: Учеб.–метод./ В.В.Растоскуєв, Е.В. Шалина. – 2006 р, Рудько Г.І Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС К – MINE) [Текст] / Г.І Рудько, М.В., Назаренко – 2011р., Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О. Світличного. 2006р Матеріали цих підручників сформовані відповідно до існуючих вимог.

Метою даного посібника було крім подання основ геоінформаційних технологій надати приклади застосування ГІС– технологій для вирішення екологічних задач і покращити організацію учбового процесу з данної дисципліни для студентів – екологів на високому методичному рівні.

Частина перша

Основи геоінформаційних технологій

Розділ 1. Геоінформаційні технології в сучасному світі

1.1. Поняття про геоінформаційні системи

У цей час географічні інформаційні системи (ГІС) є найбільш ефективним інструментом пізнання географічного середовища, що постійно змінюється. Вони знаходять застосування в самих різних областях людської діяльності – там, де йде робота з даними, що мають географічну прив'язку, де потрібно показати або оцінити взаємне розташування об'єктів на місцевості, де вирішення питання вимагає обліку географічного розподілу одного або декількох факторів. Ці системи призначені для створення цифрових карт, що демонструють розподіл певних властивостей навколишнього середовища й об'єктів на місцевості, для виявлення закономірностей і взаємин об'єктів у навколишньому світі, а також для дослідження змін, що відбулися на досліджуваній території за певний період часу.

Варто констатувати, що в різних контекстах термін «географічна інформаційна система» може мати різні значення. Причина цього полягає в тому, що поняття це містить у собі багато компонентів і часто трапляється так, що термін використовують, маючи на увазі лише один з них.

Розглянемо визначення, що належить Інституту системних досліджень навколишнього середовища (Environment System Research Institute – ESRI) – розробники таких всесвітньо відомих програмних продуктів, як ARC/INFO, ArcView й ArcGIS, і безсумнівному світовому лідерові в цій області. Це визначення наведене в посібнику з ARC/INFO, що вийшли в 1992 р. (у перекладі на російську мову – в 1995 р.). Відповідно до цього визначення, термін **географічна інформаційна система (ГІС)** означає «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». Це визначення, не просте для засвоєння при першому читанні, але відбиває той факт, що ГІС – це складна, багатокomпонентна система. Далі ці компоненти розглянуті докладніше.

Ядро ГІС становлять два компоненти – дані й програмне забезпечення, відповідальне за зберігання цих даних і за їхню обробку.

Дані – це найважливіший компонент ГІС, що описує досліджувану територію. Географічні інформаційні системи працюють із даними двох основних типів:

– просторові (синонім: географічні) дані, що описують положення й форму географічних об'єктів, а також просторові зв'язки між ними;

– описові (синоніми: атрибутивні, табличні) дані про географічні об'єкти, що складаються з наборів чисел, текстів і т.п.

Наявність цих двох типів даних відбито в назві ГІС – ARC/INFO, що виникло із з'єднання ARC, що ставиться до опису просторового положення об'єктів, і INFO, що відноситься до опису характеристик об'єктів й їх зв'язків один з одним.

Географічні інформаційні системи не зберігають карти в загальноприйнятому сенсі, але мають справу з даними, які організовані в базу даних, з яких за допомогою програмного інструментарію, що є частиною ГІС, можна створити картографічне подання, оптимальне для кожної конкретної задачі.

Програмне забезпечення дозволяє вводити, зберігати, аналізувати й відображати географічну інформацію. Ключовими компонентами програмного забезпечення є:

- засоби для уведення, зберігання й перетворення географічних даних,
- система керування базою даних,
- програмні засоби, що забезпечують візуалізацію інформації, редагування даних, підтримку запитів і географічний аналіз,

- графічний інтерфейс користувача, що полегшує використання програмних засобів.

Як правило, для успішної роботи будь-якої комп'ютерної системи важливе значення має кваліфікація персоналу. Персонал ГІС – це оператори, програмісти, системні аналітики, проектувальники й творці баз даних, а також інші фахівці, що володіють необхідними знаннями й навичками для роботи з відповідною системою. Це люди, які реалізують потенціал, закладений в програмному забезпеченні ГІС, і, в окремих випадках, розширюють його. Вони повинні добре знати дані, які вони використовують, уміти вибрати й застосовувати інструменти з набору ГІС для рішення поставленого завдання, а, якщо буде потрібно, уміти доповнити доступний набір інструментів, запрограмувавши необхідні додаткові функції.

Апаратне забезпечення – це «залізо», за допомогою якого реалізується ГІС-проект. Сюди відносяться, по-перше, комп'ютери (платформи), на яких працює ГІС. Такі ГІС, як ARC/INFO, функціонують на досить великій кількості платформ – на потужних серверах, що обслуговують клієнтські машини в локальних мережах й у мережі Internet, на робочих станціях, а також на окремих персональних комп'ютерах. Сучасна тенденція розвитку ГІС-технологій складається в зростаючому застосуванні систем глобального позиціонування (GPS) для визначення місця розташування об'єктів на місцевості. Крім того, географічні інформаційні системи використовують різноманітне периферійне устаткування – дигитайзери для оцифровки карт, принтери, плоттери для друку карт, тощо.

Відмітимо, що у визначенні географічної інформаційної системи, наведеному вище, одна із складової цієї складної системи не знайшла в ньому відбиття. А саме – теоретичний апарат засобів аналізу географічної інформації, розроблений і розроблювальний вченими географами. Цей недогляд виправлений у найбільш повному визначенні ГІС, запропонованому аналітиком ESRI М. Зейлером: географічна інформаційна система представляє собою 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. Схематично компоненти ГІС можна представити в такий спосіб (рис.1.1):

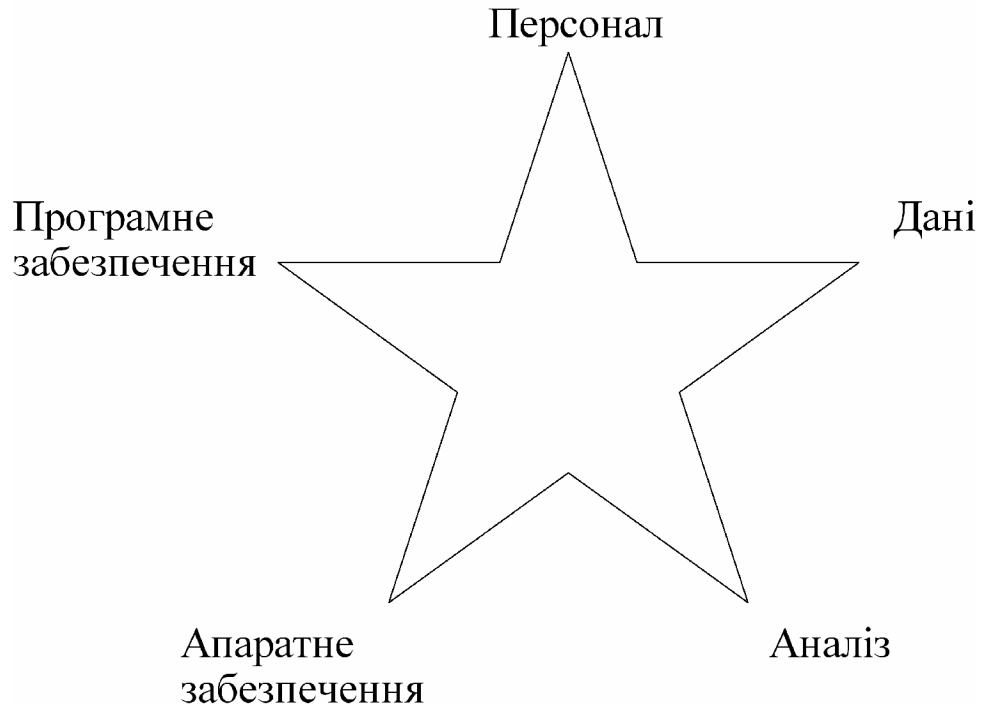


Рис. 1.1. Схематичне подання ГІС

Повертаючись до зауваження про використання терміна «географічна інформаційна система» у різних значеннях, відзначимо, що можна зустріти використання цього терміна для позначення програмного продукту, що дозволяє обробляти просторові дані (наприклад, говорять «ГІС ARC/INFO» або «ГІС Idrisi»). У цьому випадку виділяється компонент ГІС програмне забезпечення. З іншого боку, цей термін іноді використовують для опису зібраних даних, готових для обробки в ГІС–проекті, у цьому випадку мова йде про компонент ГІС – дані. Нарешті, географічною інформаційною системою часто називають систему, що поєднує дані й інструменти їхньої обробки, націлені на рішення конкретних завдань якого–небудь підприємства, організації або галузі. Як правило, з контексту зрозуміло, у якому сенсі використовується розглянутий термін.

Крім наведеного вище класичного визначення ESRI, що підкреслює, що ГІС є складною й багатокомпонентною структурою, завжди існували альтернативні. Наприклад, ГІС це «... інформаційні системи, що забезпечують збір, зберігання, обробку, відображення й поширення даних, а також одержання на їх основі нової інформації й знань про просторово–координованні явища». Очевидно, що в цьому визначенні мова йде про програмне забезпечення географічної інформаційної системи. У ньому розшифровуються основні функції цього програмного забезпечення, і підкреслюється, що ГІС здатна не просто виконувати певні операції з даними, але дозволяє одержувати нові знання про навколишнє середовище, що, звичайно, дуже важливо.

Інформація – це будь–які відомості про навколишній світ і про процеси, що відбуваються у ньому. Інформація, фіксована в певній формі, придатної для наступної обробки, зберігання й передачі, називається **даними**. Організований певним чином масив даних, збережений в обчислювальній системі, називається **базою даних**. Термін «дані» був уведений в інформатиці для того, щоб підкреслити необхідність перетворення інформації у форму, придатну для уведення в комп'ютер, наприклад, у числа або в строкові, змінні, набиті на перфокарти. В останні роки, завдяки розвитку технологій мультимедіа, за допомогою комп'ютерів стало можливим обробляти практично будь–які типи інформації – замальовки, звуки, відео й термін «інформація» став досить часто використовуватися як синонім терміна «дані». Для створення баз даних і для маніпулювання інформацією, що зберігається в них (уведенням, пошуком і т.п.) використовуються спеціальні пакети програм, що носять назву **системами керування базами даних (СКБД)**. Комплекс баз даних і спеціальних методів і засобів (програмних, організаційних і т.п.), що дозволяють працювати з інформацією в широкому колі користувачів, називається **інформаційною системою**.

Використовуючи наведені поняття, можна сказати, що термін ГІС використовується і як синонім системи керування базою даних, тобто інструмента для створення ГІС–проектів, і як синонім інформаційної системи,

тобто створюваного ГІС–проекта. Як ми вже відзначали вище, з контексту буває зовсім ясно, у якому сенсі використовується термін ГІС. Надалі в даній книзі цей термін використовується найчастіше як синонім програмного інструментарію ГІС.

1.2. Інформатика , геоінформатика, геоінформаційні технології і географія

Термін «інформатика» (*informatics, information science*) у тому розумінні, у якому він сьогодні вживається, виник на початку 60–х років ХХ ст. у французькій мові (*informatique*). Слово «інформатика» асоціюється з двома поняттями – інформація і автоматика. Отже, зміст цього терміна повинен бути приблизно таким: автоматична робота з інформацією. Насправді мова йде лише про «автоматизовану» роботу з інформацією, тобто про поєднання функцій людини і технічного пристрою. Зазначимо, що термін «автоматичний» взагалі означає «*без участі людини*».

До цього часу тривають дискусії, де фахівці намагаються як можна більш влучно визначити як сам термін «інформатика», так і зафіксувати предмет цієї науки, а також розмежувати її зі спорідненими науками. До сьогодні існує декілька різних поглядів щодо цього питання. Насамперед це пов'язано з тим, що термін «інформатика» в наш час використовується на позначення і *науки, і технології, і галузі промисловості* (індустрії).

Інформатика є фундаментальною природничою наукою про здійснювану переважно за допомогою автоматизованих засобів доцільну обробку інформації, розглянута як відбиток знань, фактів, відомостей, даних у різних галузях людської діяльності. Або, якщо сформулювати коротко, *інформатика* – це наука про засоби, методи і способи збору, обміну, збереження й обробки інформації за допомогою автоматизованих засобів.

Інформаційні технології – система процедур перетворення інформації з метою формування, обробки, розповсюдження і використання інформації.

Основу сучасної інформаційної технології складають: комп'ютерна обробка інформації за заданими алгоритмами, зберігання великих обсягів інформації на магнітних носіях і передача інформації на будь-яку відстань в обмежений час.

Інформатика як *галузь промисловості* охоплює всі забезпечувальні підприємства та організації з обробки даних і виробництву алгоритмів, програм і засобів обчислювальної техніки.

Слід відзначити, що існують спроби дати інші трактування терміна «інформатика». Загальноприйняті на сьогодні трактування терміна «інформатика» враховують зазначену вище неоднозначність. Цікавим з цього приводу є визначення інформатики в Інтерактивній системі з інформатики, де дане поняття визначається як «наукова, технічна і технологічна дисципліна, що займається питаннями збору, збереження, обробки і передачі даних, у тому числі за допомогою комп'ютерної техніки».

Важливим є визначення поняття «**інформація**». На думку багатьох фахівців, поняття «інформація» належить до так званих первинних, невизначуваних понять, дати точне визначення яких у принципі неможливо. У таких випадках поняття вводиться шляхом його пояснення, що спирається на інтуїцію, здоровий глузд чи побутове визначення терміна. У вищенаведеному визначенні предмета «інформатика» наводиться одне із найпоширеніших тлумачень поняття «інформація»: під **інформацією** розуміють відображення знань і фактів (відомостей, даних), що використовуються в різних галузях людської діяльності.

Незважаючи на поширеність викладеної точки зору щодо можливості точного визначення поняття «інформація», спроби зробити це не припиняються.

З погляду матеріалістичної філософії інформація є віддзеркаленням реального світу; це відомості, які один реальний об'єкт містить про інший реальний об'єкт. Інформація – міра організації системи.

За аналогією з трактуванням поняття «інформатика» дотепер відсутня однозначність і в тлумаченні поняття «геоінформатика». По-перше, зазначимо,

що існуючі спроби розглядати геоінформатику як інформатику окремих наук, назва яких починається з префікса «гео» (що означає «Земля») – геологія, географія, геодезія й ін., необхідно визнати неспроможними, оскільки в наш час геоінформатика є міждисциплінарною сферою людської діяльності. Також є необгрунтованими спроби надати геоінформатиці статусу метанауки, що поєднує науки, які вивчають Землю з використанням математичних методів і комп'ютерних технологій.

Геоінформатика є частиною інформатики, яка має справу з просторовою (просторово–розподіленою, просторово–координованою) інформацією.

Найбільш загальним визначенням геоінформатики є таке: **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.

У більш вузькому розумінні, як галузь наукового знання геоінформатику вважають міждисциплінарною наукою про засоби, методи і способи збору, збереження, обміну, обробки, аналізу й відображення просторової (чи просторово–координованої) інформації.

Сукупність засобів, способів і методів автоматизованого збору, зберігання, маніпулювання, аналізу і відображення (представлення) просторової інформації об'єднують під загальною назвою **«геоінформаційні технології»**. У зв'язку з тим що сьогодні ці способи і методи якнайповніше реалізуються в географічних інформаційних системах (ГІС) (див. наступний параграф), то термін «геоінформаційні технології» часто замінюють терміном «технології географічних інформаційних систем», або за аналогією з його англійським еквівалентом – терміном «ГІС–технології» (GIS technology).

У цілому геоінформатика тісно пов'язана з **географічними інформаційними системами** (геоінформаційними системами, ГІС – Geographical Information Systems, GIS), оскільки основні теоретичні ідеї геоінформатики як науки реалізуються в сучасних ГІС на технічному і

технологічному рівнях. Це дає підставу розглядати геоінформатику як «науку, технологію і виробничу діяльність з наукового обґрунтування, проектування, створення, експлуатації і використання географічних інформаційних систем». Строго кажучи, це не так, оскільки існують і наукові, і технологічні, і виробничі аспекти геоінформатики, що виходять за межі проблем геоінформаційних систем. Як такі можна назвати фундаментальні дослідження з теорії геоінформації і просторового аналізу, розроблення технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і методів автоматизованої обробки даних ДЗЗ, дослідження у сфері GPS–технологій (технологій, що ґрунтуються на глобальній (супутниковій) системі позиціонування) і т.ін.

Термін “геоінформатика” складається з трьох коренів: географія, інформація й автоматика. В англomовній літературі терміни Informatics і Computer Science, які означають групу дисциплін, що досліджують різні аспекти застосування й розробки ЕОМ, включаючи програмування, прикладну математику, мови програмування й операційні системи, проблеми штучного інтелекту та ін. До останнього часу в англійській термінології не використовувався термін геоінформатика, хоч терміни geographic (al) information system – GIS (або geoinformation system) широко застосовується. Лише наприкінці 80–х рр. термін Geoinformatics зустрічається в англійській науковій літературі, причому цікаво відмітити, що пройшло це у зв’язку з формуванням відповідної наукової дисципліни.

Існує багато визначень понять ГІС та ГІС–технології. Та незважаючи на те, що термін ГІС порівняно нещодавно став широко вживатися, вперше він з’явився в 1965 р. у дискусійній статті авторів Michael Dacey, Duane Marble з Північно–Західного Університету США. В статті термін “геоінформаційна технологія” вживається широко, включаючи безліч специфічних типів комп’ютерних систем, що використовуються для картографування та обробки просторової інформації. Він включає також системи, призначені для картографування та цивільного інженерного проектування, управління географічними базами даних або складного географічного аналізу та

моделювання. Термін “геоінформаційна система” має також широке тлумачення для визначення всіх автоматизованих інформаційних систем, що використовуються головним чином для управління географічними даними та картографічним зображенням.

З поняттям ГІС–технології пов’язані, крім ГІС, також такі понятті, як:

- автоматизоване картографування (Automated mapping, AM);
- комп’ютерне картографування (Computer–Assisted or Computer–Aided Mapping, CAM);
- комп’ютерне креслення (Computer–Aided Drafting, CAD);
- комп’ютерне проектування та креслення (Computer–Aided Drafting and Design, CADD);
- засоби управління автоматизованим картографуванням (Automated Mapping / Facilities Management, AM/FM);
- геообробка та мережний аналіз (Geoprocessing and Network Analysis);
- земельні інформаційні системи (Land Information System, LIS);
- багатоцільовий кадастр (Multipurpose Cadastre).

Поки що не існує загально прийнятих визначень даних понять. Таким чином, геоінформатика – це система, що охоплює науку, техніку і виробництво. Спроба сформулювати три вказаних підходи до трактування геоінформатики й ГІС призводить до наступних дефініцій:

Науково – пізнавальний підхід. Геоінформатика – наукова дисципліна, що вивчає природні й соціально–економічні геосистеми (їх структуру, зв’язки, динаміку, функціонування в просторі – часі) за допомогою комп’ютерного моделювання на основі баз даних і географічних знань. ГІС–засіб моделювання і пізнання геосистем.

Технологічний підхід. Геоінформатика–технологія (ГІС–технологія) збору, збереження, перетворення, відображення і поширення просторово–координованої інформації, з метою забезпечення вирішення завдань інвентаризації, оптимізації, управління геосистемами.

Виробничий підхід. Геоінформатика–виробництво (геоінформаційна

індустрія) метою якого є виготовлення апаратних засобів і програмної продукції, стандартних (комерційних) ГІС різноцільового призначення й проблемної орієнтації.

Геоінформатика знаходиться в одному ряді з методами (математичними, картографічними, дистанційного зондування та ін.), природно пов'язаними один з одним і проникаючими у всі науки про Землю й суспільство (геологію, географію, природознавство, біологію, економіку та ін.).

В окрему галузь – «геоінженерної інформатики» – останніми роками виділяються геоінформаційні технології інженерного проектування, інтегруючи технології систем автоматизованого проектування (САПР), ГІС і комп'ютерної графіки. Основні сфери застосування геоінженерної інформатики в наш час – інженерно–геодезичні і інженерно–геологічні розвідки і інженерне проектування в галузі цивільного, промислового і транспортного будівництва.

Проте в неінженерних дисциплінах поняття «геоінформаційні технології» і «ГІС–технології», як наголошується вище, дуже близькі. Оскільки надалі в даному посібнику в основному розглядатимуться геоінформаційні технології, реалізовані в сучасних ГІС, ці два поняття «за замовчуванням» використовуватимуться як рівнозначні.

На думку директора «Програми з географії і регіональних наук» при Національній науковій фундації США, «ГІС надають географам ті засоби обробки регіональної інформації, які вони шукали протягом двох тисяч років», «ГІС є одночасно телескопом, мікроскопом, ЕОМ і копіювальною машиною для цілей регіонального аналізу і синтезу». З цією думкою авторитетного фахівця (з урахуванням поправки на емоційність і образність, особливо в другій частині цитати) в цілому не можна не погодитися.

Якщо говорити коротко, ГІС (геоінформаційні технології) є сучасною інформаційною технологією географії. При цьому вони не тільки дозволяють на багато разів збільшити швидкість обробки інформації, підвищити її якість і точність внаслідок використання можливостей сучасних ЕОМ, автоматизувати виконання багатьох традиційних аналітичних процедур, а й надають в

розпорядження географа принципово нові можливості щодо проведення як польових, так і теоретичних досліджень.

Розглядаючи автоматизацію традиційної діяльності географів, перш за все слід назвати тематичне картографування, накопичення географічних даних і створення довідкових систем. Проте і тут використання геоінформаційних технологій надає якісно нові можливості.

У тематичному картографуванні це, наприклад, створення за допомогою алгоритмів комп'ютерної графіки спеціальних тематичних карт, які вручну виконати практично неможливо; створення електронних комп'ютерних карт з можливістю інтерактивного зчитування інформації з карти і зміни її як оформлення, так і змісту з використанням складних аналітичних алгоритмів (інтерактивність довідкова, оформлювальна і розрахунково–аналітична); підключення до електронних тематичних карт звуку і відеозображення, використання анімації і т.ін.

У сфері накопичення інформації ГІС–технології дозволяють створювати автоматизовані банки даних картографічних і атрибутивних (цифробуквених) даних практично необмеженої місткості з можливістю пошуку потрібної інформації за складною системою запитів і відображення її на екрані у вигляді твердих копій (найчастіше на папері) у дво– і тривимірному вигляді. Принципово новим видом довідкових систем є цифрові географічні атласи.

Геоінформаційні технології дозволяють автоматизувати виконання багатьох традиційних, у тому числі і дуже трудомістких при ручному виконанні процедур, таких, як визначення довжин, обчислення площ, об'ємів, побудова полігонів Тиссена–Вороного, накладення шарів даних один на один і їх аналіз. Проте до складу аналітичних можливостей сучасних інструментальних ГІС входять методи просторового аналізу, виконання яких можливе тільки з використанням ЕОМ. Серед них можна назвати методи просторової кореляції і регресії, аналіз зон видимості і невидимості з однією або системи точок і побудова відповідних карт, побудова карт «вищерозміщених елементів», кожний елемент яких містить величину площі, з

якої даний елемент одержує водне живлення, та ін.

Нарешті, тільки геоінформаційні технології дають можливість практичного здійснення просторового моделювання процесів енергомасообміну в природних і природно–господарських територіальних системах, що дозволяє врахувати всю складність їх просторової диференціації.

Характеризуючи перспективи, які відкриває геоінформатика в дослідницькій, виробничій і освітній діяльності в географії, не можна забувати про те, що, по–перше, будь–які технології (у тому числі і геоінформаційні) вимагають обґрунтованого використання, а, по–друге, результати цього використання повинні бути верифікованими (тобто такими, що можуть бути перевірені).

Сучасні так звані «інструментальні ГІС» з розвиненими аналітичними можливостями надають надзвичайно широкий і різноманітний перелік (який постійно збільшується) процедур аналізу просторових даних. Підкреслимо, що необхідною умовою використання тієї чи іншої з них для вирішення конкретного завдання є чітке уявлення про теоретичні ідеї, покладені в основу кожної аналітичної процедури, її достоїнства, недоліки і обмеження. При цьому завжди повинна бути передбачена перевірка достовірності одержуваних результатів або з використанням фактичних даних, або на основі теоретичних моделей. Слід також пам'ятати про те, що достовірність одержуваного результату багато в чому визначатиметься повнотою і точністю просторових даних (цифрових карт), що беруть участь в аналізі.

1.3. Визначення ГІС. Відмінність ГІС від інших інформаційних систем

На сьогодні існує велика кількість визначень географічних інформаційних систем, що мають багато спільного і відмінного, характеризуючись, до того ж, різним ступенем повноти. Огляд наявних визначень наведений, зокрема, у роботах (Тикунов, 1991; Кошкарев, Тикунов, 1993; Светличный та ін., 1997). За найбільш характерними з них, **географічні інформаційні системи** – це:

– інформаційна система, що може забезпечити введення, маніпулювання й аналіз географічно визначених даних для підтримки прийняття рішень;

– реалізоване за допомогою автоматизованих засобів (ЕОМ) сховище системи знань про територіальний аспект взаємодії природи і суспільства, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання та ін.;

– набір засобів для збору, збереження, пошуку, трансформації і відображення даних про навколишній світ з певною метою;

– інформаційна система, призначена для роботи з просторовими, чи географічними, координатами;

– 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 (Кошкарев, 1991);

– 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;

– науково–технічні комплекси автоматизованого збору, систематизації, переробки і представлення (видачі) геоінформації в новій якості з умовою одержання знань про досліджувані просторові системи;

– сукупність апаратно–програмних засобів і алгоритмічних процедур, призначених для збору, введення, зберігання, математико–картографічного моделювання і образного представлення геопросторової інформації;

– сукупність технічних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, математико–картографічне

моделювання й образне інтегроване представлення географічних і співвіднесених з ними атрибутивних даних для вирішення проблем територіального планування і керування;

– інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і поширення просторово–координованих (просторових) даних.

Відзначимо насамперед те спільне, що характерне практично для всіх визначень ГІС. По–перше, ГІС – це інформаційна система, тобто «система обробки даних, що має засоби накопичення, збереження, відновлення, пошуку і видачі даних». По–друге, ця інформаційна система належить до категорії автоматизованих інформаційних систем, «що використовують ЕОМ на всіх етапах обробки інформації». Електронно–обчислювальна машина (комп'ютер) є неодмінним атрибутом і основою геоінформаційної технології. По–третє, ця інформаційна система надає можливості маніпулювання і обробки просторової (просторово–розподіленої, просторово–координованої) інформації.

Відмітною рисою географічних інформаційних систем є наявність у їхньому складі специфічних методів аналізу просторових даних, що в сукупності із засобами введення, збереження, маніпулювання і представлення просторово–координованої інформації і складають основу технології географічних інформаційних систем, чи ГІС–технології. Саме наявність сукупності здатних генерувати нове знання специфічних методів аналізу з використанням як просторових, так і непросторових атрибутів і визначає головну відмінність ГІС–технології від технологій, наприклад, автоматизованого картографування чи систем автоматизованого проектування (САПР/CAD). Ця риса геоінформаційних систем у тому чи іншому вигляді простежується в багатьох визначеннях ГІС. Зокрема, у визначенні С.М. Сербенюка говориться про здатність ГІС «представляти геоінформацію в новій якості за умови одержання знань про досліджувані просторові системи». Здатність географічних інформаційних систем виконувати «трансформацію», «аналіз», «моделювання» просторових даних у загальному випадку не характерна для інших інформаційних систем, і це, як правило, проявляється в

існуючих визначеннях.

Слід звернути увагу на те, що визначення «географічна» у назві географічних інформаційних систем насправді є синонімом просторовості інформації. На це, зокрема, безпосередньо вказується в багатьох визначеннях ГІС. Однак це ще з більшою очевидністю впливає з аналізу історії розвитку і сучасних галузей застосування ГІС–технології, що охоплюють крім географічних наук, кадастр, інженерні дослідження і проектування, транспорт, зв'язок, комерцію, державне управління та ін. Проте відомі спроби виділення «чисто» географічних інформаційних систем з погляду професійно–географічної спрямованості. Необхідним і достатнім критерієм виділення «чисто» географічних інформаційних систем, на думку В.С. Тикунова, є проблемна орієнтація системи, тобто те, для яких цілей вона призначається і використовується і якого типу задачі розв'язує. «У географії ГІС переробляють географічні потоки, що формуються в межах географічної оболонки і являють собою інформаційне відображення системи об'єктів географічного вивчення».

Уявляється, що сучасний розвиток геоінформаційних технологій, проникнення їх в усе нові сфери людської діяльності, у тому числі й дуже далекі від географії, наочно продемонструвало їх міждисциплінарний характер.

Таким чином, ГІС – це інформаційні системи, які від інших інформаційних систем відрізняються тим, що це, по–перше, автоматизовані інформаційні системи, з використанням ЕОМ, по–друге, вони призначені для роботи з просторово–координованою інформацією, і, по–третє, ГІС здатні продукувати нове знання на основі використання досить широкого спектра аналітичних методів і процедур.

Будь–яка географічна інформаційна система складається з **апаратного комплексу, програмного комплексу і інформаційного блока**. У той самий час будь–яка геоінформаційна система забезпечує функції підтримки аналізу просторових даних. Процедури просторового аналізу і моделювання в ГІС реалізовані програмними засобами, тобто їх виконання є однією з функцій програмного комплексу ГІС. Однак з огляду на надзвичайно важливу роль

аналітичних можливостей ГІС у виконанні ними їх функцій, а також широкий, але досить чітко обкреслений арсенал цих можливостей, уявляється доцільним виділення, принаймні при вивченні основ ГІС–технології, *блока аналізу* як четвертого обов'язкового компонента геоінформаційних систем. Цілком виправданим, на наш погляд, є включення до складу компонентів ГІС і *людей* – розробників і користувачів, без яких неможливе існування останніх компонентів як системи. У цьому випадку ГІС є вже п'ятикомпонентними системами.

1.4. Історія розвитку геоінформаційних технологій

Першою реально працюючою геоінформаційною системою у світі вважається ГІС Канади, розроблена в середині 60–х років ХХ ст на базі перших ЕОМ і пакетної системи обробки даних. Основне призначення ГІС Канади полягало в обробці і аналізі даних, накопичених Канадською службою земельного обліку, для використання при розробленні планів землеустрою величезних площ переважно сільськогосподарського призначення.

Розробка перших геоінформаційних систем (Канадської ГІС, Інформаційної системи природних ресурсів штату Техас (1976), Австралійської ресурсної інформаційної системи та ін.) було результатом реалізації цілком очевидного прагнення застосувати унікальні і все зростаючі можливості ЕОМ, які з'явилися в 50–х роках ХХ ст., для зберігання і маніпулювання великими масивами накопиченої на той час різномірної інформації про природні і соціально–економічні умови і ресурси територій. Проте створення таких складних автоматизованих інформаційних систем зумовило необхідність вирішення цілого комплексу проблем, пов'язаних з особливостями кодування просторової інформації, необхідністю розробки програмного забезпечення для її зберігання і обробки, створення відповідної апаратури для введення і представлення просторових даних.

Географічні інформаційні системи, здатні реалізовувати функції, близькі

до тих, що вони реалізують сьогодні (безумовно, з поправкою на технічний і технологічний рівні), виникли у 80-х роках минулого сторіччя. При цьому сучасні ГІС з'явилися як результат спочатку паралельного, а потім все більш тісного спільного розвитку геоінформаційних технологій в цілому ряді моно-дисциплінарних галузей. Серед таких галузей слід назвати автоматизоване картографування, комп'ютерне проектування (Computer Aided Designing – CAD), комп'ютерні науки, у тому числі комп'ютерну графіку, теорії і технології баз даних, мови програмування, а також дистанційне зондування і обробку методів дистанційного зондування, просторовий аналіз, географічне і картографічне моделювання.

У межах вже майже п'ятдесятилітнього періоду історії розвитку геоінформаційних технологій можна з певною мірою умовності виділити такі етапи: 1) кінець 1950-х – кінець 1970-х років; 2) 80-ті роки та 3) 90-ті роки ХХ століття – початок ХХІ століття.

Перший етап (кінець 50-х – кінець 70-х років ХХ ст.) разом зі створенням перших географічних інформаційних систем, перш за все в Канаді і США, характеризується розробленням перших комп'ютерних систем просторового аналізу растрових зображень й автоматизованого картографування з використанням лінійних і пір'яних плотерів. Першим і найвідомішим програмним пакетом, що реалізовував функції побудови картограм, карт ізолій і трендових поверхонь, був пакет SYMAP (Synagraphic Mapping System), розроблений у 1967 р. у Гарвардській лабораторії комп'ютерної графіки і просторового аналізу (Harvard Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis) Массачусетського технологічного інституту (керівник – Говард Фішер, США). У подальшому (70-ті роки – початок 80-х років ХХ ст.) у цій же лабораторії були розроблені інші програмні пакети (GRID, CALFORM, ODYSSEY та ін.), що забезпечували як цифрування карт і автоматичне картографування, так і просторовий аналіз. Одночасно подібного роду програмні продукти, відомі залежно від їх основного призначення під назвою або «пакетів картографічного аналізу», або «систем автоматизованого

картографування», розроблялися і в інших наукових центрах Північної Америки і Західної Європи.

Найбільшу популярність у світі з цих більш пізніх розробок одержав пакет аналізу растрових даних MAP (Map Analysis Package), який реалізував алгоритми картографічної алгебри, основи якої були розроблені С.Д. Томліном, США. Цей пакет, а також його більш пізні версії PMAP, AMAP та ін. розповсюджував Йельський університет (США) за дуже низькою ціною (близько \$20).

Характерним для цього часу також було удосконалення методів аналізу просторових даних і технологій їх кодування і представлення. Зокрема, саме в цей період були розроблені теоретичні основи геостатистики (Ж. Матерон, Франція), векторна топологічна структура просторових даних (DIME-структура, США), технології графічного зображення тривимірних поверхонь та ін. Для другої частини даного періоду характерна тенденція до посилення міждисциплінарних зв'язків у середовищі розробників ГІС, у першу чергу, між ученими та інженерами. Проте в цей період геоінформаційні системи все ще залишаються спеціалізованими, створюваними на базі могутніх і дуже дорогих ЕОМ, унаслідок чого вони є системами унікальними з обмеженим колом користувачів.

Другий етап (80-ті роки ХХ ст.). У другій половині 70-х років – на початку 80-х років ХХ ст. на Заході в розробку і застосування ГІС-технологій були зроблені значні інвестиції як урядовими, так і приватними агентствами, особливо в Північній Америці. У цей період були створені сотні комп'ютерних програм і систем. Розробка ж (1973–1978) і широке розповсюдження недорогих комп'ютерів з графічним дисплеєм (що одержали назву «персональних») дозволили відмовитися від «пакетного» режиму обробки даних і перейти до діалогового режиму спілкування з комп'ютером за допомогою команд англійською мовою. Це сприяло децентралізації досліджень в галузі ГІС-технологій. Тісна ж інтеграція міждисциплінарних досліджень, їх спрямованість на вирішення комплексних завдань, пов'язаних із

територіальним проектуванням, плануванням і управлінням, привели до створення інтегрованих ГІС, які характеризувалися більшою або меншою універсальністю.

За однією з оцінок у Північній Америці в 1983 р. було понад тисячу ГІС і автоматичних картографічних систем. У Європі розроблення ГІС проводилося в меншому масштабі, але основні кроки в галузі розроблення і використання ГІС–технології були зроблені і тут. Особливо слід відзначити Швецію, Норвегію, Данію, Францію, Нідерланди, Великобританію і Західну Німеччину.

Для 80–х років ХХ ст. у цілому характерне зростання наукового, політичного і комерційного інтересу до ГІС. Це було обумовлено усвідомленням необхідності створення державних інтегрованих ГІС, особливо у зв'язку з управлінням природними ресурсами і моніторингом навколишнього середовища. Показовими для цього періоду фактами є офіційне визнання у Великобританії в 1984 р. методів обробки просторових даних науково–дослідними пріоритетами і створення в США Національного центру географічної інформації і аналізу (NCGIA) Національної академії наук (1987), призначеного для проведення базових досліджень в галузі географічного аналізу з використанням географічних інформаційних систем.

Важливу стимулюючу роль у посиленні інтересу до ГІС відіграло прагнення асимілювати для вирішення як наукових, так і практичних завдань, у тому числі і на комерційній основі, уже накопичених на той час масивів даних дистанційного зондування Землі. Розвиток геоінформаційних систем, особливо здатних інтегрувати дані дистанційного зондування («інтегрованих ГІС»), розглядається як необхідна умова ефективного використання матеріалів дистанційного зондування. Зокрема, у 1985 році Європейське космічне агентство стало спонсором досліджень, пов'язаних з інтегрованими ГІС, а Британський національний космічний центр видав замовлення на контракти з розроблення ГІС. У цей самий період починає випускатися цілий ряд міжнародних періодичних видань, присвячених різним теоретичним і прикладним аспектам ГІС, у тому числі теоретичний «International Journal

Geographical Information Systems» (Міжнародний журнал географічних інформаційних систем) – з 1987 р., і присвячених переважно прикладним аспектам ГІС – журнали «GIS World» (ГІС Світ) – з 1988 р., «Geo Info Systems» – з 1990 р., «GIS Еигоре»(ГІС Європа) – з 1992 р. та ін., щорічно проводиться безліч присвячених ГІС наукових і науково–практичних конференцій різного рівня (від регіональних до всесвітніх).

У 80–ті роки ХХ ст. розробляються програмні ГІС–пакети (інструментальні ГІС), майбутні лідери світового програмного ГІС–забезпечення – пакет ARC/INFO, розроблений Інститутом досліджень систем навколишнього середовища (Environmental System Research Institute, ESRI Inc.), пакет MapInfo фірми Mapping Information Systems Corp., пакет IDRISI, розроблений в Університеті Кларка, пакет Modular GIS Environment (MGE) фірми Intergraph – усі в США.

У кінці 80–х років ХХ ст. сформувалася світова ГІС–індустрія, що містила апаратні і програмні засоби ГІС та їх обслуговування. У 1988 р., наприклад, тільки прямі витрати за цими статтями у світі перевищували 500 млн доларів США, а в 1993 р., склали близько 2,5 млрд доларів.

Реалізацією могутнього інтеграційного потенціалу ГІС–технології стала починаючи з середини 80–х років ХХ ст. низка міжнаціональних і глобальних проектів з моніторингу природного середовища, таких, як CORINE – Геоінформаційна система країн Європейського співтовариства і GRID – Глобальний ресурсний інформаційний банк даних.

Третій етап (90–ті роки ХХ століття – початок ХХІ століття). Прогрес у ГІС–технології в 90–ті роки минулого століття значною мірою був пов'язаний з прогресом апаратних засобів, причому як комп'ютерів – виникненням 32–бітових, а потім 64–бітових міні– і мікроЕОМ, так і засобів введення і виведення просторової інформації – дигітайзерів, сканерів, графічних дисплеїв і плотерів. Для цього ж періоду характерне широке поширення так званих комерційних ГІС–пакетів («інструментальних ГІС»), що з'явилися ще в 80–ті роки ХХ ст. Здебільшого вони є програмним середовищем, яке дозволяє

користувачу або достатньо просто створювати геоінформаційні системи відповідно до його власних запитів і можливостей, або вирішувати завдання, пов'язані з просторовою інформацією, з використанням геоінформаційних технологій. Світовими лідерами серед комерційних ГІС-пакетів стають програмні продукти фірм ESRI (Arc/Info і Arc View GIS), Intergraph (MGE), Mapping Information Systems (MapInfo). Загальна ж кількість програмних ГІС-пакетів обчислюється не одним десятком.

У розвинутих країнах світу ГІС-технологія стає повсюдно використовуваною технологією обробки, аналізу і представлення просторово-координованої інформації при вирішенні різних завдань у географії, геології, екології, особливо при виконанні великих міждисциплінарних проєктів, містобудівному плануванні, на транспорті, у кадастровій діяльності, регіональному плануванні і управлінні та багатьох інших сферах людської діяльності. У 1995 р. у світі геоінформаційні системи використовувалися більш ніж у 93 000 місцях, з них 65% знаходилися в Північній Америці і 22% – у Європі.

Фантастичними у цей період є прогрес апаратних засобів, постійне відновлення і модернізація відомих комерційних ГІС-пакетів, поява деяких нових. Проте в цілому ринок програмного ГІС-забезпечення вже поділений між основними «традиційними» виробниками. Простежується тенденція переключення масового інтересу від великих професійних інструментальних ГІС, що запускаються на робочих станціях або великих комп'ютерах фірм IBM, SUN, DEC та ін., до настільних інструментальних ГІС, здатних працювати на персональних комп'ютерах.

Помітна тенденція зміщення центра активності щодо освоєння і впровадження геоінформаційних технологій спочатку в країни Східної Європи, а потім у Росію.

У колишньому Радянському Союзі дослідження в галузі геоінформаційних технологій розпочаті у вісімдесяті роки і в основному, як відзначає В.С. Тікунов (1991), були пов'язані з адаптацією зарубіжного (західного) досвіду.

Дослідження проводили Інститут географії і Далекосхідний науковий центр АН СРСР, Московський (кафедра картографії і геоінформатики), Казанський, Тбіліський, Тартуський і Харківський університети. У цей період (середина і друга половина 80–х років ХХ ст.) були розроблені перші автоматизовані системи картографування (наприклад, АКС МДУ), здійснювались дослідження з просторового аналізу, картографо–математичного моделювання, тематичного картографування та їх автоматизації (О.М. Берлянт, Н.Л. Беручишвілі, В.Т. Жуков, П.В. Петров, СМ. Сербенюк, Ю.Г. Симонов, В.С. Тікунов, І.Г. Черваньов, В.А. Черв'яков та ін.), з теоретичного обґрунтування і розроблення перших геоінформаційних систем (Н.Л. Беручишвілі, І.В. Гарміз, В.С. Давидчук, В.П. Каракин, А.В. Кошкар'єв, В.Г. Лінник, М.В. Панасюк, А.М. Трофимов та ін.). Першою ГІС, розробленою в колишньому Радянському Союзі, мабуть, була геоінформаційна система Марткопського фізико–географічного стаціонару Тбіліського університету.

Перші ж програмні ГІС–пакети на території колишнього Радянського Союзу були розроблені вже після його розпаду в 90–ті роки ХХ ст. Серед них найвідомішим є пакет GeoDraw/Географ, створений в 1992 р. у Центрі геоінформаційних досліджень Інституту географії Російської академії наук (РАН), який має декілька тисяч інсталяцій. Крім GeoDraw/Географ, у Російській Федерації розроблений ряд програмних ГІС–пакетів, які мають по декілька сотень інсталяцій. Найвідомішими з них є пакети «Панорама» (Топографічна служба Зброєних сил РФ), «Парк» (ТОВ «Ланеко», м. Москва), CSI–MAP (компанія «КСІ–технологія», м. Санкт–Петербург), Sinteks ABRIS (компанія «Трісофт», м. Москва), ObjectLand (ЗАТ «Радом–Т», м. Таганрог) і «ІнГЕО» (компанія «Інтегро», м. Уфа). Проте більша частина ринку програмного ГІС–забезпечення в Російській Федерації представлена продукцією західних фірм – ESRI, Intergraph, MapInfo, Autodesk та ін.

Темпи росту кількості реально діючих геоінформаційних систем досить вражаючі. За довідником видання комісії щодо збору та обробки географічної інформації Міжнародного географічного союзу “Програмне забезпечення

обробки просторових даних”, до початку 80–х рр. було створено близько 90 повномасштабних географічних інформаційних систем, а вже у середині 80–х рр. їхня кількість перевищувала 500; зараз їх вже кілька сотень тисяч.

Створюються значні системи субрегіонального та регіонального рівнів, часто на базі міжнародного співробітництва: GDPP – Проект глобальної бази даних; GRID – Глобальна інфомаційно–ресурсна база даних; WDDES – Світова база даних для наук про довкілля та ін.

Розвиток індустрії комерційних програмних засобів, які широко почали застосовуватись в останні роки при створенні конкретних ГІС як базова програмна оболонка; серед найбільш ефективних та широко застосовуваних – ARC/INFO, MAP/INFO, MGE, IDRISI, GRASS, SYSTEM–9 та ін. Комерційні програмні засоби розробляються для розв’язання типових завдань на основі ГІС. Наприклад, MGE (Modular GIS Environment) має кілька спеціалізованих пакетів: MGE Atlas – для створення атласів на базі ГІС; MGE Map Publisher зареєстрована для видання картографічних творів; MGE Dynamic Analyst забезпечує аналіз і демонстрацію динаміки явищ тощо. В умовах насиченого ринку доступними програмними засобами, створювачі систем мають можливість вибору найбільш ефективних програм для вирішення конкретних задач. Дуже часто в одній системі застосовується кілька модулів.

Розвиток та становлення ГІС–технології в Україні почалися в останні роки, таке відставання великою мірою зумовлено відсутністю необхідних технічних засобів, а також неусвідомленням тих можливостей, які надаються даною технологією. Досвід створення ГІС в Україні обмежується окремими спеціалізованими системами, зорієнтованими на вирішення вузьких задач для території рангу міста, адміністративного району чи області.

Вольська С.Ю. та ін. [5] розглянули стан розвитку ГІС–технології в Україні в чотирьох основних аспектах.

1. Технічні засоби створення ГІС можуть базуватися (для невеликих систем) на персональних комп’ютерах (PC), але, як правило, вони далеко недостатні, необхідне потужне обладнання, а саме – робочі станції.

2. Програмні комерційні засоби. Тут ситуація практично така ж, як і по першій позиції, тому що сучасні найефективніші програми інколи коштують значно дорожче від обладнання. Програмні пакети, які надходять різними шляхами, як правило, не укомплектовані необхідною документацією і відповідним захистом, тому практично неможливо опанувати їх в цілому.

3. Збір інформації (враховуючи її підготовку та введення). Інформаційна база, яка існує в Україні і може розглядатися як потенційна база для ГІС різних рівнів. Важливою позитивною передумовою є наявність цифрової топографічної карти України в масштабі 1:500000, створеної в системі ГУГКК та військово-топографічної служби. Великомасштабні тематичні карти на всю територію України на точній основі представлені фактично тільки геологічною, гідрологічною та ґрунтів.

Стосовно статистичної інформації є позитивні і негативні аспекти. Наявність єдиних форм статистичної соціально-економічної звітності на всю територію України, скоординованої по вертикальній ієрархічній структурі, становить дуже реальну передумову для використання в ГІС. Водночас виникають дві проблеми. Перша пов'язана з тим, що первісна інформація часто залишається на нижчих ієрархічних рівнях (окремі підприємства, фабрики і т.п.) і не потрапляє до Мінстату, друга проблема пов'язана з некоректністю статистичної інформації. Практично таким же чином можна оцінити й інформацію про стан природного середовища. Наявність єдиної служби контролю за станом природних компонентів з єдиною методикою спостереження на всіх контрольних точках і єдиною методикою обробки інформації дуже важлива для використання в ГІС.

4. Створення системи. До процесу створення ГІС залучені: ГІС-менеджер; ГІС-координатор; ГІС-аналітики (фахівці з кваліфікацією в галузі ГІС); менеджер системи (фахівець в галузі геоінформатики, розробник стратегії вирішення проблем); створювачі системи (створюють прикладні програми на базі програмної оболонки); програмісти (для вирішення багатьох дрібних завдань: сумісних даних, драйвери та ін.); кодувачі (підготовка інформації для

введення, організація декодування); користувачі ГІС (плановики, дослідники довілля, геологи та ін. Фахівці користувачі системи, замовники та експерти).

Усвідомлення ситуації, як склалася, зумовило постановку питання розробки концепції багатоцільової національної ГІС України. Ця концепція розробляється в межах державної програми фундаментальних досліджень. Основними установами–виконавцями є Інститут географії НАН України, Головне управління геодезії, картографії і кадастру (ГУГКК), Інститут кібернетики НАН України, СП “41”, а також залучаються спеціалісти та колективи інших установ. Мета даної програми – аналіз стану і шляхів розвитку ГІС–технології і в Україні, виявлення ключових проблем та стратегії вирішення їх, а також розробка концептуальних положень щодо створення національної ГІС загального використання (багатоцільової) як бази для розвитку горизонтальних та вертикальних її складників (тобто спеціалізованих тематичних та ієрархічних територіальних).

Геоінформаційні технології в Україні набули розвитку в середині 90–х років ХХ ст. Серед позитивних чинників, що характеризують сучасний стан застосування геоінформаційних технологій у країні, слід відзначити такі:

- формування в державних установах і організаціях груп фахівців, які активно працюють у напрямку застосування ГІС у різних сферах людської діяльності, зокрема: у Державному проектному інституті Діпромісто (Київ); у Науково–дослідному інституті геодезії і картографії (Київ); в Управлінні земельних ресурсів Одеської обласної адміністрації; в Одеському національному університеті ім. І.І. Мечникова; у Національному університеті «Львівська політехніка» (Львів); у Національній гірській академії (Дніпропетровськ); у Харківському технічному університеті радіоелектроніки; в Українському центрі менеджменту Землі і ресурсів (Київ) та в ряді інших;

- створення ГІС–асоціації (1997) і Асоціації геоінформатиків (2003) України, що сприяють активізації і консолідації геоінформаційної діяльності в країні;

- щорічне проведення ГІС–форумів (1995–2001), конференцій «Гео–

інформатика: теоретичні і прикладні аспекти» (з 2002 р.), конференцій користувачів продуктів фірми ESRI в Криму (з 1998 р., ЗАТ ECOMM), а також окремих тематичних конференцій, семінарів, нарад, присвячених використанню геоінформаційних технологій (наприклад, «Геоінформаційні технології сьогодні» (Львів, 1999); «Геоінформаційні системи і муніципальне управління» (Миколаїв, 2000 р.) «Можливості ГІС/ДЗЗ–технологій у сприянні вирішення проблем Причорноморського регіону» (Одеса, 2003) та ін.);

– створення державних підприємств і комерційних компаній, що спеціалізуються на розробці і/або використанні геоінформаційних технологій, зокрема: державних науково–виробничого підприємства «Геосистема» (м. Вінниця) і науково–виробничого центру «Геодезкартінформатика» (м. Київ); комерційних компаній «Інтелектуальні системи, Гео», «Інститут передових технологій», «ECOMM», ГЕОКАД, «Аркада», «Геоніка» (м. Київ); «Високі технології» (м. Одеса) та ін.;

– розроблення спеціалізованого геоінформаційного пакета Рельєф–процесор – Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, векторно–растрової інструментальної ГІС настільного типу ОКО – ВАТ «Геобіономіка» (м. Київ); програмних комплексів GEO+CAD і GeoniCS, призначених для обробки даних досліджень і геоінженерного проектування в галузі цивільного, промислового і транспортного будівництва – компанія «ГЕОКАД», АТ «Аркада» і НПЦ «Геоніка» (м. Київ) та ін.

– створення електронного атласу України – пілотної версії комп'ютерного Національного атласу України (2000) – Інститутом географії НАН України і компанією «Інтелектуальні системи, Гео» (Київ);

– внесення курсів з ГІС і геоінформаційних технологій до програми підготовки фахівців природознавчих і екологічних спеціальностей у багатьох вищих навчальних закладах країни; відкриття у деяких з них курсів підготовки фахівців у галузі геоінформаційних систем і технологій, зокрема, в Університеті «Львівська політехніка» (Львів) – у рамках спеціальності «Картографія», в Одеському національному університеті ім. І.І. Мечникова – у

рамках спеціальності «Географія», в Одеському державному екологічному університеті – у рамках спеціальності «Інформаційні технології», у Національній гірській академії України (Дніпропетровськ) – за фахом «Геоінформаційні системи і технології».

До факторів, що стримують розвиток геоінформаційних технологій, належать низький в цілому рівень комп'ютеризації в країні і відсутність у достатній кількості відповідних фахівців.

1.5. Функції й галузі застосування ГІС і геоінформаційних технологій

Умовно функції ГІС можна поділити на п'ять груп, при цьому перші три належать до традиційних функцій геоінформаційних технологій, останні дві – до нових, що розвинулися останнім десятиліттям.

1. Інформаційно–довідкова функція – створення і ведення банків просторово–координованої інформації, у тому числі:

– створення цифрових (електронних) атласів. Перший комерційний проект розробки цифрових атласів – Цифровий атлас світу – був випущений у 1986 р. фірмою Delorme Mapping Systems (США). Можна також відзначити Цифровий атлас Великобританії на оптичних дисках у результаті виконання британського Domesday Project (1987), Цифрову карту світу (Digital Chart of the World) масштабу 1:1000000, розроблену Картографічним агентством Міністерства оборони США у 1992 р. і т.д. і, нарешті, – електронну версію Національного атласу України, розроблену Інститутом географії НАН України і фірмою «Інтелектуальні Системи, Гео» (Київ, 2000); – створення і ведення банків даних систем моніторингу. Як приклади можна навести Глобальний ресурсний інформаційний банк даних (Global Resources Information Database, GRID), створений під егідою UNESCO у 1987–1990 рр., і Геоінформаційну систему країн Європейського Співтовариства CORINE, розроблену в 1985–1990 рр.;

– створення й експлуатація кадастрових систем, у першу чергу автоматизованих земельних інформаційних систем (АЗІС), або Land Information Systems (LIS), і муніципальних (або міських) автоматизованих інформаційних

систем (МАІС), а також просторово–розподілених автоматизованих інформаційних систем водного і лісового кадастрів, кадастрів нерухомості та ін. Програмне забезпечення роботи з просторовими даними в кадастрових системах складають програмні ГІС–пакети ARC/INFO, Arc View GIS, MGE Intergraph, MapInfo (США), SICAD (Німеччина), ILWIS (Нідерланди) та ін.

2. Функція автоматизованого картографування – створення високоякісних загальногеографічних і тематичних карт, що задовольняють сучасні вимоги до картографічної продукції. Прикладом реалізації цієї функції є діяльність в Україні Інституту передових технологій (м. Київ) з підготовки і друкування навчальних географічних і історичних атласів території України, а також Молдови і Росії на основі можливостей ГІС–пакетів фірми ESRI, США.

3. Функція просторового аналізу і моделювання природних, природно–господарських та соціально–економічних територіальних систем, що ґрунтується на унікальних можливостях, наданих картографічною алгеброю, геостатистикою і мережним аналізом, які складають основу аналітичних блоків сучасних інструментальних ГІС з розвинутими аналітичними можливостями. Вона реалізується в наукових дослідженнях, а також вирішенні широкого кола прикладних завдань при територіальному плануванні, проектуванні і управлінні.

4. Функція моделювання процесів у природних, природно–господарських і соціально–економічних територіальних системах. Прикладами є сучасні просторово–розподілені моделі поверхневого стоку, змиву ґрунту та транспорту схилових і руслових наносів, різного роду забруднювачів, зокрема, LISEM, Csredis (Нідерланди), WEPP (СІНА). Реалізується при оцінці і прогнозі поведінки природних і природно–господарських територіальних систем та їх компонентів при вирішенні різних наукових і прикладних завдань, у тому числі пов'язаних з охороною і раціональним використанням природних ресурсів.

5. Функція підтримки прийняття рішень у плануванні, проектуванні та управлінні. Найбільш активно цей напрямок в Україні розвивається в містобудівному плануванні і проектуванні. Певні успіхи є в галузі

геоінформаційного забезпечення надзвичайних ситуацій. Діапазон прикладів тут може бути досить широким, якщо гнучко підходити до визначення змісту поняття «система підтримки прийняття рішень» (СППР), яка повинна передбачати:

- програмно–організовані банки просторової й атрибутивної інформації;
- базу знань, що складається з блока аналізу і моделювання, який містить набір моделей просторового аналізу і просторово–часового моделювання, а також довідково–інформаційного блока, який містить формалізовану довідково–нормативну базу з розглянутої проблеми;
- блок технологій штучного інтелекту, який забезпечує механізм формально–логічного висновку й ухвалення рішення на основі інформації, наявної в базі даних, довідково–інформаційному блоці і результатах просторово–часового аналізу та моделювання;
- інтерфейс користувача.

У багатьох випадках на практиці як СППР розглядаються інтегровані комп'ютерні системи, що містять систему програмно–реалізованих моделей, банк довідкової інформації і банк даних. Аналіз і оцінка результатів імітаційного або оптимізаційного моделювання виконуються поза системою кваліфікованим експертом чи групою експертів.

У чому найбільш головне призначення географічних інформаційних систем? Воно складається в наданні можливості обробки й аналізу просторових даних, причому отримані результати служать найчастіше основою підтримки прийняття рішень у завданнях, використання ресурсів Землі або використовуються для керування середовищем, створеної людиною. Список галузей, де знаходять застосування географічні інформаційні системи:

- системи федерального й місцевого керування
- керування надзвичайними ситуаціями й суспільною безпекою
- керування навколишнім середовищем
- сільське господарство
- екологія й охорона природи

- гірська промисловість і науки про Землю
- лісівництво
- дистанційне зондування й обробка зображень
- водопостачання й водні ресурси
- океанографія, морські ресурси
- бізнес–географія
- енергетичні мережі
- телекомунікації
- транспорт
- нерухомість
- охорона здоров'я
- освіта .

Найцінніша властивість ГІС полягає в тому, що ці системи здатні обробляти спільно досить різномірну інформацію, а здатні вони це робити тому, що в якості загального ключа всіх наборів даних у них використовується географічне (просторове) положення. Звичайно ГІС представляє інформацію у вигляді карт і за допомогою символів, інтегруючи дані з різних джерел у загальній географічній системі відліку. Дивлячись на карту, людина дізнається, що знаходиться в області простору, що його цікавить, де перебувають ті або інші об'єкти й процеси, як вони розподілені в просторі, як до них можна добратися по автодорогах або в інший спосіб, що граничить із ними й що перебуває поблизу. При інтерактивній роботі з картою на комп'ютері ГІС може видати нову інформацію, що не є присутнім у явному виді на карті. Наприклад, можна визначити зміну в часі якої–небудь характеристики – скажемо, вмісту шкідливої речовини в ґрунті на фіксованій території, знайти найбільш ефективний маршрут переміщення з однієї крапки в іншу, змоделювати реакцію на виникнення нового об'єкта й визначити необхідні відновлення в системі.

Всі ці можливості ГІС, як ми вже відзначали, обумовлені тим, що географічна інформаційна система як програмний інструментарій – це, по суті,

система керування базами даних, здатна розпізнавати й обробляти просторові співвідношення. Тому в наступному розділі ми постараємося коротко пояснити, що таке бази даних і навіщо потрібні системи керування базами даних.

Вченими підраховано, що 85% інформації, з якою стикається людина в своєму житті, має територіальну прив'язку. Тому перерахувати всі сфери застосування ГІС просто неможливо. Цим системам можна знайти застосування практично в будь-якій сфері трудової діяльності людини. ГІС ефективні у всіх областях, де здійснюється облік і управління територією і об'єктами на ній. Це практично всі напрями діяльності органів управління і адміністрацій: земельні ресурси і об'єкти нерухомості, транспорт, інженерні комунікації, розвиток бізнесу, забезпечення правопорядку і безпеки, управління ЧС, демографія, екологія, охорона здоров'я, рекламні агентства, тощо.

ГІС дозволяють найточнішим чином враховувати координати об'єктів та площі ділянок. В галузі транспорту ГІС давно вже показали свою ефективність завдяки можливості побудови оптимальних маршрутів для перевозок в масштабі окремого міста або цілої держави. При цьому можливість використання найбільш актуальної інформації про стан дорожньої мережі та пропускної здатності дозволяє будувати дійсно оптимальні маршрути.

ГІС дозволяють вести облік чисельності, структури та розподілу населення і одночасно використовувати цю інформацію для планування розвитку соціальної інфраструктури, транспортної мережі, оптимального розміщення об'єктів охорони здоров'я, протипожежних загонів та сил правопорядку.

З допомогою ГІС можна проводити моніторинг екологічної ситуації і облік природних ресурсів. Вони не лише можуть дати відповідь, де зараз знаходяться "тонкі місця", але і завдяки можливостям моделювання підказати, куди потрібно направити сили і засоби, аби такі "тонкі місця" не виникали в майбутньому. За допомогою геоінформаційних систем визначаються взаємозв'язки між різними параметрами (наприклад, ґрунтами, кліматом і

врожайністю сільськогосподарських культур), виявляються місця розривів електромереж.

Ріелтери використовують ГІС для пошуку, наприклад, всіх будинків на певній території, що мають шиферні дахи, три кімнати і 10-метрові кухні, а потім видачі детальнішого опису цих будов. Запит може бути уточнений введенням додаткових параметрів, наприклад, вартісних. Можна отримати список всіх будинків, що знаходять на певній відстані від конкретної магістралі, лісопаркового масиву або місця роботи. Компанія, що займається інженерними комунікаціями, може чітко спланувати ремонтні або профілактичні роботи, починаючи із здобуття повної інформації і відображення на екрані комп'ютера (або на паперових копіях) відповідних ділянок, скажемо водопроводу, і закінчуючи автоматичним визначенням жителів, на яких ці роботи вплинуть, з повідомленням їх про терміни передбачуваного відключення або перебоїв з водопостачанням. Для космічних і аерофотознімків важливе те, що ГІС можуть виявляти ділянки поверхні із заданим набором властивостей, відбитих на знімках в різних ділянках спектру. Але насправді ця технологія може з успіхом застосовуватися і в інших областях. Наприклад, в реставрації: знімки картини в різних областях спектру (у тому числі і в невидимих). Геоінформаційна система може використовуватися для огляду як великих територій (панорама міста, штату або країни), так і обмеженого простору, наприклад, залу казино. За допомогою цього програмного продукту управлінський персонал казино отримує карти з колірним кодуванням, що відображає рух грошей в іграх, розміри ставок, взяття "банку" і інші дані з гральних автоматів. Потрібна для ухвалення рішень інформація може бути представлена в лаконічній картографічній формі з додатковими текстовими поясненнями, графіками і діаграмами.

Тепер щось подібне до чудового глобуса є навіть у школярів. Звичайно, поки не у всіх а лише в тих, хто вивчає географію за допомогою геоінформаційної системи «Географія 3.0», розробленою, як і багато інших додатків ГІС-технологій, фахівцями московського Центру досліджень

екстремальних ситуацій.

Як і довільна інша ГІС, ця теж вміщує велику базу даних, що тим чи іншим чином пов'язана з вивченням географії. У неї є множина інформаційних шарів та опис громадної кількості об'єктів. Вся інформація доступна – її легко вивести на екран. Але саме головне – система дозволяє працювати з даними в інтерактивному режимі: доповнювати бази даних, створювати нові, задавати питання та отримувати на них відповіді, використовувати одразу декілька інформаційних шарів та створювати свої власні комп'ютерні карти.

Отже, в ГІС закладені самі різні, зрозуміло оцифровані, карти. Це і звичайні фізичні – тривимірні карта світу і Росії в двох проекціях, і політичні, карти рослинності і тваринного світу, гідрографія, карти, на яких вказані населені пункти, залізничні і автомобільні дороги, місця розробки корисних копалин, клімат, ґрунти, нарешті, тектонічні структури і так далі. Інакше кажучи, ГІС – це виключно повний і детальний атлас світу, в деякому роді – довідник.

Але не це головне. Завдяки комп'ютерним технологіям в ГІС є маса можливостей, які, як мовиться, і не снилися звичайним картам, нехай навіть і оцифрованим.

По–перше, це система пошуку і можливість зміни масштабу карти. Можна клацнути «мишкою» на будь–якій крапці на карті і взнати, що це за місце, які його координати, якщо у нього є назва – те яке воно, в якій це країні, який народ там живе і скільки його там, що за клімат в цьому місці і інше.

За бажанням учень може збільшити масштаб і розглядати бажану точку уважніше, не гірше ніж на глобусі, або самому піписати цей об'єкт та супроводити його описом у вигляді файлу, що прикріплюється. Програма збагачується інформацією, яку учень зібрав та систематизував самостійно, як у вигляді документу так і у вигляді фото або відеозапису.

Є і інший варіант – набрати у вікні пошуку, скажімо, Ефіопське нагір'я або вулкан Кракатау, і розумна система негайно покаже ці об'єкти, а вже потім можна буде дізнатися про них подробиці, підключаючи ті або інші

інформаційні шари.

ГІС дозволяє вимірювати відстані між точками на карті, площу, наприклад, країни або озеро, довжину лінії, як прямої, так і хвилястої.

Можна вивести на екран відразу декілька карт (тематичних шарів) – наприклад, рельєфу Землі і основних родовищ корисних копалин, порівняти і проаналізувати цю інформацію. Або створити свою тематичну карту – наприклад, для ареалу мешкання якого–небудь народу в Африці. Можна нанести додаткову інформацію на вже наявну карту. Наприклад, створити карту свого населеного пункту і наносити на неї зміни – появу нових будинків, доріг або заводів. Можливостей, що відкриваються і для учнів і для викладачів, в ГІС «Географія» величезна безліч.

Основними галузями застосування ГІС у наш час є (Де–Мерс, 1999):

- управління земельними ресурсами, земельні кадастри;
- інвентаризація і облік об'єктів розподіленої виробничої інфраструктури і управління ними;
- тематичне картографування практично в будь–яких сферах його використання;
- морська картографія і навігація;
- аеронавігаційне картографування і управління повітряним рухом;
- навігація і управління рухом наземного транспорту;
- дистанційне зондування;
- управління природними ресурсами (водними, лісовими і т. ін.);
- моделювання процесів у природному середовищі, управління природоохоронними заходами;
- моніторинг стану навколишнього середовища;
- реагування на надзвичайні і кризові ситуації;
- геологія, мінерально–сировинні ресурси і гірничодобувна промисловість;
- планування і оперативне управління перевезеннями;
- проектування, інженерні дослідження і планування в містобудуванні, архітектурі, промисловому і транспортному будівництві;

- планування розвитку транспортних і телекомунікаційних мереж;
- комплексне управління і планування розвитку території, міста;
- сільське господарство;
- маркетинг, аналіз ринку;
- археологія;
- безпека, військова справа і розвідка;
- загальна і спеціальна освіта.

Зазначимо, що до переліку ввійшли тільки «основні», «найбільші» сфери використання ГІС без урахування наукових досліджень, використання в яких геоінформаційних систем і технологій стає все більш поширеним. Крім цього, наведений список не є остаточним, оскільки сфера використання ГІС постійно розширюється. До нього можна, зокрема, додати медичну географію, епідеміологію, заповідну справу, туризм – сфери людської діяльності, у яких використання ГІС останніми роками стає все більш поширеним.

1.6 Класифікація сучасних ГІС

Останніми десятиріччями у світі розроблено велику кількість різноманітних геоінформаційних систем. Запропоновано різні класифікації, кожна з яких певною мірою ранжирує існуюче різноманіття в певну кількість однорідних класів з використанням однієї або декількох ознак.

Звичайно геоінформаційні системи класифікують за такими ознаками:

- **за призначенням** – залежно від цільового використання;
- **за проблемно–тематичною орієнтацією** – залежно від сфери застосування;
- **за територіальним охопленням** – залежно від розміру території і масштабного ряду цифрових картографічних даних, що складають базу даних ГІС.

Наведемо узагальнення наявних класифікацій за цими ознаками.

За призначенням геоінформаційні системи поділяють на **багатоцільові** та **спеціалізовані**. Багатоцільовими системами, як правило, є регіональні ГІС,

призначені для розв'язання широкого спектра завдань, пов'язаних з регіональним керуванням. Спеціалізовані ГІС забезпечують виконання однієї або кількох близьких функцій. До них, як правило, відносять геоінформаційні системи:

- інформаційно–довідкові;
- моніторингові;
- інвентаризаційні;
- прийняття рішень;
- дослідницькі;
- навчальні.

Дослідницькі ГІС створюються для забезпечення розв'язання будь–якої наукової проблеми або сукупності наукових проблем із застосуванням методів просторово–часового аналізу й моделювання. Прикладом може бути геоінформаційна система басейну річки Бутеня (Київська область, Богуславська польова експериментальна гідрометеорологічна база УкрНДГМІ), створена для розв'язання проблеми прогнозу просторового перерозподілу радіонуклідів у басейні малої річки в рамках виконання міжнародного проекту SPARTACUS (SPARTACUS, 2000). База просторових даних геоінформаційної системи р. Бутені складається із понад тридцяти шарів даних, що характеризують рельєф (цифрова модель рельєфу і похідні від неї карти ухилів, експозицій, поздовжньої і поперечної кривизни схилів та ін.), гідрографічну мережу (карти місцевих ліній течії, водозборів, «вищерозміщених елементів», ухилів, гідравлічної жорсткості та ін.), ґрунтовий покрив (карти генетичних типів ґрунтів, ґрунотвірних порід, еродованості, а також параметрів, що характеризують водно–фізичні і протиерозійні властивості ґрунтів та їх радіоактивне забруднення), природну і культурну рослинність (карти лісів, сільськогосподарських угідь, сівозмін і параметрів, що їх характеризують) і землекористування (карти типів землекористування, дорожньої мережі та ін.).

Навчальні ГІС розробляються для забезпечення навчального процесу, як правило, у вищих навчальних закладах. Як об'єкт у таких геоінформаційних

системах частіше за все розглядаються території польових стаціонарів – баз навчальних польових практик студентів. Прикладами навчальних ГІС є ГІС «Сатіно», розроблена на географічному факультеті Московського державного університету ім. М.В. Ломоносова і ГІС Навчального географічного стаціонару «Кринички» (північ Одеської області), яка розробляється на геолого–географічному факультеті Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова. Остання складається з банку просторової (картографічної) інформації і пов'язаних з нею атрибутивних даних для території польового стаціонару загальною площею близько 100 км кв та бібліотеки прикладних модулів, що реалізують навчальні, наукові і прикладні завдання на основі банку даних і можливостей геоінформаційних технологій.

За проблемно–тематичною орієнтацією звичайно виділяють типи геоінформаційних систем, що відповідають «основним сферам застосування ГІС», тобто:

- земельно–кадастрові;
- екологічні і природокористувальницькі;
- інженерних комунікацій і міського господарства;
- надзвичайних ситуацій;
- навігаційні;
- соціально–економічні;
- геологічні;
- транспортні;
- торгово–маркетингові;
- археологічні;
- військові;
- інші.

У категорії «інші» в цій класифікації може бути поійменована ще достатньо велика, причому така, що продовжує збільшуватися, кількість типів ГІС, оскільки сфера застосування ГІС не обмежена переліком зазначених вище сфер розширюється далі.

За територіальним охопленням найбільш логічним є поділ геоінформаційних систем на:

- глобальні;
- загальнонаціональні;
- регіональні;
- локальні.

Глобальні геоінформаційні системи охоплюють або всю земну кулю, наприклад, як Глобальний банк природно–ресурсної інформації (GRID), або якусь її значну частину – як геоінформаційна система Європейського співтовариства CORINE, характеристика яких наведена в наступному пункті. Загальнонаціональні ГІС, як це випливає із назви, охоплюють територію всієї країни, регіональні – якусь її частину, таку, як економічний район, адміністративна область чи група суміжних областей, басейн великої річки і т.ін. До категорії «локальні ГІС» відносять геоінформаційні системи меншого територіального охоплення, але рекомендації щодо територіальних обмежень локальних ГІС відсутні. До даної категорії, як правило, належать і муніципальні геоінформаційні системи (МГІС) – специфічна категорія геоінформаційних систем, що розробляються для території міста або його частини.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Які компоненти складають ядро ГІС?
2. Охарактеризуйте ключові компоненти програмного забезпечення .
3. Наведіть схематичне зображення компонентів ГІС.
4. Дайте характеристику сферам застосування ГІС–технологій.
5. Що таке інформаційні технології?
6. Дайте характеристику основним етапам розвитку геоінформаційних технологій.
7. Що таке географічні інформаційні системи?

8. Поясніть відмінність ГІС від інших інформаційних систем.
9. Охарактеризуйте інформаційно–довідкову функцію застосування ГІС–технологій.
10. Як ви розумієте функцію автоматизованого картографування ГІС–технологій?
11. В чому основні відмінності функції просторового аналізу і моделювання від функції моделювання процесів?
12. Наведіть приклад функції підтримки прийняття рішень ГІС–технологій.
13. Назвіть основні галузі застосовування ГІС у наш час.
14. Дайте характеристику класифікації ГІС за призначенням
15. Що означає класифікація ГІС за проблемно–тематичною орієнтацією?
16. Назвіть типи ГІС за територіальним охопленням.

Розділ 2. Апаратне забезпечення геоінформаційних систем і технологій

2.1. 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.

2.2. 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 стереофотограмметричні станції.

Дигітайзери. *Дигітайзер* (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. 2.1).



Рис. 2.1. Дигітайзер формату А0.

Картографічні матеріали, призначені для цифрування, кріпляться на робочу область дигітайзера (рис. 2.2 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.

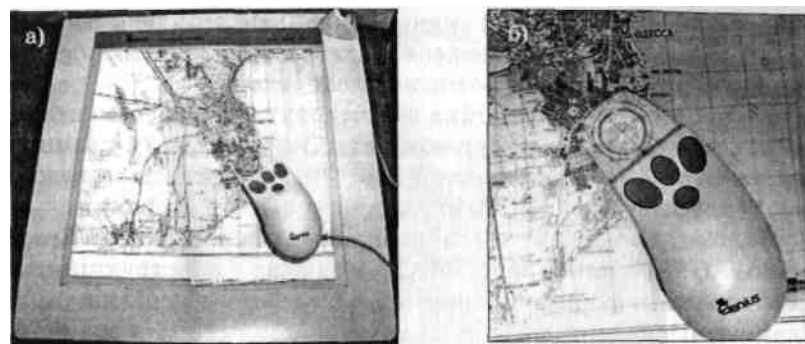


Рис. 2.2. Дигітайзер формату А4 із закріпленим картографічним матеріалом: а – загальний вигляд; б – курсор дигітайзера.

Курсор дигітайзера може бути оснащений різною кількістю функціональних кнопок (звичайно 4 або 16 – рис. 2.2 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 витиснуто 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 планшет–них 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/піксел, 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 роликівих 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). Роликові сканери мають похибку 0,1% на довжину сканованого документа, що для аркуша карти розміром 384x368 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. 2.3).

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.

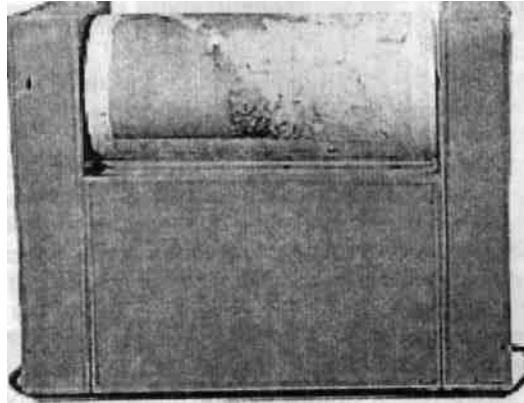


Рис. 2.3. Барабанний сканер ProfScan 5020C (Росія).

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 XX 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 100–30 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 2.4а).

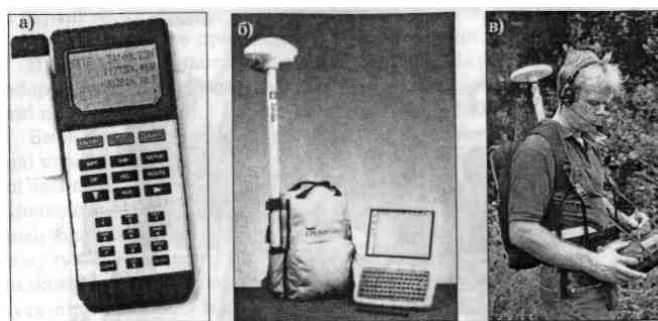


Рис. 2.4. Приймачі GPS: а) навігаційний приймач GPS Magellan; б) приймач GPS Trimble PathFinder з накопичувачем даних; в) польовий збір даних з використанням приймача GPS.

Для ГІС–проектів фірмою Trimble розроблений спеціальний тип приймачів, що містить блок приймача, наріжну антену, блок енергоживлення і блок реєстрації даних (рис. 2.4 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.

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. 2.5).

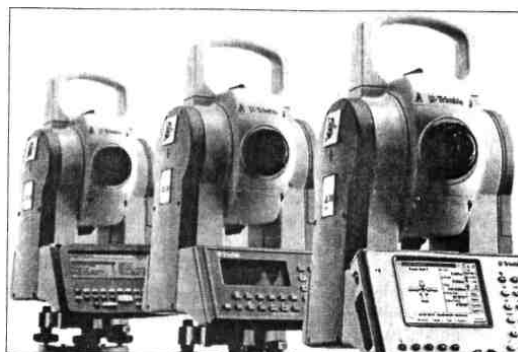


Рис. 2.5. Електронні геодезичні прилади фірми Trimble.

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).

Стереофотограметричні станції. Стереофотограметричні 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) стереофотограметричні 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. 2.6).



Рис. 3.6. Аналітична стереофотограметрична станція «Стереосанаграф–6» (Україна).

2.3. 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 колірним 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 (640x480 пікселів); SVGA (800x600 пікселів); XGA (1024x768 пікселів). Монітори з діагоналлю 17 і більше дюймів можуть підтримувати просторову дрібність 1280x1024; 1600x1200; 1792x1344; 1920x1440; 2048x1536 пікселів (можливість такої роздільної здатності визначається характеристиками і драйверами відеокарти). Для передачі кольору використовуються три основні колірні RGB–моделі: 8 біт на піксел – 256 кольорів; 16 біт на піксел, High Color – 56 тис. кольорів і відтінків; 24 біт на піксел – 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 перекошувань, 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 1280x1024; 1600x1200 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 1280x1024 пікселів також використовуються в різних моделях ноутбуків. Повнокольорові дисплеї з діагоналлю 2–3,5 дюйма і роздільною здатністю до 320x240 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 переноситься 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.

Фірни 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 нерулоного 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.2.7), 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.

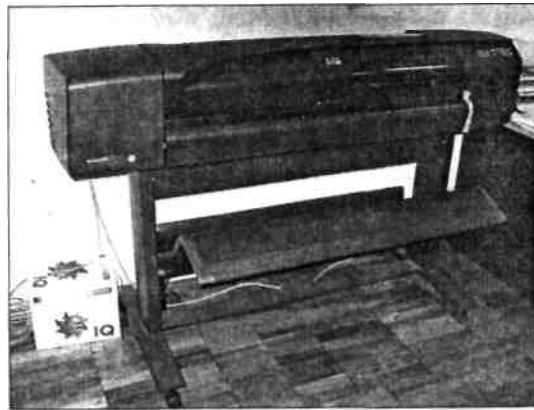


Рис. 2.7. Широкоформатний струминний плотер HP DesignJet.

2.4. Тенденції розвитку апаратного забезпечення

Комп'ютерна техніка і пов'язана з нею периферія належать до галузі технології, що найбільш швидко розвивається. За останні 10 років швидкодія комерційних процесорів тільки за тактовою частотою виросла з 33 до 3800 МГц, ємність ОЗУ – з 16 Мб до 1 Гб, значно поліпшилися технічні показники і зменшилася вартість периферійних пристроїв.

Однак більшість фахівців відзначає, що технічні характеристики сучасних чипів наблизилися до своєї фізичної межі. Можливості зменшення розмірів транзисторів і провідників обмежені властивостями хімічних елементів і електричних зарядів. У багатьох лабораторіях тривають інтенсивні дослідження, що вивчають можливості застосування для збереження і зчитування інформації оптичних елементів чи органічних молекул.

Подальше збільшення обчислювальної потужності комп'ютерів пов'язується з переходом на 64-розрядні процесори. Вже випущені в тестову експлуатацію 64-розрядні процесори Intel Itanium і AMD Opteron, однак сфера їх використання поки що обмежена колом 64-розрядних операційних систем і невеликим набором прикладного програмного забезпечення. Необхідне створення нових компіляторів і стандартів для розроблення прикладного програмного забезпечення з послідовним перекладанням усієї маси комерційних пакетів на нову апаратну платформу.

Безупинно збільшується щільність запису на поверхні магнітних дисків – середня ємність таких пристроїв уже становить 100 Гб, з'явилися комерційні моделі з ємністю 1 Тб. Зростає ємність змінних носіїв інформації – оголошено про подвоєння щільності запису на оптичних дисках стандарту DVD, ємність яких тепер може досягати 8,5 Гб. Для передачі зростаючих обсягів графічної інформації всередині комп'ютера і на периферійні пристрої розробляються нові швидкісні дротові і бездротові інтерфейси, удосконалюються вже існуючі технології.

Ще одна тенденція розвитку пов'язана з підвищенням інтегрування і зменшенням розмірів багатьох класів комплектуючих ПК. Розробляються нові типи мікросхем, що поєднують функції центрального процесора, оперативної пам'яті, контролерів введення–виведення та ін. На основі таких чипів можливе створення мобільних комп'ютерів нового покоління, що виконують функції комунікації.

Уже з'явилися пристрої, які поєднують функції ПК, мобільного телефону і приймача GPS. Такий пристрій здатний визначити свої координати, передати їх у найближчий сервісний центр мережею INTERNET, завантажити з нього відповідну карту місцевості і відобразити її на екрані з розрахунком подальшого маршруту. Для обслуговування таких систем створюються бази даних міст і рекреаційних територій, що можуть поставлятися на flash-картах чи мікровінчестерах ємністю до 4–8 Гб.

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 3. Атрибутивна інформація в ГІС

3.1. Способи подання атрибутивних даних

Атрибутивні дані в ГІС можуть мати різні способи і технології формалізації, обробки і подання. До **атрибутивної** відносять ту інформацію, яка або не має просторового прив'язування, або характеризує просторові об'єкти без зазначення місця їх розміщення. Наприклад, порядкові номери просторових об'єктів, їхні власні імена, числові кількісні або якісні значення. Блок атрибутивної інформації, прив'язаної до будь-якого просторового об'єкта, може містити від одного до багатьох сотень окремих атрибутивних значень різного типу, що характеризують різні параметри цього об'єкта.

Для використання в середовищі ГІС атрибутивна інформація підлягає систематизації, структуризації і формалізації, що дозволяє використовувати для подальшого її введення й обробки різні засоби автоматизованого пошуку, обчислень і візуалізації. Для кожного типу просторових об'єктів вибирається набір атрибутів, що дозволяють ідентифікувати конкретний тип об'єкта серед інших і з максимальною повнотою описати його властивості. Після визначення списку атрибутів вибираються методи їхньої формалізації.

Одним із найбільш поширених атрибутів просторових об'єктів є їхні власні назви – назви населених пунктів, адміністративних одиниць, ділянок рельєфу, рік, водойм, природних урочищ, об'єктів господарювання та ін. Такий тип атрибута ідентифікує об'єкт, виокремлює його серед інших однотипних об'єктів, дозволяє звернутися саме до цього об'єкта. Такий спосіб опису атрибута об'єкта називається **номінальним** – об'єкт просто одержує своє окреме ім'я, він рівнозначний у списку таких самих об'єктів. До цих атрибутів можна віднести: «м. Одеса», «Біляєвський район», «КСП «Світанок», «шпара №122» та ін.

Атрибути, що показують місце розміщення об'єкта серед інших аналогічних об'єктів, їхню взаємну ієрархію, пріоритет, називаються

порядковими атрибутами. Таким способом описується ієрархія: ділянок дорожньої мережі (автостради, шосе, дороги з удосконаленим покриттям, ґрунтові дороги); елементів річкової мережі (припливи I, II чи III порядку); ієрархічні рівні ландшафтних одиниць, ранги населених пунктів та ін. У більшості випадків такі атрибути описуються порядковим номером деякої рангової шкали.

Для кількісних даних (температура, тиск, зміст забруднювачів у повітрі, воді чи ґрунті, висота над рівнем моря, кількість рослин на квадратний метр, вміст гумусу та ін.) використовуються розімкнені або замкнуті числові шкали. Ці величини можна порівнювати одну з одною, над ними можна робити різні математичні операції. При використанні універсальної розімкненої шкали числа можуть набувати значень від «мінус нескінченності» до «плюс нескінченності», замкнута числова шкала обмежена двома крайніми величинами, що характеризують набір припустимих значень для якоїсь предметної області (наприклад, 0–100%; 0–1 безрозмірних одиниць; 0–360 компасних градусів; 0–90 градусів нахилу та ін.).

Різні системи класифікації і кодування дозволяють скоротити описи різноманітних просторових об'єктів до одного або кількох десятків символів. У наш час розроблені системи буквено–цифрових кодувань для геологічних, ґрунтових, ландшафтних, геоботанічних карт. Для цифрових топографічних карт і архітектурно–містобудівних планів розроблені відомчі позиційні коди–класифікатори. Весь перелік об'єктів, що картографуються, поділяється на окремі тематичні групи, розділи яких перебувають в ієрархічному підпорядкуванні. Наприклад, «Класифікатор інформації, яка відображується на топографічних картах масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000» передбачає виділення дев'яти основних класифікаційних груп, кожна з яких розбита на стандартні підрозділи.

Після певної обробки атрибутивна інформація може бути організована у вигляді бази даних певного формату.

3.2. Бази даних як подання об'єктів реального світу

База даних є інформаційною моделлю реального світу в певній предметній галузі. Згідно з тлумачним словником з геоінформатики **база даних** (БД, data base, database, DB) – це сукупність даних, організованих за певними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, збереження і маніпулювання даними.

У базах даних залежно від призначення (база даних підприємства, муніципальна база даних, база даних адміністративного району чи області) може зберігатися й оброблятися різна інформація: списки співробітників підприємств з їх обліковими даними, списки будинків і їх технічні характеристики, юридичні або статистичні описи земельних ділянок, об'єктів адміністративного керування та ін. Так само залежно від призначення бази даних може змінюватися перелік об'єктів, описуваних у базі даних; склад атрибутів, що описують ці об'єкти; спосіб і ступінь формалізації атрибутів; організація зв'язку між різними об'єктами бази даних та ін.

Об'єкти бази даних можуть бути описані різними способами: у вигляді текстових описів, цифрових кодів, комбінованих цифро–буквених класифікаторів, числових значень різного типу, календарних дат та ін. Кожен однотипний об'єкт бази даних описується однаковим набором атрибутів, таким чином, база даних складається з окремих **записів**, що характеризують кожний об'єкт і покажчики зв'язків між ними.

У більшості випадків бази даних проектуються таким чином, щоб один або кілька атрибутів однозначно ідентифікували запис. Сукупність значень цих атрибутів називається **ключем запису**, а самі атрибути – **ключовими атрибутами**. Ключ запису можна розглядати як унікальне ім'я запису, за яким користувач завжди може знайти цей запис.

У реальному світі часто можна спостерігати однорідні об'єкти (будинки, водойми, населені пункти та ін.). Відповідно в базі даних такі об'єкти природно представляти у вигляді декількох екземплярів таких записів, тобто записів з

однаковими атрибутами. Аналогічна ситуація має місце і зі зв'язками – у базі даних є багато однотипних зв'язків, що з'єднують однотипні об'єкти.

У концептуальній схемі вся безліч однотипних записів подається одним абстрактним записом, що називають **типом запису**. Кожному типу записів відповідають ім'я і список атрибутів. Аналогічно безлічі наявних у базі даних однотипних зв'язків у концептуальній схемі відповідає один тип зв'язку.

У базі даних виділяють: постійні дані, що відрізняються від інших, більш мінливих, таких, як проміжні результати обробки даних; вхідні і вихідні дані; керуючі оператори; робочі черги – і взагалі всі службові дані, використовувані в процесі роботи. Природно, у процесі роботи постійні дані так само можуть зазнавати змін: створюються або видаляються об'єкти, змінюються значення параметрів, змінюється набір або порядок проходження параметрів у записі та ін.

Більш детально концепцію баз даних можна показати на прикладі муніципальної бази даних. Звичайним набором муніципальної бази даних є вулиці, будинки і споруди, інженерні комунікації, міські технічні служби, суб'єкти адміністративного розподілу (міські райони) та ін. Як **об'єкт** може використовуватися сукупність усіх будинків і споруд на території міста; цей об'єкт описується набором параметрів, що містять: адресні дані; належність якійсь організації; реквізити організацій–власників; технічні характеристики будинків (поверховість, площа, конструкційні матеріали); експлуатаційні характеристики (поточний стан, дати ремонту). Таким чином, будь–який тип об'єктів бази даних може мати зв'язок з одним або декількома типами об'єктів. Такі зв'язки називаються **відношеннями**. Відношення між об'єктами можуть бути різних типів: один до одного, один до декількох, односторонні і двосторонні.

На рис. 3.1 наведено блок–схему муніципальної бази даних, що показує основні об'єкти і відносини між ними. Як приклади завдань, які можна розв'язати за допомогою такої бази даних, можна навести такі:

– задано обліковий номер спорудження, необхідно знайти вуличну адресу,

і навпаки;

- задано адресу спорудження, знайти його власника;
- задано власника (землекористувача), знайти всі належні йому спорудження;
- знайти всі спорудження, термін останнього ремонту яких перевищує 20 років.

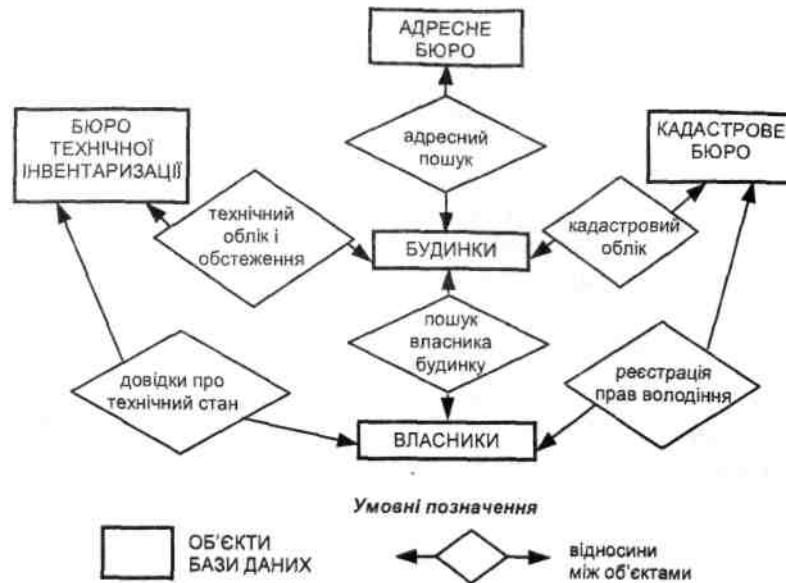


Рис. 3.1. Приклад концептуальної схеми муніципальної бази даних

Для обробки відносин між об'єктами бази даних розробляються спеціальні алгоритми, які представлені в конкретній реалізації бази даних відповідними програмними модулями.

Збереження даних у базі даних забезпечує централізоване керування, дотримання стандартів, безпеку і цілісність даних, скорочує надмірність і усуває суперечливість даних. База даних не залежить від прикладних програм. Створення бази даних і звернення до неї здійснюються за допомогою **системи керування базами даних (СКБД)**.

На основі сучасних програмних засобів розроблення й апаратного забезпечення створюються бази даних різних архітектури і призначення. Виділяються персональні бази даних для роботи з даними, пов'язаними з

посадовими обов'язками окремого посадовця; бази даних підрозділу, підприємства, що обслуговують кілька різних фахівців у складі локальної обчислювальної мережі; корпоративні (наприклад, муніципальні) бази даних, що обслуговують кілька тисяч фахівців і сотні тисяч зовнішніх користувачів у режимі розділеного доступу, з використанням різноманітного програмного забезпечення, апаратних засобів, різних мережних протоколів і форм представлення даних.

3.3. Моделі даних

Основою бази даних є **модель даних** – фіксована система понять і правил для представлення даних структури, стану і динаміки проблемної області в базі даних. У різний час послідовно застосовували **ієрархічна, мережна і реляційна** моделі даних. У наш час усе більшого поширення набуває **об'єктно–орієнтований** підхід до організації баз даних ГІС.

Ієрархічна модель даних. Часто об'єкти перебувають у відношеннях, що називають ієрархічними: відношення «частина – ціле» (наприклад, адміністративна область складається з районів, сільських і міських рад, населених пунктів та ін.); видове відношення (наприклад, будинки бувають житлові, виробничі та ін.); відношення підпорядкованості (наприклад, губернатор – мер міста).

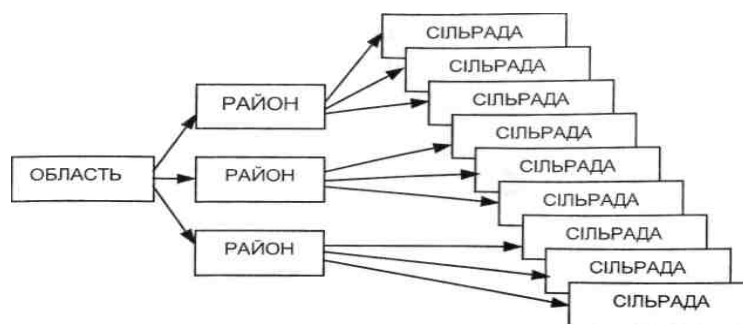


Рис. 3.2. Схема відношень між об'єктами в ієрархічній базі даних.

Об'єкти, що перебувають в ієрархічних відношеннях, утворюють дерево «орієнтований граф», у якого є тільки одна вершина, не підлегла жодній іншій

вершині (цю вершину називають коренем дерева); будь-яка інша вершина графа підлегла лише одній іншій вершині (рис. 3.2).

Концептуальна схема ієрархічної моделі являє собою сукупність типів записів, пов'язаних типами зв'язків в одне чи кілька дерев. Усі типи зв'язків цієї моделі належать до виду **«один до декількох»** і зображуються у вигляді стрілок.

Таким чином, взаємозв'язки між об'єктами нагадують взаємозв'язки в генеалогічному дереві, за єдиним винятком: для кожного породженого (підлеглого) типу об'єкта може бути тільки один вхідний (головний) тип об'єкта. Тобто ієрархічна модель даних допускає тільки два типи зв'язків між об'єктами: **«один до одного»** і **«один до декількох»**. Ієрархічні бази даних є навігаційними, тобто доступ можливий тільки за допомогою заздалегідь визначених зв'язків.

При моделюванні подій, як правило, необхідні зв'язки типу **«багато до декількох»**. Як одне з можливих рішень зняття цього обмеження можна запропонувати дублювання об'єктів. Однак дублювання об'єктів створює можливість неузгодженості даних.

Перевага ієрархічної бази даних полягає в тому, що її навігаційна природа забезпечує швидкий доступ при проходженні вздовж заздалегідь визначених зв'язків. Однак негнучкість моделі даних і, зокрема, неможливість наявності у об'єкта декількох батьків, а також відсутність прямого доступу до даних роблять її непридатною в умовах частого виконання запитів, не запланованих заздалегідь. Ще одним недоліком ієрархічної моделі даних є те, що інформаційний пошук з нижніх рівнів ієрархії не можна спрямувати по вище розміщених вузлах.

Ієрархічна структура даних припускає деяку нерівноправність між даними, – при такій організації інформації одні дані виявляються жорстко підлеглі іншим. Таке підпорядкування забезпечує високоефективний пошук інформації. Але ієрархічний підхід до організації баз даних має й суттєві недоліки, наприклад, при його реалізації виникає необхідність жорстко визначати зв'язки

між даними, що істотно ускладнюють організацію інформації.

Мережна модель даних. У мережній моделі даних поняття головних і підлеглих об'єктів дещо розширені. Будь який об'єкт може бути і головним, і підлеглим (у мережній моделі головний об'єкт позначається терміном «власник набору», а підлеглий – терміном «член набору»). Той самий об'єкт може одночасно виконувати і роль власника, і роль члена набору. Це означає, що кожний об'єкт може брати участь у будь-якій кількості взаємозв'язків.

Подібно до ієрархічної, мережну модель також можна подати у вигляді орієнтованого графа. Але в цьому випадку граф може містити цикли, тобто вершина може мати кілька батьківських вершин.

Така структура набагато гнучкіша і виразніша від попередньої і придатна для моделювання більш ширшого класу завдань. У цій моделі вершини є сутностями, а ребра, що їх з'єднують, – відношеннями між ними (рис. 3.3).

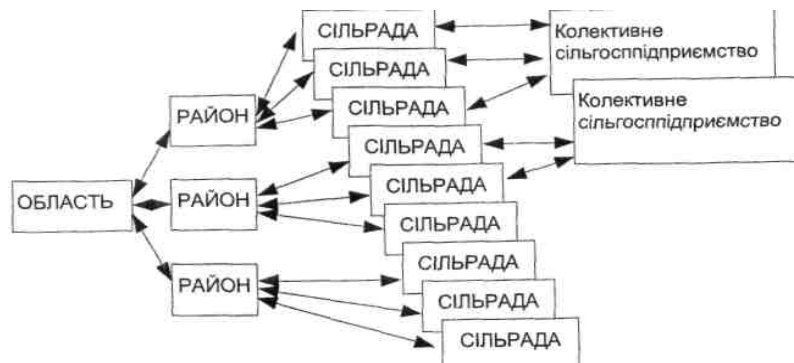


Рис. 3.3. Схема відношень між об'єктами в мережній базі даних.

Ієрархічні і мережні бази даних часто називають базами даних з навігацією. Ця назва відбиває технологію доступу до даних, використовувану при написанні програм обробки мовою маніпулювання даними. При цьому доступ до даних по шляхах, не передбачених при створенні бази даних, може потребувати нерозумно тривалого часу.

Підвищуючи ефективність доступу до даних і скорочуючи таким чином час відповіді на запит, принцип навігації разом з цим підвищує і ступінь залежності програм і даних. Програми обробки даних виявляються жорстко прив'язаними до поточного стану структури бази даних і повинні бути переписані при її змінах. Операції модифікації і видалення даних вимагають

переустановлення показників, а маніпулювання даними залишається записоорієнтованим. Крім того, принцип навігації не дозволяє істотно підвищувати рівень мови маніпулювання даними, щоб зробити його доступним користувачу–непрограмісту чи навіть програмісту–непрофесіоналу. Для пошуку запису–мети в ієрархічній або мережній структурі програміст повинен спочатку визначити шлях доступу, а потім – крок за кроком переглянути всі записи, що трапляються на цьому шляху.

Наскільки складними є схеми представлення ієрархічних і мережних баз даних, настільки і трудомістким є проектування конкретних прикладних систем на їхній основі. Як показує досвід, тривалі терміни розроблення прикладних систем нерідко призводять до того, що вони постійно перебувають на стадії розроблення і доопрацювання. Складність практичної реалізації баз даних на основі ієрархічної і мережної моделей визначила створення реляційної моделі даних.

Реляційна модель даних. У реляційній моделі даних об'єкти і взаємозв'язки між ними представляються за допомогою таблиць. Взаємозв'язки також подаються як об'єкти. Кожна таблиця представляє один об'єкт і складається з рядків і стовпців. Таблиця повинна мати первинний ключ (ключовий елемент) – поле чи комбінацію полів, що єдиним способом ідентифікують кожний рядок у таблиці (рис. 3.4).

Назва «реляційна» (relational) пов'язана з тим, що кожен запис у таблиці даних містить інформацію, яка стосується (related) якогось конкретного об'єкта. Крім того, зв'язані між собою (тобто такі, що знаходяться в певних відношеннях – relations) дані навіть різних типів в моделі можуть розглядатися як одне ціле.

Таблиця має такі властивості:

- кожний елемент таблиці являє собою один елемент даних;
- повторювані групи відсутні;
- усі стовпці в таблиці однорідні; це означає, що елементи стовпця мають однакову природу;

- стовпцям присвоєні унікальні імена;
- у таблиці немає двох однакових рядків.

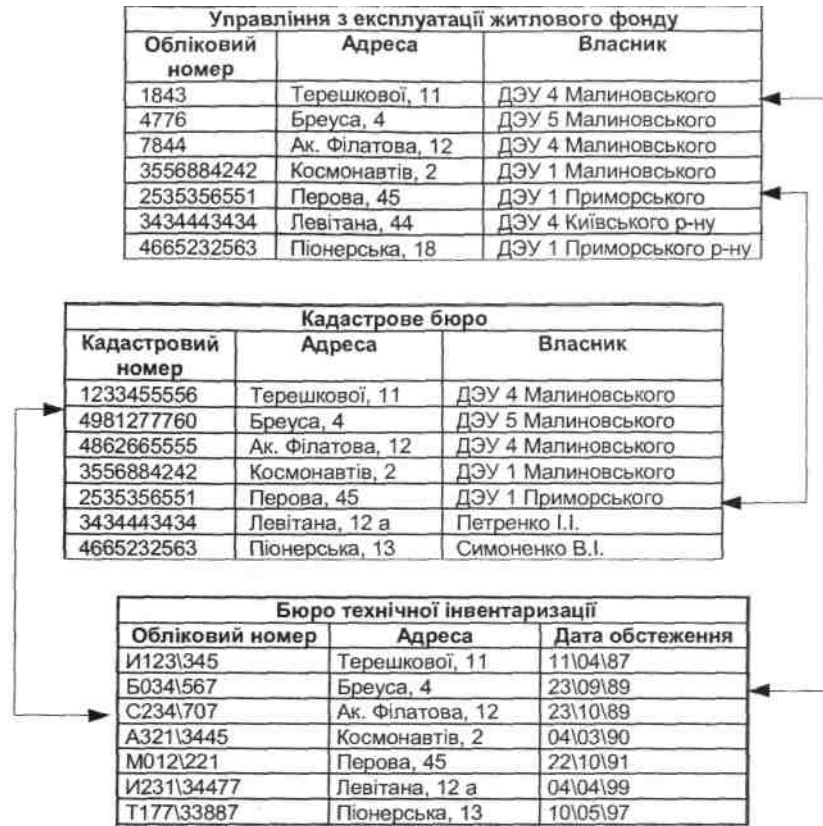


Рис. 3.4. Схема відношень між об'єктами в реляційній базі даних.

Порядок розміщення рядків і стовпців у таблиці довільний; таблиця такого типу називається відношенням. У сучасній практиці для рядка використовується термін «запис», а для стовпця термін «поле».

Основною відмінністю пошуку даних в ієрархічних, мережних і реляційних базах даних є те, що ієрархічні і мережні моделі даних здійснюють зв'язок і пошук між різними об'єктами за структурою, а реляційні – за значенням ключових атрибутів (наприклад, можна знайти всі записи, значення яких у полі «номер будинку» дорівнює 3, але не можна знайти 3-й рядок).

Оскільки реляційна структура концептуально проста, вона дозволяє реалізовувати невеликі і прості (і тому легкі для створення) бази даних, навіть персональні, сама можливість реалізації яких ніколи навіть і не розглядалася в системах з ієрархічною чи мережною моделлю.

Недоліком реляційної моделі даних є надмірність по полях (для створення зв'язків між різними об'єктами бази даних).

Практично всі існуючі на сьогоднішній день комерційні бази даних і програмні продукти для їх створення використовують реляційну модель даних.

Об'єктно–орієнтована модель даних. Об'єктно–орієнтована модель є подальшим розвитком технології баз даних ГІС. У цьому випадку вся сукупність даних, що буде зберігатися й оброблятися в базі даних, подана не у вигляді набору окремих картографічних шарів і таблиць, а у вигляді об'єктів певного класу. Об'єктно–орієнтована модель поряд з геометричною й атрибутивною інформацією зберігає програмний код, що визначає поведінку об'єктів того чи іншого класу при введенні і редагуванні, аналізі або поданні даних. Класи об'єктів являють собою ієрархічну структуру – під ними розуміють загальний батьківський клас (наприклад, робочий простір), на підставі властивостей якого визначаються й описуються похідні класи (векторні, растрові, TIN–просторові дані). У свою чергу, на базі похідних класів другого рівня описуються класи третього, четвертого та інших нижче розміщених рівнів (наприклад, лінії, точки і полігони векторного подання просторових даних). Похідні об'єкти успадковують усі властивості батьківського об'єкта, у програмний код додаються тільки деякі специфічні функції. Об'єкти можуть бути як стандартними для середовища якогось програмного ГІС–пакета (визначені правила обробки даних конкретними програмними модулями і функціями). Властивості і правила поведінки об'єкта можуть бути визначені також користувачем. При використанні стандартних класів об'єктів користувач одержує заздалегідь визначену структуру даних: ідентифікатори, типи і розміри полів табличної бази даних, набір методів обробки (наприклад, до складу стандартних об'єктів ГІС–пакета Arc View 8.3 додані об'єкти для створення муніципальних баз даних, транспортних баз даних, землевпорядкування та ін.).

Об'єкт бази даних являє собою цілісну сутність, наприклад, ріка, озеро, будинок, установа. Крім знака на карті і запису в табличній базі даних, об'єкт

має визначену поведінку. Спеціальний інтерфейс буде контролювати весь процес роботи з об'єктом визначеного класу: перевіряти правильність цифрування об'єкта (наприклад, не дозволить використовувати лінію для цифрування контуру будинку); перевіряти правильність заповнення табличної бази даних (типи і формат даних, заповнення обов'язкових полів); перевіряти топологію різних картографічних шарів (наприклад, заборона на взаємоперетинання певних типів об'єктів); перевіряти взаємоположення об'єктів на одному картографічному шарі (наприклад, місця стикування труб різного діаметра (необхідний перехідник), з'єднання доріг різного класу (необхідний обладнаний з'їзд та ін). Об'єкти мають визначений інтелект при організації запитів, аналізі, представленні даних, що значною мірою дозволяє автоматизувати обробку даних, створювати різні сценарії обробки даних, у яких більшість конфліктних ситуацій буде відслідковуватися і виправлятися без участі оператора.

На основі об'єктно–орієнтованої моделі, зокрема, побудована База геоданих сімейства ГІС–пакетів ArcGIS. Вона має єдину внутрішню структуру, що дозволяє в рамках єдиного проекту використовувати і взаємно перетворювати різні типи просторових даних, погоджувати й усувати конфлікти при редагуванні наборів даних різних картографічних шарів, організувати доступ до різних об'єктів бази геоданих.

3.4. Функціонування баз даних

На початку 70–х років ХХ ст. сформувалися дві концепції, спрямовані на вирішення труднощів, що виникають при створенні і функціонуванні баз даних: концепції **адміністрації баз даних (АБД)** і **системи керування базою даних (СКБД)**.

Під **адміністрацією бази даних** розуміється колектив, що відповідає за правильну роботу БД і виконує такі функції:

1. Проектування структури бази даних. Ця робота виконується

адміністрацією бази даних у тісному контакті з користувачами. Однак адміністрація приймає остаточне рішення, усі модифікації структури даних виконуються через адміністрацію.

2. Вибір способу подання даних на зовнішній пам'яті. Адміністрація повинна забезпечити ефективність доступу до даних і раціональне використання магнітних носіїв. Якщо прийняте рішення про зміну способу подання, то адміністрація проводить усі пов'язані з цим роботи.

3. Виконання обслуговуючих функцій. Адміністрація виконує обслуговуючі функції, спрямовані на забезпечення цілісності бази даних і інформування користувачів про стан бази даних. При втраті цілісності до функцій адміністрації входить відновлення бази.

4. Планування розвитку бази даних і пов'язаний з цим вибір нових засобів обчислювальної техніки.

5. Консультації користувачів щодо використання бази даних.

6. Контроль користувачів, які працюють з базою даних, урегулювання різних конфліктних ситуацій (наприклад, спроби видалення чи модифікації записів, які використовуються іншими користувачами).

Як головний інструмент керування адміністрація бази даних використовує систему керування базою даних (СКБД).

Система керування базою даних є спеціальним програмним забезпеченням, призначеним для створення, ведення і конкурентного використання баз даних. Застосування СКБД дозволяє значно зменшити витрати праці з реалізації вимог до бази даних і забезпечити більш повне їхнє виконання. Власне СКБД – системне програмне забезпечення. Не розв'язуючи безпосередньо ніякого прикладного завдання, СКБД є інструментом для розроблення прикладних програм і підтримки бази даних. Функції і структуру типової СКБД доцільно розглядати разом, тому що кожній з основних функцій відповідає програмний компонент СКБД.

Більшість СКБД має такі функціональні можливості:

1. Опис структури даних. У процесі роботи прикладних програм і

користувачів база даних змінюється. Однак ці зміни не можуть бути довільними. Звичайно існують досить тверді обмеження на можливості маніпулювання даними, що відбивають закономірності предметної галузі. Так, у базі даних користувач може створити новий екземпляр об'єкта (наприклад, власника) чи виключити вже існуючий екземпляр, але змінити характеристики цього об'єкта (наприклад, додати права володіння яким-небудь будинком) він, як правило, не може. Обмеження на припустимі операції з даними дозволяють заздалегідь виконати опис незмінних властивостей бази даних. Такий опис одержав назву «опис структури даних або схеми бази даних».

2. Маніпулювання даними. Сучасні СКБД дають користувачам засоби маніпулювання даними, до складу яких входять оператори пошуку даних, коригування даних, обміну даними між базою даних і прикладною програмою та ін.

Завантаження бази і формування звітів. Універсальною мовою програмування можна написати будь-яку програму обробки даних, у тому числі програму заповнення (завантаження) і коригування бази даних чи програму роздрукування вихідних форм. Однак зазначені дії виконуються настільки часто, що для їхньої реалізації більшість СКБД має спеціальні програмні засоби, наприклад: для введення і коригування даних – **підсистема завантаження даних**; для одержання вихідних форм – **генератор звітів**. Ці засоби у своєму складі мають мови високого рівня, орієнтовані на опис введення–виведення даних.

Мова запитів. Часто виникає необхідність виконати запит з бази даних за певними ознаками об'єкта. Для реалізації такої можливості СКБД оснащуються мовою запитів високого рівня, а також інтерпретатором з мови запитів. За допомогою цієї мови користувачі–непрограмісти можуть сформулювати запит до бази даних і відразу на дисплеї одержати відповідь. Розроблена в 1970 р. компанією IBM мова SQL (Structured Query Language – структурована мова запитів) у наш час стала стандартною мовою, використовуваною для обробки запитів у більшості програмних пакетів СКБД. На сьогодні більше ста

програмних продуктів мають спеціальний SQL–інтерфейс, що дозволяє обмінюватися даними між віддаленими базами, що мають різні концептуальні схеми і програмні платформи. Сучасні версії мови SQL надають користувачу широкий набір операторів і готових функцій, які дозволяють робити різні маніпуляції з локальними і віддаленими базами даних, здійснювати пошук, сортування і подання необхідної інформації.

Діалогові засоби. З метою зручності користувачів і підвищення оперативності доступу до даних більшість функцій СКБД може здійснюватися в діалоговому режимі через дисплей. Сучасні СКБД, як правило, забезпечують доступ багатьох користувачів до бази даних (тобто одночасний доступ до бази декількох термінальних користувачів чи прикладних програм), а так само засоби поділу і захисту даних різних користувачів. За допомогою дисплея зручно виконувати перегляд бази даних, її коригування, виконання різних сервісних функцій, введення запитів та ін.

Серед комерційних програмних продуктів для створення баз даних найбільшого поширення набули СКБД Microsoft Access, Microsoft SQL Server, Oracle, INGRES, Informix, DB2, Sybase, Paradox та ін. Ці програмні продукти надають користувачу широкий набір засобів для проектування і підтримки баз даних різного масштабу і призначення.

3.5. Керування даними в ГІС

При інтеграції просторових і атрибутивних даних у єдину систему розробники конкретного ГІС–пакета звичайно використовують два варіанти: розробляють власну СКБД або створюють засоби для роботи з конкретною комерційною СКБД. Деякі пакети ГІС забезпечують інтерфейс між графічним редактором і СКБД (наприклад, ГІС–пакет MGE фірми Intergraph забезпечує спільну роботу пакета автоматизованого проектування Microstation і досить поширеної СКБД Oracle).

Зв'язок між просторовими об'єктами картографічної бази даних і

відповідними записами в реляційних атрибутивних базах даних здійснюється за допомогою спеціальних службових ідентифікаторів – у табличній базі даних створюється спеціальне поле для збереження цього ідентифікатора. При організації картографічної бази даних можуть створюватися відношення «один просторовий об'єкт до одного запису в таблиці» або «безліч просторових об'єктів до одного запису в таблиці».

СКБД, призначені для створення і підтримки баз даних ГІС, надають користувачу широкий набір функцій, властивих звичайним, «непросторовим» СКБД, а також низку спеціальних «просторових» функцій. Це – функції створення структури нових баз даних у режимі «конструктора», зміна структури існуючих табличних баз даних, додавання і видалення полів і записів, використання формул для заповнення і зміни значень полів, зв'язування двох і більше таблиць для подання даних. До деяких спеціальних функцій відносять функції побудови просторових об'єктів за значеннями координат з таблиць, визначення координат об'єктів, довжин, периметрів і площ об'єктів із записом отриманих значень у відповідне поле.

СКБД, що входять до складу ГІС–пакетів, у більшості випадків можуть підтримувати великі бази даних, що нараховують кілька сотень полів і до декількох мільярдів записів (залежно від використовуваної довжини ідентифікатора запису). При конструюванні реляційної бази даних використовуються різні типи полів; тип поля визначає, яка інформація може вводитися в дане поле і яким методом буде оброблятися.

До стандартних типів полів відносять:

– **символьне** (character) – у полі цього типу може зберігатися до 256 символів алфавіту, включаючи латиницю й інші національні кодування, цифри, знаки пунктуації і пробіли. Усі символи розглядаються й обробляються як текстові рядки (для чисел, записаних у цьому полі, математичні операції не доступні), для економії пам'яті максимальну довжину рядка можна обмежити для всього поля;

– **цілочислове** (integer) – у поле вводяться тільки числові значення без

дробової частини зі значеннями приблизно від -2 мільярдів до $+2$ мільярдів.

Над числовими полями можна виконувати всі доступні математичні операції і функції;

– **цілочислове коротке** (small integer) – у поле вводяться тільки числові значення без дробової частини зі значеннями приблизно від -32768 до $+32767$;

– **речовинні** (дійсні, real) – у поле цього типу вводяться числові значення з дробовою частиною;

– **десяткові** (decimal) – у поле вводяться числа з фіксованою кількістю припустимих позицій для введення чи відображення цілої і дробової частин (до 19 знаків);

– **календарну дату** (data) – у поле вводяться календарні дати у визначеному форматі (звичайно MM/DD/YYYY). Над датами можна проводити певні операції, наприклад, обчислювати день тижня, кількість днів між зазначеними датами, розраховувати дату на визначену кількість днів вперед чи назад щодо зазначеної дати;

– **логічне значення** (logical) – у це поле вводиться числове чи символічне значення, яке показує істинний чи помилковий стан атрибута описуваного об'єкта (наприклад, чи це житловий будинок, чи є в колодязі вода, чи перевищує рівень забруднення визначену величину та ін). Для відображення логічних значень у різних СКБД можуть використовуватися такі пари значень – 1 і 0, Y і N, T (true – істина) і F (false – неправда). Звичайно значення логічних полів обчислюються з використанням спеціальних функцій.

При конструюванні бази даних ГІС при перетворенні структури полів таблиці в процесі подальшої роботи необхідно враховувати і методи перетворення даних між різними типами і форматами полів. Так, при перетворенні або копіюванні числових даних з речовинного типу в цілочисловий буде загублена дробова частина, при перетворенні довгих цілочислових даних у короткі цілочислові значення, що перевищують максимально припустимі, будуть «зрізані» до відповідного значення. Допускається перетворення числових значень у символічний тип, але при

перетворенні символного поля в числове вся текстова інформація втрачається.

У багатьох випадках при створенні прикладної ГІС у деякій предметній області виникає необхідність використання чи перенесення даних із зовнішньої, «непросторової» бази даних. Для зв'язку з іншими СКБД до складу програмних пакетів ГІС вводять спеціальні функції, що дозволяють користувачу прямо, без операцій з перетворення даних читати і використовувати дані, створені у форматі інших програмних продуктів. Такі функції створюються і вводяться до складу програмного забезпечення ГІС на основі двосторонніх ліцензійних угод між розробниками. До складу того чи іншого пакета ГІС може входити різний набір програмних модулів, що забезпечують зв'язок із зовнішніми базами, набір таких модулів утворить спеціальну сервісну службу СКБД. За наявності відповідного модуля користувач може на тому самому комп'ютері по локальній мережі чи через мережу Internet переглядати зовнішні бази даних, створювати запити Додержувати необхідну інформацію. Наприклад, до складу сімейства пакетів Arc GIS входить спеціальний пакет ArcSDE, що забезпечує зв'язок інших модулів пакета з зовнішніми базами даних. На рис. 3.5 наведені основні схеми організації роботи з базами даних при різній архітектурі ГІС.



Рис. 3.5. Схеми організації роботи з базами даних при різних варіантах архітектури ГІС: а) локальна база даних; б) віддалена база даних.

3.6. Розподілені бази даних

У наш час усе більша частина світової інформації, у тому числі і просторово–розподіленої, зберігається в цифровому вигляді в різних базах даних. Частина таких баз даних є відомчою, доступ до них має обмежена кількість співробітників, інша частина поставляє інформацію на комерційній основі або на умовах вільного поширення. Збереження інформації забезпечують тисячі і десятки тисяч серверів баз даних, обладнаних засобами віддаленого доступу на основі провідних або бездротових комунікаційних мереж. Такий набір розміщених у різних географічних пунктах сховищ інформації, об'єднаних лініями зв'язку, називається **розподіленою базою даних**.

Здатність працювати в системі розподілених баз даних у наш час є однією з найважливіших властивостей програмного ПС–продукту. Сучасні комерційні програмні ПС–пакети здатні обробляти дані, розподілені на безлічі баз даних, керування якими здійснюють різні СКБД, що працюють на багатьох апаратних платформах з різними операційними системами, об'єднаними комунікаційними мережами. Обробка даних здійснюється таким чином, що для користувача керування віддаленою базою даних логічно не відрізняється від керування локальною базою даних. Робота з віддаленою базою даних здійснюється шляхом відправлення користувачем оформленого за певними правилами запиту. Обробка запиту здійснюється на сервері бази даних, у цьому випадку запит користувача є клієнтом, що обслуговується сервером, точніше – СКБД сервера бази даних. Сервер має обслуговувати кілька запитів одночасно (пікові навантаження можуть складати до декількох тисяч одночасних звернень). У свою чергу, клієнт може одночасно звертатися до кількох серверів.

Використання на серверах баз даних різних типів СКБД визначило розроблення універсальної мови для побудови запитів. Сьогодні універсальною мовою спілкування різних СКБД є SQL – Structured Query Language (мова структурованих запитів). Ця мова постійно розвивається, включаючи в себе всі

нові засоби роботи з базами даних. Найбільш відомі стандарти – ANSI SQL'89 і SQL'92. Засоби мови SQL включають оператори для з'єднань з базою даних, відкриття і сортування реляційних таблиць з даними, вибірки потрібних записів за різними критеріями, створення звітних форм шляхом злиття різних таблиць і ін. Написання текстів запитів мовою SQL потребує певних навичок програмування, тому до складу програмних продуктів звичайно включені спеціальні утиліти, що допомагають недосвідченому користувачу конструювати SQL–запити, звертаючись до списків готових елементів у процесі діалогу.

Побудова баз даних ГІС здійснюється за допомогою програмних засобів, вбудованих або інтегрованих у комерційні СКБД. Найбільш поширені комерційні СКБД Oracle, Informix, Microsoft SQL Server, IBM DB2, Sybase та ін. Обмін запитами різних оболонок СКБД здійснюється за допомогою шлюзів – спеціальних програм, що дозволяє СКБД сервера «розуміти» протокол відправлення іншої СКБД. Між провідними виробниками комерційних продуктів СКБД досягнуто згоди про взаємний обмін програмами–шлюзами.

Програмні оболонки більшості комерційних пакетів обладнані кількома шлюзами, що дозволяє спілкуватися з різними типами СКБД, звичайно організується спеціальна сервісна служба – Менеджер баз даних (DBMS).

Для створення розподілених баз даних, у структуру яких може входити кілька десятків робочих місць з різною конфігурацією апаратних і програмних засобів, багато фірм–розробників програмного забезпечення ГІС створює спеціалізовані програмні модулі. Наприклад, фірма ESRI розробила модуль ArcSDE (Spatial Database Engine), який дозволяє зовнішнім користувачам працювати з просторовими базами даних ArcGIS, а так само іншим модулям ArcGIS працювати із зовнішніми базами даних. SDE забезпечує сучасні функції створення розподілених баз даних, підтримки різних моделей просторових даних, просторового пошуку, перевірки просторової геометрії (наприклад, межі сусідніх полігонів повинні збігатися), завдання картографічних проекцій, швидкого завантаження картографічних баз даних і звітів, засобів

адміністрування систем «клієнт–сервер». Клієнти і сервери можуть взаємодіяти в рамках локальної або розподіленої мережі, а так само в Internet/Intranet мережах через протокол TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Важливою частиною SDE є Менеджер ліцензій. Для роботи зі спеціалізованими просторовими базами даних ESRI (shape–файли, покриття, map libraries, віртуальні шари ArcStorm) застосовується модуль ArcSDE for Coverages.

За допомогою інтерфейсу ArcSDE менеджер бази даних може створювати різні схеми доступу різних користувачів до різних наборів даних, створювати і зв'язувати нові класи об'єктів у базах даних з використанням бібліотек ArcObjects. Для побудови запитів використовуються мови високого рівня – С чи Java. Для користувача доступні стандартні додатки, що можуть використовуватися як клієнти у віддалених базах даних: ArcIMS, ArcView GIS 3.x, Map Objects, ArcSDE CAD Client, ArcInfo Workstation.

Для роботи в групах розроблений ArcStorm (Arc Storage Manager) – спеціальний модуль, інтегрований у DBMS сімейства програмних продуктів ESRI. Цей модуль дозволяє працювати з базами даних покриття і табличних баз даних одночасно кільком користувачам, забезпечуючи їхню коректну взаємодію при створенні, редагуванні або видаленні окремих блоків даних шляхом створення віртуальних картографічних шарів.

Використовуючи технології «клієнт – сервер», можна будувати прикладні ГІС різної архітектури, використовуючи для окремих робочих місць більш прості і дешеві СКБД. Користувачі звичайних СКБД мають можливість звертатися до ГІС для виконання визначених певних розрахунків, результати яких можна подати в табличному вигляді. Користувачі ГІС можуть звертатися за додатковою інформацією до «некартографічних» систем, яку можна оформити у вигляді карти, проаналізувати та ін. У рамках спілкування ГІС з іншими ІС функціонують різні сервіси (розрахунок відстаней і часу руху транспортних засобів, на основі чого складається розклад руху пасажирських рейсів, планується доставка вантажів та ін.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи

1. Охарактеризуйте поняття «база даних».
2. Назвіть основні переваги та недоліки ієрархічної моделі даних.
3. Що таке мережна модель даних, її переваги над ієрархічною?
4. Дайте характеристику реляційної моделі даних.
5. В чому суть об'єктно–орієнтованої моделі даних ?
6. Що розуміється під поняттям «адміністрація бази даних»?
7. Поясніть функціональні можливості системи керування базою даних
8. Як відбувається керування даними в ГІС?
9. Які типи «полів» використовуються при конструюванні реляційної бази даних ?
10. Охарактеризуйте програмні засоби, за допомогою яких здійснюється побудова баз даних ГІС.
11. Дайте характеристику універсальної мови спілкування різних СКБД – SQL.

Розділ 4. Методи формалізації просторово–розподіленої інформації

4.1. Використання карт

Ідея схематичного відображення ландшафтів, шляхів і поселень, а також інших об'єктів реального світу на аркуші паперу виникло давно. Практична реалізація цієї ідеї відбувалася до деякого часу на інтуїтивному рівні, однак поступово в практиці картографії розвилися різноманітні прийоми відображення властивостей реального світу. Формалізація цих інтуїтивних підходів з метою забезпечення можливості подання географічних даних у цифровому виді, а також для створення комп'ютерних програм, здатних працювати із цими даними, зажадала прийняття нетривіальних рішень щодо виявлення у величезній розмаїтості географічних даних елементарних складових й організації їхнього взаємозв'язку. З появою ГІС–технологій з'явилася можливість інтерактивної роботи з цифровими картами, коли користувач може вибирати, в який спосіб відтворювати картографічну інформацію й, що особливо важливо, з'явилася можливість проведення автоматизованого географічного аналізу й одержання відповідей на комплексні запити.

Карта служить посередником між географічними даними й людським сприйняттям. Читаючи карту, людина відзначає форму й положення зображених елементів. Карти використовують властиву людям здатність виявляти просторові зв'язки й закономірності між зображеними графічними об'єктами. Сприйняття полегшується тим, що картографічне зображення містить візуальні підказки про властивості географічних елементів. Це забезпечується тим, що при побудові карт використовуються століттями відпрацьовані різноманітні й митецькі прийоми відображення властивостей реального світу.

Карти не тільки показують, що перебуває в тому або іншому місці. Вони

дозволяють розглянути розподіл, виявити відносини й тенденції, які іншим способом не розпізнаються. Карти можуть інтегрувати дані з різних джерел у загальній географічній системі відліку, але відображення інформації відбувається вибірково: інформація фільтрується для конкретного застосування. Кожна карта – це погляд на деяку територію певного класу користувачів. У випадку цифрових карт, мета проектувальника бази географічних даних, які будуть основою для побудови карт, полягає в тому, щоб наповнення бази даних й її структура адекватно відбивали рівень інформаційних запитів користувачів, що вирішують свої конкретні завдання.

4.2. Картографічні проекції

Земля – це тривимірне тіло, що має неправильну форму, що найкраще апроксимується еліпсоїдом з невеликим параметром стиску. Для картографічного відображення Землі на площині потрібно перетворити її тривимірну поверхню в плоске зображення на карті. Це перетворення, яке виконується за математичними законами, називається картографічним проектуванням.

Треба відмітити, що, хоча форма Землі краще відображається сфероїдом (еліпсоїдом), іноді як апроксимуюча поверхня використовують правильну сферу, що полегшує проведення математичних обчислень. Припущення, що Земля є сферою, можливо для дрібномасштабних карт (для карт, масштаб яких дрібніше 1:5000000) – у цьому масштабі різниця між сферою й еліпсоїдом не помітна по карті. Для одержання точності на великомасштабних картах (крупніше масштабу 1:1000000) необхідно користуватися наближенням еліпсоїда. Для карт, масштаб яких лежить у діапазоні між двома згаданими масштабами, використання сфери або сфероїда для опису форми Землі залежить від призначення карти й необхідної точності даних.

Розглянемо спочатку, як описується положення об'єкта на поверхні Землі в географічній системі координат, а потім перейдемо до проблеми проектування

тривимірної поверхні на площину. У географічній системі координат використовують координатну сітку, утворену **паралелями й меридіанами** (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Лінії широти й довготи, що утворюють картографічну сітку.

Паралелі – це лінії, що вийшли в результаті перетину поверхні еліпсоїда площинами, що проходять перпендикулярно полярної осі (вісь, що з'єднує два полюси). Помітимо, що при перетині виходять окружності різного діаметра. Паралелі інакше називають лініями широти. **Меридіани** утворюються перетином поверхні еліпсоїда площинами, що проходять через полярну вісь. Інша назва меридіанів – лінії довготи.

Для виміру координат в описаній системі необхідно призначити крапку відліку або, інакше кажучи, визначити лінії нульової широти й довготи. Угода полягає в наступному: нульовою лінією широти вважається паралель, розташована посередині між полюсами (екватор), а нульовим меридіаном призначений той, що проходить через обсерваторію м. Гринвіч у Великобританії. На рис. 4.1 вони показані більш жирними лініями. Початкова крапка географічної системи координат (0,0) визначається місцем перетинання екватора й нульового меридіана.

Положення об'єкта на поверхні Землі в розглянутій системі координат описується двома кутовими координатами – широтою й довготою. Наступний рисунок (рис.4.2) наочно показує, як вимірюються кутові координати.

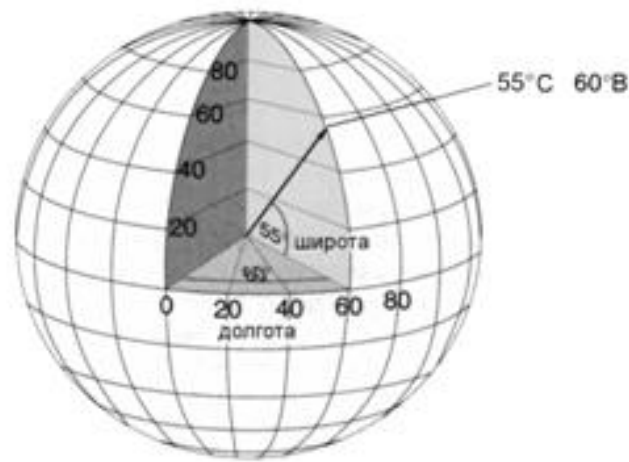


Рис. 4.2. Вимір широти й довготи для точки на поверхні Землі.

Отже, положення об'єкта на поверхні Землі визначається кутовими координатами на сфероїді (еліпсоїді), що обраний для опису форми Землі. Однак, оскільки форма Землі неправильна і може бути лише приблизно описана єдиним еліпсоїдом, часто для максимально точного опису окремих областей земної поверхні використовують локальні еліпсоїди, поверхня яких добре лягає на реальну поверхню Землі в конкретній області, а центр не збігається з центром маси Землі (рис.4.3). Набір параметрів і контрольних крапок, що визначає положення еліпсоїда стосовно центра Землі, називається датумом.

Широко використовується геоцентричний датум, центр якого збігається із центром маси Землі. Найбільш пізньою його версією є Геодезична система світу 1984 року (WGS84 – WorldGeodeticSystem of 1984). Локальні датуми розроблені для Північної Америки, Європи, Австралії, Новій Зеландії, Аляски й інших областей. Датум забезпечує відносну систему для виміру параметрів місць розташування на поверхні Землі, він задає початок відліку й орієнтацію для ліній широти й довготи.

Повертаючись до проблеми зображення тривимірної земної поверхні на площині, помітимо, що ми розглянули перший етап рішення цієї проблеми, а саме подання неправильної фізичної поверхні Землі (причому не обов'язково всієї поверхні цілком) математично правильною поверхнею – сфероїдом.

Другий етап рішення проблеми складається у відображенні сфероїда на площину з використанням тих або інших математичних перетворень, причому спосіб відображення визначає картографічну проекцію.

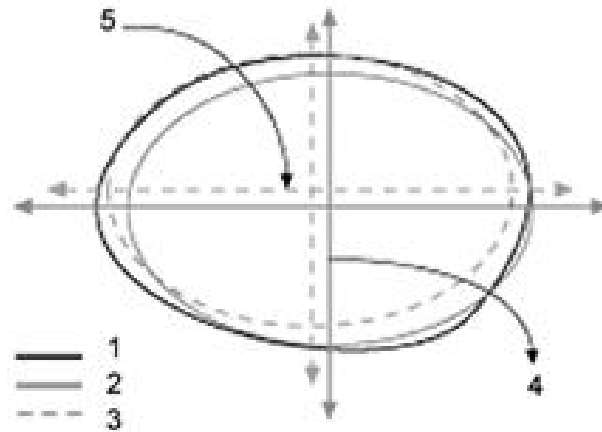


Рис. 4.3. Розташування різних датумів стосовно центра Землі:

1 – поверхня Землі, 2– геоцентричний датум WGS84, 3 – локальний датум NAD27, 4 – геоцентрична система координат датума WGS84, 5 – локальна система координат датума NAD27.

При відображенні Земної поверхні у двовимірному просторі спотворюється форма об'єктів, їхня площа, відстані або напрямки, причому різні проекції мають різні типи перекручувань. При наявності перекручувань, а точніше – по їхній відсутності, картографічні проекції підрозділяються на:

- рівнокутні проекції, які зберігають без перекручувань малі локальні форми,
- рівновеликі проекції, що зберігають площу відображуваних об'єктів,
- рівнопрямі проекції, що зберігають відстані між певними крапками, проекції щирого напрямку або азимутальні
- проекції, які відбивають правильні азимутальні напрямки на всі крапки на карті відносно центра.

Оскільки карти повинні бути плоскими, найпростішим рішенням проблеми перекладу тривимірної сферичної поверхні на площину є проектування картографічних даних на плоску поверхню, що стосується глобуса (рис. 4.4).

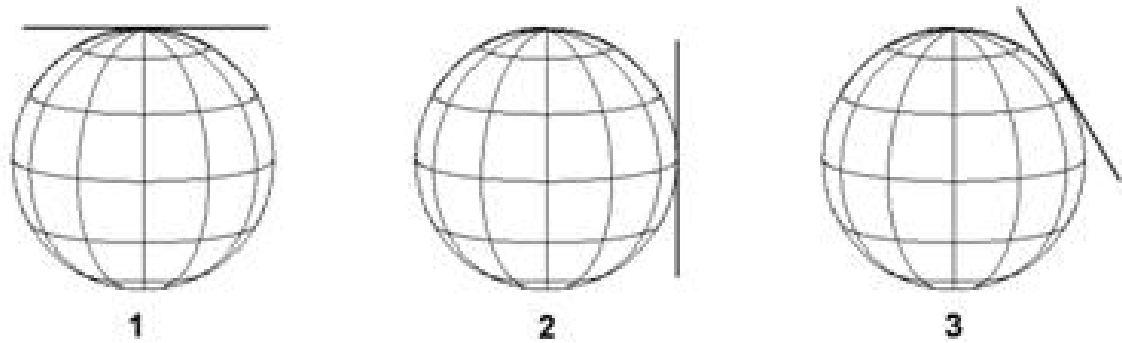


Рис. 4.4. Проекції на площину (азимутальні проекції) :

1 – полярна, 2 – екваторіальна, 3 – коса.

Проекції на площину відомі як азимутальні проекції. Площина, на яку йде проектування, може стосуватися поверхні Земної кулі в крапці полюса (полярна проекція), у крапці екватора (екваторіальна) або в будь-якій крапці Землі (коса).

Проекції на площину використовуються найчастіше для картографування полярних територій. Результат проектування залежить від крапки перспективи або, інакше кажучи, крапки, з якої як би розглядається глобус. Різні положення крапки перспективи, схеми проектування й результати проектування географічної інформації для полярних проекцій на площину наведені на рис.4.5.

Першою показана гномонічна проекція (1), у якій поверхня глобуса розглядається від центра Землі. На схемі проектування внизу показана половинка Земної кулі, площина, на яку йде проектування й промені проектування, що йдуть із центра Землі, а нагорі схематично представлений результат. Поруч показана карта північної півкулі в цій проекції. На ній паралелі представлені концентричними окружностями, а меридіани відходять від полюса прямими лініями. Через особливості проектування на карту не попадають області, значно віддалені від полюса.

Далі наведена схема проектування для стереографічній проекції (2) – у цьому випадку поверхня Землі розглядається від протилежного полюса. На схемі показана Земна куля цілком і промені проектування.

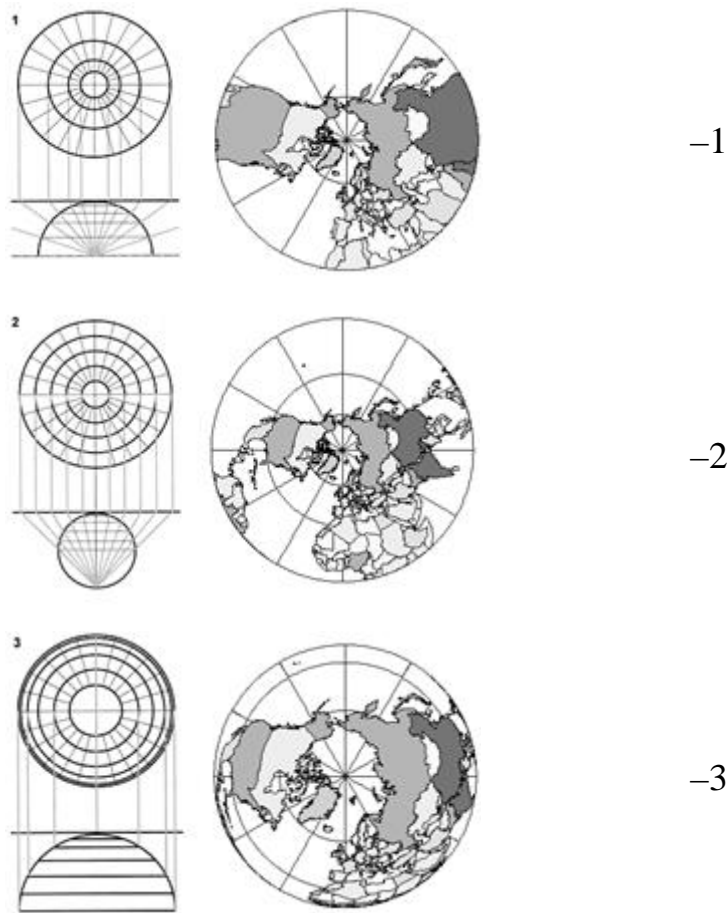


Рис. 4.5. Полярні проєкції на площину:
1–гномонічна, 2–стереографічна, 3– ортографічна.

Карта півкулі в стереографічній проєкції відрізняється від попередніх тим, що відображається вся півкуля. В ортографічній проєкції (3) Земля розглядається з нескінченно вилученої крапки, тому на схемі промені проєктування паралельні один одному. Хоча в цьому випадку, як й у стереографічній проєкції, на карту попадає вся півкуля, області, розташовані близько до екватора, виявляються стислими.

Інші прості картографічні проєкції будуються з використанням допоміжних поверхонь, які можна, розгорнувши, привести до плоского стану. Типовими прикладами поверхонь, що розгортаються, є циліндри й конуси, відповідно проєкції, побудовані з використанням цих поверхонь, будуть називатися циліндричними й конічними.

Приклад циліндричної проєкції показано на рис. 4.6. Там ліворуч

показаний глобус, а праворуч результат подання географічної інформації в рівнопроміжній циліндричній проекції PlateCarree. Це проста, дуже популярна в минулому, проекція, що перетворить сітку широт і довжин у сітку з рівних прямокутників.

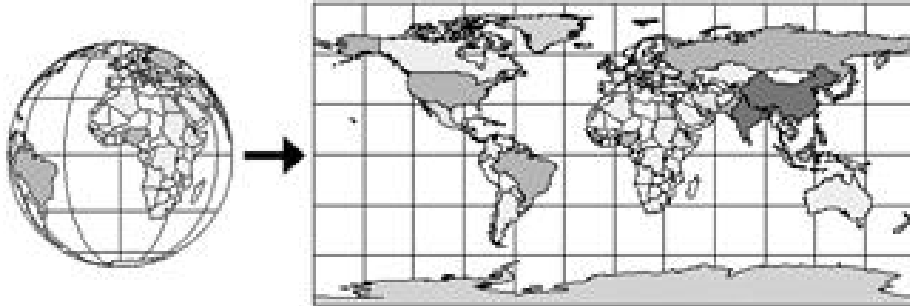


Рис. 4.6. Циліндрична проекція PlateCarree.

На наступному рисунку показана рівнопроміжна конічна проекція (рис. 4.7). Наведена проекція побудована з використанням січної конічної поверхні (січні паралелі: 20-а й 60-а). Конічні проекції використовують звичайно для середніх широт. Ясно, що січна проекція дає менші перекручування, ніж дотична проекція.

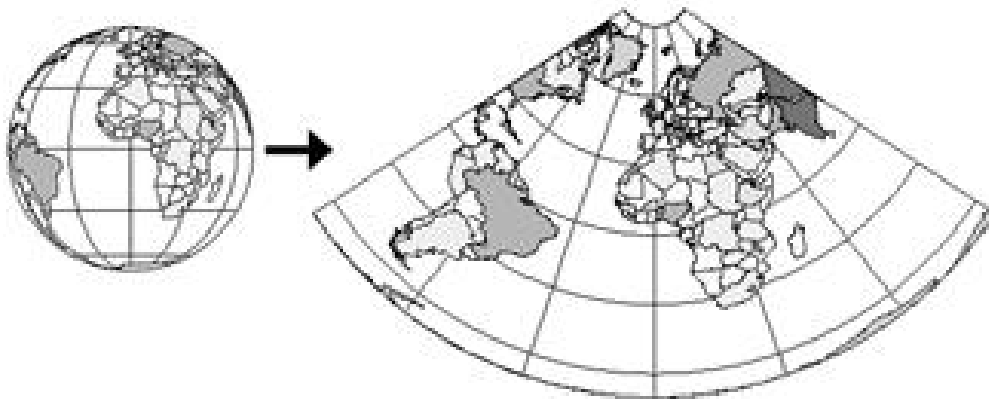


Рис. 4.7. Рівнопроміжна конічна проекція.

4.3. Просторова інформація в ГІС

Просторова (картографічна) інформація є основою інформаційного блоку ГІС, тому способи її формалізації є найважливішою складовою частиною технології географічних інформаційних систем. Цифрові карти оперують із

двома типами інформації: просторової й описової. Просторова інформація задає форми й положення географічних об'єктів, а описова інформація, інакше називана атрибутивною, надає нам відомості про характеристики (властивості) географічних об'єктів.

Просторова інформація ГІС містить **метричну** частину, що описує позиційні властивості об'єктів, а також пов'язані з нею змістовні (семантичні, тематичні) атрибути, чи просто – «атрибути», як їх прийнято називати в англійській науковій літературі.

Сучасні технології введення просторових даних у комп'ютер, їх інтерпретації і збереження передбачають поелементний поділ змісту існуючих карт. Для введення, наприклад, топографічної карти необхідно здійснити її поділ на шари («теми») однорідної інформації, що містять дані про рельєф, гідрографічну мережу, населені пункти, дорожню мережу, адміністративні межі та ін. Банки картографічних даних у ГІС, таким чином, містять однорідні шари інформації, що, однак, можуть поєднуватися засобами ГІС один з одним у різному співвідношенні відповідно до вимог розв'язуваних завдань. З урахуванням того, що банк картографічних даних у ГІС може містити сотні шарів однорідної просторової інформації, це відкриває широкі можливості для побудови первинних оригіналів поелементних карт на основі шарів однорідних картографічних даних, що зберігаються в комп'ютері.

Просторові дані вводяться і зберігаються в комп'ютері у формалізованому вигляді. У наш час використовуються два основних способи формалізації просторових даних – **растровий** і **векторний**, відповідні двом принципово різним способам опису (моделям) просторових даних. У першому способі просторова інформація співвідноситься з комірками регулярної сітки як з елементами території (растрове подання), у другому – використовується система елементарних графічних об'єктів, положення яких у просторі визначається за допомогою координат (векторне подання). Вибір способу формалізації визначається багатьма факторами, серед яких: характер просторової інформації, джерело одержання даних, специфіка розв'язуваних

завдань, ємність вільної комп'ютерної пам'яті, швидкодія комп'ютера і деякі інші.

4.4. Растрове подання просторових даних

4.4.1. Загальна характеристика

Растрова модель даних ґрунтується на поданні карти за допомогою регулярної сітки однакових за формою й площею елементів. **Растрове зображення** – це двовимірний матриця осередків (пікселей) однакового розміру, причому в кожному осередку зберігається значення атрибута, що може являти собою результат виміру, інтерполяції, класифікації або інакше обчислене значення. У ГІС найчастіше використовуються растри, що представляють собою зображення земної поверхні, отримані за допомогою аерофотознімків або зйомки з космосу. Такі зображення – це зафіксована величина відбитого від поверхні Землі випромінювання, обмірюваного в деякій області спектра. Крім того, що ці зображення показують границі між географічними об'єктами (наприклад, добре виділяються водні об'єкти, при достатній якості видно будівлі й т.д.), після належної обробки вони можуть дати інформацію про тип ґрунтів або про переважний вид рослинності на досліджуваній території.

Структура растрових даних роз'яснена на рис. 4.8, на якому показаний збільшений фрагмент растрового зображення (угорі), що складається з шести рядів (рядків) і дев'яти колонок (стовпців) пікселей. Наведеному фрагменту відповідає показана нижче матриця чисел або атрибутів растра. Поруч із нею показано, якими кольорами відображається кожний з атрибутів на екрані комп'ютера, а також представлена легенда, що роз'ясняє, яка інформація закодована в растрі.

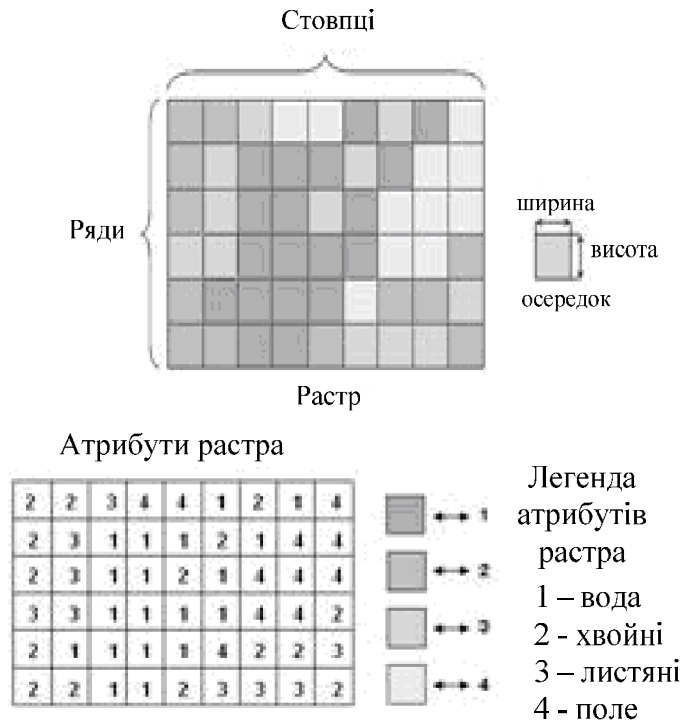


Рис.4.8. Структура растрових даних.

У наведеному випадку значення, що зберігаються в осередках растра, показують тип поверхні, тобто растр представляє тематичні атрибути. Крім тематичної інформації, растр може представляти коефіцієнт відбиття світла (альbedo) поверхні, інтенсивність випромінювання в ІЧ або мікрохвильових частинах спектра, а також висоти, концентрації речовин, температуру або інші безперервні характеристики картуємої поверхні.

Географічна прив'язка растрових зображень здійснюється за наступним набором даних: координати x , y верхнього лівого кута сітки растра, розмір осередку, кількість рядків і стовпців.

Растровий спосіб формалізації просторових даних має два різновиди – **регулярних мереж** (grid cells) і **власне растровий** (raster), що принципово не відрізняються один від одного, оскільки і той і інший базуються на формалізації просторової інформації за комірками (cells) регулярної мережі, що суцільно покриває територію. У кожній комірці цієї мережі інформація відображається одним числом.

Під **методом регулярних мереж** звичайно розуміють ручний спосіб

оцифрування просторових даних шляхом осереднення або генералізації значень елемента, що цифрується, у кожному квадраті сітки – середнього значення висоти земної поверхні, довжини гідрографічної мережі, концентрації забруднювача, переважаючого різновиду ґрунтового покриву і т.п., що історично передувало появі автоматичних методів растеризації просторової інформації, але застосовується і сьогодні. Перші зразки реалізації даного методу, як одного з методів аналітичного картографування, відносять до 1951 року. На сьогодні уявляється доцільним розглядати метод регулярних мереж як спосіб кодування просторової інформації в рамках растрової моделі даних. Відзначимо також, що останнім часом цей спосіб усе рідше згадується в спеціальній літературі у зв'язку з повсюдним переходом на автоматизовані методи створення цифрових растрових карт.

Растровий спосіб формалізації просторових даних, чи растрова модель просторових даних, у найпростішому випадку полягає в зображенні просторових об'єктів у вигляді мозаїки, що суцільно покриває територію. Ця мозаїка і називається растром. Кожен елемент растра називається **чарункою (коміркою)** растра або **пикселем** (від англ. **pixel**, що є скороченням від **picture element** – елемент зображення).

Найчастіше використовуються комірки квадратної форми, хоча досить широко відомі комірки трикутної і шестикутної форм. Трикутна мозаїка більш гнучка, ніж чотирикутна, і, в принципі краще підходить для моделювання тривимірних поверхонь. Шестикутна ж мозаїка (з комірками, представленими рівними правильними шестикутниками) приваблива тим, що всі сусідні комірки є еквідистантними, тобто відстань між центрами всіх сусідніх комірок однакова, чого не можна сказати, наприклад, про квадратні і тим більше прямокутні комірки растра.

У растровій моделі просторова інформація кодується у вигляді прямокутної матриці – за рядками і стовпцями, розмір якої відповідає розміру вихідного растра (рис. 4.9). У зв'язку з цим положення кожного елемента растра в просторі визначається номерами стовпця і рядка, у яких розміщений даний

елемент. При растрезації картографічних зображень стовпці звичайно розміщуються в напрямку північ–південь, а рядки – захід–схід. Як початкова комірка (з координатами 0, 0 чи 1, 1) найчастіше використовується комірка, розміщена у верхньому (або нижньому) лівому куті растра.

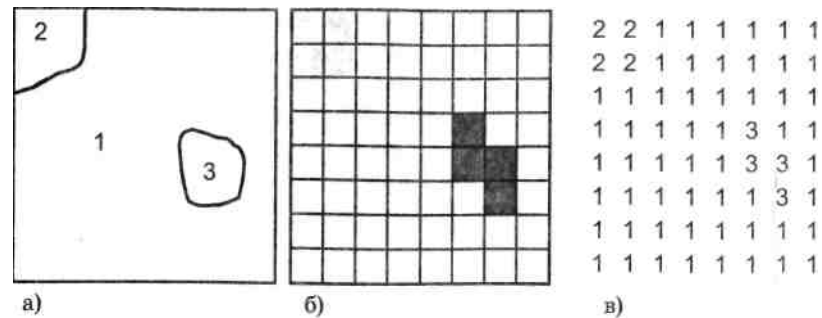


Рис. 4.9. Растрове подання просторової інформації:

а) фрагмент землекористування (1 – рілля; 2 – природна степова рослинність; 3 – ліс); б) його растрове подання; в) відповідний масив цифрових даних.

Шари растрової інформації для бази даних ГІС, як відзначено вище, можуть бути підготовлені вручну – шляхом кодування інформації для кожної комірки растра і подальшого введення в комп'ютер за допомогою текстового редактора або електронних таблиць. Однак виконання такої роботи можна здійснити практично лише при розмірі растра в кілька десятків чи сотень елементів, що не є характерним для сучасних геоінформаційних систем.

Досвід розв'язання завдань, пов'язаних з оцінкою динаміки речовинних потоків в агроландшафтних системах з використанням ГІС, показує, що в багатьох випадках розмір комірки растра не повинен перевищувати 20x20 м. Неважко підрахувати, що в цьому випадку для ділянки території 10x10 км растр буде мати розмір 500x500 і містити 250 000 комірок. Цифрова ж модель Землі ЕТОР05, створена Національним центром геофізичних даних США (ЕТОР05..., 1988), містить більш ніж 9 млн комірок поверхні розміром 5x5 хвилин за широтою і довготою. Зрозуміло, тут можливі тільки автоматичні способи підготовки растрових моделей просторових даних – за допомогою

сканерів, а також комп'ютерної растеризації векторних зображень. Растрову структуру мають також дані дистанційного зондування зі штучних супутників Землі.

Поєднання семантичної і позиційної інформації, що є основним позитивом растрових моделей просторових даних, у той самий час обумовлює один з їх істотних негативів – необхідність великої ємності пам'яті для збереження оцифрованих даних у комп'ютері. Так, стандартний знімок зі штучного супутника Землі США серії Ландсат (Landsat), що охоплює близько 30 000 км кв при номінальному розмірі пікселя 30x30 м, складається з 35 млн пікселів (Star, Estes, 1990), що еквівалентно приблизно 35 Мб при записі у форматі 1:1.

4.4.2. Ієрархічні растрові структури

Растрові структури зручні для відображення ієрархічно організованої географічної інформації. Подання растрової інформації у вигляді кількох внутрішньо пов'язаних рівнів, при якому нижній рівень відповідає вихідному поданню растра, що має розмір $N \times M$ елементів, а кожний розміщений вище є узагальненням інформації в t комірках нижчого рівня, називається **ієрархічною растровою структурою**. Ієрархічні растрові структури іноді називають **пірамідальними**, або **деревоподібними**.

Частковим, однак таким, що досить часто використовується в ГІС, різновидом ієрархічних растрових структур є **квадротомічні структури** растрових даних, чи **квадродерева** (quadtree, Q-tree), які відрізняються тим, що в них кожен вищерозміщений рівень є узагальненням інформації строго за чотирма комірками нижчерозміщеного рівня (рис.4.10). Завдяки цьому квадродерево має жорстку структуру, що не вимагає додаткового опису. Це – деревоподібний граф, ступінь вершини кожного вузла якого дорівнює 4, тобто розмір комірки кожного вищерозміщеного шару в 4 рази більший, ніж попереднього.

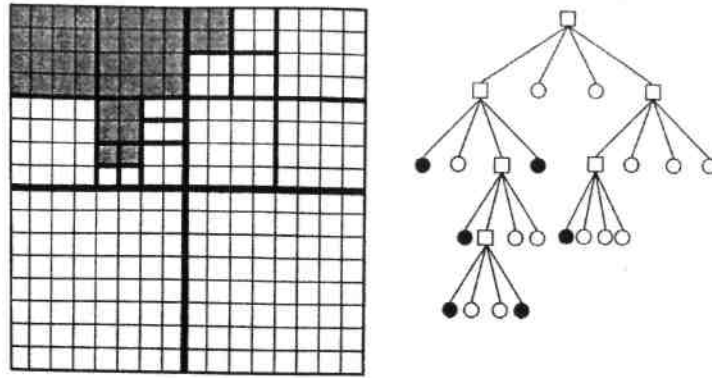


Рис. 4.10. Подання просторового об'єкта з використанням квадротомічної растрової структури.

Особливістю квадродрев є те, що вони дозволяють зберігати й обробляти тільки значущі фрагменти растра. Перехід на нижчі рівні в квадродреві здійснюється лише для просторово неоднорідних комірок даного рівня. Якщо комірка є однорідною, вона кодується на даному рівні. Саме це в поєднанні з жорстко заданою архітектонікою даної ієрархічної структури і відсутністю необхідності зберігати інформацію з незначущих фрагментів растра забезпечує значну економію машинної пам'яті. Крім цього, жорстко задана архітектоніка Q-дерев дозволяє здійснювати швидкий доступ до даних.

Розглянемо пірамідальну структуру, що могла б бути корисною при кодуванні даних для всієї поверхні Землі. Одиначна вершина на верхньому рівні піраміди (дерева) представляє повну поверхню Землі. На 15-му рівні розмір комірки порівняний з тим, що одержують від метеосупутників, на 26-му рівні просторова роздільна здатність порівняна з роздільною здатністю аерофотознімків, а на 30-му рівні – це роздільна здатність сантиметрового масштабу. У ГІС ORRMIS, розроблений в США для цілей регіонального планування, виділено шість рівнів ієрархії. На верхньому рівні, призначеному для збереження агрегованих даних масштабу біома чи континенту, розмір комірок 7,5x7,5 хвилин (площа 15606,6 га), на нижньому – розмір комірок, по яких зберігаються висоти поверхні, 10x10 м (площа 0,01 га). Число максимальних за розміром комірок – 140, мінімальних – більше 200 млн.

Ємність пам'яті, необхідна для збереження пірамідальних структур даних, трохи більша, ніж для збереження вихідного зображення. При послідовному подвоєнні сторони комірок при переході від нижчого рівня до вищого (тобто в квадротомічних растрових структурах даних) це збільшення становить близько 30%. Однак воно, безумовно, виправдовується підвищенням інформативності й універсальності бази даних, а також ефективності ряду алгоритмів обробки просторових даних.

4.4.3. Стиснення растрових даних

Зменшення витрат машинної пам'яті для збереження растрових даних досягається використанням алгоритмів **стиснення**. Одним із простих і досить ефективних методів стиснення растрових даних є **групове кодування** (run-length encoding), що використовує просторову автокорельованість даних, особливо чітко виражену на класифікованих картах, тобто на картах контурів або ареалів, у межах яких всі комірки містять однакове значення). Так, у межах даного ґрунтового контуру на ґрунтовій карті, ландшафтного контуру на ландшафтній карті і т.ін. всі комірки растра мають те саме значення, що відповідає, наприклад, номеру даного таксона в легенді відповідної карти.

Групове кодування полягає в кодуванні інформації, яка міститься в кожному рядку вихідної матриці за допомогою пар значень, перше з яких являє собою кількість однакових значень кодованого елемента, що йдуть один за одним, друге – значення елемента. У такому випадку матриця, зображена на рис. 4.9 редукується до вигляду:

2,2 6,1
 2,2 6,1
 8,1
 5,1 1,3 2,1
 5,1 2,3 1,1
 6,1 1,3 1,1

8,1

8,1

У тому самому випадку, коли немає необхідності подання даних за рядками, вона зводиться до такого вигляду:

$$2,2 \ 6,1 \ 2,2 \ 19,1 \ 1,3 \ 7,1 \ 2,3 \ 7,1 \ 1,3 \ 17,1.$$

Як бачимо, інформація, подана на рис. 4.9, кодується за допомогою 31 чи 20 чисел, замість 64 при записі у форматі 1:1. Таким чином, ємність пам'яті, що займається, в цьому випадку, становитиме 48% і 31% вихідної відповідно.

У тому випадку, коли растрове зображення представлено двома значеннями – 1 і 0, перше з яких відповідає, наприклад, коміркам, які розміщені всередині контуру об'єкта, що відслідковується, друге – поза ним, для стиснення інформації використовується **рядковий код** (row code), який являє собою послідовність груп з трьох чисел, розділених крапкою з комою. Перше число – це номер рядка, а наступні два – номери комірок у рядку, що мають ненульові значення. У разі наявності в рядку груп комірок з ненульовими значеннями через кому вказуються номери початкової і кінцевої комірок для кожної групи.

Інформація, що міститься в растрі, поданому на рис. 4.9, у припущенні, що це – карта природної рослинності і у комірках, що відповідають природним ценозам – степовим і лісовим (значення 2 і 3 на рис. 4.9), міститься значення 1, а в комірках, що відповідають ріллі (значення 1 на рис. 4.9), міститься значення 0. За допомогою рядкового коду вона подається у такому вигляді:

$$1 \ 1,2; \ 2 \ 1,2; \ 4 \ 6,6; \ 5 \ 6,7; \ 6 \ 7,7,$$

тобто записується в пам'яті комп'ютера 15 цифрами (23% вихідної ємності).

4.5. Векторне подання метричних даних

4.5.1. Загальна характеристика

Векторним способом подання просторових даних, або **векторною**

моделлю, називають спосіб формалізації просторових даних, що ґрунтується на використанні набору елементарних графічних об'єктів, або «графічних примітивів».

В основу векторної моделі покладено **точку (point)** – первинний графічний елемент із координатами (x, y) , місце розташування якого відоме з довільно заданою точністю. Дві точки з координатами (x_1, y_1) і (x_2, y_2) формують другий графічний примітив, **лінію (line)** – відрізок прямої, що з'єднує ці точки. Замкнута послідовність ліній відокремлює частину поверхні – **полігон (polygon)**, який є третім з основних елементарних графічних об'єктів, або графічних примітивів, на яких базується векторна модель просторових даних. Найкраще таке подання підходить для дискретних об'єктів з певними формами й границями.

Крапки (points) представляють географічні об'єкти, які занадто малі, щоб зображувати їх в обраному масштабі у вигляді полігонів або ліній, наприклад, це можуть бути населені пункти, будинки, автозаправки, телефонні стовпи, колодязі. Крапками також відображають місця подій, наприклад, місця злочинів або спалахи захворювань. Місце розташування крапки на карті задається однією парою географічних координат (x, y) . Крапкові об'єкти мають при собі, як правило, описову (атрибутивну) інформацію. Наприклад, для населеного пункту атрибутом може бути чисельність населення. При формуванні карти ГІС визначають положення населених пунктів на площині за іншими географічними координатами, а різні значення атрибутів (різну чисельність населення) відобразить за допомогою умовних знаків:

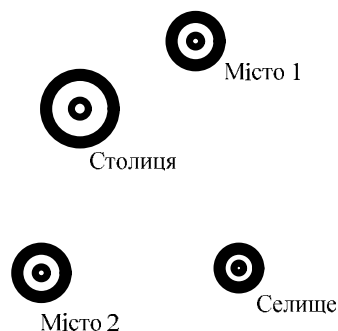


Рис. 4.11. Відображення крапкових об'єктів.

На рис. 4.11 різна чисельність населення відображена різною величиною кружка, що обраний як символ, і відображає населені пункти. Атрибутивна інформація крапкових об'єктів, як і будь-яких інших об'єктів у векторному поданні, зберігається в окремій таблиці. Один крапковий об'єкт може мати кілька атрибутів. Наприклад, атрибутивна таблиця чотирьох об'єктів, зображених на рис. 4.11, може виглядати так, як показано в таблиці 4.1. У цьому випадку крапкові об'єкти мають два атрибути – назва населеного пункту і чисельність проживаючого там населення

Таблиця 4.1

Атрибутивна таблиця крапкових об'єктів.

№	Ім'я	Населення
1	Столиця	3070101
2	Місто1	50867
3	Місто2	68901
4	Селище	567

Лінії (lines) представляють протяжні географічні об'єкти, які занадто вузькі в обраному масштабі, щоб зображувати їх у вигляді полігонів або, інакше кажучи, щоб зображувати їх у вигляді об'єктів, що мають ширину. Лініями відображаються дороги, ріки, трубопроводи й т.п. Крім цього на карті можуть бути присутнім ізолінії, яким не відповідає ніякий географічний об'єкт й, які відображають, наприклад, лінії рівної висоти. Просторова інформація про лінійні об'єкти представляє собою послідовні набори пар координат, які при з'єднанні утворюють лінії. Лінійні об'єкти так як і крапкові об'єкти мають при собі описову інформацію, яка також зберігається в окремих атрибутивних таблицях. Наприклад, мережа доріг різного статусу може виглядати так, як показано на рисунку 4.12.

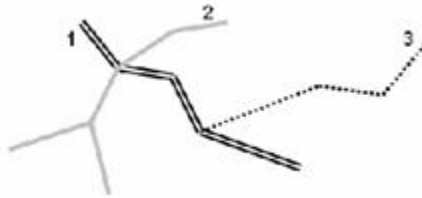


Рис.4.12. Відображення лінійних об'єктів.

На рисунку показані дороги різного значення: головна (1), що перетинає її дорога місцевого значення (2) і та що виходить від головної ґрунтова дорога (3). Атрибутивна таблиця зображених лінійних об'єктів виглядає, наприклад, так (Таблиця 4.2):

Таблиця 4.2

Атрибутивна таблиця лінійних об'єктів.

№	Рівень
1	first
2	second
3	third

Полігони (polygons) – це замкнуті фігури, які показують форму й положення майданних об'єктів, таких, як держави, райони, водойми, земельні ділянки, типи ґрунтів й ін. Полігони представляються ламаними лініями, початок і кінець яких збігаються. Полігони так само як інші векторні об'єкти мають при собі описову інформацію. Важливо розуміти, що, хоча полігональний об'єкт може мати багато різних атрибутів, що описують його властивості, всі ці атрибути описують полігон цілком. Пояснимо це на прикладі. На рисунку 4.13 (а) зображений полігон, що показує землю, що належить фермерові Б. Цей полігон може мати різні атрибути, наприклад, номер запису цієї ділянки землі в кадастрі, площу, прізвище фермера, якому він належить і т.п., як це представлено в таблиці 4.3.

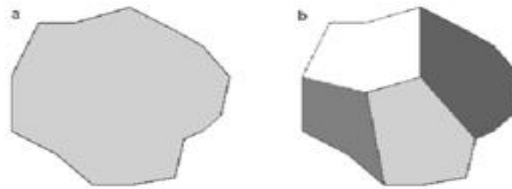


Рис. 4.13. Відображення полігональних об'єктів.

Якщо ж ми захочемо показати, як фермер Б розпорядився своєю землею, тобто – де в нього посаджені сільськогосподарські культури і які, де пасовище – нам доведеться розбити цей полігон на більш дрібні ділянки так, щоб кожний з нових полігонів представляв однорідну область (рис.4.13(b)). Доведеться створити й нову атрибутивну таблицю 4.4.

Таблиця 4.3

Атрибутивна таблиця полігонального об'єкта до рис.4.13 (а)

№	Номер	Площа	Власник
1	n	2105	Петров І.І.

Таблиця 4.4

Атрибутивна таблиця полігональних об'єктів до рис.4.13 (б)

№	Номер	Застосування
1	n	Пасовище
2	n	Картопля
3	n	Жито
4	n	Кормові

Для зв'язку з попередньою таблицею в новій таблиці залишене поле Номер (вторинний ключ). Те, що значення ідентифікатора Номер для всіх нових полігонів однаково, говорить про те, що всі вони є частиною полігона з Номером = n. Стовець № містить ідентифікатори нових полігонів: 1, 2, 3, 4. Стовець «Застосування» містить інформацію про те, як фермер Петров І.І. розпорядився своєю землею.

Із всієї сукупності векторних географічних об'єктів можна виділити класи родинних об'єктів. Це, наприклад, ріки, відображені лініями, які впадають в інші ріки, моря або озера. Це можуть бути залізниці, які утворюють залізничну мережу й можуть початися від іншої залізниці, але не починаються від шосейної дороги. Інший приклад – озера, тобто водні об'єкти, відображувані полігонами. З таких класів родинних об'єктів, які можуть називатися шарами або темами (по-різному в різних ГІС), і становлять карту. Шар (або тема) є основною одиницею географічного подання території на карті.

На рис. 4.14 схематично показаний процес об'єднання в найпростішу цифрову карту двох шарів. Першим виведений шар водних об'єктів, представлених полігонами, – це озера й ріки, що мають значну ширину. Він має назву Lakes. Другим показаний шар водних об'єктів, представлених лініями, – це ріки, канали й протоки між озерами. Він названий Rivers. Результатом об'єднання описаних шарів є карта водних об'єктів (MAP).

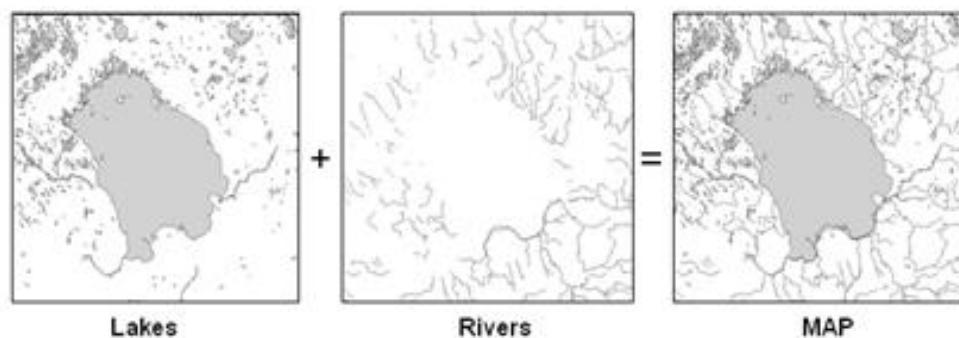


Рис. 4.16. Об'єднання двох векторних шарів у цифрову карту.

4.5.2. Точкова полігональна структура

Сукупність цих трьох елементарних графічних об'єктів – точки, лінії та полігону – цілком достатня для опису форми як лінійних, так і просторових картографічних об'єктів, які в цьому випадку кодуються як сукупність координат точок, що апроксимують форму лінійного об'єкта, наприклад, адміністративного кордону, русла ріки і т.п., або контуру (границі)

територіального об'єкта, наприклад, території землекористування населеного пункту, басейну ріки і т.п. У базі даних у цьому випадку зберігається пооб'єктна інформація про координати точок введення (рис. 4.17). У структуру таблиць може бути введена атрибутивна інформація для об'єктів, що цифруються, а також інформація про графічне зображення об'єктів на карті.

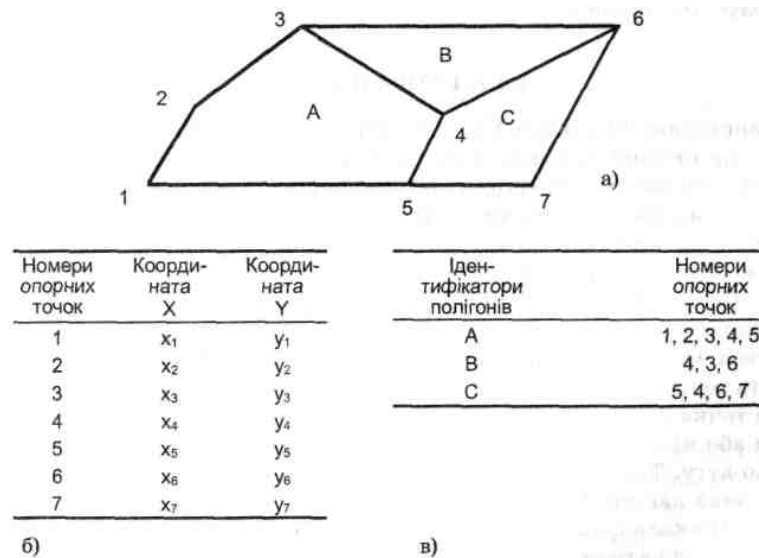


Рис. 4.17. Подання картографічних даних з використанням точкової полігональної структури: а) формалізація вихідної карти; б) таблиця координат опорних точок; в) таблиця атрибутів полігонів.

Спосіб векторного подання метричних даних з використанням трьох зазначених вище елементарних графічних об'єктів має назву **точкової полігональної структури (Point Polygon Structure) векторних даних**. Він належить до категорії **нетопологічних** векторних структур даних, які часто називають «спагеті».

Цей різновид векторних структур просторових даних відповідає початковому періоду розвитку ГІС–технології, хоча деякі сучасні ГІС–пакети використовують цей формат і далі. Прикладом може бути формат MIF/MID – MapInfo Data Interchange Format – відкритий обмінний формат пакета MapInfo, а також шейп–файли (shapefiles) ГІС–пакетів фірми ESRI.

Основний недолік цього способу формалізації просторових даних полягає у відсутності в запису даних топологічної інформації (інформації про взаємне розміщення об'єктів), що вимагає при введенні метричних даних за допомогою

дигітайзера проводити повний обхід кожного полігона. Це призводить до подвійного проходу по спільних для двох суміжних полігонів межах, що обумовлює значне збільшення витрат часу на введення, а також появу двох, що не збігаються через неточності позиціонування дигітайзера, спільних границь суміжних просторових об'єктів, які створюють так звані «паразитні» полігони.

Значного поширення в наш час набули **топологічні векторні структури**, у яких, крім ідентифікаторів об'єктів і координат, кодується також інформація про взаємне розміщення об'єктів.

4.5.3. DIME–структура

Наприкінці 60–х років XX ст. у Бюро перепису США (US Bureau of the Census) при підготовці до чергового перепису населення було розроблено структуру збереження просторової інформації, яку було названо за першими літерами слів Dual Independent Map Encoding (подвійне незалежне кодування карт) DIME–структурою. Вона належить до топологічних векторних структур даних.

Основним елементом DIME–структури є **дуга (arc)** або **сегмент (segment)** – послідовність ліній, що починається і закінчується вузловими точками. Під **вузловою точкою (node)** розуміють точку перетину трьох і більш ліній. Хоча сьогодні як вузлова точка або вузол найчастіше розглядається будь–яка початкова або кінцева точка послідовності ліній, що утворює сегмент, або дугу. Так, зокрема, трактується поняття «вузлова точка» у рамках пакета IDRISI.

Приклад формалізації просторових даних з використанням DIME–структури наведений на рис. 4.18. У таблиці сегментів (в) і полігонів (ділянок) (г) додатково введені атрибутивні дані – довжини сегментів (дуг) і прізвища власників, площі та кадастрові номери ділянок.

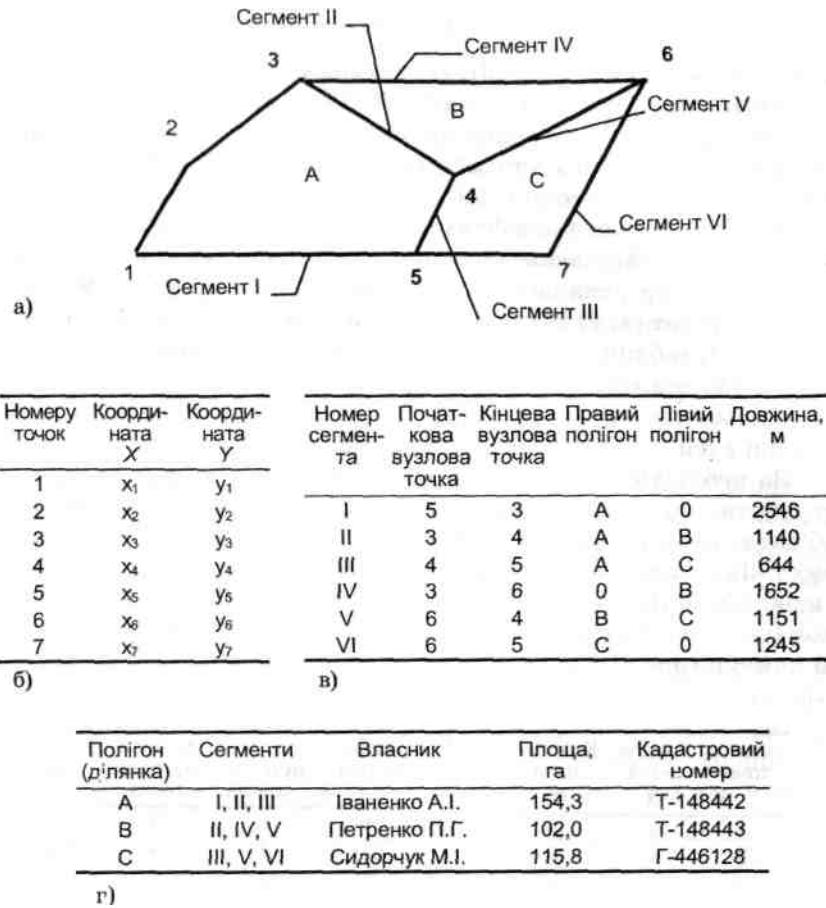


Рис.4.18. Представлення картографічних даних з використанням DIME-структури:

а) формалізація вихідної карти (напівжирним шрифтом виділені номери вузлових точок); б) таблиця координат опорних точок, в) таблиця сегментів; г) таблиця полігонів.

Введення топологічних характеристик у структуру векторних даних дозволило уникнути основного недоліку точкових полігональних структур – необхідності подвійного обведення спільних меж і пов'язаних з цим похибок. Кожна точка при цьому запам'ятовується тільки один раз у складі якого-небудь сегмента (дуги) і може використовуватися багаторазово – стільки разів, скільки це буде необхідно.

4.5.4. Структури «дуга–вузол»

Подальшим розвитком DIME–структури є векторні топологічні структури типу **дуга–вузол (Arc–Node Structure)**, або **лінійно–вузлові** структури векторних даних, у яких об'єкт у базі даних структурований ієрархічно, а базовими елементарними графічними об'єктами, крім точки, лінії і полігону є дуга (або сегмент). Опис метричного навантаження карти в базі даних з використанням лінійно–вузлової структури векторних даних, як і в DIME–структурі, складається з трьох наборів даних: 1) таблиці пар координат (x, y) точок введення, що представляють геометрію дуг, 2) таблиці атрибутів дуг і 3) таблиці атрибутів полігонів. Але на відміну від DIME–структури в таблиці атрибутів дуг наводяться тільки початкова (from) і кінцева (to) точки (вузли) кожної дуги

а)			б)			
Номери точок	Координата X	Координата Y	Номер сегмента	Початкова вузлова точка	Кінцева вузлова точка	Довжина, м
1	x ₁	y ₁	I	5	3	2546
2	x ₂	y ₂	II	3	4	1140
3	x ₃	y ₃	III	4	5	644
4	x ₄	y ₄	IV	3	6	1652
5	x ₅	y ₅	V	6	4	1151
6	x ₆	y ₆	VI	6	5	1245
7	x ₇	y ₇				

в)				
Полігон (ділянка)	Сегменти	Власник	Площа, га	Кадастровий номер
A	I, II, III	Іваненко А.І.	154,3	T-148442
B	II, IV, V	Петренко П.Г.	102,0	T-148443
C	III, V, VI	Сидорчук М.І.	115,8	Г-446128

Рис. 4.19. Подання в базі даних фрагмента картографічної інформації, з використанням структури «сегмент (дуга) – вузол»:

а) таблиця координат опорних точок; б) таблиця сегментів; в) таблиця полігонів.

Вказівки на лівий і правий полігони не наводяться. За необхідності в структуру таблиць можуть бути введені атрибути, що характеризують точкові, лінійні або полігональні об'єкти. Це можуть бути, наприклад, характеристики початкових і кінцевих точок введення дуг, назви вулиць (лінійних об'єктів) і їх

метричні характеристики, власники земельних ділянок (полігональних об'єктів), їхня площа і унікальні кадастрові номери (рис. 4.19).

Лінійно–вузлові (топологічні) структури векторних даних представлені досить великою кількістю різновидів. Відзначимо модель TIGER (The Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing data format), яку було розроблено в Бюро переписів США для заміни DIME–структури наприкінці 80–х років XX ст., а також DLG–структуру (Digital Line Graph Structure) – стандарт Геологічної служби США (USGS) для пошарового кодування інформації, що міститься на топографічних картах і DLG–E – Digital Line Graph–Enhanced – розширену версію формату DLG, а також покриття (coverage) – топологічний векторний файл ГІС–пакетів фірми ESRI.

4.5.5. Геореляційна структура

Останніми роками для організації векторних даних у рамках лінійно–вузлової моделі широко використовується **реляційна**, або **геореляційна**, структура даних, 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. Таким чином, геореляційна структура забезпечує однозначну відповідність точкових, лінійних і полігональних об'єктів атрибутивній інформації, яка дозволяє вибирати й аналізувати інформацію, що міститься в базі даних, як за просторовими, так і за атрибутивними критеріями. Просторові й атрибутивні дані, наведені на рис.4.18, при використанні геореляційної структури записуються в серію таблиць, зображених на рис. 4.20.

Відзначимо також, що в більшості сучасних систем векторної формалізації метричних даних використовуються лінійні сегменти, які складаються із послідовних відрізків прямих ліній. Теоретично при необмеженому зменшенні відстані між точками введення, які обмежують ці відрізки, може бути описана будь–яка крива. Однак на практиці це призводить до надмірного збільшення

витрат ручної праці при введенні складних кривих.

а)		
Номери точок	Координата X	Координата Y
1	x_1	y_1
2	x_2	y_2
3	x_3	y_3
4	x_4	y_4
5	x_5	y_5
6	x_6	y_6
7	x_7	y_7

Номер сегмента	Початкова вузлова точка	Кінцева вузлова точка
I	5	3
II	3	4
III	4	5
IV	3	6
V	6	4
VI	6	5

Номер сегмента	Довжина, м
I	2546
II	1140
III	644
IV	1652
V	1151
VI	1245

в)		Полігон (ділянка)	Власник	Площа, га	Кадастровий номер
A	I, II, III	A	Іваненко А.І.	154,3	T-148442
B	II, IV, V	B	Петренко П.Г.	102,0	T-148443
C	III, V, VI	C	Сидорчук М.І.	115,8	G-446128

Рис. 4.20. Представлення у базі даних фрагмента картографічної інформації, з використанням реляційної векторної структури:

а) таблиця координат опорних точок; б) таблиці сегментів; в) таблиці полігонів.

Розроблено різні методи апроксимації кривих, які дозволяють не вдаватися до надмірного зменшення кроку дигітизування при введенні навіть дуже складних кривих (границь ґрунтових чи ландшафтних контурів, берегової лінії, русел рік, горизонталей, трас доріг та ін.). Найчастіше з цією метою використовуються аналітичні методи опису відрізків кривих – як дуг окружностей змінного радіуса, або з застосуванням сплайнів.

4.5.6. TIN–модель

Найбільш використовуваною векторною полігональною структурою (моделлю) просторових даних є **трикутна нерегулярна мережа (Triangulated**

Irregular Network), відома під аббревіатурою **TIN**. Вона будується шляхом об'єднання відомих точкових значень у серії трикутників за алгоритмом тріангуляції Делоне. Модель використовується для представлення поверхні у вигляді сукупності суміжних тривимірних (3D) трикутних граней, що не перекриваються.

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.

Завдяки своїй «нерегулярності» TIN–модель є більш гнучкою порівняно з растровою і дозволяє більш компактно і з меншими похибками описати поверхні з вкладеними формами, такі, як, наприклад, топографічна поверхня. Тому TIN–модель звичайно використовується для побудови цифрових моделей рельєфу, зокрема, у рамках програмних ГІС–пакетів фірми ESRI (ARC/INFO, ArcView GIS, ArcGIS).

Модель розглядає вузли або точки мережі як первинні елементи. Топологічні відношення встановлюються шляхом створення в базі даних для кожної вузлової точки вказівок на сусідні вузли. Простір, що оточує територію, яка моделюється TIN, подається фіктивною вузловою точкою. Це допомагає в описі топології примежових точок і спрощує цю процедуру.

База даних TIN–моделі містить три набори записів: список вузлових точок, список покажчиків і список трикутників (рис. 4.21). Список (таблиця) вузлових точок містить номери вузлових точок, їхні координати, кількість сусідніх вузлових точок і початкове положення ідентифікаторів цих сусідніх точок у списку покажчиків. Вузлові точки на межі розглянутої області використовують як покажчик якогось фіксованого значення, наприклад – 32000. Список (таблиця) покажчиків для кожної вузлової точки містить номери сусідніх вузлових точок.

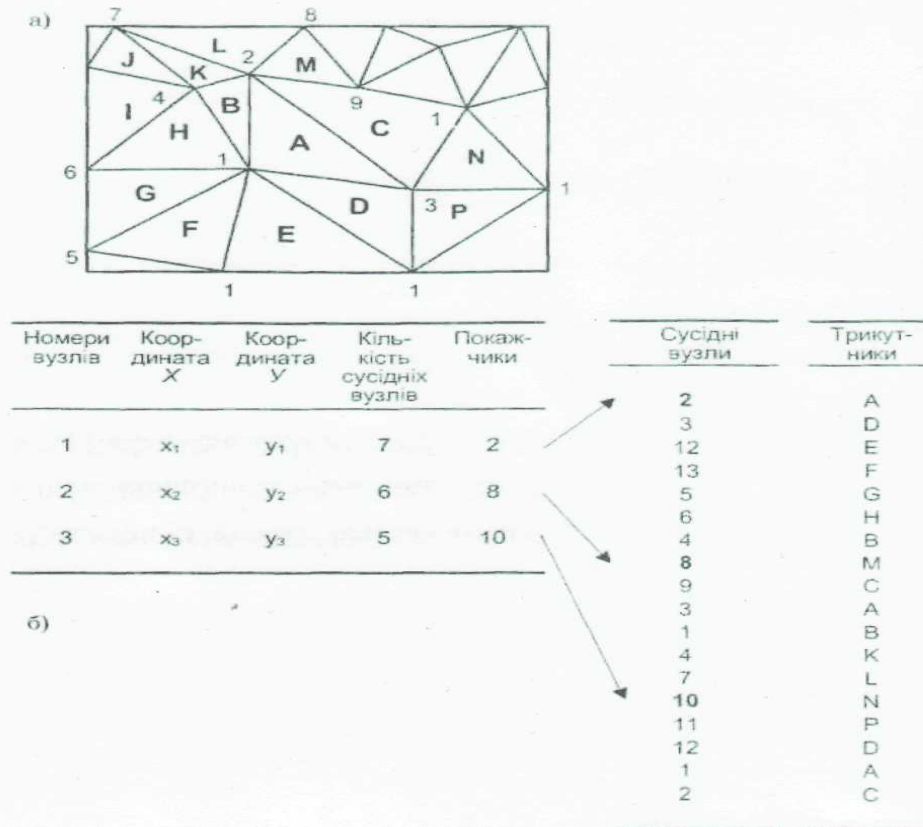


Рис. 4.21. Трикутна нерегулярна мережа і її представлення у базі даних:
 а) фрагмент мережі; б) таблиця вузлових точок; в) таблиця показників;
 г) таблиця трикутників.

Список сусідніх вузлів починається від північного напрямку і відповідає ходу годинникової стрілки.

Списки вузлових точок і показників містять всю істотну атрибутивну і топологічну інформацію, тому вони використовуються в багатьох додатках. При деяких додатках, таких, як картографування ухилів або аналітичне затінення схилів, необхідно вміти посилатися безпосередньо на трикутники. Ця процедура виконується з використанням списку трикутників шляхом зв'язування кожного спрямованого ребра мережі з трикутником, розміщеним праворуч. У результаті кожен трикутник асоціюється (зв'язується) із трьома просторово орієнтованими ребрами, описаними в списку показників.

Специфічним методом опису об'єктів є **восьмизв'язний код Фрімана**. Це набір з восьми цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), кожна з яких кодує один із восьми

фіксованих напрямків. Опис форми будь-якої кривої в цьому випадку є послідовністю цифр, що характеризують напрямки на кожному кроці дигітизування. Так, контур об'єкта, який представлений на фрагменті «б» рис. 4.22., описується за допомогою рядка: 00011222234445566667.

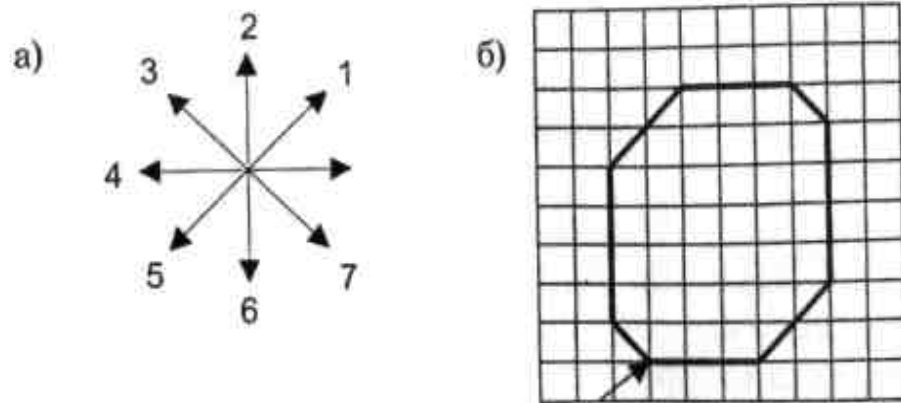


Рис. 4.22. Восьмизв'язний код Фрімана (а) і приклад його застосування (б).

На закінчення згадаємо про *ланцюгове кодування* (chain encoding) векторних даних як про спосіб стиснення векторної інформації. Ланцюгове кодування застосовується у випадках, коли відстань між точками введення настільки мала, що приріст координат між суміжними точками виражається малими частками одиниці, як у наведеному нижче прикладі:

(45,4580; 30,7288) (45,4571; 30,7292) (45,4566; 30,7284) (45,4561; 30,7274).

При ланцюговому кодуванні повністю записуються лише координати першої точки. Для всіх же інших вказується приріст координат між поточною точкою і попередньою, виражений в тисячних частках одиниці, із зазначенням знака:

(45,4580; 30,7188) (-09, +04) (-05, -08) (-05, -10).

Таким чином досягається істотне стиснення інформації. Однак можливості застосування даного методу кодування обмежені дуже незначними змінами координат між сусідніми точками введення (не більше 0,0099 (Core Curriculum, 1991)).

4.6. Порівняння векторної й растрової моделі даних

Розходження між векторною й растровою моделями даних пояснюються рис. 4.23.

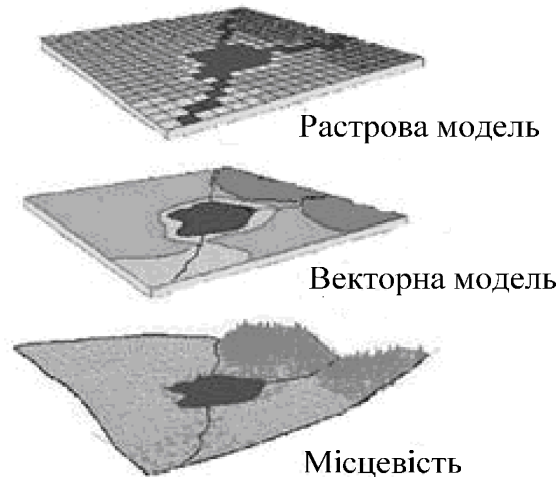


Рис. 4.23. Відображення місцевості векторною й растровою моделями даних.

На цьому рисунку показано як об'єкти місцевості – озера, річки, ліси, поля й т.п. – відображаються на площині за допомогою векторної й растрової моделі даних. Векторний підхід полягає в тому, щоб всі об'єкти, що зустрічаються на місцевості, були представлені у вигляді крапок, ліній або однорідних полігонів. Растровий підхід полягає в тому, щоб розділити представлену територію на квадрати (розмір квадратів залежить від того, наскільки докладно потрібно описати місцевість) і розфарбувати ці квадрати так, щоб отримана картина нагадувала реальну. При цьому векторним об'єктам буде зіставлена атрибутивна інформація, що описує властивості реальних об'єктів, а растровій сітці осередків буде відповідати матриця чисел, що представляють властивості території.

Різниця між двома моделями даних більш наочно показана на рис.4.24. Тут у растровому й векторному поданні показане озеро, три річки, що впливають із його, і один крапковий об'єкт (наприклад, джерело). Крапки в растровому поданні відображаються однією або декількома суміжними осередками. Лінії

можуть бути представлені ланцюжком осередків, шириною в одну або кілька осередків. Полігони відображаються масивом суміжних осередків. Ясно, що розмір осередків растра буде впливати на якість результатів, що представляють. Використання занадто більших осередків приведе до втрати певної частини інформації. Використання ж занадто малих осередків зажадає великого обсягу пам'яті для зберігання растра й збільшить час, необхідний на його обробку.

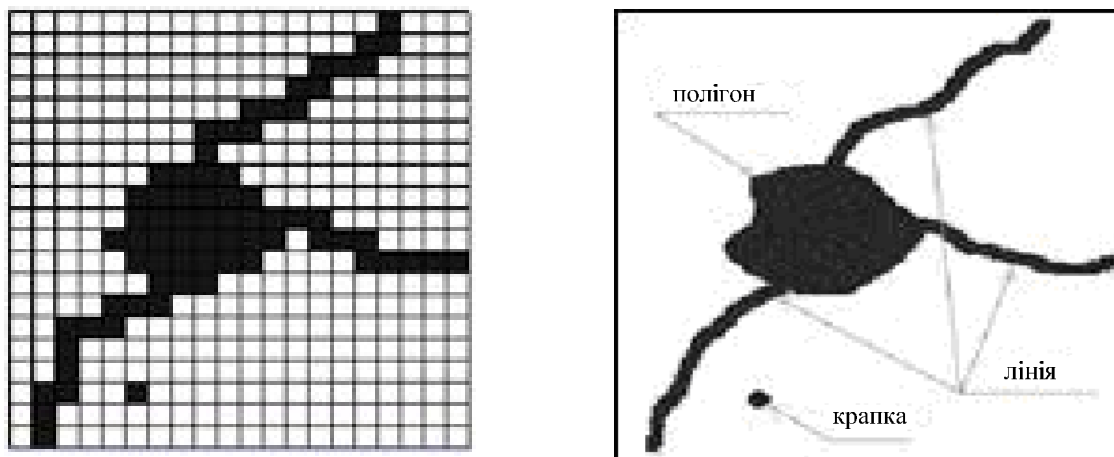


Рис. 4.24. Зіставлення растрової й векторної моделі просторових даних.

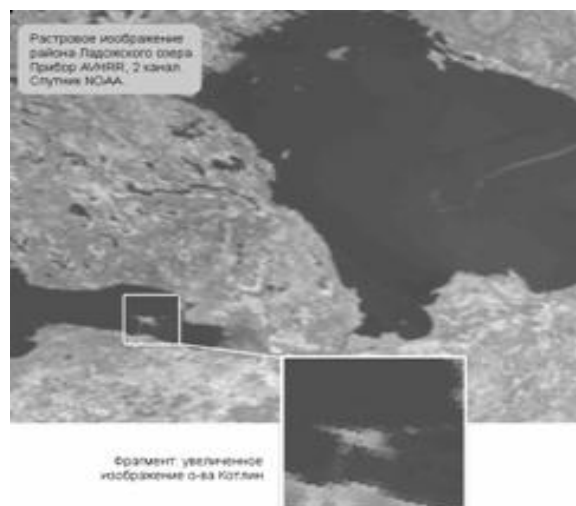


Рис.4.25. Растровий спосіб подання території.

На зображенні (рис 4.25) добре видно два водних об'єкти – Ладожське озеро й Фінська затока Балтійського моря.

На наступному рисунку (4.26) та ж територія представлена векторною картою. З одного боку, очевидно, що на рисунках показана та сама територія. З іншого боку, добре видні й розходження. Зокрема, суша на векторній карті однорідна: вона представлена єдиним для всієї карти сірими кольорами, а на растровому зображенні при відображенні суши використані різні відтінки сірого, що свідчить про те, що растрове зображення зберігає інформацію про неоднорідність властивостей поверхні. Крім того, щоб підкреслити розходження, на обох рисунках показані збільшені фрагменти. У випадку векторного зображення збільшення фрагмента дає нам його в більш детальному зображенні. У випадку ж растрового зображення збільшення означає збільшення розмірів виведених на екран осередків зображення (пікселей), у підсумку стає помітною структура растрового зображення, а саме зображення виявляється розмитим.



Рис.4.26. Векторний спосіб подання тієї ж території.

4.7. Вибір способу формалізації і перетворення структур даних

Растрові і векторні структури даних мають свої переваги і недоліки. До переваг растрових структур слід віднести злиття позиційної і семантичної атрибутів просторової інформації в єдиній прямокутній матриці; при цьому

відпадає необхідність в особливих засобах збереження й обробки семантики просторових даних (як у векторних структурах), що значно спрощує аналітичні операції з растровими зображеннями, зокрема, оверлейний аналіз. Основними недоліками растрового подання є значна ємність машинної пам'яті, необхідна для збереження растрових даних; висока вартість сканерів, що забезпечують автоматизоване введення інформації; а також недостатньо висока точність позиціонування точкових об'єктів і зображення ліній (особливо похилих), зумовлена генералізацією інформації в межах комірки растра.

Основними перевагами векторного подання є компактність збереження (часто в десятки разів вища, ніж при растровому), висока точність позиціонування точкових об'єктів і зображення ліній. Однак векторні моделі мають складну систему опису топологічної структури даних, унаслідок чого їх обробка вимагає виконання складних геометричних алгоритмів визначення положення вузлових точок, стикування сегментів (дуг), замикання полігонів та ін. Це значно сповільнює маніпулювання векторними даними, особливо на персональних комп'ютерах з порівняно невеликою швидкодією.

Порівняння переваг і недоліків двох основних структур просторових даних показує, що вони взаємно протилежні один одному – переваги одного способу формалізації є недоліками іншого, і навпаки. Це визначає необхідність застосування в рамках ГІС обох способів і, отже, наявності можливості перетворення (конвертації) однієї структури в іншу, і навпаки (виконання так званих **вектор–растрових** і **растр–векторних** перетворень), що в наш час реалізовано у всіх досить потужних ГІС–пакетах. При цьому розв'язання різних завдань доцільно виконувати з використанням того способу формалізації просторових даних, який у даному випадку більш ефективний.

Виходячи з їх переваг і недоліків, векторні структури рекомендується використовувати для збереження феноменологічно–структурованої інформації (грунтові і рослинні ареали, ареали використання земель та ін.), для мережного аналізу, у тому числі транспортних і телефонних мереж, а також для підвищення якості відображення при картографуванні лінійних об'єктів,

растрові структури – для швидкого і дешевого накладення карт і просторового аналізу, а також моделювання в тих випадках, коли доводиться працювати з поверхнями (наприклад, топографічними). Дуже ефективним, зокрема для високоякісного картографування, є поєднання векторного і растрового форматів з використанням векторного формату для збереження і побудови ліній, а растрового – для наповнення (розфарбування) площ.

Ідея вектор–растрового перетворення досить проста: точка замінюється коміркою, лінія – послідовністю комірок, територіальний об'єкт (полігон) – сукупністю комірок із заданим розміром. При цьому укладається угода, наприклад, про те, що при перетворенні ліній у растр значущими стають всі комірки, через які проходить лінія, а при перетворенні полігонів – тільки ті з них, у яких межею полігона відтинається значна частина комірки, як це показано на рис. 4.27.

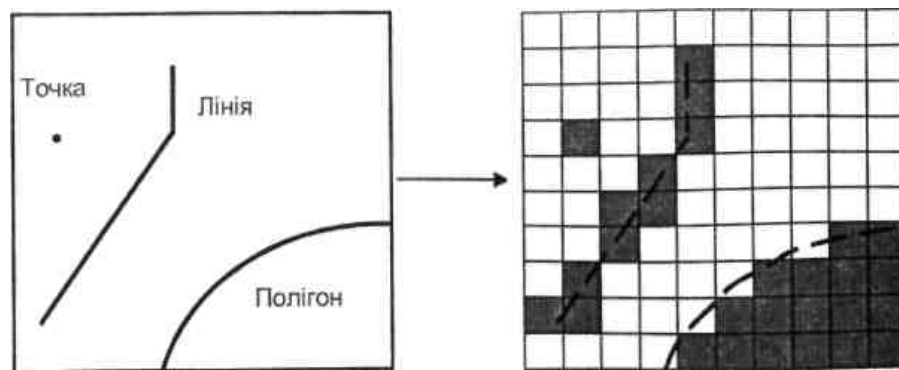


Рис. 4.27. Схема перетворення (конвертації) векторних даних у растрові.

Принцип конвертації растрових структур просторових даних у векторні також очевидний: зміст кожної комірки зводиться до точки, положення якої відповідає, наприклад, геометричному центру цієї комірки. Однак на практиці реалізація цього принципу ускладнюється «розмитістю» лінійних об'єктів і меж територіальних, наявністю «шумів», особливо при векторизації даних дистанційного зондування або растрових зображень, отриманих шляхом сканерного введення. У цьому випадку необхідне проведення попередньої обробки растрових зображень з метою «придушення» шумів, «стоншення»

лінійних об'єктів і меж територіальних, «скелетизації» зображення.

Слід зазначити також, що існують пропозиції щодо комбінованих растр–векторних подань просторових даних, які поєднують вигоди растрового і векторного подань і не потребують вектор–растрового чи растр–векторного перетворення. До таких комбінованих моделей просторових даних відносять **матрично–символьні структури**, що є узагальненням квадротомічних структур даних, і **растрове** представлення, основною логічною одиницею якого є система, яка поєднує кілька рядків сканування і містить елементи векторного і растрового подань.

4.8. Internet–сервіси і ГІС

Технологія Internet ґрунтується на каталогізації й індексації гігантської кількості електронних документів, а так само поданні цих документів у певному стандарті. Фактично в наш час діють стандарти мов HTML (HyperText Markup Language) і XML (Extensible Markup Language), на яких складено величезну кількість документів, що використовуються у всесвітній мережі. Так само використовується об'єктно–орієнтована мова Java, яка призначена для складання складних документів із засобами керування і формування запитів.

Популярність Internet зумовила необхідність розміщення в мережі картографічних сайтів і створення Інтернет–сервісів (Web–сервісів) по роботі з просторовими даними. У той же час формат більшості картографічних баз даних не дозволяє прямо виносити їх на електронний документ, оскільки потрібно підключення великої кількості спеціальних графічних функцій. У цьому випадку передача навіть невеликого картографічного зображення потребувала б одночасної передачі на комп'ютер користувача значної частини програмної оболонки ГІС, що привело б до нефункціонального збільшення обсягу документа, а також зачіпало б комерційні інтереси розробника програмного забезпечення ГІС. Використання ж растеризованих копій картографічних баз для подання і передачі даних значно збіднює можливості

ГІС.

У зв'язку з цим для створення картографічних сайтів розробниками ГІС–програм (ESRI, Autodesk і ін.) складені спеціалізовані модулі, що дозволяють перетворювати картографічні документи і табличні бази даних з оригінального формату ГІС у формати HTML або Java. Частина інформації з картографічної бази даних подана у вигляді карти, і дає користувачу можливість робити уточнюючі запити за допомогою картографічного інтерфейсу. Наприклад, модуль ArcIMS (Internet Map Server), що входить до складу сімейства пакетів ГІС ArcGIS розробки ESRI, дозволяє розробнику створювати «під ключ» Internet–сайти з картографічними документами і можливістю обробки картографічних баз даних.

Картографічний інтерфейс (панорамування, зумування, вибір у рамці, пошук і вибір за атрибутами) дозволяє користувачу звертатися на сайт зі специфічними запитами, що стосуються визначення місця розташування, розрахунку маршрутів руху з відображенням на карті, видачею переліку об'єктів, які знаходяться на певній відстані від цього маршруту чи певної точки та ін.

У наш час уже доступна велика кількість Web–сервісів, заснованих на ArcIMS. До них належать інформаційні сервісні служби багатьох американських і західноєвропейських міст та інших територіальних адміністративних одиниць, що надають користувачу дані про якість життя і комунальне обслуговування населення, а також іншу суспільно–значущу інформацію. Ще одним із напрямків обслуговування інформаційних запитів є земельно–кадастрові системи, що надають відомості про стан і статус земельних ділянок, їхню вартість та ін.

Так само стають популярними ГІС–сервіси, які засновані на аналізі транспортних і інженерних мереж. За запитом користувача розраховується маршрут для відвідування визначених об'єктів, видаються адреси об'єктів з маршрутами проїзду, маршрут між довільними точками та ін. Створюються системи диспетчеризації суспільного транспорту, які дозволяють в

оперативному режимі реагувати на зміну пасажиропотоку, на аварії і пробки, проводити контроль навколишнього середовища тощо.

Для користувачів, які періодично звертаються до баз даних розподілених ГІС, розроблений модуль ArcExplorer, що надає мінімальний набір функцій: завантаження картографічних шарів, організація запитів за просторовими або атрибутивними даними, вимір дистанцій і створення буферних зон, пошук адреси та ін.

На основі окремих ГІС–сервісів розпочате створення глобальної системи Geography Network, яка поєднує сховища геоінформації, пошукові служби і користувачів в усьому світі.

Контрольні запитання і завдання для самостійної роботи.

1. Щотаке картографування?
2. Як описується положення об'єкта на поверхні Землі в географічній системі координат?
3. Поясніть поняття як азимутальної проекції.
4. Дайте характеристику поняттям крапок, ліній і полігонів..
5. На чому ґрунтується растрова модель даних.?
6. Як здійснюється географічна прив'язка растрових зображень?
7. Поясніть розходження між векторною й растровою моделями.
8. Дайте характеристику ієрархічних растрових структур.
9. Як здійснюється стиснення растрових даних?
10. Охарактеризуйте точкову полігональну структуру.
11. Проаналізуйте DIME–структуру.
12. Що є подальшим розвитком DIME–структури ?
13. Дайте характеристику поняття геореляційна структура.
14. Проаналізуйте векторну полігональну структуру просторових даних – трикутну нерегулярну мережу.
15. Поясніть переваги і недоліки растрових і векторних структур даних.

Розділ 5. Технології введення просторових даних

5.1. Введення даних у ГІС

Введення даних 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;
- загальногеографічні 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 вибіркового або повний контроль точності і повноти введення.

5.2. Джерела вхідних даних для ГІС

5.2.1. 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.

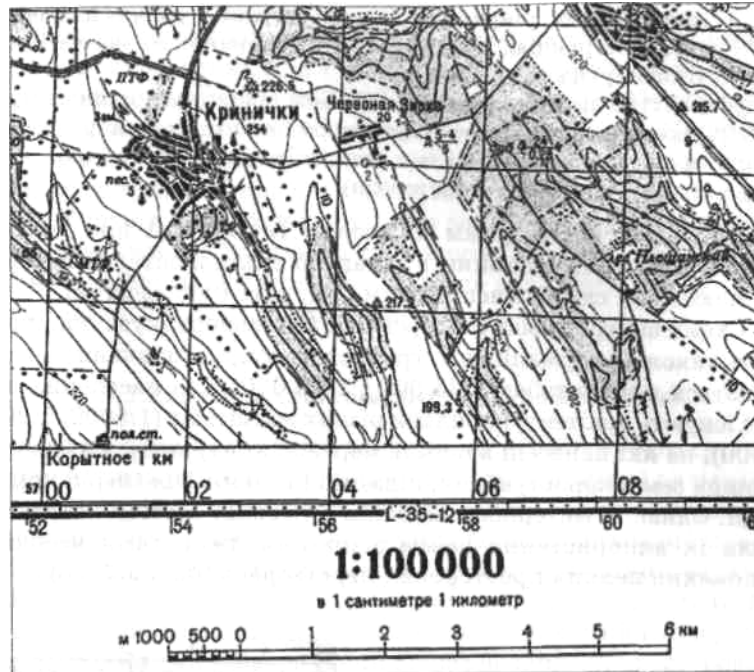


Рис. 5.1. Фрагмент топографічної карти масштабу 1:100000.

Для просторового прив'язування і копіювання даних при побудові багатьох картографічних баз даних, включаючи тематичні карти і цифрові моделі рельєфу, використовуються топографічні карти – загальногеографічні карти універсального призначення, що докладно зображують місцевість. Топографічні карти поділяють на великомасштабні (1:50000 і більше), середньомасштабні (1:100000 – 1:500000), (рис. 5.1) 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, створених 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 i , 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. 5.2 а, б).

Різні загальногеографічні і тематичні карти також можуть бути джерелом даних для ГІС. 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 ГІС-проекту.

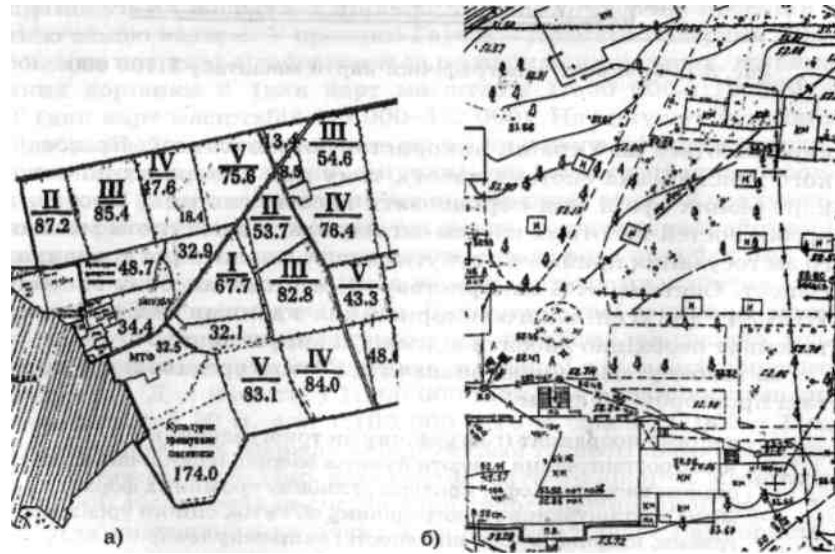


Рис. 5.2. Фрагменти схеми землепорядкування М 1:25000 (а) і архітектурного плану М 1:500 (б).

5.2.2. 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 і т.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 і т.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. 5.3), французької SPOT, індійської Irs, російської «Ресурс». Дані високої просторової точності пропонуються знімальними системами Iconos і QuickBird (США).



Рис. 5.3. Знімок високої просторової точності знімальної системи ДЗЗ Landsat – м. Одеса (з колекції Українського центру менеджменту Землі і ресурсів).

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 ЕгМаппер (Австралія).

Основні характеристики даних, отриманих за допомогою цих знімальних систем, наведені в табл. 5.1.

**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

5.2.3. 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.

5.2.4. 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.

5.3. Технології цифрування вхідних даних

5.3.1. 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 площа 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 однієї 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 перекіс 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 5.4 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.

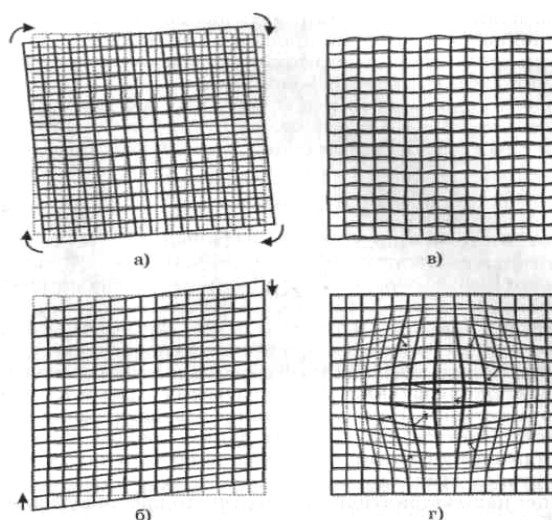


Рис. 5.4. Геометричні трансформації растрових зображень:

- 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.

5.3.2. 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, замкнених 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 заздалегідь розділеними тематичними шарами, тобто на карті, що векторизується, повинні бути елементи одного типу – горизонталі рельєфу, річкова мережа, дороги, контури будинків та ін.

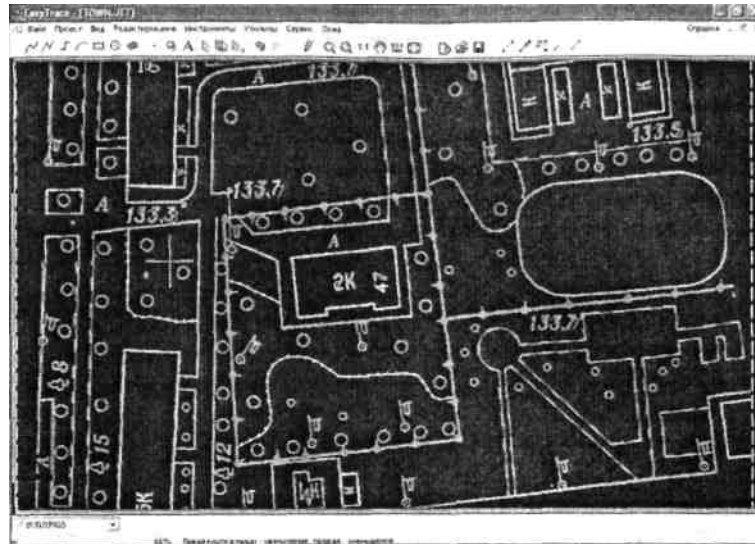


Рис. 5.5. Робочий екран векторизатора Easy Trace з ділянкою міського плану.

Для підвищення яскравості і контрастності растрової карти використовується процедура інвертування кольору, за якої білий колір стає чорним, і навпаки. На рис. 5.5 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).

5.3.3. 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. 5.6). 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. 5.7).

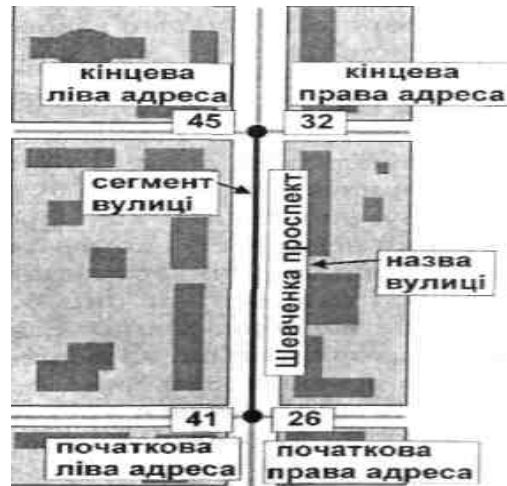


Рис. 5.6. Подання вуличної мережі у форматі StreetMap.

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.

№	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. 5.7. Геокодування місця розташування будинків за адресним прив'язуванням в базі даних формату StreetMap.

5.4. 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, призводить 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 (Київ, 1998));

– Положення про редагування цифрових карт місцевості, які виготовляються на основі картографічних матеріалів з використанням растроскануючого обладнання (затверджене 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 (затверджені Укргеодезкартографією 04.08.94

р.);

– Типові редакційні вказівки на створення карт територій адміністративних районів (затверджені Укргеодезкартографією в грудні 1996 р.);

– Условные знаки для топографических карт масштабов 1:200000 и 1:500000 (ВТУ ГП (Москва, 1983)).

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:

$$V = (J / K)100, \quad (5.1)$$

де V – одиничний показник якості;

J – абсолютна кількість об'єктів з похибками (може виражатися сумою об'єктів з похибками різного типу);

K – 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 6. Подання інформації в ГІС

6.1. 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 геообразень 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'юери). 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**.

6.2. 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.

6.2.1. 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 разграфлення карт (по окремих аркушах топокарт, по градусній сітці). Логічна нерозривність отриманого фрагментованого шару забезпечується засобами, що підтримують безшовні бази даних (Баранов и др., 1997).

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.

6.2.2. Подання екранних видів (вікон)

Програмні продукти ГС здебільшого працюють під керуванням операційної системи Windows і використовують властивості екранних вікон для подання інформації. Екранні вікна ГС-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 установлюватися 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 задання 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 проєкцій, що містяться в спеціальній бібліотеці. У ГІС–пакетах звичайно вмонтовані глобальні і велика кількість регіональних проєкцій.

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 устанавлення 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.

6.2.3. 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 ПС–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 налаштування 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 ПС–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 налаштування 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 налаштування шрифтів

Windows (розмір, колір, нахил, підкреслення), так само використання фону, що забезпечує кращу видимість кольорового оформлення карти.

6.2.4. 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. 6.1 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.

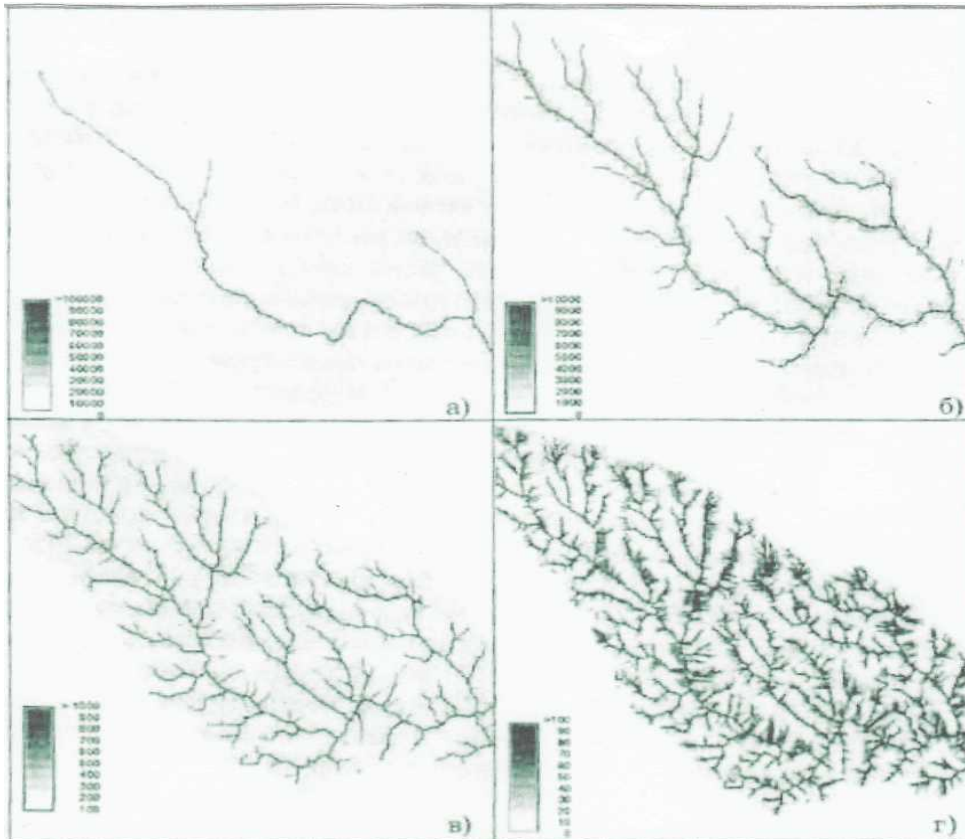


Рис. 6.1. Варіанти візуалізації карти, що являє мережу елементарних водотоків, при зміни верхнього значення відображуваного діапазону:
 а) до 100000 комірок; б) до 10000 комірок; в) до 1000 комірок; г) до 100 комірок.

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). Якщо аномальні значення є наслідком похибки розрахункового методу, їх виведення можна відмінити, знайшовши мінімальні і максимальні значення для відображення поверхні. На рис. 6.2 наведена карта того самого басейну ріки в логарифмічній шкалі.

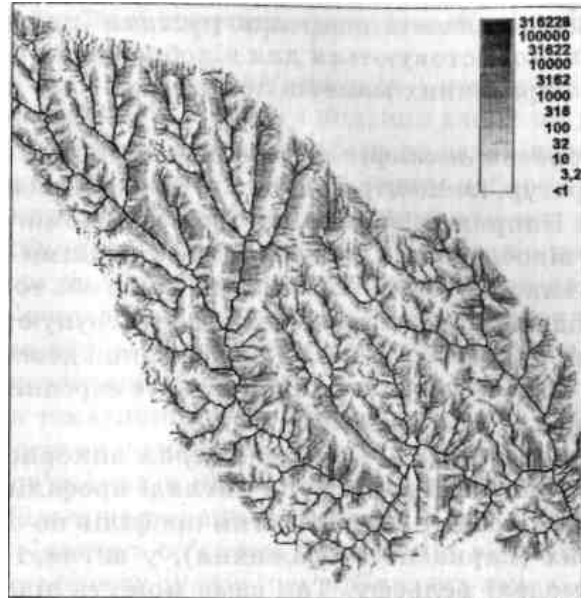


Рис. 6.2. Візуалізація карти, що являє мережу елементарних водотоків, у логарифмічній шкалі.

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 колірної 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 (2x2; 5x5; 10x10 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.

6.3. Тематичне картографування. Картодіаграми

Крім оглядових загальногеографічних 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.

6.3.1. 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 устанавлюються 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. 6.3. 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. 6.3).

Метод рівних інтервалів (Equal Ranges) – кожний діапазон має приблизно рівну різницю між верхнім і нижнім значеннями діапазону (рис. 6.4).



Рис. 6.4. 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. 6.5).



Рис. 6.5. 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. 6.6).

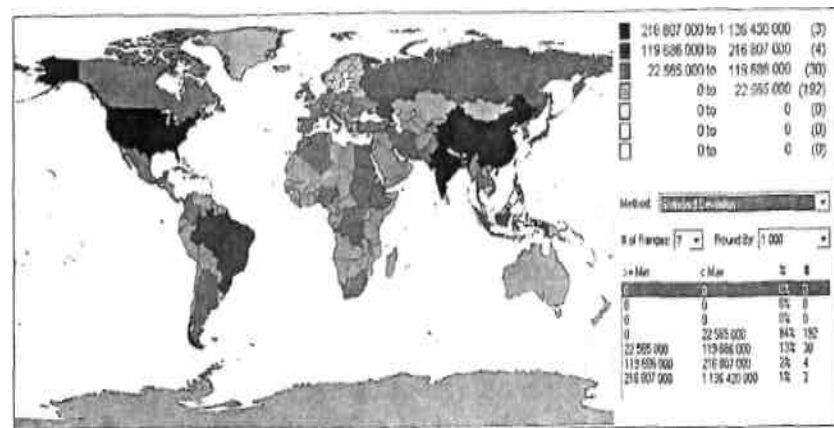


Рис. 6.6. Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом середньоквадратичного відхилення.

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.

6.3.2. 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 ранжированого 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 ранжированого 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.

6.3.3. 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.

6.3.4. 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.

6.3.5. 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.

6.3.6. 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.

6.4. 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 випливає 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 (Берлянт, 1997):

- 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» (Картография цифровая. ГОСТ 28441–90, с. 1).

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. Берлянт (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 (Берлянт, 1997).

Цифрова карта (digital map) – цифрова модель місцевості, створена шляхом цифрування картографічних джерел, фотограме–тричної 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 методики 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.

6.5. 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.

6.5.1. 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.

6.5.2. ГІС–в'юери

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'юер 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'юера 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.

6.5.3. 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.

Основу 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 геообразень.

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 колірною подання екрана (модель RGB) до колірною 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?

Частина друга

Використання ГІС– технологій для екологічних задач

Розділ 7. Сучасні геоінформаційні системи та розвиток екологічних знань

7.1. Приклади створення великих ГІС–проектів

7.1.1. 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 (Атлас України., 2000).

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. Інститут географії НАН України. ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО». Київ, 2000.*

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.

Головне вікно Атласу розділене на три фрейми (рис. 7.1). 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.

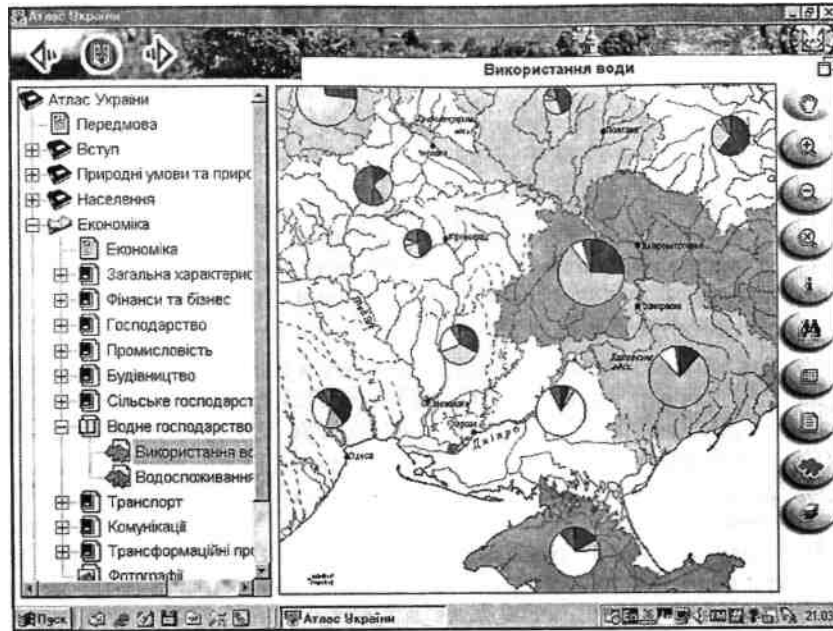


Рис. 7.1. Структура головного вікна Атласу України

Для роботи з Атласом необхідний персональний комп'ютер не нижче Intel x86 Pentium–133 з операційною системою Windows 95 або вище, броузер Internet Explorer 4.0 або вище, 16 Mb RAM, чотиришвидкісний CD–ROM. Рекомендується відеокарта SVGA 1 Mb, High Color (16 bit), мінімальна роздільна здатність екрана – 800x600 точок (рекомендовано 1024x780 точок).

7.1.2. 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) (Global Resources..., 2003).

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 5x5 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.

7.2. 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 різномірної 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 управліннь 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 ЄІРСП. Специфіка роботи управління та перспективні задачі на найближче майбутнє зумовлюють конфігурацію ЄІРСП, 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 ЄІРСП 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 агрохімелужби 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, відходах 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, спрямованих 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 різнорідною 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 посилання 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

7.3. 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, тоннам 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 відочих 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 місцезросташування 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 окремих шарів створюється на основі цифрової карти М 1:10 000, остаточна модель каркасних елементів створюється з використанням растрового топографічного плану М 1:2 000. 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 топоконтур 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 результатів 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 творяться:

– 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 проектуються 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 місцезнаходження 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 інвентуризації 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 копалини 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 з 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 окремий 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 затруднений 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 геоекологічних 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 нафтосховища.

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 залежатиме від температури повітря і складу нафти, а швидкість вбирання в ґрунт – від самого ґрунту: одна справа –песок, 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 гупи об'єктів) при просторовому узагальненні та виконанні перехрестних 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 (градуваний 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 1:500 000. 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 та 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 визначених 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 (загальнодержавногму), 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, індустріальних 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 1x1 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:

1. вид лікарської рослини;
2. належність до адміністративного району;
3. ресурсні характеристики популяцій;
4. 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 більш тривалий інформаційний, просторовий і тимчасовий ряди.

В галузі охорони навколишнього середовища варто розрізнити **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 реконструйованих об'єктів, 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 ефективної охорони заповідних територій.
- організація наукових досліджень й екологічного моніторингу.
- сприяння освітньому розвитку населення в сфері екології.
- збереження природно–заповідного фонду.

ГІС системи дозволяють не тільки подивитися 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 прогнозувати 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 2002р. 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 соціологічної 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^x600). 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 70–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 безпосередній 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 відпрацьовування 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 8. 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.

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 вказується 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.

8.1. 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. 8.1).

Таблиця 8.1.

Основні джерела інформації для створення екологічних карт

Типи об'єктів локалізації інформації	Джерела інформації
Адміністративно–територі–альний: райони, міста і ін. поселення обласного підпорядкування лісо–, водо– та сільськогосподарські об'єкти	Державні і відомчі статистичні форми звітності і огляди земельних, лісових., водних і ін. ресурсів забруднення компонентів ОПС національного і обласного рівня. Галузеві 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 проектованої 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 8.2. Кожний тип інформації, вказаний в ній, може мати більш детальний поділ.

Найбільш важливі та широко використовувані при картографуванні матеріали – статистичні, картографічні, аерокосмічні.

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

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 розрізнення, 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.

8.2. 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 – 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 прогнозними 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. ГІС 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 ГІС 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 ГІС. Детальний та аргументований процес аналізу медико–екологічних ситуацій ґрунтується на досить великому банку даних. Це одна з важливих вимог до структури медико–екологічного модуля ГІС, оскільки його банк даних повинен постійно поповнюватися цільовою інформацією. На цій підставі можна вважати, **що** медико–екологічна структура модуля ГІС відповідає всім необхідним вимогам, як системного аналізу, так і основним принципам систем відкритого типу. В медико–екологічному блоці ГІС 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 фундацій 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 9. Інформаційнезабезпечення екологічного моніторингу

9.1. 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–Х11 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 користувацьких організацій мережі й експлуатаційних служб.

9.2. Структура сучасної системи екологічного моніторингу

Структура системи екологічного моніторингу наведена на рис. 9.1.

Вона включає чотири функціональних блока:

- інформаційно–вимірювальну підсистему на базіавтоматизованих постів екологічного контролю;
- пересувні пости екологічного контролю (пересувнілабораторії на автомобілях і переносні індивідуальніприлади 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.

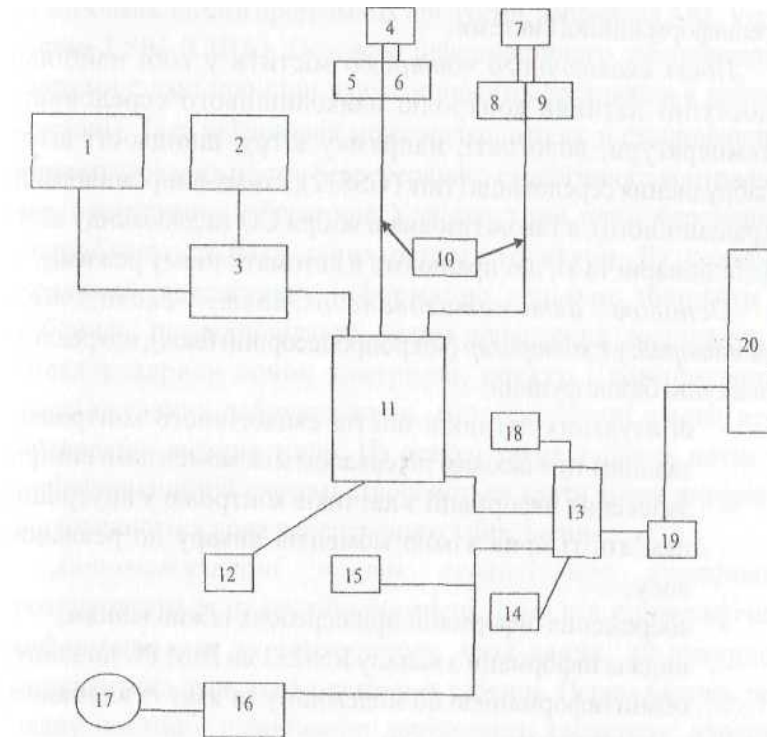


Рис. 9.1. Структурна схема автоматизованого посту екологічного контролю

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, 1 і – 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 Іпетеі; 19 – карта підключення до мережі Іпегпеі; 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 запиту;
- 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 Іпгегпеі.

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 метрологічних 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).

9.3. 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, кварталне) 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. 9.2):

- загальна екологічна характеристика (атмосферне повітря, водойми, фонт, 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);

- інженерно–технічні і транспортні комунікації (магістралі наземного і підземного видів транспорту, теплотраси, лінії електропередачі тощо);

- охорона здоров'я і соціально–побутові умови;



Рис. 9.2 Тематична інформація в регіональній системі єдиного екологічного моніторингу.

- 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:

- 1) рівень доступу в базу даних;
- 2) рівень прикладних програм;
- 3) 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 проектується 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 висновки 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 в 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 10 11 12 13 14 27 28 30 31 33 38 62 85 88 91 117 122 150
177 186 187 221 222 238 251 256

DIME-структура – структура збереження просторової інформації 117 118
119 120 132 133

GPS (Global Positioning System) – глобальна система місцевизначення, система супутникового місцевизначення, система супутникового визначення координат 12 58 59 60

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 122 123

Адміністрація бази даних – колектив, що відповідає за правильну роботу БД 83 92

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) 31 50 68 69 182

Архітектура – загальна організація взаємозв'язку елементів апаратного забезпечення геоінформаційної системи. 50

Атрибутивні дані – інформація, яка або не має просторового прив'язування, або характеризує просторові об'єкти без зазначення місця їх розміщення. 71 72 112 144 155 172

База даних (БД, data base, database, DB) – це сукупність даних, організованих за певними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, збереження і маніпулювання даними 14 73 74 75 76 78 80 81 82 83 88 89 90 92 119 121 263 264 265 266 267 268

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» 102 111 125 126 127 129 130

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 63 159 160 168 169 173 174 175 184

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 124

Геозображення (geoimage, georepresentation) – будь-яка просторово-часова масштабна генералізована модель земних (планетних) об'єктів або процесів, яка представлена в графічній образній формі 181

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 15 17 18 19 20 22 183

Геоінформаційні технології– сукупність засобів, способів і методів автоматизованого збору, зберігання, маніпулювання, аналізу і відображення (представлення) просторової інформації 17 20 21 22 26 35 37 49 210 211 226

Геокодування – метод і процес позиціонування просторових об'єктів відносно деякої координатної системи і їхніх атрибутів 150 151 152

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 120

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» 10 11 12 13 14 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 63 69 76 86 88 89 90 91 92 93 102 103 106 107 117 130 132 133 134 135 136 144 150 157 159 160 161 162 164 169 172 177 178 182 187 189 190 209 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 226 227 229 230 232 233 235 236 237 238 239 240 241 242 250 251 252 253 254 259 206 261

ГІС–в'юери –програмні продукти, призначені для перегляду (viewing) готових картографічних продуктів, підготовлених у середовищі інших програмних ГІС–продуктів 185 189

Далекомір (distancemeter) – пристрій для вимірювання відстаней (стор.61)

Денситометри –програмні модулі, що дозволяють коректно переходити від колірною подання екрана (модель RGB) до колірною подання пристроїв друку (модель СМҮК) 187

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 52 53 54 55

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 63 64 159

Екранний вид (View) – розміщення та вміст вікон на екрані дисплея 164

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 182

Зумування (zoom) – покрокове збільшення або зменшення видимого масштабу зображення у вікні карти 165

Інформатика – це наука про засоби, методи і способи збору, обміну, збереження й обробки інформації за допомогою автоматизованих засобів 15 16

Інформаційна система– комплекс баз даних і спеціальних методів і засобів (програмних, організаційних і т.п.), що дозволяють працювати з інформацією в широкому колі користувачів 14 22

Інформаційні технології – система процедур перетворення інформації з метою формування, обробки, розповсюдження і використовування інформації 15

Інформація – це будь-які відомості про навколишній світ і про процеси, що відбуваються у ньому 14 16 228 229 233 244 246 247 248 249 250

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 94 95 152 153 168 169 173 174 175 177 178

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) 182

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. 102 182

Конфігурація – сукупність функціональних частин 50

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) 119

Лінія (line) – відрізок прямої, що з'єднує дві точки 111 112 132

Модель даних – фіксована система понять і правил для представлення даних структури, стану і динаміки проблемної області в базі даних 76 77 78

Нівелір (level) – пристрій для визначення перевищень горизонтальною лінією візування 61

Палітра – послідовність кольорів або яскравості, за допомогою яких на екрані або папері відображаються числові значення комірок растрової поверхні 167

Панорамування – горизонтальне прокручування зображення у вікні карти з використанням смуг прокручування (scrolling) або спеціального інструмента

«долонька» 165

Піксель – елемент растра 105

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.66 67

Полігон (polygon) – замкнута послідовність ліній, що відокремлює частину поверхні 111 113 115 132

Принтер (printer), синонім – друкувальний пристрій – пристрій відображення текстової (алфавітно–цифрової) і графічної інформації, що базується на тому чи іншому принципі друку 65

Проект CORINE – (Coordination on Information of the Environment) – проект створення геоінформаційної системи Європейського Співтовариства 48 195 195

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 Recourses..., 2003) 48 193 194

Растеризатори – програмні модулі, що перетворюють поле зображення векторних карт у масиви растрових пікселів, які складаються із сотень мільйонів елементів 188

Растрове зображення – це двовимірна матриця осередків (пікселей) однакового розміру, причому в кожному осередку зберігається значення атрибута, що може являти собою результат виміру, інтерполяції, класифікації або інакше обчислене значення. 102 103 105 106 126 127 129 130 147

Розподілена база даних – набір розміщених у різних географічних пунктах сховищ інформації, об'єднаних лініями зв'язку 89 90

САПР– система автоматизованого проектування 55

Система керування базою даних – спеціальне програмне забезпечення,

призначене для створення, ведення і конкурентного використання баз даних.

14 75 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92

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)

52 55 56 57 146

СППР–система підтримки прийняття рішень 39

Тахеометр (tachometer) – пристрій для виміру горизонтальних і вертикальних кутів, довжин ліній і перевищень 61

Теодоліт (theodolite) – пристрій для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів 60

Точка (point) – первинний графічний елемент із координатами (x, y), місце розташування якого відоме з довільно заданою точністю 111 132

Трасування – Процес напівавтоматичного або ручного простежування лінії за її зображенням на растрі 148

Цифрова карта (digital map) – цифрова модель місцевості, створена шляхом цифрування картографічних джерел, фотограме–тричної обробки даних дистанційного зондування, цифрової реєстрації даних польових зйомок або іншим способом 152 153 154 155 156 157 158 179 180 181

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) 106 161 162 163

ОСНОВНА ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Атлас України. Пілотний проект електронної версії Національного атласу України / Інститут географії НАН України. ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО». – К., 2000.
2. Толковый словарь по геоинформатике / [Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Кошкарев та ін]; Под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарева, – М., 1997. – 167с.
3. Бунь Р.А. Комп'ютерна система розподіленої інвентаризації парникових газів як засіб прийняття ефективних управлінських рішень / Р.А. Бунь Искусственный интеллект ,2006 №4 –С.368–376.
4. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование./Берлянт А.М. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 64 с.
5. Вольська С.Ю., Геоінформаційна технологія: етапи розвитку, стан в Україні/ С.Ю.Вольська, О.Маргаф, Л.Г. Руденко Л.Г. // Укр. геогр. журнал, 1993.– №4.–С.6–14.
6. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / [Е.Г.Капралов, А.В.Кошкарев, В.С.Тикунов и др.]; Под ред. В.С.Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
7. Геоінформаційні системи в агросфері [Текст]: навч. посіб. / [В.В.Морозов, Н.М.Шапоринська, О.В.Морозов, В.І.Пічура]– К.: Аграрна освіта, 2010.–269 с.
8. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы / ДеМерс М.Н. – М.: Изд-во СП Дата+, 1999. – 491 с.
9. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию баз геоданных /Зейлер М. – М.: Дата+. 2001. – 254 с.
10. Інформаційні системи і технології: Навч. Посібник для студ. вищ. навч. закл. / [С.Г. Карпенко, В.В. Попов, Ю.А. Тарновський, Г.А. Шпортюк.] – К.: МАУП, 2004. – 192с.
11. Кошкарев А.В. Геоинформатика/А.В. Кошкарев , В.С. Тикунов / Под ред. Лисицкого Д.В.–М.: Картогеоцентр–Геодезиздат, 1993.–213 с.
12. Кохан С.С. Географічні інформаційні системи: Посібник/ За ред. М.

Ван Мервіна,/ С.С.Кохан.–К.: НАУ. 2003.–206 с.

13. Митчелл Э. Руководство по ГИС–анализу. Ч. 1: Пространственные модели и взаимосвязи: Пер. с англ./ Митчелл Э. – К.: ЗАО ЕСОММ Со; Стилос, 2000. – 198 с.

14. Мкртчян О.С. Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії./ О.С. Мкртчян; Навч. посібник.– Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010– 119 с.

15. Маслов В.П. Інформаційні системи і технології в економіці / В.П. Маслов; Навчальний посібник.– К.: "Слово", 2005.– 264 с.

16. Морозов В.В. ГИС 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/ [Самойленко Н.М., Рогозинський М.С., Масікевич Ю.Г. та ін.] – Чернівці: Книги–ХХІ, 2009.–304с.

18. Рудько Г.І Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГИС К – MINE) [Текст] / Г.І Рудько, М.В., Назаренко ред. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.

19. Основи інформаційних систем: Навч. посібник. – Вид. 2–ге, перероб. і доп./[В.Ф. Ситник, Т.А. Писаревська, Н.В. Єрьоміна, О.С. Краєва]; За ред.В.Ф. Ситника. – 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: Навчальний посібник / О.О.Світличний, С.В. Плотницький /За заг. ред. О.О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

23. Тикунов В.С. Географические информационные системы: сущность,

структура, перспективы / В.С. Тикунов // Картография и геоинформатика.

Итоги науки и техники (Сер. «Картография»). – М.: ВИНТИ АН СССР, 1991.– Т. 14.– С.6–79.

24. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем/В.Д. Шипулін.: навч. посібник. – Харків, ХНАМГ, 2010. – 313 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Инструментарий геоинформационных систем: Справочное пособие./ [Бусыгин Б.С, Гаркуша И.Н., Серединин Е.С., Гаевенко А.Ю.] – К.: ИРГ «ВБ», 2000. – 172 с.
2. Вольська С.Ю., Геоінформаційна технологія: етапи розвитку, стан в Україні/ С.Ю.Вольська, О.Маргаф, Л.Г. Руденко Л.Г. // Укр. геогр. журнал, 1993,– №4.–С.6–14.
3. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Е.Г.Капралов, А.В.Кошкарёв, В.С.Тикунов и др.; Под ред. В.С.Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
4. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию баз геоданных /Зейлер М. – М.: Дата+. – 2001. – 254 с.
5. Кошкарёв А.В., Геоинформатика / А.В.Кошкарёв , В.С. Тикунов/ Под ред. Лисицкого Д.В.–М.: Картогеоцентр–Геодезиздат, 1993.–213 с.
6. Мкртчян О.С.Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії./ О.С.Мкртчян; Навч. посібник.– 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: Учеб.–метод./ В.В.Растоскуев, Е.В. Шалина. – СПб: ВВМ, – 2006. – 256 с.
9. Світличний О.О.,Основи геоінформатики: Навчальний посібник / О.О.Світличний, С.В. Плотницький /За заг. ред. О.О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.