

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

М. В. Донченко,

І. І. Коваленко

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Навчальний посібник



Миколаїв – 2021

УДК 004.65
Д 67

*Рекомендовано до друку вченою радою ЧНУ імені
Петра Могили (протокол № 7 від 30.08.2021 р.)*

Рецензенти:

Фісун М. Т. – доктор технічних наук, професор Чорноморського національного університету імені Петра Могили;

Перович І. Л. – доктор технічних наук, професор Західноукраїнського національного університету.

Д 67

Донченко М. В. Геоінформаційні системи : навчальний посібник / М. В. Донченко, І. І. Коваленко. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 132 с.

ISBN 978-966-336-245-8

У навчальному посібнику розглядаються теоретичні і практичні основи появи, створення і використання геоінформаційних систем (ГІС). Викладено основні теоретичні положення, методи представлення просторової та атрибутивної компонент у базах даних ГІС. Розглянуто питання інформаційного, апаратного і програмного забезпечення, основні елементи ГІС-технологій і методи аналізу інформації та використання ГІС для підтримки прийняття рішень.

Посібник може бути корисним для студентів напрямку підготовки спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки» та 193 «Геодезія та землеустрій» а також фахівців, які використовують ГІС у своїх дослідженнях.

УДК 004.65

ISBN 978-966-336-245-8

© Донченко М. В., Коваленко І. І., 2021

© ЧНУ ім. Петра Могили, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	7
1.1. Введення в геоінформаційні технології	7
1.2. Базові поняття і терміни	9
1.3. Еволюція ГІС	13
1.4. Сфери застосування ГІС	15
1.5. Географічні (просторові) та атрибутивні дані	18
1.6. ГІС і цифрова картографія	20
1.7. Апаратна платформа ГІС	22
1.8. Типологія ГІС	26
Розділ 2. РОЗВ'ЯЗАННЯ АНАЛІТИЧНИХ ЗАВДАНЬ У ГІС	35
2.1. Моделі даних у ГІС	35
2.2. Організація і обробка інформації у ГІС	36
2.3. Принципи організації інформації в ГІС	41
2.4. Введення інформації в ГІС	42
2.5. Введення даних у ГІС з растровою моделлю даних	43
2.6. Помилки оцифрування карт	44
2.7. Аналіз інформації в ГІС	46
2.7.1. Буферизація	47
2.7.2. Оверлейні операції	49
2.7.3. Перекласифікація	53
2.7.4. Картометричні функції	55
2.7.5. Районування	56
2.7.6. Мережний аналіз	58
2.7.7. Інші аналітичні операції	59
2.8. Підготовка звітів, карт, схем	59
2.9. Моделювання просторових завдань	60
2.10. Підтримка рішення на базі геоінформаційної системи	65
2.11. Інформаційні системи із просторовою локалізацією даних	70
Розділ 3. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ І СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ	80
3.1. Поняття дистанційного зондування	80
3.2. Оптичні методи дистанційного зондування	84

3.3. Радіотехнічні методи ДЗ	85
3.4. Прийом інформації з супутників	86
3.5. Супутники для дистанційного зондування	87
3.6. Аналіз супутникових зображень	98
3.7. Зв'язок інформації ДЗ з реальним світом	100
3.8. Глобальна система позиціонування	104
3.9. Огляд GPS-приймачів	109
Розділ 4. ПРОЕКТУВАННЯ І ОГЛЯД СУЧАСНИХ ГІС	112
4.1. Етапи розробки ГІС	112
4.2. Особливості проектування ГІС	114
4.3. Програмні засоби розробки ГІС	115
4.4. AutoCAD Map 2000	116
4.5. Autodesk MAP R5	117
4.6. Програмний продукт Autodesk MapGuide R5	120
4.7. AutoCAD Land Development	121
ГЛОСАРІЙ	123
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	130

ВСТУП

У всі часи знання про просторову орієнтацію фізичних об'єктів або, просто кажучи, про їх географічне положення, були дуже важливі для людей. Наприклад, первісні мисливці завжди знали місцезнаходження своєї здобичі, а життя або смерть дослідників-першопроходців безпосередньо залежало від їх знань географії. Сучасне суспільство також живе, працює і співпрацює, спираючись на інформацію про того, хто і де знаходиться. Прикладна географія у вигляді карт і інформації про простір допомагала здійснювати відкриття, сприяла торгівлі, підвищувала безпеку життєдіяльності людства протягом, як мінімум, 3000 минулих років, а карти є одними з найкрасивіших документів, що розповідають про історію нашої Батьківщини.

Найчастіше наші знання з області географії застосовуються до рішення повсякденних задач, таких як пошук потрібної вулиці в незнайомому місті або обчислення найкоротшого пішого шляху до місця своєї роботи. Просторова інформація допомагає нам ефективно вирощувати сільськогосподарську продукцію і виробляти промислові товари, добувати тепло і електроенергію, влаштовувати розваги, якими ми насолоджуємося.

Останні тридцять років минулого століття людство інтенсивно розвивало інструментальні засоби, названі **Географічними інформаційними системами** (ГІС), що покликані допомогти в розширенні і поглибленні географічних знань. ГІС допомагають нам у накопиченні і використанні просторових даних. Деякі компоненти ГІС виключно технологічні; вони включають сучасні сховища просторових даних, передові телекомунікаційні мережі і вдосконалену обчислювальну техніку. Хоча існують й інші методи ГІС, які дуже прості. Наприклад, використання простого олівця і аркуша паперу для верифікації карт.

Як і багато аспектів нашого життя, в останні п'ятдесят років процес накопичення і використання просторових даних був надто трансформований інтенсивним розвитком мікроелектроніки. Програмне забезпечення і апаратна платформа ГІС – це головний технологічний результат, оскільки отримання і обробка просторових даних значно прискорилися за останні три десятиліття і продовжують невпинно розвиватися.

Ключові слова до усіх понять ГІС – це «що?» і «де?». ГІС і просторові дослідження мають пряме відношення як до абсолютної і відносної локалізації особливостей рельєфу місцевості, так і до

властивостей та ознак цих особливостей. Зазвичай реєструється не лише локалізація важливих географічних об'єктів, наприклад, річок і течій, але також їх розмір, швидкість течії, якість води або вид риби, знайденої в них. Дійсно, ці ознаки часто залежать від просторового розташування «важливих» рельєфних особливостей. ГІС допомагає аналізувати і відображати ці просторові залежності.

Посібник створено для студентів напрямку підготовки 050101 «Комп'ютерні науки» для кваліфікації 3121 «Фахівець з інформаційних технологій» і напрямку підготовки 040303 «Системний аналіз» спеціальності 8.04030302 «Системи і методи прийняття рішень».

Розділ 1

ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Введення в геоінформаційні технології

Геоінформаційні технології існують уже близько 50 років. Багато це, чи мало для подібного високотехнологічного напрямку? Чому геоінформатика і геоінформаційні технології є одними із напрямів, що найбухливіше розвиваються серед інформаційних технологій? І взагалі, що це – наука, технологія, метод, комп'ютерна програма?

Людина, абсолютно не знайома з географічними інформаційними системами, може поставити запитання: «А навіщо мені треба знати, що таке геоінформатика»? Дійсно, в житті для більшості з нас необхідність звертатися до географічних атласів або карт виникає не щодня. Але якщо розібратися, то геоінформаційні технології є чимось більшим, ніж просто карта, вміщена в комп'ютер. Водночас поняття «Географічна інформаційна система (геоінформаційна система, ГІС)» нерозривно пов'язане зі звичайною надрукованою паперовою картою. По суті, будь-яка географічна карта – це модель земної поверхні, яка є об'єктом аналізу її користувачів. Фахівцеві вистачить побіжного погляду на географічне розташування яких-небудь явищ або об'єктів на карті для оцінки закономірностей їх виникнення і зв'язку з іншими параметрами.

Простий приклад – це визначення відстані від одного пункту на карті до іншого. Складнішим завданням є визначення площ об'єктів неправильної форми (рис. 1.1). У найскладніших завданнях встановлюють залежності між різними тематичними даними карт, наприклад, залежність популяції снігового барса від рельєфу місцевості або складу ґрунтів від геології корінних порід. Список прикладів можна збільшувати. Людина в науковій, виробничій і управлінській діяльності постійно стикається з необхідністю обробки великих масивів інформації, які пов'язані з просторовим місцем розташування різних об'єктів, що описують трансформацію їхніх властивостей і характеристик залежно від часу. У результаті уявляється візуальне відображення, а увесь процес візуалізації є процесом створення карти.

Геоінформаційні системи, функції яких включають аналіз інформації і візуалізацію у вигляді карт і схем, виникли на стику технологій обробки інформації, які використовувалися у системах

управління базами даних, і візуалізації графічних даних у системах автоматизованого проектування та машинної графіки (САПР), автоматизованого виробництва карт, системах управління мережами.

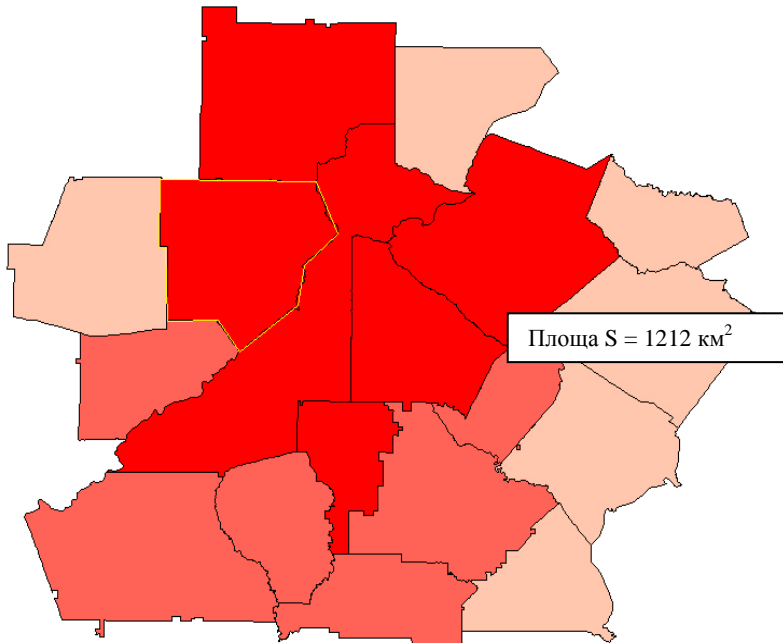


Рис. 1.1. Визначення територіальної площі (жовтий багатокутник) у ГІС

Необхідність використання комп'ютерних потужностей для обробки географічної інформації була усвідомлена в 60-70-ті рр. ХХ ст. Тоді реалізація ідеї вимагала величезних програмно-апаратних ресурсів і була під силу лише надто великим замовникам, таким як, наприклад, державне відомство в особі Міністерства оборони. Ситуація докорінно змінилася з середини 90-х рр., оскільки в цей час на ринку з'являються потужні, відносно дешеві ПК, дешевшає і стає зрозумілішим програмне забезпечення, користувачі стають підготовленими. Ці чинники послужили відправною точкою для інтенсивного поширення геоінформаційних технологій.

Більшість завдань для ГІС можливо вирішити просто, без комп'ютерного аналізу або моделювання. Проте друкувати текст можна і на друкарській машинці, а ми зараз віддаємо перевагу застосуванню комп'ютера. Це дуже зручно, швидко, ефективно. Зазвичай людина

починає знайомство з ГІС непомітно для себе. Усе починається з використання поширених графічних редакторів, таких як Photoshop, CorelDraw, Illustrator. У процесі роботи стає зрозуміло, що на нашу схему або в тематичний шар треба розмістити додаткові дані з інших джерел (як нанести зображення на контурну карту). Для таких операцій потрібен єдиний координатний простір. Це перший крок до використання певних систем координат і картографічних проекцій. На наступному етапі виникає необхідність складати і робити запити за атрибутивною інформацією. Прості запити можна здійснювати у графічних редакторах, наприклад, знайти усі полігони площею більше ніж 50 км². Але часто існує потреба у більш складних запитах, таких, як відмітити усі офісні багатопверхові будівлі, побудовані з бетонних блоків, або знайти потрібну вулицю на карті. Як тільки Ви почали формувати подібні завдання, Ви стаєте потенційним користувачем ГІС.

З одного боку, застосування ГІС для обробки і аналізу просторової інформації в різних областях життєдіяльності сприяє виникненню міждисциплінарних понять і методів. З іншого боку, розвиток самої геоінформатики спричиняє організацію внутрішніх (власних) вимог до об'єктів вивчення, що призводить до певних обмежень методів, використовуваних у конкретних дисциплінах (будівництві, геології, біології тощо). Така ситуація створює атмосферу живого спілкування людей, які займаються різною діяльністю (іноді дуже різною), але об'єднаних геоінформаційним підходом до роботи або досліджень.

1.2. Базові поняття і терміни

Геоінформаційні технології – напрям сучасних інформаційних технологій, що бурхливо розвиваються. З цієї причини поки що не можна говорити про існування загальноприйнятої термінології у цій галузі знань. Досить навести численні визначення ГІС, запропоновані різними авторами, щоб зрозуміти, наскільки ще молода ця сфера діяльності.

Отже:

– ГІС – це те, що «внутрішньо позиціонується як автоматизована просторова інформаційна система, яка створюється для управління даними, їх картографічним відображенням і аналізом» (*Berry J.*).

Потрібно відмітити, що це визначення не зовсім повне, оскільки не враховує людину як елемент інформаційної системи. Людина у будь-якій інформаційній системі займає важливе місце: вона – і

спостерігач, і експерт, і аналітик. Дуже часто дослідники в області геоінформатики для акцентування ролі людини в ГІС використовують словосполучення «людино-машинний комплекс».

– ГІС – це «апаратно-програмний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію для їх ефективного використання при рішенні наукових і прикладних географічних завдань, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням і управлінням довкіллям і територіальною організацією суспільства» (Кошкар'юв О. В.).

– ГІС – це «система, що складається з людей, а також технічних і організаційних засобів, які здійснюють збір, передачу, введення і обробку даних з метою вироблення інформації, зручної для подальшого використання в географічному дослідженні і для її практичного застосування» (Конесну М.).

– ГІС – це «комплекс апаратно-програмних засобів і діяльності людини зі зберігання, маніпулювання і відображення географічних (просторово співвіднесених) даних» (Аблер Р.).

– ГІС – це «динамічно організована множина даних (динамічна база даних або банк даних), сполучена з множиною моделей, реалізованих на ЕОМ для розрахункових, графічних і картографічних перетворень цих даних у просторову інформацію в цілях задоволення специфічних потреб певних користувачів у межах структури точно певних концепцій і технологій» (Дегані А.).

– ГІС – це «система, що включає базу даних, апаратуру, спеціалізоване матзабезпечення і пакети програм, призначених для розширення бази даних, для маніпулювання даними, їх візуалізації у вигляді карт або таблиць і, зрештою, для ухвалення рішень про той чи інший варіант господарської діяльності» (Лиллесанд Т.).

– ГІС – це «реалізоване за допомогою автоматичних засобів (ЕОМ) сховище системи знань про територіальний аспект взаємодії природи і суспільства, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання та ін.» (Трофімов А. М., Панасюк М. В.).

Нам здається найбільш влучним, простим і водночас повним визначення американського ученого *D. P. Lusch*:

– ГІС – це інтегрована комп'ютерна система, що знаходиться під управлінням спеціалістів-аналітиків, яка здійснює збір, зберігання, маніпулювання, аналіз, моделювання і відображення просторово співвіднесених даних (див. рис. 1.2).

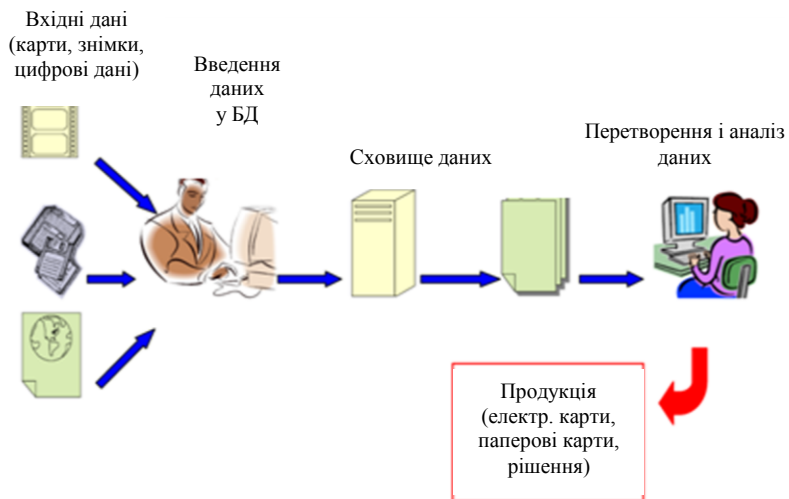


Рис. 1.2. Схема геоінформаційної системи

Як видно, визначень ГІС багато, і кожне з них є вірним. Відмінність їх полягає лише в широті охоплення даної проблеми.

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

Читання карти – сприйняття карти (візуальне, тактильне або автоматичне), засноване на розпізнаванні картографічних образів, тлумаченні і розумінні її змісту. Ефективність читання карти залежить від читабельності карти, тобто від легкості і швидкості сприйняття семантичних позначень, картографічних образів і усього зображення в цілому. У свою чергу, читабельність визначається наочністю умовних знаків, якістю оформлення карти, загальною завантаженістю карти, розрізнюванням деталей зображення.

Цифрова карта – (*Numerical map, Digital map*, нім. *Numerische karte*) – цифрова модель поверхні, сформована з урахуванням законів картографічної генералізації в прийнятих для карт проєкціях, розграфці,

системі координат і висот. По суті, термін «цифрова карта» означає саме цифрову модель, цифрові картографічні дані. Цифрова карта створюється з повним виконанням нормативів і правил картографування, точності карт, генералізації, системи умовних позначень. Цифрова карта служить основою для виготовлення звичайних паперових, комп'ютерних, електронних карт, вона входить до складу картографічної бази даних, є одним з найбільш важливих елементів інформаційного забезпечення ГІС і одночасно може бути результатом функціонування ГІС.

Електронна карта – це цифрова карта з пов'язаними до її просторових об'єктів атрибутивними даними.

Комп'ютерна карта – карта, отримана на пристрої графічного виводу за допомогою засобів автоматизованого картографування (графічних пристроїв, принтерів, дигитайзерів та ін. на папері, пластику, фотоплівці й інших матеріалах) або за допомогою геоінформаційної системи. Іноді до комп'ютерної карти відносять також карти, виготовлені на неспеціалізованих приладах, наприклад, на алфавітно-цифрових друкарських пристроях, так звані ЕОМ-карти або АЦПУ-карти.

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

Геоінформаційний аналіз – аналіз розміщення, структури, взаємозв'язків об'єктів і явищ з використанням методів просторового аналізу і геомодельовання.

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

- введення даних у машинне середовище шляхом імпорту з існуючих наборів цифрових даних або за допомогою оцифровування джерел;

- перетворення даних, включаючи конвертацію даних з одного формату в інший, трансформацію картографічних проекцій, зміну систем координат;

- зберігання, маніпулювання й управління даними у внутрішніх і зовнішніх базах даних;

- картометричні операції;

- засоби персональних налаштувань користувачів.

Геоінформатика – наука, технологія і виробнича діяльність з напрямків:

- наукового обґрунтування, проектування, створення, експлуатації і використання географічних інформаційних систем;

- розробки геоінформаційних технологій;

- прикладних аспектів або застосувань ГІС для практичних або геонаукових цілей.

Геоматика – це сукупність використань інформаційних технологій, мультимедіа і засобів телекомунікації для обробки даних, аналізу геосистем, автоматизованого картографування; цей термін вживається ще як синонім геоінформатики або геоінформаційного картографування.

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

Просторовий об'єкт (графічний примітив) – цифрове представлення об'єкта реальності (цифрова модель місцевості), що містить його місцезнаходження і набір властивостей, характеристик, атрибутів, або сам цей об'єкт. Виділяють чотири основні типи просторових об'єктів: (1) точкові, (2) лінійні, (3) майданні (полігональні), контурні і (4) поверхневі.

1.3. Еволюція ГІС

Історія ГІС бере свій початок з кінця п'ятдесятих років минулого століття. За п'ятдесят років пройдено кілька етапів, що дозволили створити самостійно функціонуючу сферу – сферу геоінформаційних технологій. Основні досягнення в геоінформаційній картографії були отримані в США, Канаді і Європі.

Україна, Росія і колишній СРСР не брали участі у світовому процесі створення і розвитку геоінформаційних технологій аж до середини 1980-х років. Проте і наша країна має свій, нехай невеликий, досвід розвитку геоінформаційних систем і технологій.

В історії розвитку геоінформаційних систем виділяють чотири періоди.

Новаторський період (пізні 1950-ті – ранні 1970-ті рр.) – дослідження принципів можливостей інформаційних систем, граничних областей знань і технологій, напрацювання емпіричного досвіду, перші великі проекти і теоретичні роботи.

Період державного впливу (ранні 1970-ті – ранні 1980-ті рр.) – розвиток великих геоінформаційних проектів, що фінансуються державою, формування державних інститутів в області геоінформатики, зниження ролі і впливу від ділових дослідників і невеликих груп.

Період комерціалізації (ранні 1980-ті – теперішній час) – широкий ринок різноманітних програмних засобів, розвиток настільних інструментальних ГІС, розширення сфери їх застосування за рахунок

інтеграції з базами атрибутивних даних, створення мережних застосунків, поява значного числа непрофесійних користувачів, організація систем, що підтримують індивідуальні набори даних на ділових комп'ютерах, а також корпоративні і розподілені бази геоданих.

Період споживання (пізні 1980-ті – теперішній час) – підвищена конкурентна боротьба серед комерційних виробників геоінформаційних технологій і послуг дає переваги користувачам ГІС; доступність і «відкритість» програмних засобів дозволяє користувачам самостійно налаштовувати, адаптувати, використовувати і навіть модифікувати програми, появу призначених для користувача «клубів», телеконференцій, територіально роз'єднаних, але пов'язаних єдиною тематикою, призначених для користувача, груп; визріває потреба в географічних даних; початок формування геоінформаційної інфраструктури планетарного масштабу.

Деякі слова про організацію, проекти і дослідників, що відіграли ключову роль у розвитку ГІС.

У кінці 60-х **Бюро перепису США** розробило формат GBF-DIME (Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding). У цьому форматі уперше було реалізовано схему визначення просторових стосунків між об'єктами, названу топологією, яка описує, як лінійні об'єкти на карті взаємозв'язані між собою, які майданні об'єкти граничать один з одним, а які об'єкти складаються з елементів, що є сусідами. Уперше були пронумеровані вузлові точки, уперше були присвоєні ідентифікатори площам по різні сторони ліній. Це було революційне нововведення. Формат GBF-DIME пізніше трансформувався в TIGER. Поважними особами цього процесу стали математик Джеймс Корбетт (James Corbett), програмісти Дональд Кук (Donald Cooke) і Максфілд (Maxfield). Карти у форматі GBF-DIME впродовж 70-х років були сформовані для усіх міст Сполучених Штатів. Цю технологію до сьогодні використовує більшість сучасних ГІС.

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

Найбільш відомими і такими, що зарекомендували себе, програмними продуктами Гарвардської лабораторії є:

- SYMAP (система багатоцільового картографування);
- CALFORM (програма виведення картографічного зображення на плотер);

- SYMVU (перегляд перспективних (тривимірних) зображень);
- ODYSSEY (попередник знаменитого ARC/INFO).

Великий вплив на розвиток ГІС-технологій зробили теоретичні розробки в області географії і просторових взаємин, а також у розвиток кількісних методів у географії у США, Канаді, Франції, Англії, Швеції (роботи У. Гаррісона (William Garrison), Т. Хагерстранда (Torsten Hagerstrand), Г. Маккарті (Harold McCarty), Я. Макхарга (Ian McHarg)).

На завершення цього короткого екскурсу в історію ГІС відмітимо старі компанії, засновані в 1969 році, які є і до цього дня видатними розробниками ГІС, – це ESRI та Intergraph. Ці дві компанії є виробниками найпопулярніших у США і у світі геоінформаційних систем – так, удвох вони виробляють рівно половину ГІС, використовуваних у США. Починаючи з 90-х рр. минулого століття, ці фірми активно освоюють український ринок ГІС.

1.4. Сфери застосування ГІС

Нині геоінформаційні технології проникли практично в усі сфери життя. Відмітимо основні:

- екологія і природокористування;
- земельний кадастр і землеустрій;
- морська, авіаційна та автомобільна навігація;
- управління міським господарством;
- регіональне планування;
- маркетинг;
- демографія і дослідження трудових ресурсів;
- управління дорожнім рухом;
- оперативне управління і планування в надзвичайних ситуаціях;
- соціологія і політологія.

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

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

На рис. 1.3 представлено зв'язки ГІС з іншими дисциплінами.

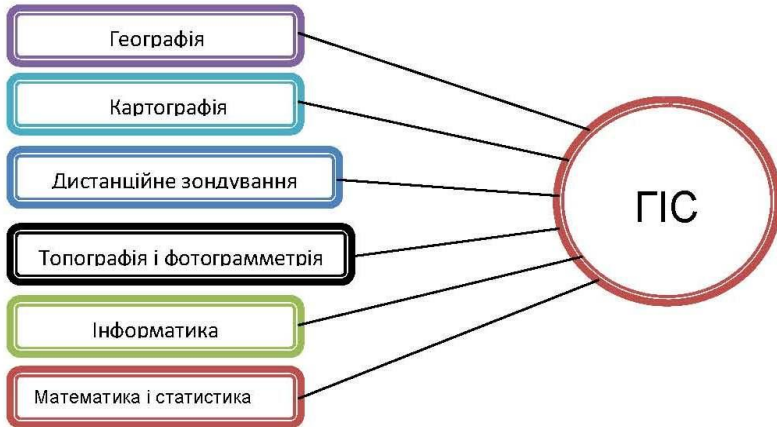


Рис. 1.3. Зв'язки ГІС з іншими дисциплінами

Фахівці, які працюють в області ГІС і геоінформаційних технологій, займаються наступними видами діяльності:

- накопиченням первинних даних;
- проектуванням баз даних;
- проектуванням ГІС;
- плануванням, управлінням і адмініструванням геоінформаційних проектів;
- розробкою і підтримкою ГІС;
- маркетингом і поширенням ГІС-продукції та геоданих;
- професійною геоінформаційною освітою і навчанням ГІС-технологіям.

Будь-яка ГІС включає такі компоненти, як:

- апаратна платформа (hardware);
- програмне забезпечення (software);
- дані (data);
- людина-аналітик.

Апаратна платформа, у свою чергу, складається з наступних частин:

- комп'ютери (робочі станції, ноутбуки, кишенькові ПК);
- засоби зберігання даних (вінчестери, компакт-диски, дискети, флеш-пам'ять);
- пристрої введення інформації (дигитайзери, сканери, цифрові камери і фотоапарати, клавіатури, комп'ютерні миші);
- пристрої виведення інформації (принтери, плотери, проектори, дисплеї).

Основою будь-якої ГІС є використовувані для аналізу дані. Пристрої введення дозволяють конвертувати існуючу просторову інформацію в той формат, який використовується в даній ГІС. Просторова інформація включає паперові карти, матеріали аерофотозйомок і дистанційного зондування, адреси, координати об'єктів, зібрані за допомогою систем глобального позиціонування GPS (Global Position System), космічних супутників або цифрової географічної інформації, що зберігається в інших форматах.

Наведемо декілька прикладів апаратних платформ, які можуть бути використані в ГІС. Найпростіша і недорога конфігурація ГІС-платформи, яка може бути встановлена вдома або невеликому офісі, включає комп'ютер і лазерний або струменевий принтер (чорно-білий). Якщо ж ГІС призначена для створення високоякісних професійних цифрових карт, тоді апаратна платформа може бути представлена наступними компонентами: високопродуктивний комп'ютер, потужний сервер, сучасний дигитайзер, швидкодіючі кольорові лазерні принтери і плотери.

Якщо говорити про програмне забезпечення ГІС, то слід зазначити, що більшість програмних пакетів мають схожий набір характеристик, таких як поширене картографування, маркування, кодування геоінформації, знаходження об'єктів у заданій області, визначення різних величин, але надто розрізняються в ціні і функціональності. Вибір програмного забезпечення залежить від конкретних прикладних задач, що вирішуються користувачем. Для прикладу наведемо список, що містить назви фірм і ПЗ, яке вони випускають (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

ГІС Software і компанії

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

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

1.5. Географічні (просторові) та атрибутивні дані

Як уже відзначалося, ГІС націлена на спільну обробку інформації двох типів:

- географічна (просторова, картографічна) інформація;
- атрибутивна (непросторова, семантична, тематична, описова, таблична) інформація.

Географічна інформація в ГІС представлена даними, що описують просторове місце розташування об'єктів (координати, елементи графічного оформлення). Дані знаходяться в цифровій формі на магнітних стрічках, магнітних, оптичних і «жорстких» дисках і служать для візуалізації картини в різних моделях даних.

Атрибутивна інформація в ГІС – це дані, що описують якісні або кількісні параметри просторово співвіднесених об'єктів.

Так, наприклад, житловий будинок на дисплеї може бути представлений у вигляді полігону (графічна складова), а в атрибутивній базі даних міститиметься інформація про його площу, поштову адресу, кількість поверхів, матеріал, з якого виготовлено стіни, тип фундаменту, рік побудови тощо (рис. 1.4).

У геоінформаційній системі наявна підсистема управління як географічної, так і атрибутивної інформації. Просторовий аналіз, який включає перевірку взаємного розташування об'єктів, встановлення закономірностей їх розподілу, знаходження суміжних об'єктів, вимір відстані і площі тощо, здійснюють з опорою на географічну інформацію. Функції семантичної (непросторової) обробки призначені для аналізу та управління атрибутивною інформацією (рис. 1.5).

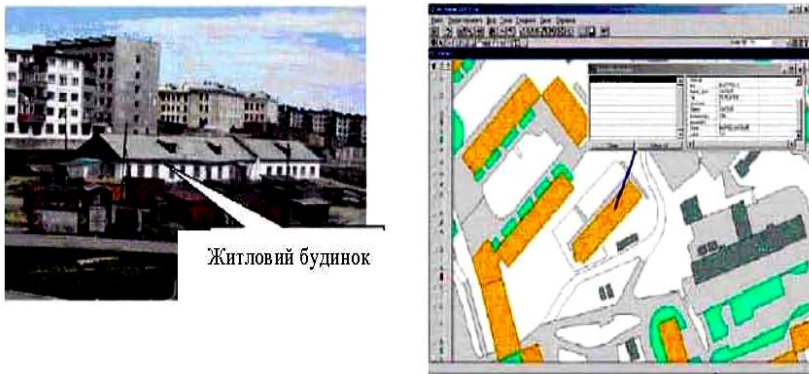


Рис. 1.4. Природний світ і його відображення в ГІС

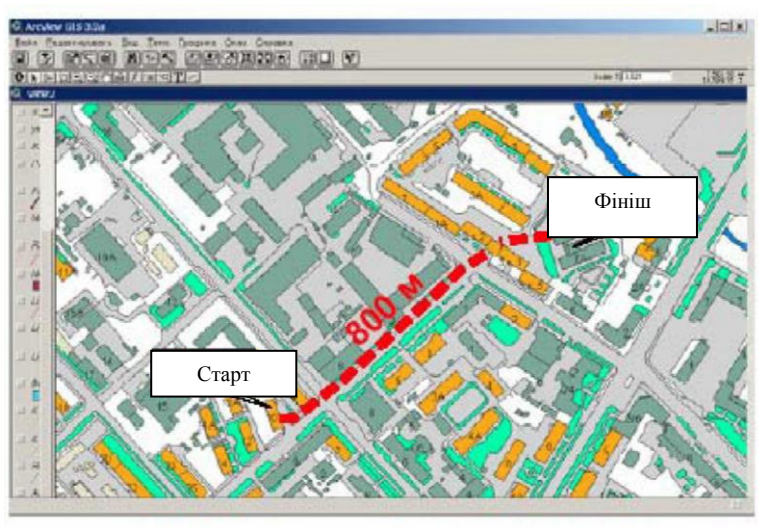


Рис. 1.5. Обчислення найкоротшого шляху в геоінформаційній системі ArcView GIS

Практично в кожній ГІС є засоби та інструменти, що дозволяють вводити і редагувати інформацію, візуально відображати дані, – це масштабування зображень (збільшення або зменшення, зумування), прокрутка, панорамування або перегляд у вигляді слайд-шоу тощо. У цьому процесі вагоме місце займає графічний, призначений для користувача інтерфейс, представлений сучасними операційними системами, такими як Windows, Linux, Solaris, – діалогові віконця, контекстні меню, інші елементи управління (кнопки, перемикачі, повзунки тощо).

У повнофункціональній ГІС, як і в будь-якій інформаційній системі, є розвинені засоби виведення інформації. До таких засобів можна віднести генератори звітів, інструменти створення і редагування тематичних карт, різних схем, графіків, легенд, таблиць і діаграм. Сучасні ГІС дозволяють створювати високоякісні карти, які за інформативністю і технологічністю не поступаються, а часто перевершують існуючі традиційні паперові карти.

У багатьох ГІС є вбудовані засоби розробки прикладних програм, які використовуються для адаптації стандартного програмного забезпечення з метою вирішення конкретних завдань користувача. Для цього застосовуються не лише спеціальні мови програмування, але й загально-розповсюджені (C, C+, C++, Delphi, Visual Basic та ін.).

1.6. ГІС і цифрова картографія

Як уже згадувалося, створення картографічної продукції за допомогою комп'ютера можна здійснити різними способами. Існує ряд графічних редакторів (CorelDraw, Adobe Illustrator, Adobe Indesign та ін.), які дозволяють готувати карти зі складним вмістом найвищої якості. Проте навіть точні картографічні зображення, створені в графічному редакторі, не можна іменувати геоінформаційною системою. Такі зображення називають *цифровими картами* (див. розділ 1.2) і розглядають як складові елементи або результат функціонування ГІС. Дуже часто поняття цифрової карти плутають з поняттям комп'ютерної карти (див. розділ 1.2).

Водночас не завжди цифрова карта може простим шляхом увійти до складу ГІС, навіть якщо їх зовнішні межі співпадають. Треба розрізнити цифрову карту, виготовлену для тиражування на папір чи пластик, або для ГІС. Зазвичай виділяють цілий ряд ознак, які дозволяють відрізнити цифрові карти ГІС від цифрового макету карти для друку, що представлено в табл.1.2. За даними таблиці можна побачити, що в технології підготовки цифрової карти для ГІС і макету для друку існує багато принципових відмінностей.

Важливою ознакою ГІС є географічна прив'язка об'єктів, що дає можливість користуватися єдиним координатним простором. Трансформацію з однієї координатної системи в іншу і зміни проекції можливо виконувати, спираючись на особливості кінцевого продукту. Використовуючи жорстку координатну прив'язку, можна з легкістю управляти одними і тими ж шарами або об'єктами ГІС різного типу та масштабності. У результаті користувачеві надають набір деталей, які можна збирати різними способами, а вигляд готової ГІС визначатиметься тільки його творчими здібностями.

Інша фундаментальна ознака ГІС – це застосування аналітичної обробки. В цьому випадку аналітичний алгоритм складається самим користувачем на підставі запитів. Виконавши декілька послідовних операцій просторового аналізу (буферизацію, об'єднання, вирізання, накладення), майже завжди можна отримати необхідний результат. Далі ми розглянемо подібні операції детальніше і продемонструємо їх роботу на прикладах.

До однієї з найбільш значущих функцій ГІС належить можливість моделювання на їх основі. Людині треба тільки скласти серію запитів «що станеться, якщо...», і проста модель місцевості або географічного об'єкта готова.

Таблиця 1.2

Відмінність цифрової карти для ГІС від цифрового макета карти

Ознака	Цифрова карта для ГІС	Цифровий макет карти
Форма зберігання і обробки готового продукту на ПК	Набір файлів	Один файл
Координати об'єктів	Реальні просторові або місцеві	Умовні (в межах окремого зображення)
Можливість перетворення зображення з однієї координатної системи в іншу	Так	Ні
Проекційні перетворення	Так	Ні
Перетворення з одного формату даних в інший формат	Так	Складно, оскільки трансформація складних графічних примітивів приводить до втрати даних
Топологічна коректність	У більшості випадків так	Ні
Модель представлення даних	Векторна і растрова	Векторна і растрова
Формати представлення даних	Графічні примітиви і атрибутивна інформація у вигляді баз даних	Графічні примітиви
Графічні примітиви	Точки, лінії, полігони	Точки, лінії, полігони, текст, фігури і групи об'єктів (комбінація точок, ліній, полігонів і фігур)
Структура графічних об'єктів	Декілька шарів	Може бути як декілька, так і один шар
Легенда	Як інструмент управління візуалізацією об'єктів	Як частина карти у вигляді групи графічних об'єктів
Координатна прив'язка об'єктів	Точна	Використовуються винесення і зміщення об'єктів, що тим самим підвищує наочність
Підписи	Атрибут до графічних примітивів	Є графічним об'єктом
Довідково-інформаційні запити	Так	Ні
Моделювання	Так	Ні
Отримання атрибутивної інформації	Таблиці, графіки і діаграми	Немає
Можливість з'єднання сусідніх зображень	Стандартна операція	Трудомістка ручна операція
Обробка фрагмента зображення	Так	Не завжди

Закінчення табл. 1.2

Масштабування зображень	Так	Так
Використання просторових запитів і моделювання для створення принципово нового зображення графічних об'єктів	Так	Ні
Реалізація тематичних карт, з використанням включення/відключення шарів і об'єктів	Так	Ні
Дотримання стандартів представлення паперових карт	Не обов'язково, частіше немає	Так
Компонування зображення для друку	Так	Так

1.7. Апаратна платформа ГІС

Закономірним питанням початкового користувача є фраза типу: «Які програми і устаткування мені потрібні, щоб працювати з геоінформаційною системою»? І справді, на початкових етапах розвитку ГІС для супроводу геоінформаційних проектів була необхідна надто потужна і дорога апаратура. Така ситуація тривала приблизно до кінця 90-х рр. ХХ ст. Прогрес у розвитку персональних комп'ютерів радикально змінив стан справ. Зараз практично на будь-якому сучасному ПК можна організувати робоче місце користувача ГІС. Нині ГІС працюють на різних типах комп'ютерних платформ, від централізованих серверів до окремих або пов'язаних мережею персональних комп'ютерів.

Тривалий час ГІС базувалися на двох апаратних платформах – персональних комп'ютерах (ПК) і робочих станціях (Workstation). Розглянемо їх детальніше.

ГІС, побудовані на базі персональних комп'ютерів, як правило, були індивідуальними настільними картографічними системами, націленими на обробку невеликих масивів інформації і порівняно недорогими за вартістю. ПК-платформа використовувала мікропроцесори сімейства 8086 виробництв корпорації Intel або процесори AMD, Cyrix. Внутрішньо ці мікропроцесори були засновані на архітектурі CISC (з розширеним набором інструкцій). Комп'ютери працювали під управлінням однозадачних операційних систем (MS DOS, MS Windows) і мали невеликий об'єм оперативної пам'яті (до 32 Мб).

Професійні геоінформаційні системи будувалися на основі робочих станцій. На робочих станціях встановлювали високопродуктивні мікропроцесори на базі архітектури RISC (зі скороченим набором інструкцій), які мали великий об'єм оперативної пам'яті (до 512 Мб), високодозвільні монітори з великою діагоналлю (до 21 дюйма). Робочі

станції працювали під управлінням багатозадачних операційних систем (UNIX, Solaris, VMS, OS/2 та ін.).

Технологічний ривок, що стався у виробництві персональних комп'ютерів, змінив ситуацію докорінно. Збільшення тактової частоти системної шини, внутрішньої частоти CPU (процесорів), швидкодії мікросхем оперативної пам'яті та інші зміни в апаратній базі привели до того, що сучасні ПК за продуктивністю не поступаються середнім офісним робочим станціям, а за ціною дешевше останніх на цілий порядок. Немає сенсу перераховувати всі технічні характеристики комп'ютерів на сьогодні, оскільки зміни, що відбуваються, занадто революційні й динамічні.

Окрім якісних змін в апаратній базі, стався перехід на програмне забезпечення для ГІС на основі поширених операційних систем Microsoft Windows і Linux. Наприклад, починаючи з Windows NT, ПЗ старого виробника ГІС – фірми ESRI – за характеристиками повністю налагоджено для функціонування і на робочих станціях з операційною системою Unix. Це суттєво спростило експлуатацію геоінформаційних систем.

Невід'ємну частину апаратної бази для ГІС складають периферійні пристрої введення/виведення інформації. На початку створення геоінформаційних проектів введення даних здійснювалося за допомогою дигитайзерів (рис. 1.6). Робота з дигитайзером нагадує роботу інженера-кресляра, що проводить лінії або ставить точки, тільки не на звичайній креслярській дошці, а на спеціальному планшеті, за допомогою якого графічні дані вводяться в комп'ютер. Зараз подібні операції найчастіше виконуються за відсканованим зображенням (за так званою растровою підложкою). Для отримання растрового зображення використовують спеціальні пристрої – планшетні (настільні) і широкоформатні сканери. Часто первинну інформацію доводиться заносити на планшети або карти досить великого розміру. Подібна операція здійснюється широкоформатними сканерами (рис. 1.6). Технологія роботи за растровою підкладкою дозволяє комбінувати растрові і векторні шари, суттєво збільшує точність і швидкість оцифрування. Існує ще декілька переваг цієї технології, наприклад, можливість роботи одночасно кільком користувачам, попереднє перетворення растрових зображень тощо. Усе це в результаті привело до розвитку набору спеціалізованого ПЗ для векторизації растрів. Багато професіональних ГІС мають вбудовані векторизатори, що автоматизують процес оцифрування растрових зображень. Багато даних уже переведено у формати, які безпосередньо сприймаються ГІС-додатками.



Рис. 1.6. Дигитайзер WACOM і широкоформатний сканер Contex

Виведення зображення на друк також пов'язане з отриманням продукції великого формату. Для цього використовується ще один компонент периферійного устаткування для ГІС – широкоформатний плотер (рис. 1.7). Нині найбільш поширена струменева технологія друку, оскільки при цьому співвідношення ціна/якість є оптимальним. Ми не перераховуватимемо технічні характеристики існуючих плотерів. Детальнішу інформацію про плотери можна знайти в Інтернеті.



Рис. 1.7. Плотер Mimaki CG-60st.

Слід також згадати про ще один компонент ГІС, який значно підвищує швидкість отримання й обробки первинної інформації карт або польових спостережень. Це апаратура для автоматичної реєстрації результатів польових вимірів, виконаних з використанням сучасних електронних тахеометрів і геодезичних приладів, а також навігаційних систем супутникового позиціонування (GPS) (рис. 1.8).



Рис. 1.8. GPS навігатор фірми Garmin

Останніми роками ще одним незамінним компонентом ГІС стали кишенькові персональні комп'ютери (Pocket PC), які дозволяють швидко і надійно приймати, обробляти, аналізувати і передавати просторову інформацію. Переваги кишенькових ПК очевидні: малі габарити і вага, багатофункціональність, простота використання, відносна дешевизна (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Кишеньковий ПК Compaq, вживаний для збору і аналізу ГІС даних

Слід зазначити, що досягнення останніх років у мікроелектроніці практично не відобразилися на вартості професійних широкоформатних картографічних сканерів, плотерів і деякого іншого периферійного устаткування. Як і раніше, це один з найдорожчих елементів апаратного забезпечення ГІС.

1.8. Типологія ГІС

Геоінформаційні системи можна класифікувати за різними ознаками і характеристикам, але при цьому треба враховувати той факт, що жорстка конкурентна боротьба між основними виробниками спеціалізованого ПЗ веде до вдосконалення ГІС від версії до версії. Виходячи з цього, критерії оцінки систем украй умовні і справедливі лише впродовж якогось визначеного тимчасового інтервалу.

Класифікацію ГІС залежно від реалізації на конкретній апаратній базі наведено вище.

Найбільш суттєва класифікація на сьогодні – це *класифікація за функціональними можливостями*. Відповідно до неї ГІС підрозділяються на:

– **професійні**, націлені на обробку великих масивів інформації на високопродуктивних комп'ютерах і обчислювальних мережах та призначені для серйозних наукових досліджень, керівництво цілими галузями або великими територіями (державами, мегаполісами, містами). Серед них виділяються програмні продукти фірм ESRI, INTERGRAPH, AutoDesk, SIMENS NIXDORF, GDS та ін.;

– **настільні**, що мають, порівняно з першими, меншу продуктивність і використовуються для вирішення прикладних наукових завдань, завдань оперативного управління і планування. Серед них можна відмітити такі продукти, як MapInfo Professional, ArcView, WinGIS, Atlas GIS, Credo, ГІС-Конструктор тощо (рис. 1.10).

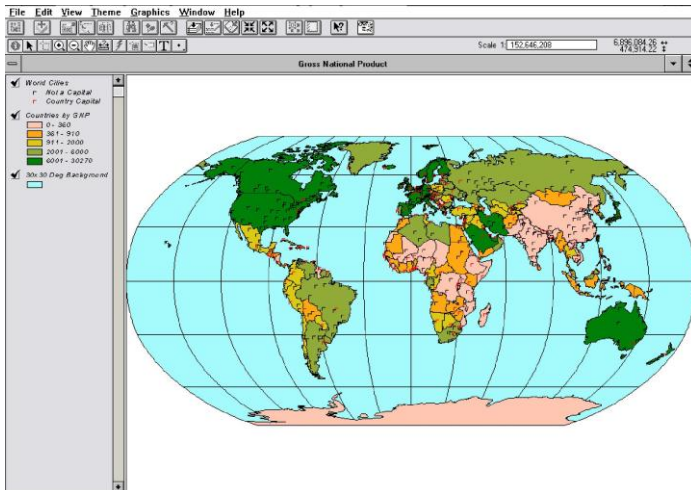


Рис. 1.10. Вікно програми ArcView GIS

– **в'ювери** (viewer), електронні атласи, тобто прості недорогі системи для інформаційно-довідкового використання. Програмні продукти цього класу позбавлені можливості редагування інформації і призначені в основному для пошуку і візуального відображення інформації, підготовленої у професійних або настільних ГІС. Представниками цього роду програмних продуктів є ArcExplorer (ESRI), M-City (інформаційно-довідкова система з картою м. Москва), nkinfo – Миколаївський інформаційний портал (Адресний план міста). На рис. 1.11. показано вікно цієї програми. Програма дозволяє проводити масштабування і виміри відстаней, здійснювати пошук об'єктів (вулиці, будівлі, райони), отримувати описову інформацію про об'єкти.

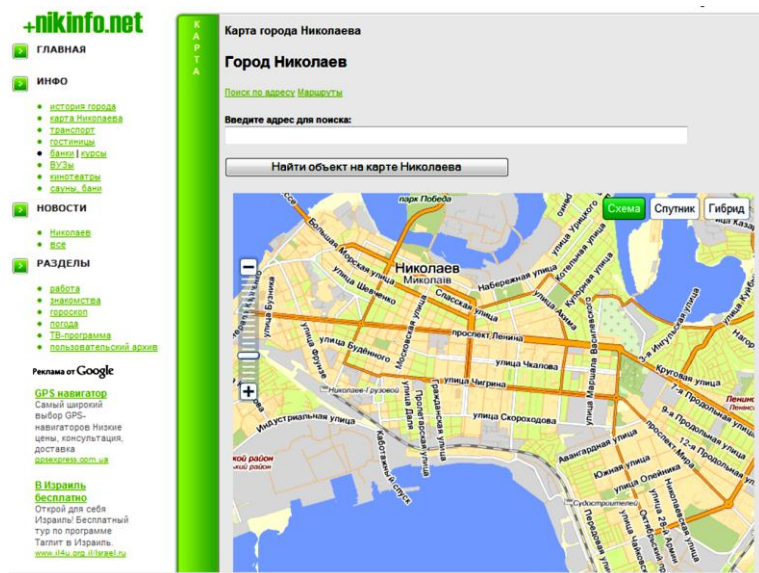


Рис. 1.11. Вікно програми nkinfo – Миколаївський інформаційний портал (Адресний план міста)

Крім того, ГІС можна класифікувати за типами представлення географічної інформації. Виділяють два типи ГІС, у яких використовуються різні моделі представлення даних:

– **ГІС на основі растрової моделі представлення даних** (регулярно-комірчасте і квадротомічне представлення). У таких ГІС цифрове представлення географічних об'єктів формується у вигляді сукупності осередків растру (пікселів) із присвоєним їм значенням класу об'єкта;

– ГІС на основі векторної моделі представлення даних (векторно-топологічне представлення чи векторно-нетопологічне). В цьому випадку цифрове представлення точкових, лінійних і полігональних просторових об'єктів здійснюється у вигляді набору координатних чисел (рис. 1.12).

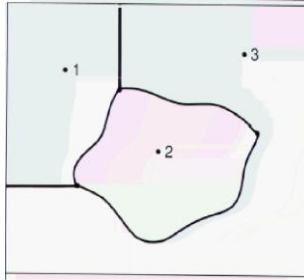


Рис. 1.12. Приклад структури, що описується векторною моделлю:
1 – житловий район, 2 – водойма, 3 – сільськогосподарські землі

Слід зазначити, що сучасні геоінформаційні системи зазвичай працюють як з векторною, так і з растровою моделями представлення даних. Варто лише говорити про розвиненіший інструментарій для обробки векторної або растрової графіки. Досить часто растрові дані конвертують у векторний формат (рис.1.13).

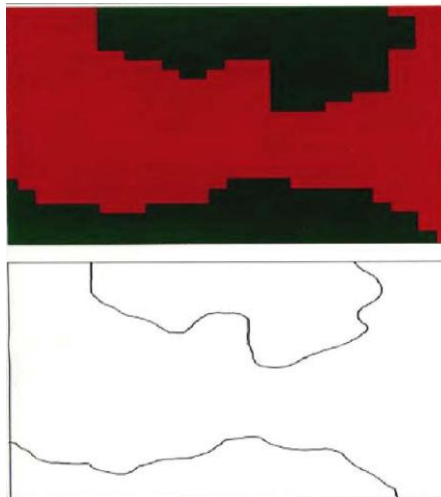


Рис. 1.13. Збільшене зображення даних ГІС-файлу

На верхньому рисунку дані описані растровою моделлю, на нижньому ті ж самі дані переконвертовані у векторний формат.

Розглянемо переваги растрової і векторної моделей.

Растрова модель:

1. Картографічні проекції прості і точні, тобто будь-який об'єкт неправильної форми описується з точністю до одного пікселя растру.
2. Безпосереднє з'єднання в одну картину знімків дистанційного зондування (супутникові зображення або відскановані аерофотознімки).
3. Підтримує велику різноманітність комплексних просторових досліджень.
4. Програмне забезпечення для растрових ГІС легше освоїти, і воно дешевше, ніж для векторних ГІС.

Векторна модель:

1. Хороше візуальне представлення географічних ландшафтів.
2. Топологія місцевості може бути детально описана, включаючи телекомунікації, лінії електропередач, газо- і нафтопроводів, каналізаційну систему.
3. Чудова графіка, методи якої детально моделюють реальні об'єкти.
4. Відсутність растеризування (зернистості) графічних об'єктів при масштабуванні зони перегляду.

Для растрової ГІС прийняті наступні фундаментальні терміни:

Дозволяюча властивість – мінімальна розмірність по одній з координатних осей найменшого елемента географічного простору, для якого можуть бути наведені які-небудь дані. У растровій моделі даних елементарним об'єктом для більшості систем виступає квадрат або прямокутник. Такі одиниці іменують сіткою, осередком або пікселем. Безліч осередків утворює решітку, растр, матрицю.

Площинна Зона – набір місць розташування однакової властивості, що є сусідами. Термін «Клас» (чи район) часто використовують щодо усіх самобутніх зон, які мають однакові параметри. Головними компонентами зони є її значення і місце розташування.

Значення – це одиниця інформації, що зберігається в темі (шарі) для кожної точки або пікселя об'єкта. Осередки однієї зони (чи району) мають однакове значення.

Місце розташування – це найменша одиниця картографічного простору, для якого можуть бути визначені які-небудь характеристики або властивості (піксель, осередок). Така одиниця картографічного плану однозначно ідентифікується впорядкованою парою координат – номерами рядка і стовпця.

Просторові (географічні) дані у векторних ГІС включають наступні типи об'єктів:

- безрозмірні об'єкти;
- точка – вказує на геометричне місце розташування; сукупність точкових об'єктів створює точковий шар;
- вузол – є топологічним переходом або кінцевою точкою, яка також може визначати місце розташування.

Одновимірні об'єкти:

- **лінія** – одновимірний об'єкт, що не має опорних точок;
- **лінійний сегмент** – пряма лінія, що сполучає дві точки (відрізок);
- **рядок** – це послідовність прямолінійних сегментів;
- **дуга** – послідовність сегментів, що має початок і кінець у вузлах;
- **зв'язок** – здійснює з'єднання між двома вузлами;
- **спрямований зв'язок** – зв'язок, що виникає в одному певному напрямку;
- **ланцюжок** – це спрямована послідовність лінійних сегментів, що не перетинаються, або дуг з вузлами на своїх кінцях;
- **кілеце** – послідовність ланцюжків, що не перетинаються, рядків, зв'язків чи замкнутих дуг.

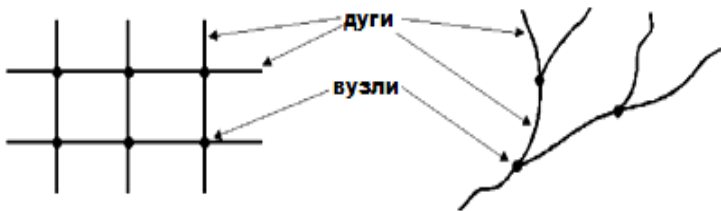


Рис. 1.14. Приклад шарів, складених з дуг і вузлів

Двовимірні об'єкти:

1. **Область** – визначається як обмежений безперервний об'єкт, який може мати або не має власної межі.
 2. **Внутрішня область** – це область, яка не має власної межі.
 3. **Полігон** (син. багатокутник, полігональний об'єкт, контур, контурний об'єкт, область) – двовимірний (площадковий) об'єкт, у якого внутрішня область створена замкнутою послідовністю дуг у векторно-топологічних представленнях. Сукупність полігонів утворює полігональний шар.
 4. **Піксель** – це найменший неподільний елемент зображення.
- Тривимірні об'єкти** – об'ємна фігура – геометричне тіло (куб, паралелепіпед, сфера), що має три виміри (довжину, ширину, висоту).

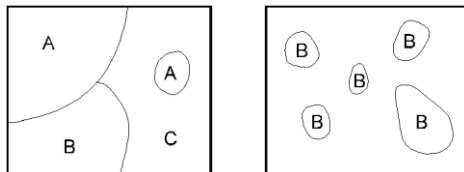


Рис. 1.15. Приклад шарів, складених з об'єктів полігонального типу

Кожному індивідуальному об'єкту зіставляється свій унікальний показник, званий ідентифікатором (ID). Зазвичай ідентифікатор – це формальний номер, що приписується просторовому об'єкту шара. ID може привласнюватися автоматично або призначатися користувачем і служить для зв'язку позиційної і непозиційної частини просторових даних.

У реальному світі точки є населеними пунктами, невеликими водоймами і гірськими вершини, будівлями або кількома об'єктами, розташування яких описується єдиною точкою.

Лініями або **дугами** є ті реально існуючі об'єкти, які можна розглядати як лінії. Це може бути дорога, річка, лінія електропередач або підземні комунікації, наприклад, водопровідна або каналізаційна система.

Полігонами зазвичай позначають регіони (області, райони, штати), типи ґрунтів, виборчі округи, земельні ділянки або контури будівель.

Об'ємні фігури задіяні при позначенні яких-небудь кількісних вимірів об'єктів (об'єм водойми, об'єм газу, що добувається, зібраний урожай) або є об'єктами (будівлі) на тривимірних картах (3D-карти).

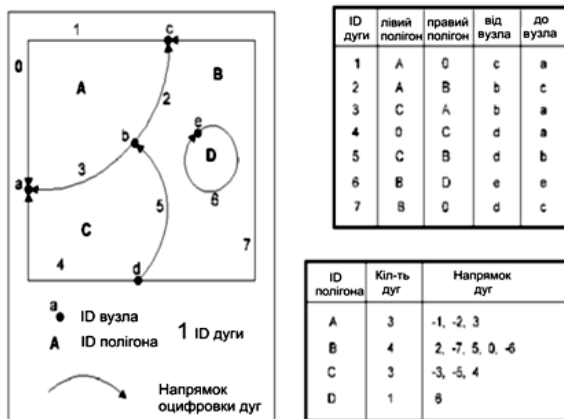


Рис. 1.16. Взаємозв'язки між об'єктами різних типів

На рис. 1.16 показано топологічне представлення векторної інформації. Формування топології включає визначення і кодування взаємин між точковими, лінійними і полігональними об'єктами.

На рис. 1.17 представлено картографічне зображення району Миколаєва. При формуванні цього зображення задіяні лінії, полігони і об'ємні фігури, що означають будівлі.

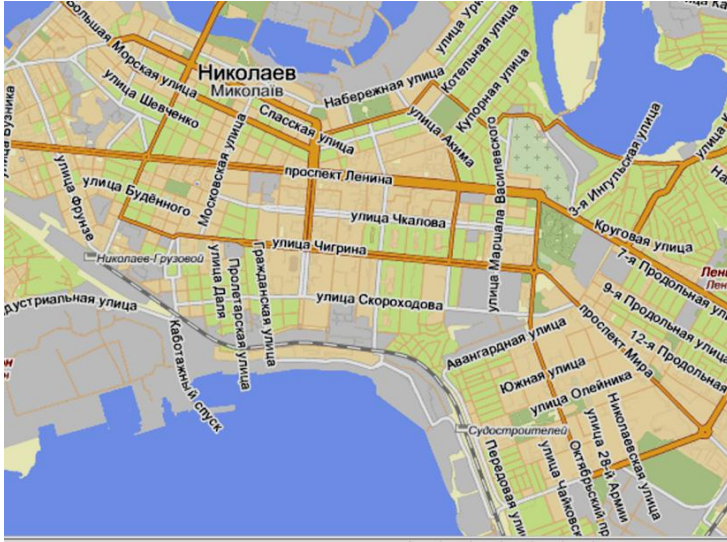


Рис. 1.17. Адресний план м. Миколаїв

На наступному рисунку показано застосування полігональних ліній для позначення областей, що мають схожі параметри (ізолінії).

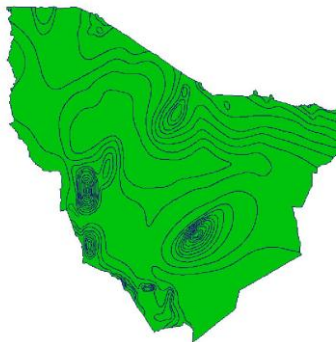


Рис. 1.18. Приклад використання полігонів для позначення областей з однаковою властивістю

Часто в ГІС задіюється і символічний клас даних. Символи використовуються в основному для позначення міст, будівель, природних об'єктів (гірські вершини, водні джерела, заповідники, житла тварин). На рис. 1.23 представлено карту місцевості, в якій для позначення об'єктів застосовуються символи.



Рис. 1.23. Приклад використання символів для позначення географічних об'єктів

Окрім представлених вище класифікацій, існуючі ГІС можна розділяти за використанням у системі топологічної моделі даних:

- без топологічної підтримки;
- з об'єктною топологічною підтримкою;
- з лінійно-вузловою топологічною підтримкою.

За принципами внутрішнього устрою і функціонування ГІС поділяють на відкриті (дозволено розширення) і закриті.

Відкриті системи дозволяють користувачеві адаптувати програмне середовище для вирішення його прикладних завдань шляхом створення власних додаткових програм. Для цього використовують широко розповсюджені мови програмування, такі як C++, C+, Java, Delphi та ін. Такі системи підтримують загальноприйняті обмінні формати даних (DEM, DLG, GeoTIFF, VPF та ін.) і прийняті в конкретних операційних системах протоколи взаємодії додаткових програм (наприклад, ActiveX, OLE, DDE, COM для Windows).

Закриті системи не мають цих переваг. Вони з самого початку націлені на розв'язання специфічних прикладних завдань, і при зміні хоча б однієї умови завдання не можуть бути виконані. Окрім цього, частенько виникають проблеми, пов'язані з обміном інформації між додатками. Це можна пояснити недостатньою документованістю внутрішніх форматів цифрового представлення даних.

Широке використання ГІС призводить до множинності типів геоінформаційних систем, які відрізняються функціональністю, територіальним охопленням, тематикою. Так виділяють декілька видів ГІС, що різняться величиною просторового охоплення і масштабом (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Види ГІС

Вид ГІС	Охоплення території, км ²	Масштаб
Глобальні	10^5 - 10^8	1 : 1 000 000 – 1 : 100 000 000
Національні	10^4 - 10^7	1 : 1 000 000 – 1 : 10 000 000
Регіональні	10^3 - 10^5	1 : 100 000 – 1 : 2 500 000
Муніципальні	10^3	1 : 1000 – 1 : 50 000
Локальні (парки, заповідники)	10^2 - 10^3	1 : 1000 – 1 : 100 000

Розділ 2

РОЗВ'ЯЗАННЯ АНАЛІТИЧНИХ ЗАВДАНЬ У ГІС

2.1. Моделі даних у ГІС

Вибір методу організації даних у геоінформаційній системі, і, в першу чергу, моделі даних, тобто способу цифрового опису просторових об'єктів, значно важливіший, ніж вибір ПЗ. Це обумовлено тим, що модель даних безпосередньо визначає багато функціональних можливостей створюваної ГІС і застосованість тих або інших технологій введення. Від моделі залежить як просторова точність представлення візуальної частини інформації, так і можливість отримання якісного картографічного матеріалу та організації контролю цифрових карт. Від способу організації даних у ГІС суттєво залежить продуктивність системи, наприклад, при виконанні запиту до бази даних або рендерингу (візуалізації) на екрані монітора.

Помилки у виборі моделі даних можуть позначитися вирішальним чином на можливості реалізації в ГІС необхідних функцій і розширення їх списку в майбутньому, ефективності виконання проекту з економічної точки зору. Від вибору моделі даних безпосередньо залежить цінність сформованих баз даних просторової та атрибутивної інформації.

Рівні організації даних можна представити у вигляді піраміди (рис. 2.1). Модель даних – це концептуальний рівень організації даних. Розглянуті в минулому модулі терміни типу «полігон», «вузол», «лінія», «дуга», «ідентифікатор», «таблиця» якраз належать до цього рівня так само, як і поняття «тема» і «шар».

Детальніший розгляд організації даних часто називається структурою даних. У структурі фігурують математичні і програмні терміни, такі як «матриця», «список», «система посилань», «показчик», «спосіб стиснення інформації». На наступному за детальністю рівні організації даних фахівці мають справу зі структурою файлів даних і їх безпосередніми форматами. Рівень організації конкретної БД є унікальним для кожного проекту.



Рис. 2.1. Рівні організації даних у ГІС

2.2. Організація і обробка інформації у ГІС

ГІС, утім, як і будь-яка інша інформаційна система, має розвинені засоби обробки і аналізу даних, що входять, з метою подальшої їх реалізації, в речовій формі. На рис. 2.2. представлено схему аналітичної роботи ГІС. На першому етапі проводиться «Колекціонування» як просторової (цифрові карти, зображення), так і атрибутивної інформації. Зібрані дані є наповненням двох баз даних. Перша БД зберігає просторові дані, друга ж наповнена інформацією описового характеру. На другому етапі система обробки просторових даних звертається до баз даних для проведення обробки і аналізу затребуваної інформації. При цьому весь процес контролюється системою управління БД (СУБД), за допомогою якої можна здійснювати швидкий пошук табличної і статистичної інформації. Звичайно, головним результатом роботи ГІС є різноманітні карти.

Для організації зв'язку між географічною та атрибутивною інформацією використовують чотири підходи взаємодії. Перший підхід – геореляційний або, як його ще називають, гібридний. При такому підході географічні та атрибутивні дані організовані по-різному. Між двома типами даних зв'язок здійснюється за допомогою ідентифікатора об'єкта. Як видно з рис. 2.2, просторова інформація

зберігається окремо від атрибутивної у своїй БД. Атрибутивна інформація організована в таблиці під управлінням реляційною СУБД.

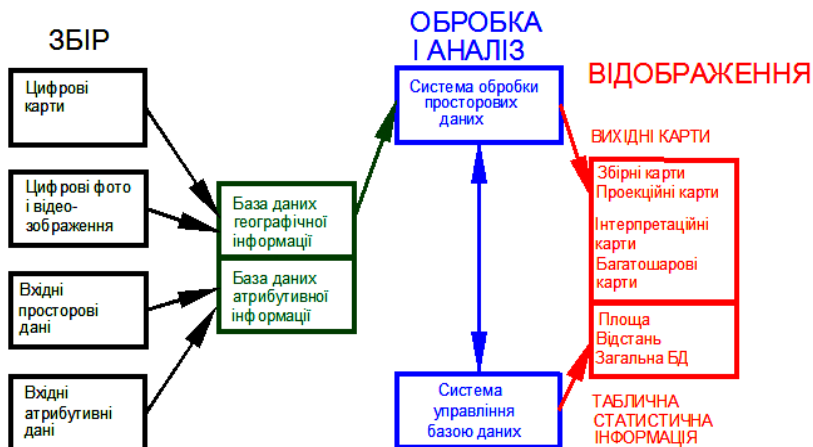


Рис. 2.2. Схематичне представлення процесів збору, обробки, аналізу і виведення даних ГІС

Наступний підхід називається інтегрованим. При цьому підході передбачається використання засобів реляційних СУБД для зберігання як просторової, так і атрибутивної інформації. В цьому випадку ГІС виступає надбудовою над СУБД.

Третій підхід називають об'єктним. Переваги цього підходу полягають у легкості опису складних структур даних і взаємин між об'єктами. Об'єктний підхід дозволяє вибудовувати ієрархічні ланцюжки об'єктів і вирішувати численні завдання моделювання.

Останнім часом найбільше поширення отримав об'єктно-реляційний підхід, що є синтезом першого і третього підходів.

Слід зазначити, що в ГІС виділяють декілька форм представлення об'єктів:

- у вигляді нерегулярної мережі точок;
- у вигляді регулярної мережі точок;
- у вигляді ізоліній.

Представлення у вигляді нерегулярної мережі точок – це довільно розташовані точкові об'єкти в якості атрибутів, що мають якусь значення в цій точці поля. Приклад такої форми представлення даних показано на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Приклад форми представлення об'єктів у вигляді нерегулярної мережі точок

Представлення у вигляді регулярної мережі точок – це рівномірно розташовані в просторі точки достатньої густини. Регулярну мережу точок можна отримувати інтерполяцією з нерегулярних або шляхом проведення вимірів по регулярній мережі.

Найбільш поширеною формою представлення в картографії є представлення ізолініями. Недоліком цього представлення є те, що зазвичай немає ніякої інформації про поведінку об'єктів, що знаходяться між ізолініями. Цей спосіб представлення не є найзручнішим для аналізу. На рис. 2.4 наведено приклад цієї форми представлення.

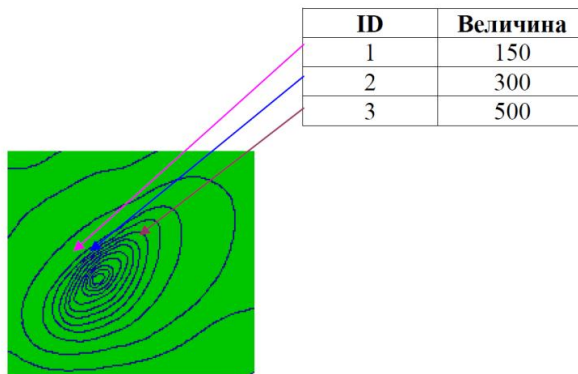


Рис. 2.4. Моделі організації просторових даних

Найпоширенішою моделлю організації даних є пошарова модель (рис. 2.5). Суть моделі в тому, що здійснюється поділ об'єктів на

тематичні шари і об'єкти, що належать одному шару. Виходить так, що об'єкти окремого шару зберігаються в окремий файл, мають свою систему ідентифікаторів, до якої можна звертатися як до деякої множини. Як видно з рис. 2.5, в окремі шари винесені індустриальні райони, торгові центри, автобусні маршрути, дороги, ділянки обліку населення. Часто один тематичний шар ділиться ще і по горизонталі – за аналогією з окремими аркушами карт. Це робиться для зручності адміністрування БД та уникнення роботи з великими файлами даних.

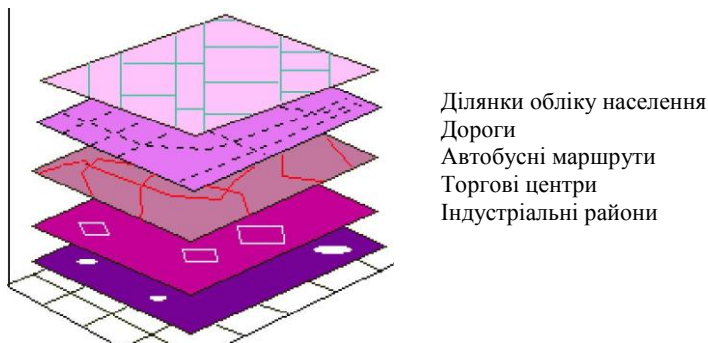


Рис. 2.5. Приклад пошарової організації даних

У рамках пошарової моделі існують дві конкретні реалізації: векторно-топологічна і векторно-нетопологічна моделі. Про основи цих моделей зазначалося в першому розділі, коли розглядали ГІС на основі векторної моделі представлення даних.

Перша реалізація – векторно-топологічна (рис. 2.6). У цій моделі є обмеження: в один лист одного тематичного шару не можна помістити об'єкти всіх геометричних типів одночасно. Наприклад, у системі ARC/INFO в одному покритті можна помістити або тільки точкові, або тільки лінійні, або полігональні об'єкти, або їх комбінації, виключаючи випадок «точкові + полігональні» і три типи об'єктів відразу.

Векторно-нетопологічна модель організації даних – це гнучкіша модель, але часто в один шар поміщаються тільки об'єкти одного геометричного типу. Число шарів при пошаровій організації даних може бути дуже великим і залежить від конкретної реалізації. При пошаровій організації даних зручно маніпулювати великими групами об'єктів, представлених шарами як єдиним цілим. Наприклад, можна вмикати і вимикати шари для візуалізації, визначати операції, засновані на взаємодії шарів.

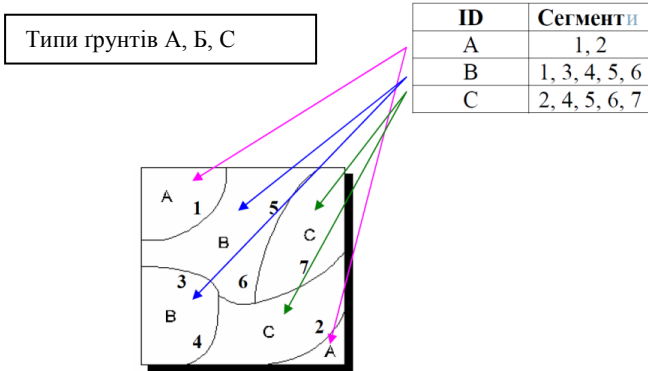


Рис. 2.6. Векторно-топологічна модель організації даних

Слід зазначити, що пошарова модель організації даних абсолютно переважає в растрових моделях даних.

Разом з пошаровою моделлю використовують об'єктно-орієнтовану модель. У цій моделі застосовується ієрархічна сітка (топографічний класифікатор), зображена на рис. 2.7.

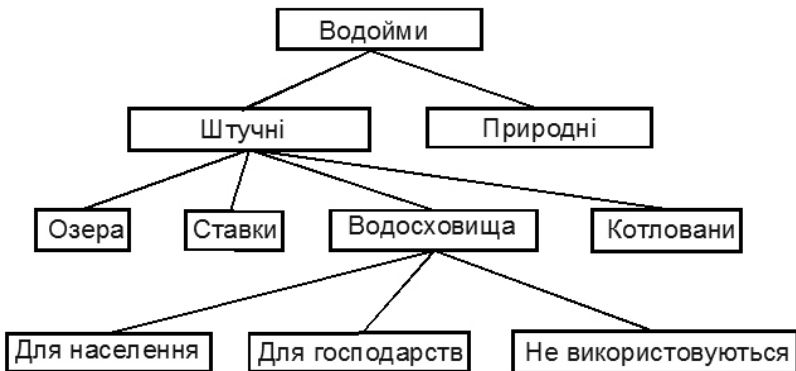


Рис. 2.7. Приклад топографічного класифікатора

У об'єктно-орієнтованій моделі акцент робиться на положення об'єктів у якій-небудь складній ієрархічній схемі класифікації і на взаємини між об'єктами. Цей підхід менш поширений, ніж шарова модель, унаслідок складності організації всієї системи взаємозв'язків між об'єктами.

2.3. Принципи організації інформації в ГІС

Як зазначалося вище, інформація в ГІС зберігається в просторовій і атрибутивній базах даних. Розглянемо принципи організації інформації на прикладі векторної моделі представлення просторових даних.

Будь-який графічний об'єкт можна представити як сімейство геометричних примітивів з певними координатами вершин, які можуть обчислюватися у будь-якій системі координат. Геометричні примітиви в різних ГІС розрізняються, але базовими є вже відомі Вам точка, лінія, дуга, полігон. Розташування точкового об'єкта, наприклад, вугільної шахти, можна описати парою координат (x, y) . Такі об'єкти, як річка, ЛЕП, водопровід, залізниця, описуються набором координат $(x_1, y_1; \dots; x_n, y_n)$ (рис. 2.8). Площинні об'єкти типу річкових басейнів, сільгоспугідь або виборчих дільниць представляються у вигляді замкнутого набору координат $(x_1, y_1; \dots; x_n, y_n; x_1, y_1)$. Векторна модель найбільш придатна для опису окремих об'єктів і найменше підходить для відображення параметрів, що безперервно змінюються.

Окрім координатної інформації про об'єкти, в просторовій БД може зберігатися інформація про зовнішнє оформлення цих об'єктів. Це може бути товщина, колір і тип ліній, тип і колір штрихування полігонального об'єкта, товщина, колір і тип його меж. Кожному геометричному примітиву зіставляється атрибутивна інформація, що описує його кількісні та якісні характеристики. Вона зберігається в полях табличних баз даних, які призначені для зберігання інформації різних типів: текстової, числової, графічної, відео, аудіо. Сімейство геометричних примітивів і його атрибутів (описова інформація) утворює простий об'єкт.

Сучасні об'єктно-орієнтовані ГІС працюють з цілими класами і сімействами об'єктів, що дозволяє користувачеві отримувати повніше уявлення про властивості цих об'єктів і властивих ним закономірностях.

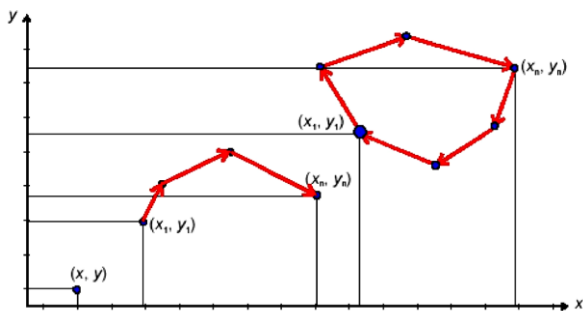


Рис. 2.8. Приклад використання векторної моделі для опису геооб'єктів

Взаємозв'язок між зображенням об'єкта та його атрибутивною інформацією можливий засобом унікальних ідентифікаторів. Вони в явній або неявній формі існують у будь-якій ГІС.

У багатьох ГІС просторова інформація представляється у вигляді окремих прозорих шарів із зображеннями географічних об'єктів. Розміщення об'єктів на шарах залежить у кожному окремому випадку від особливостей конкретної ГІС, а також особливостей вирішуваних завдань. У більшості ГІС інформацію на окремому шарі складають дані з однієї таблиці БД. Буває, що шари утворюються з об'єктів, складених з однорідних геометричних примітивів. Це можуть бути шари з точковими, лінійними або площинними географічними об'єктами. Іноді шари створюються за певними тематичними властивостями об'єктів, наприклад, шари залізничних ліній, шари водойм, шари природних копалин. Практично будь-яка ГІС дозволяє користувачеві управляти шарами. Основні функції управління – це видимість/невидимість шару, редагованість, доступність. Крім цього, користувач може збільшувати інформативність цифрової карти шляхом виведення на екран значень атрибутів просторових об'єктів. Багато ГІС використовують растрові зображення як базовий шар (підкладку) для векторних шарів, що також підвищує наочність зображення.

2.4. Введення інформації в ГІС

Введення даних – це процедура, пов'язана з кодуванням даних у комп'ютерно-читану форму і їх записом у базу даних ГІС.

Виділяють три головні етапи введення даних :

- збір даних;
- редагування і очищення даних;
- географічне кодування даних.

Останні два етапи називаються також *попередньою обробкою даних*. У процесі такої обробки накопичується новий клас даних – метадані (дані про дані).

Метадані зазвичай містять:

- дату отримання;
- точність позиціонування;
- точність класифікації;
- міру повноти;
- метод, використаний для отримання і кодування даних.

Розглянемо способи введення даних у ГІС. Перший спосіб – це введення інформації за допомогою клавіатури. Цей тип введення,

головним чином, використовується для атрибутивних даних. Зазвичай введення з клавіатури поєднують з ручним оцифруванням.

Другий спосіб введення – ручне оцифрування за допомогою дигитайзера. Цей спосіб найширше використовується для введення просторових даних з традиційних карт. Ефективність і якість оцифрування залежить від якості програмного забезпечення оцифрування й уміння оператора. Цей спосіб вимагає великих витрат часу і допускає наявність помилок.

Наступний спосіб введення – сканування карт, що сприяє отриманню їх цифрового зображення. Сучасні високодозвольні сканери можуть сканувати карти з дозволом до 20 мікрон (0.02 мм). Отриманий цифровий знімок потребує обробки і редагування для поліпшення якості. За необхідності зображення перетворюють у векторний формат. Скановані зображення можуть безпосередньо використовуватися для виробництва карт.

Крім того, існує ще один спосіб введення даних у ГІС – введення існуючих цифрових файлів. Річ у тому, що багато відомств і організацій мають великі бази даних географічної інформації. Набори таких даних мають бути доступними, а отримання даних повинно виконуватися за допомогою мережних технологій. Придбання і використання існуючих цифрових наборів даних є найбільш ефективним способом заповнення ГІС.

2.5. Введення даних у ГІС з растровою моделлю даних

Растрова модель є оптимальною для роботи з безперервними властивостями об'єктів. Растрове зображення – це набір значень для окремих елементів (растрів, осередків, пікселів). Окремий растр характеризується координатами з глибиною кольору (у кольорових растрах), градацією сірого кольору (сіра шкала), чорного або білого кольору (в чорно-білих зображеннях). У загальному випадку растрова картина – це звичайне фотозображення, яке отримане скануванням традиційної паперової карти або аеро- чи космічним фотографуванням ділянки земної поверхні. Растрове зображення можна охарактеризувати роздільною здатністю, що вимірюється в одиницях dpi (dot's per inch – точок на дюйм) і вказує, скільки пікселів розташовується в одному дюймі зображення. Чим вище роздільна здатність, тим якісніше й інформативніше зображення. Але не слід забувати, що зі збільшенням роздільної здатності збільшується і файл растрового зображення. У ГІС зазвичай використовуються растрові зображення, роздільна

здатність яких лежить у діапазоні 200-600 dpi (винятком можуть бути тільки аеро- і космоснімки, роздільна здатність яких може досягати декількох тисяч dpi).

2.6. Помилки оцифрування карт

Як би прецизійно не здійснювалося оцифрування і сканування традиційних карт, помилки неминучі. Рівень помилок у базі даних ГІС безпосередньо пов'язаний з рівнем помилок початкових карт. Уся річ у тому, що карти не завжди адекватно відображають інформацію і не завжди точно передають дані про місце розташування об'єктів. На рис. 2.9 наочно показаний процес накопичення помилок на кожному з етапів побудови традиційних карт.

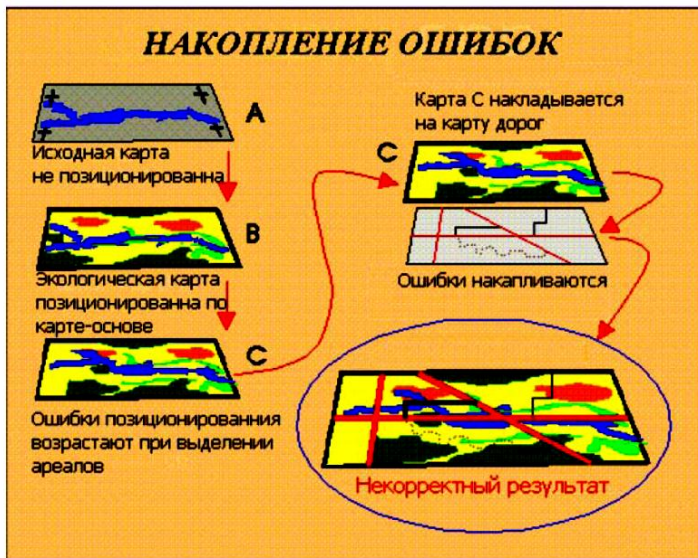
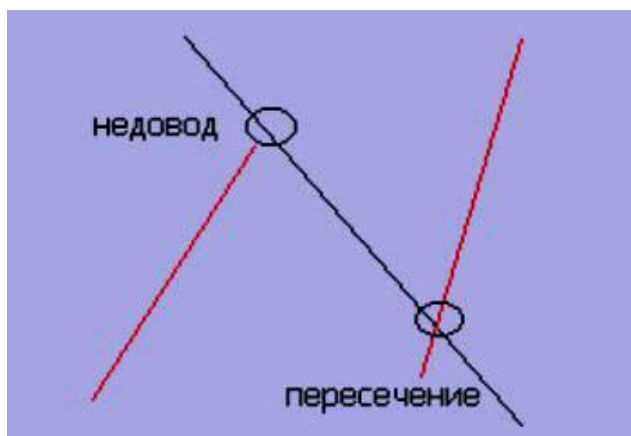


Рис. 2.9. Приклад отримання некоректного результату при створенні карти

У процесі оцифрування можна виділити наступні помилки:

- розриви (два сегменти лінії не стикаються один з одним);
- сіпання (лінія має ділянки «пульсації»);
- петлі (лінія місцями сама себе пертинає);
- перетини (сегменти ліній накладаються один на одного).

Крім того, часто зустрічаються такі помилки, як недоведення і пересічення ліній (рис. 2.10).



Недоведення і пересічення ліній

Рис. 2.10. Помилки оцифрування карт

При дискретному оцифруванні карти (тобто, по окремих областях, які потім з'єднуються в єдину карту) виникають неспівпадіння або нестикування фрагментів (рис. 2.11).

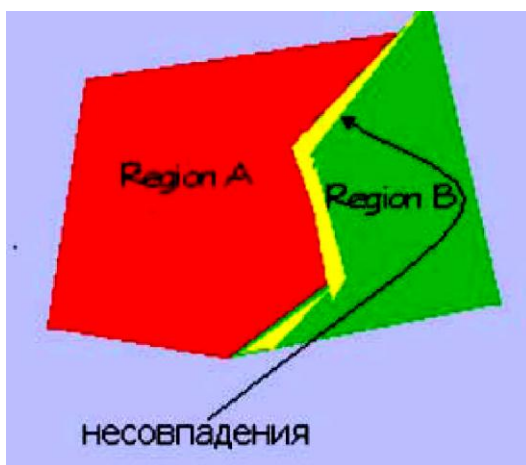


Рис. 2.11. Помилка дискретного оцифрування

2.7. Аналіз інформації в ГІС

Будь-яка сучасна ГІС містить у собі набір засобів для аналізу просторово-атрибутивної інформації. Використовуючи аналітичні функції ГІС, можна отримати відповіді на такі питання, як:

1. Де розташований об'єкт А?
2. Яке розташування об'єкта А по відношенню до об'єкта В?
3. Яка кількість об'єктів А розташовується в межах відстані D від об'єкта В?
4. Яке значення має функція Z у точці X?
5. Які розміри об'єкта В?
6. Що отримається в результаті перетину об'єктів А і В?
7. Який маршрут від об'єкта X до об'єкта Y буде оптимальним?
8. Які об'єкти розташовані усередині об'єктів X_1, X_2, \dots, X_n ?
9. Чи суттєво зміниться просторовий розподіл об'єктів після зміни існуючої класифікації?
10. Що станеться з об'єктом А, якщо змінити об'єкт В і його місце розташування щодо А?

Запити в ГІС можна задавати як простим кліком мишею на об'єкті, так і за допомогою розвинутих аналітичних засобів. У групі із засобами стандартної мови структурованих запитів SQL (Structured Query Language) аналітичні можливості ГІС дають користувачеві потужні інструменти, що настроюються, для обробки і управління інформацією.

Виділимо основні функції ГІС, пов'язані з аналізом просторово-атрибутивної інформації.

Можливості непросторового (атрибутивного) аналізу:

- запит за атрибутами і їх відображення;
- пошук цифрових карт і їх візуалізація;
- класифікація непросторових даних;
- картографічні виміри (відстань, напрям, площа);
- статистичні функції.

Можливості просторового аналізу :

- «оверлейні» операції;
- аналіз близькості;
- мережний аналіз;
- пошук об'єктів;
- аналіз видимості/невидимості;
- прогнозування;
- картометричні функції;
- інтерполяція;
- зонування;
- створення контурів;

- декомпозиція і об'єднання об'єктів;
- буферизація;
- перекласифікація.

Аналітичні методи картографічних даних у ГІС майже не відрізняються від методик аналізу інформації на традиційних картах. Вимір кількісних параметрів об'єктів і їх математична обробка є загальноприйнятими. Проте розрахунки проводяться настільки швидко, що це дозволяє за короткі інтервали часу перевіряти величезне число припущень та гіпотез і підбирати найбільш відповідні з них.

Просторове розташування об'єктів досліджується за допомогою операцій аналізу розміщення, зв'язків та інших геопросторових взаємин об'єктів і їх атрибутів. До таких операцій можна віднести буферизацію, аналіз близькості, оверлейний і мережний аналіз, районування та ін. Комбінуючи перераховані операції, можна вирішувати досить складні просторові завдання.

Далі ми представимо детальний розгляд деяких найбільш цінних функцій аналізу просторового розташування об'єктів, оскільки функції обробки описової інформації в ГІС (сортування, групування, пошук значень, калькуляція, статистика тощо) схожі з функціями, використовуваними у звичайних СУБД.

2.7.1. Буферизація

Буферна зона (buffer zone, buffer, corridor) – це полігональний шар, створений шляхом розрахунку і побудови еквідистант або еквідистантних ліній (equidistant line), рівновіддалених відносно множини точкових, лінійних або полігональних просторових об'єктів. Операція «буферизації» (buffering) застосовується, наприклад, з метою виділення трикілометрової пограничної зони, 20-метрової смуги відчуження залізничної лінії тощо. Буферна зона полігонального об'єкта може будуватися як зовні, так і всередині полігону. У випадку якщо відстані між об'єктами та еквідистантами ставляться у відповідність значення одного з його атрибутів, говорять про «буферизацію зі зважуванням» (weighed buffering).

У сучасних ГІС буферні зони створюються автоматично, причому побудувати їх можна навколо об'єктів будь-яких типів (рис. 2.12). Коротко кажучи, буферні зони можуть бути епідеміологічні зони, зони техногенних катастроф (розлив нафти, аварія на атомній станції), зони дії різних радіотехнічних пристроїв і систем тощо.

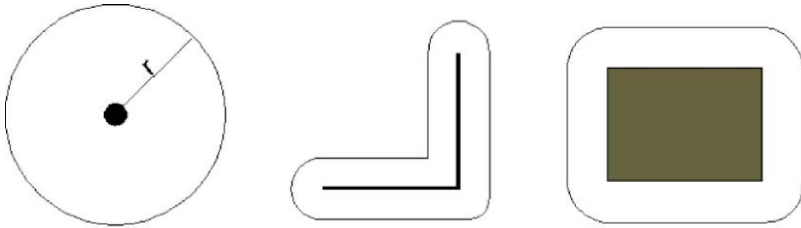


Рис. 2.12. Побудова буферних зон заданої ширини для різних графічних примітивів

Уявіть завдання створити область, що охоплює об'єкти, які знаходяться в межах 500 метрів по обидві сторони від річки (рис. 2.13). Процес створення такої області називається *створенням буферної зони*. Сама така зона називається буфером. Вид буфера визначається його радіусом. Радіусом буфера в нашому випадку є величина 500 метрів.

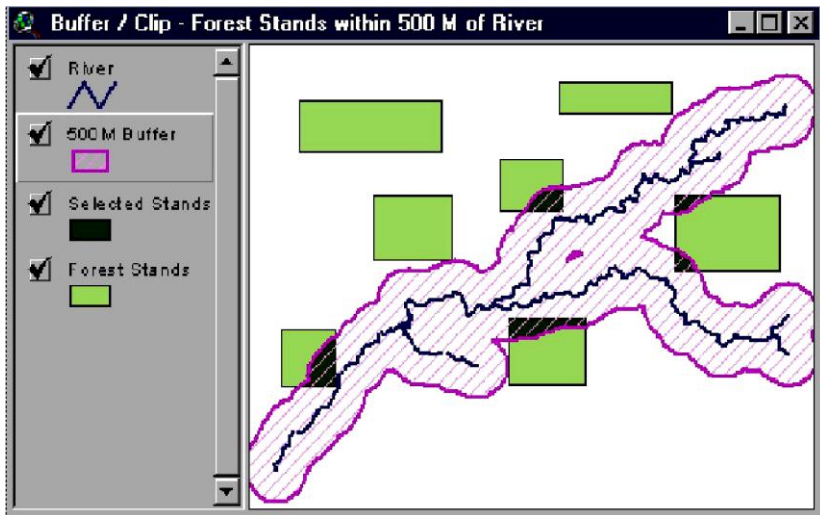


Рис. 2.13. Буферна зона навколо об'єкта

Щоб створити буфер, треба задати радіус буфера у вигляді константи, колонки таблиці, чи аналітичного виразу. Потім треба вказати гладкість (число сегментів для буферного кола). Радіус буфера визначає його розміри. Скажімо, щоб буфер охоплював усі об'єкти, розташовані в межах 10 кілометрів по обидві сторони шосе, слід

задати радіус буфера 10 кілометрів. Якщо в якості радіусу використовується вираз або дані з деякої колонки таблиці, то ГІС обчислюватиме радіус. Радіус можна задати як постійну величину (константу), а також застосовувати значення з деякої колонки таблиці в якості значень радіусу. Наприклад, щоб створити навколо міст буферні зони, які відображали б чисельність їх населення, можна вибирати значення радіусу буфера з колонки «Населення». Більше того, радіус буфера можна задавати у вигляді виразу. Наприклад, треба створити буфери навколо міст, що відображають щільність населення. Але в таблиці немає колонки, яка містила б значення щільності населення. У такому разі потрібно задати радіус буфера виразом, у якому обчислюватиметься щільність населення на підставі даних чисельності населення і площі міст.

Число сегментів для буферного кола визначає міра скруглення (гладкість). Чим більше сегментів використовується для побудови буферного кола, тим більше рівень гладкості буферів. Водночас потрібно пам'ятати, що велика гладкість вимагає і більшого часу на створення буфера. Стандартне значення гладкості – 12 сегментів для повного кола.

Будь-яка сучасна ГІС може розраховувати ширину буфера від межі об'єкта двома методами – для сферичних координат і для декартових координат. Сферичні обчислення вимірюють відстань на сферичній поверхні Землі. Це означає, що відстань від межі початкового об'єкта до нового буферного об'єкта може змінюватися від вузла до вузла. Декартові обчислення відстані проводяться на площині $X - Y$, на яку спроектовані дані.

Можна створювати єдиний буфер навколо усіх вибраних об'єктів або окремі буфери навколо кожного об'єкта. Здійснити буферизацію для декількох об'єктів відразу можливо двома способами. По-перше, можна створити єдиний буфер навколо усіх цих об'єктів. У цьому випадку слід пам'ятати, що ГІС вважає отриманий буфер єдиним об'єктом типу багатокутника. Якщо вибрати один з буферних багатокутників, будуть вибрані й усі інші. Іншим способом є створення окремих буферів для кожного з об'єктів.

2.7.2. Оверлейні операції

Оверлейна операція, оверлей (over-lay – лежачий зверху) – це операція накладення один на одного двох або більше шарів, результатом якої є графічна композиція (графічний оверлей) використовуваних шарів або

єдиний результуючий шар, що несе в собі набір просторових об'єктів початкових шарів, топологію цього набору і атрибути, які є похідними від значень атрибутів початкових об'єктів у топологічному оверлей чи векторній моделі представлень просторових об'єктів.

До оверлейних належать операції:

- визначення приналежності точки полігона;
- визначення приналежності лінії полігона;
- визначення приналежності полігона;
- накладення двох полігональних шарів;
- знищення меж однойменних класів полігонального шару з породженням нового шару;
- визначення ліній перетину об'єктів;
- об'єднання (комбінування) об'єктів одного типу;
- визначення точки дотику лінійного об'єкта тощо.

Прикладом оверлейної операції може бути операція топологічного оверлею «точка-в-полігон» (point-in-polygon), яку зображено на рис. 2.14. По суті, відбувається накладення двох шарів, унаслідок чого створюється новий шар.

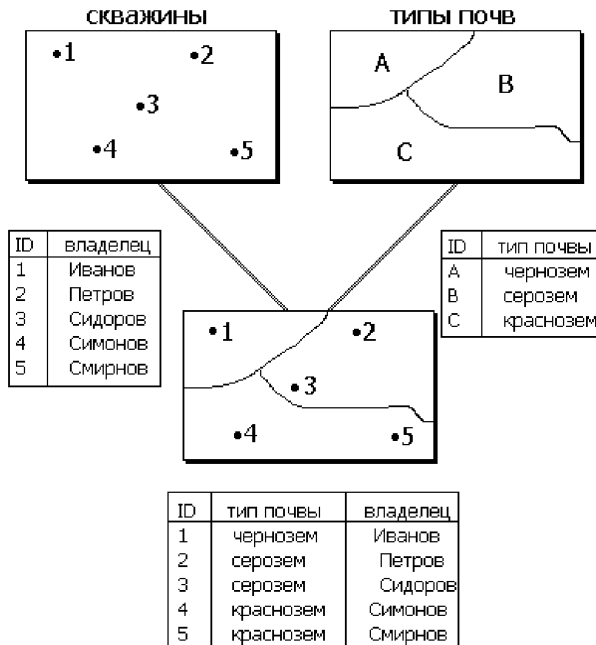


Рис. 2.14. Оверлейна операція «точка-в-полігон»

Операція накладення двох полігональних шарів (polygon-on-polygon) методом вирізування застосовується для вирізування частини одного шару з використанням для цього іншого шару як форми. Ця операція створює новий шар за допомогою накладення об'єктів двох шарів (рис. 2.15). Один з цих шарів має бути полігонального типу, і він використовується для визначення області відсікання. В отриманому шарі зберігають тільки ті об'єкти початкового шару, які потрапляють в область вирізування. Об'єктами початкового шару можуть бути будь-які об'єкти (полігони, лінії або точки). Об'єкти нового шару будуть одного типу з об'єктами початкового шару. У результаті отримують об'єктивну атрибутивну таблицю для нового шару, яка містить поля, аналогічні наявним полям в атрибутивній таблиці початкового шару.

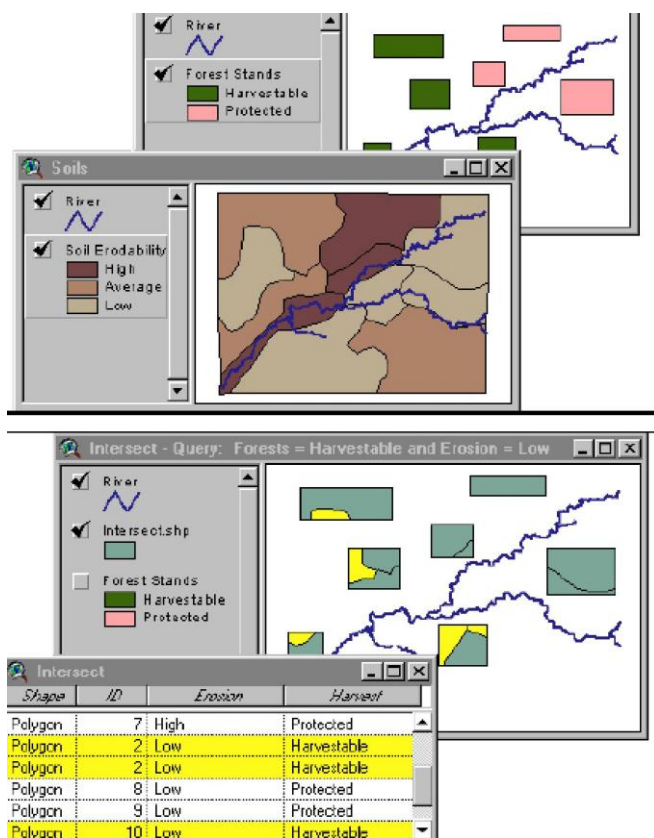


Рис. 2.15. Операція накладення двох полігональних шарів

Окрім операцій топологічного оверлею, існують операції логічного або булевого оверлею. Усі операції (всього їх чотири) засновані на елементарних логічних функціях – логічні І, АБО, НІ і те, що виключає АБО (рис. 2.16).

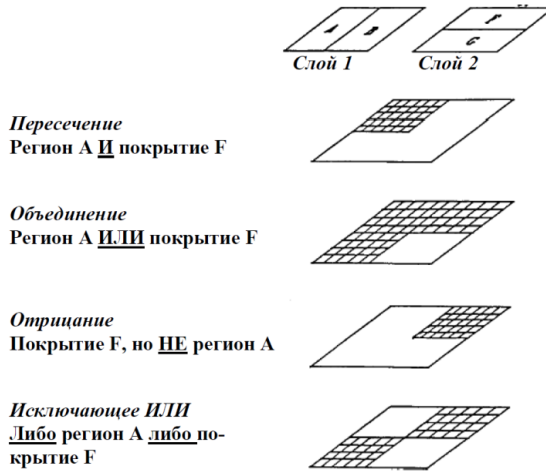


Рис. 2.16. Операції логічного оверлею

У якості прикладу на рис. 2.17 показано операцію перетину, засновану на логічній функції І.

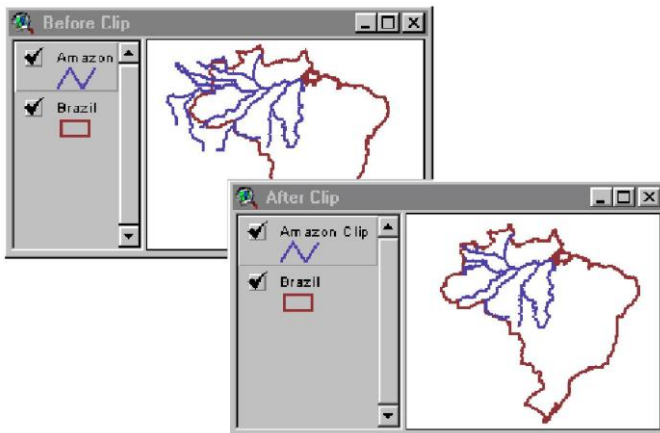


Рис. 2.17. Приклад операції перетину

2.7.3. Перекласифікація

Перекласифікація – це аналітична операція, спрямована на перетворення шару карти за заданою умовою. Наприклад, на карті нанесені сільгоспугіддя з різними типами ґрунтів (рис. 2.18). Крім того, на карті вказані рослинні культури, що ростуть на цій ділянці землі. В даному випадку операція перекласифікації дозволяє об'єднати однорідні ґрунтові зони в єдину область без акценту на те, які на них ростуть сільгоспкультури (рис. 2.18). У цьому випадку умовою перекласифікації є приналежність до одного типу ґрунту.

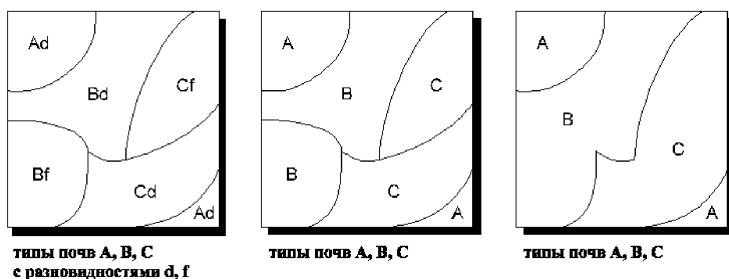


Рис. 2.18. Приклад аналітичної операції перекласифікації

Виділяють декілька основних умов перекласифікацій. Одна з перших – це відсікання об'єктів, просторове положення яких не відповідає заданій позиції (рис. 2.19).

Наступна умова – залишити об'єкти, що тільки знаходяться на північному сході.

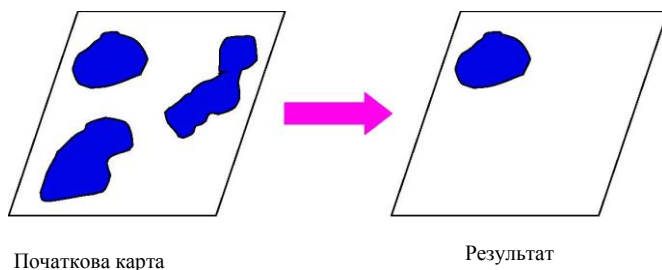


Рис. 2.19. Позиційна перекласифікація

Третя умова перекласифікації – змінити значення якої-небудь величини (висота над рівнем моря, зональна температура, кількість

опадів), щоб вона відображалася на карті. Наприклад, на карті треба змінити фути на метри (рис. 2.20).

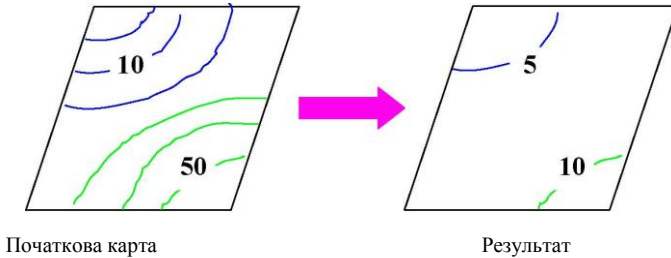


Рис. 2.20. Перекласифікація за значенням величини

Перекласифікація часто здійснюється за розміром об'єктів. Наприклад, на шарі карти необхідно прибрати об'єкти, площа яких нижче або вище заданого значення (рис. 2.21).

Інша задача – відсікання області з площею менше 50 км².

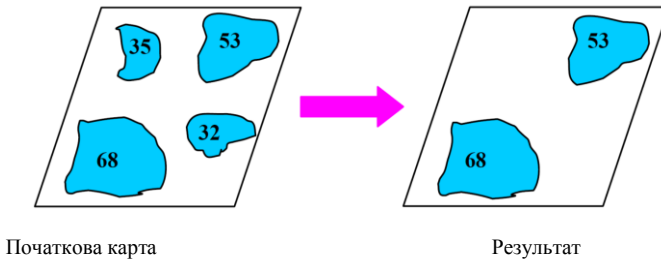


Рис. 2.21. Перекласифікація за розміром об'єктів

Завдання «Розбиття на окремі об'єкти» виконується таким чином:

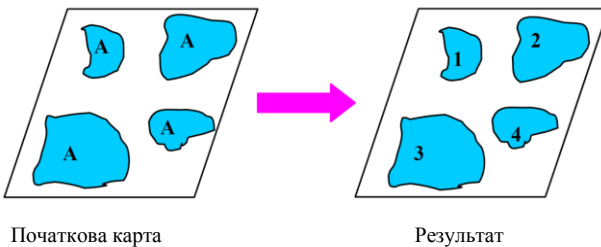


Рис. 2.22. Перекласифікація єдиного класу об'єктів в індивідуальні об'єкти

Перекласифікація використовується для розбиття класу об'єктів на індивідуальні об'єкти, оскільки з ними зручніше працювати (рис. 2.22).

2.7.4. Картометричні функції

Картометричні функції – це операції, що дозволяють вимірювати відстані, площі, периметри, об'єми, які знаходяться між січними поверхнями тощо (рис. 2.23). Як правило, такі операції є обов'язковими внутрішніми функціями ГІС.

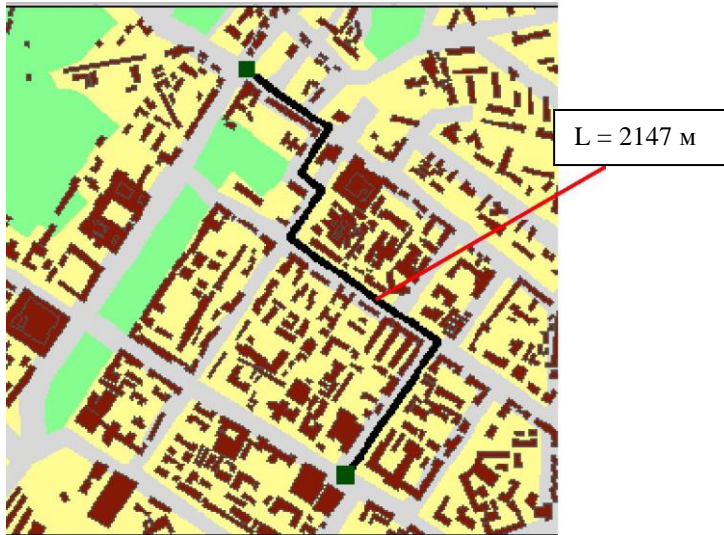


Рис. 2.23. Вимір відстані

Картометричні виміри тісно пов'язані з морфометричними (morphometry) вимірюваннями, суть яких полягає в обчисленні морфометричних показників (morphometric indexes, morphometric parametrs), тобто показників форми і структури явищ (звивистості, розчленовування, щільності та ін.) на основі картометричних визначень. Виміри і обчислення за тематичними картами іноді виділяють в особливий розділ – тематичну картометрію і морфометрію (thematic cartometry and morphometry).

Процес обчислення картометричних і морфометричних функцій полягає у визначенні координат, напрямів, дистанцій, периметрів, розмірів, площ, форм об'єктів, а також периметрів дистанційної

зйомки, отриманих за стереопарою (стереологічні параметри). При проведенні картометричних вимірів треба знати, що:

- процес обчислення координат об'єктів розрізняється для різних примітивів: найпростіше вчислити координати точок – (x, y) , потім ліній – $(x_1, y_1; \dots; x_n, y_n)$, і, нарешті, полігонів – $(x_1, y_1; \dots; x_n, y_n; x_1, y_1)$. Для ліній іноді доводиться обчислювати додаткові характеристики, такі як довжина і кут prostирання. Для полігонів найчастіше визначають периметр, площу, розміри;

- форму зазвичай характеризують такими параметрами, як чинники форми кола і еліпса. Чинник форми кола показує, наскільки полігон близький до кола, тобто фігури, площа якої обмежена найменшим периметром. Для кола чинник форми кола дорівнює 1. Зі збільшенням периметра фігури при незмінній площі значення чинника форми кола зменшується до 0. Чинник форми еліпса говорить про близькість фігури до еліпса (зміна значень цього чинника така ж, як для кола);

- обчислення стереологічних параметрів необхідне для опису об'ємної (3D) структури об'єктів. Фундаментом для розрахунку параметрів служать значення площі і периметра примітива, отримані з карти. У більшості випадків цими параметрами описують структури, елементи яких пов'язані між собою у просторі.

2.7.5. Районування

Процес районування (зонування) полягає в об'єднанні об'єктів на карті у великі регіони або території для узагальнення даних по цих територіях. Районування використовується в найрізноманітніших завданнях, таких як створення і аналіз територій збуту, виборчих округів, територій, що обслуговуються підрозділами аварійної служби, маршрутів доставки, аналіз розподілення ресурсів тощо. ГІС створює тематичну карту методом індивідуальних значень, у якій тематичною змінною є назва території. На цій карті кольорами позначені різні території – райони (рис. 2.24). Спеціальне вікно зазвичай показує дані про райони в табличній формі. Крім того, ГІС дозволяє динамічно відстежувати зміни в даних по районах при перенесенні об'єктів з одного району в інший. Районування найчастіше використовується для оптимізації територіального планування і рішення завдань, що іноді називаються «балансуванням (вирівнюванням) територій».

При районуванні не створюються нові географічні об'єкти на карті, а також не вноситься ніяких постійних змін у стилі існуючих об'єктів.

Районування є інструментом динамічного угруповання існуючих об'єктів і аналізу відповідних даних. Проте користувач ГІС може зафіксувати зміни в об'єктах, зберігши у виді окремої таблиці результати районування. Районування можна здійснити для будь-якої таблиці, що містить графічні об'єкти типу області, лінії або точки. Різні райони зображуються різними штрихуваннями, типами ліній або символів. Число районів для кожної таблиці зазвичай не може перевищувати 300.

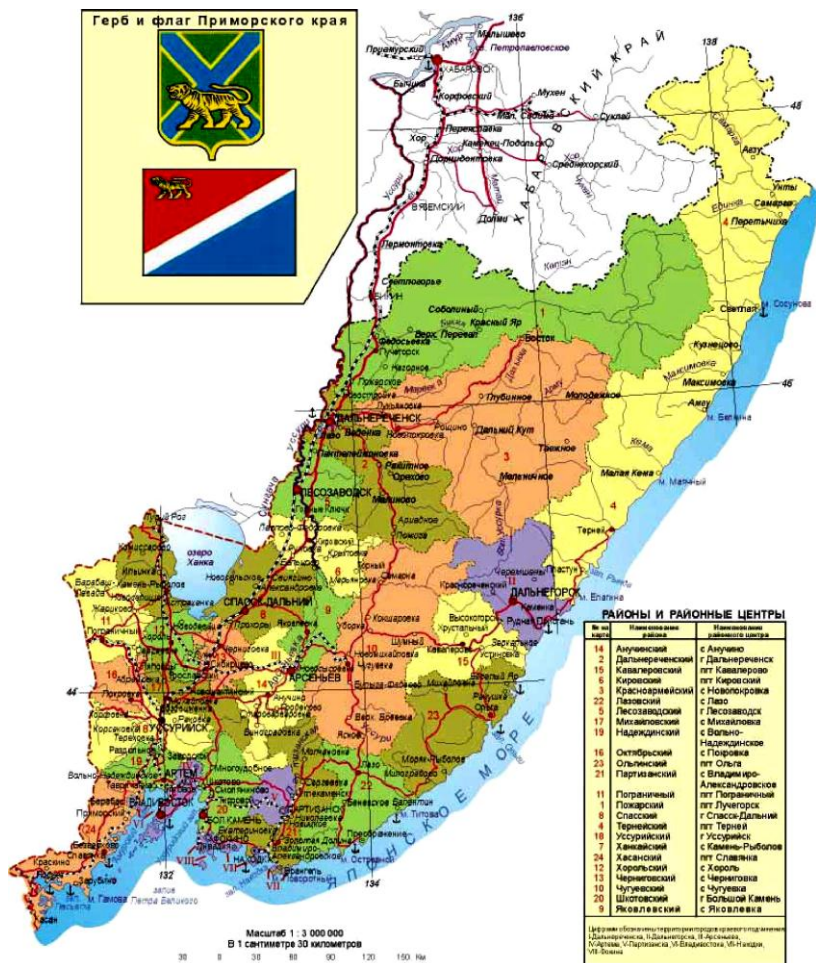


Рис. 2.24. Райони і районні центри Приморського краю

Районування особливо корисно при великому розкиданні значень даних, коли необхідно оцінити різні сценарії розподілу. Районування можна застосовувати для створення нових територіальних одиниць або для перепланування існуючого поділу.

2.7.6. Мережний аналіз

Мережний аналіз спрямований на розв'язання завдань для визначення найближчого, найбільш вигідного мережного (це може бути транспортна мережа, мережа телекомунікацій тощо) маршруту (рис. 2.25), встановлення рівнів навантаження на мережу, визначення зон впливу на об'єкти мережі інших об'єктів. Мережний аналіз часто використовують у процесі ухвалення рішень із транспортних завдань, із проектування й експлуатації різноманітних мереж інженерних комунікацій тощо.

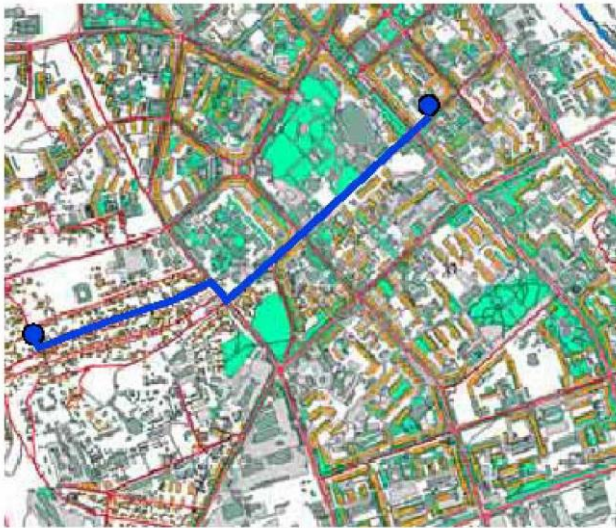


Рис. 2.25. Визначення найбільш вигідного маршруту

Мережний аналіз націлений на обробку даних лінійних об'єктів, які мають розгалужену (деревовидну) структуру. Він може бути використаний, наприклад, при аналізі геологічних даних за інтенсивністю спектральних ліній.

Для вирішення складніших дослідницьких завдань застосовується моделювання розподілу просторових і атрибутивних параметрів графічних об'єктів методом регулярного осередку. Цей метод становить набір просторових операцій, у процесі виконання яких територія розбивається на регулярні осередки строго встановленого розміру і обчислюються статистичні значення просторових або атрибутивних даних об'єктів у цих осередках. Регулярний осередок є двомірним просторовим об'єктом, елементом розбиття земної поверхні лініями регулярної мережі, тобто регулярно-комірчастого представлення просторових об'єктів, на відміну від пікселя (як елементу растрового представлення), що утворюється розбиттям лініями растру зображення (а не земної поверхні).

2.7.7. Інші аналітичні операції

Аналіз видимості/невидимості – це одна з операцій обробки цифрових моделей рельєфу, яка забезпечує оцінку поверхні з точки зору видимості або невидимості окремих його частин шляхом виділення зон і побудови карт видимості/невидимості з деякої точки огляду або безлічі точок, заданих їх положенням у просторі (джерел або приймачів випромінювань).

Просторовий аналіз видимості/невидимості заснований на оцінці взаємної видимості двох точок. Аналіз видимості/невидимості застосовується для оцінки впливу рельєфу (особливо гірського) або рельєфності міської забудови на величину зони стійкого радіоприйому (радіовидимості) при проектуванні радіо- і телемовних станцій, радіорелейних мереж і систем мобільного радіозв'язку.

Аналіз близькості – це просторово-аналітична операція, основана на пошуку двох найближчих точок серед заданої їх множини (пошук найкоротшої відстані) і використовується в різних алгоритмах просторового аналізу. При обробці геологічної інформації це може бути локалізація найближчих точок у геохімічних аномаліях із заданими параметрами.

2.8. Підготовка звітів, карт, схем

Сучасні повнофункціональні геоінформаційні системи мають розвинені засоби генерації різних вихідних форм. Окрім стандартних генераторів звітів, які застосовуються у звичайних СУБД, у ГІС

вбудовані засоби друку комп'ютерних карт різного призначення. Слід зазначити, що їх друк здійснюється на основі фундаментальних вимог, які пред'являються до традиційних паперових карт, виконаних на звичайному типографському устаткуванні. Заданий масштаб зображення в процесі друку контролюється високоточними засобами. Повнофункціональні ГІС надають можливість створення широкого діапазону легенд карт, різних вставок і звітів (рис. 2.26).

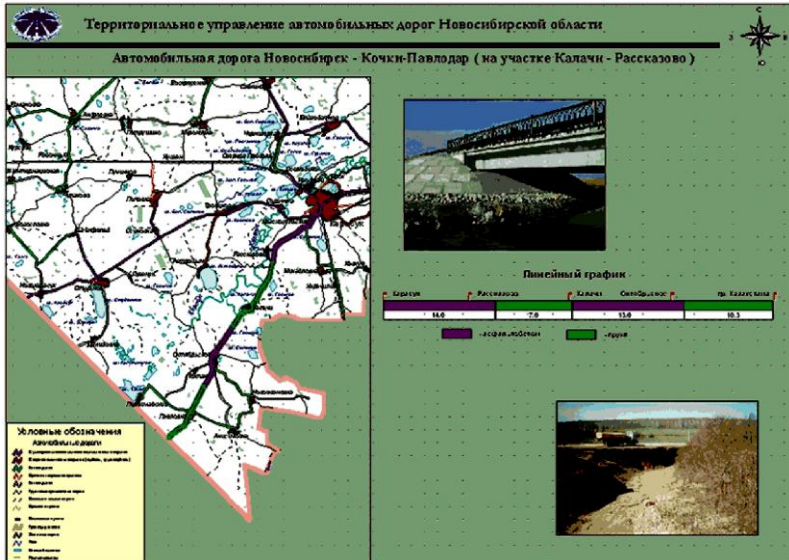


Рис. 2.26. Приклад звіту

Друкуючи карти, можна зіткнутися з такою проблемою, як коректне перенесення кольорів зображення. Помилки в перенесенні кольорів пояснюються відмінностями моделей опису колірних палітр зображення на екрані монітора і використовуваних у принтерах (плотерах). Цю проблему можна розв'язати, використовуючи додаткове спеціалізоване програмне забезпечення.

2.9. Моделювання просторових завдань

Модель – це математичний або візуальний спосіб опису об'єктів, процесів або явищ, які не можуть спостерігатися безпосередньо.

Моделі нам потрібні для створення спрощених представлень дійсності, що нас оточує. Як зазначалося в попередньому модулі, у ГІС це робиться шляхом представлення реальності у вигляді набору шарів карти і зв'язків між ними (рис. 2.27).



Рис. 2.27. Шари карти

Для створення просторової моделі, адекватної навколишньому світу, використовують засоби просторового аналізу. Просторове моделювання – це процес аналізу характеристик різних шарів для кожного місця розташування, вживаний для вирішення просторових завдань. Зазвичай ГІС наносить на вибрані шари мережу з прямокутними осередками, яка називається *gridом* (від англ. *grid* – ґрати, мережа). Кожен осередок представляє певне місце розташування і має певне значення для кожного шару карти. Осередки для різних шарів накладаються один на одного, описуючи кожне місце розташування різними атрибутами.

Більшість просторових моделей включають пошук оптимального місцезнаходження. Це, наприклад, моделі вибору ділянок або моделі придатності. Їх метою є визначення найбільш відповідного місця для вирощування гібридної сільськогосподарської культури, буріння нафтової свердловини, будівництва дитячого садка. Незважаючи на значні відмінності в шкалах і вимогах до даних, способи рішення подібних завдань схожі.

Наприклад, нам необхідно вибрати оптимальне місце для будівництва нового магазину. Для вирішення цього завдання треба створити модель придатності. При такому типі моделі характеристики оцінюються за їх придатністю, а потім комбінуються для створення комплексної карти придатності для кожного місця розташування, що враховує усі змінні величини.

Процес рішення подібної задачі розбивається на чотири етапи:

- формулювання завдання;
- розбиття завдання на складові частини;
- привласнення об'єктам значень придатності;
- розв'язання задачі.

Перший етап – **формулювання** – починається з представлення мети дослідження, яку треба досягти. Тобто, користувач повинен представляти карту, яку хоче отримати.

Як уже відзначалося, наше завдання – знаходження оптимального місця для будівництва магазину. Припустимо, що ми володіємо декількома довколишніми маленькими магазинами, які в основному розраховані на людей з високими прибутками. Ми продаємо їм високоякісні продукти харчування і побутові товари. Наш бізнес є прибутковим, і необхідно знайти райони міста для організації нових магазинів. У результаті ми повинні отримати карту, що показує території, ранжирувані у міру придатності можливих варіантів для розміщення нового магазину. Вона називається *картою ранжируваної придатності*, оскільки показує діапазон значень, що відображають міру придатності кожного району. Такий тип карти і процес її створення застосовні майже в усіх областях просторового аналізу і ГІС.

Коли завдання сформульоване, треба розділити карту на дрібніші частини, щоб дізнатися, які дані і кроки знадобляться для її вирішення. Ці кроки представляють проміжні завдання, які ми вирішуватимемо, щоб визначити придатність кожного місця розташування.

Основною умовою при визначенні завдань за етапами є те, щоб вони ґрунтувалися на тому, що можна виміряти. Так яким же чином визначити краще місце для розташування магазину? По-перше, магазину потрібні покупці, що мають бажання купити якийсь продукт. По-друге, для покупців важлива відстань до магазину. Тому нам треба знати наступне:

1. Де знаходяться потенційні покупці?
2. Чи досить їх там?
3. Чи далеко вони знаходяться від уже існуючих магазинів?

Ось три основні питання, які формують у даному випадку три шари або три теми карти (рис. 2.28).

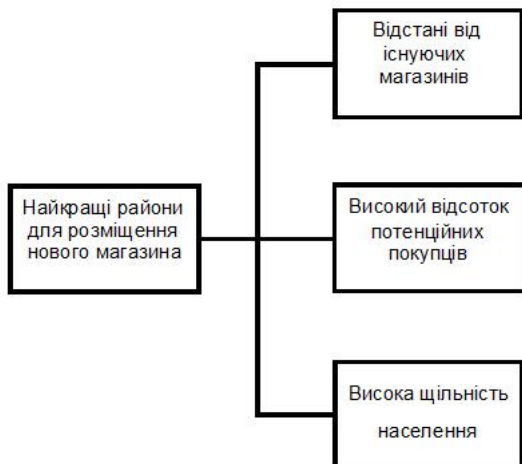


Рис. 2.28. Основні теми карти

Щоб створити карту потенційних покупців, необхідно визначити декілька параметрів, що характеризують жителів, бажаючих придбати наші товари (рис. 2.29). Це здійснюється шляхом опитування. Виходячи з набору даних про місце розташування магазинів і їх характерних особливостей, потрібно вибрати прибуткові магазини, нанести на карту райони їх торгового обслуговування, сумістити з демографічними даними, щоб переконатися, що усі потенційні покупці за даними опитування і ті, хто живуть поблизу магазинів, – одні і ті ж самі люди. Потім, знаючи демографічну ситуацію, наносимо на карту райони їх проживання.

Коли стане відомо, яких покупців слід шукати, необхідно скласти карту. Краще за все створити карту процентного співвідношення потенційних покупців. Дані способу життя представлені по районах перепису у вигляді статистичної вибірки і не виражають загальне число усіх жителів цієї області. Картографування долі потенційних покупців дозволяє здійснити порівняння районів з різною щільністю вибірки. Створення карти процентного співвідношення – це проста таблична операція, де підсумовується число жителів за кожною з потрібних категорій, яка потім ділиться на загальне число жителів у виборці і множить на 100.

Щоб визначити, чи досить покупців, необхідно створити карту чисельності населення в межах районів торгового обслуговування магазину. Карта щільності населення створюється за допомогою функції розрахунку щільності з набору точкових даних.

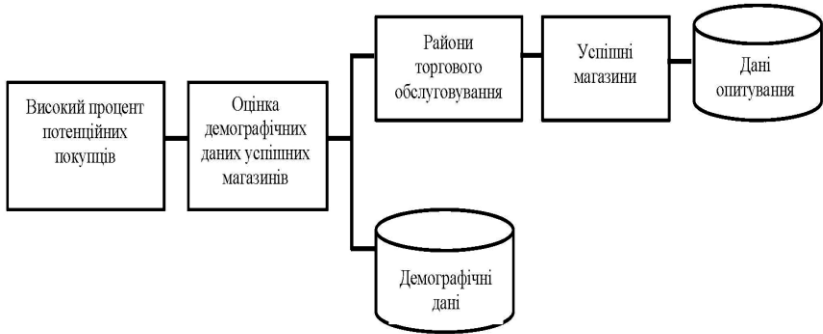


Рис. 2.29. Виявлення потенційних покупців



Рис. 2.30. Схема етапів розв'язання задачі про розташування нового магазину

Неважко помітити, що завдання все більше дробиться на складові частини, тому в кінці кожної гілки на діаграмі має бути вказано джерело даних (рис. 2.30). Такий підхід допомагає визначити дані, необхідні для кількісного опису кожного об'єкта.

Після того, як кожен об'єкт набув свого шару карти, необхідно скомбінувати об'єкти, щоб створити єдину ранжирувану карту потенційних районів торгового обслуговування. Для цього потрібний спосіб порівняння значень одного класу з іншим. Це вирішується шляхом привласнення числових значень класам кожного шару або теми.

Кожен об'єкт ранжується залежно від того, наскільки він придатний у якості місця для нового магазину. Присвоїмо кожному об'єкту значення за шкалою від 1 до 10, де 10 відповідає найкращому варіанту. В результаті цього процесу отримаємо шкалу придатності.

Існує також клас «немає даних» або «непридатний», який використовується, щоб виключити райони, які не розглядатимуться. Оскільки усі виміри будуть представлені на одній числовій шкалі, вони матимуть рівну значущість при визначенні найбільш придатних місць. Стартова модель створюється саме таким чином, але потім, при перевірці альтернативних сценаріїв, до шарів або вимірів застосовуватимуться вагові коефіцієнти для подальшого вивчення даних і їх взаємозв'язків. На етапі привласнення об'єктам шкал придатності детальніше визначаються також засоби і кроки, що вимагаються для виміру об'єктів і привласнення шкал.

Щоб забезпечити достатню кількість покупців для нового магазину, потрібно використати карту щільності населення. Практично будь-яка настільна ГС дозволяє створити карту, яка показує число жителів усередині заданого радіусу.

Останнім кроком у моделюванні є об'єднання карт придатності потенційних покупців, карти населення і карти відстаней, щоб отримати єдину міру «кращих територій для нового магазину». Це здійснюється у результаті зведення усіх трьох карт разом і ділення на три.

2.10. Підтримка рішення на базі геоінформаційної системи

Геоінформаційні системи знаходять широке застосування у найрізноманітніших сферах діяльності людини завдяки комплексному використанню просторової і атрибутивної компоненти. Порівняно в короткий термін було здійснено перехід від паперових карт до електронної карти. Наявність електронної карти обумовило повсюдне її використання завдяки таким її властивостям, як точність, багатошаровість, поєднання графічної та атрибутивної компонент, легкості перегляду і редагування, зберігання й обміну. Більшість сучасних ГС-технологій базуються на застосуванні електронної карти. На сьогодні переважна кількість користувачів ефективно працює на рівні використання просторово-розподіленого інформаційного поля, у переважній більшості двовимірному. Тривимірне поле тільки-но починає впроваджуватися. Широке його застосування стримується тим, що базові пакети ГС, у своїй переважній більшості, застосовують плоску електронну карту. Наявність інформаційного поля дозволяє

ефективно приймати рішення для просторово-розподілених систем, для яких візуалізація масивів даних, оперативний пошук, локалізація та отримання інформації, як просторової, так і атрибутивної є для більшості випадків достатніми задля підтримки прийняття рішення. До таких систем можна віднести: ведення державного земельного кадастру, управління земельними чи водними ресурсами, лісове господарство, екологію і захист земельних ресурсів, радіаційну безпеку тощо.

Таке впровадження ГІС, незважаючи на широке розповсюдження, не повністю використовує потенційні можливості, що в ній закладені. Останнім часом у літературних джерелах з'являються публікації про застосування ГІС для підтримки прийняття рішення при розв'язуванні добре структурованих проблем. Відповідно до класифікації Саймона 1958 року, всі проблеми, які потребують прийняття рішень в організаційному управлінні, поділяють на три типи:

- добре структуровані;
- неструктуровані;
- слабо структуровані.

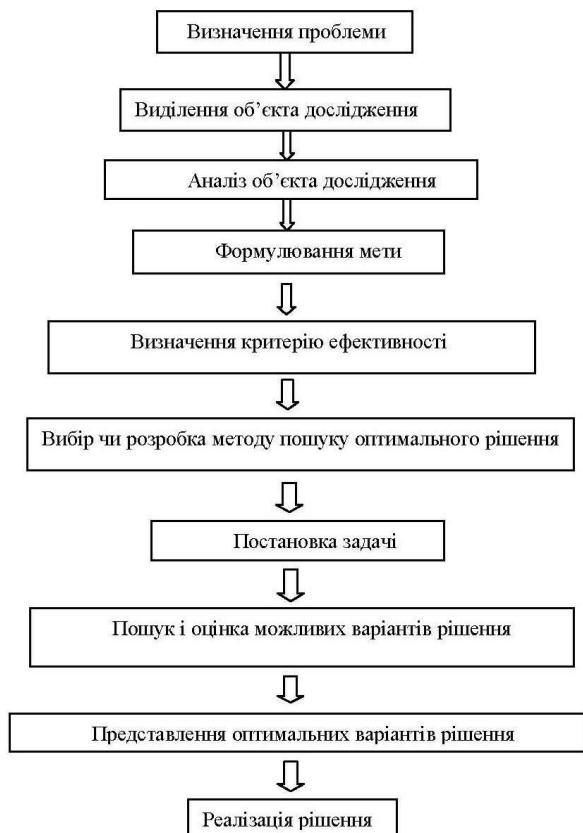
Добре структуровані проблеми досить поширені, але це зовсім не означає, що ці проблеми просто і легко розв'язуються. Застосування для їх розв'язання математичних методів пов'язане зі значними труднощами. Вважається, що для їх розв'язання достатньо первинної інформації, найчастіше – статистичної. Але, як показує практика, такий поверхневий підхід приводить до серйозних прорахунків і втрат.

Два інших типи проблем пов'язані з різними рівнями невизначеності та недостатності інформації.

Аналіз можливостей ГІС показав, що просторова інформаційна система має величезний потенціал для розв'язання широкого кола проблем першого типу, точніше, на її базі можна розв'язувати проблеми будь-якого напрямку, особливо коли тематичні напрямки ГІС та кола задач близькі.

Для ілюстрації цього розглянемо загальну схему підготовки прийняття рішення.

Перше, з чим стикається дослідник, – це **визначення проблеми**. Проблема – це вимушена зміна функціонування системи за необхідністю «вирівняти» або покращити її нормальне функціонування. Проблема, як правило, виникає при зміні ситуації (зовнішніх або внутрішніх параметрів) функціонування системи. Поява проблеми спонукає до відповідних дій або управлінських рішень, направлених на її розв'язання. Аналіз проблеми надає можливість сформулювати мету, визначити процеси, які забезпечать досягнення мети, визначити об'єкт дослідження, сформулювати поетапні задачі досягнення мети.



Об'єкт дослідження – це визначена і виокремлена система (процес) для оптимізації чи управління.

Аналіз об'єкта дослідження – це визначення зовнішніх впливів на систему, внутрішніх реакцій на зовнішні впливи та внутрішні зв'язки між елементами системи, формалізація визначальних процесів та параметрів, які їх визначають.

Визначення мети дослідження – конкретизація оптимального стану (станів) системи.

Визначення критерію ефективності:

- визначення сутності ефективності системи;
- формалізація ефективного стану системи;
- методи оцінки критерію ефективності.

Визначення методів пошуку оптимального рішення:

- визначення достатності інформаційного поля;
- визначення основних (критичних) процесів;
- підвищення інформаційності системи;
- визначення параметрів системи для опису основних процесів;
- формулювання цільової функції або методика оцінки критерію при зміні основних параметрів системи;
- Методи пошуку оптимального рішення.

Постановка задачі – формулювання конкретних шляхів і мети пошуку оптимального рішення.

Пошук можливих варіантів рішення:

- створення поля можливих станів системи;
- відбір оптимальних станів системи;
- аналіз відібраних варіантів;
- рекомендації щодо прийняття кожного з відібраних варіантів.

Прийняття рішення:

- формулювання конкретного управлінського рішення для досягнення оптимального функціонування системи в часі і просторі.

Розглянемо основні можливості ГІС для підготовки прийняття рішення. Як уже було зазначено вище, ГІС базується на просторово-розподіленому інформаційному полі. Просторова компонента теоретично не має обмежень ні за формою, ні за складом. Більше того, наявність можливості урахування часових зрізів дозволяє використовувати її в динамічному представленні. ГІС, по своїй суті, – інформаційна система з постійним накопиченням даних визначеного регіону, залежно від тематичного спрямування і поставлених задач. Наявність цільного і досить потужного інформаційного поля дозволяє розв'язувати не тільки специфічні задачі з тематики ГІС, а й багато інших задач, які виникають у регіоні і розв'язуються методами підтримки прийняття рішення. При цьому наявність потужного інформаційного поля дозволяє уникати невизначеності, шляхом підвищення інформативності системи на базі реальних даних, здійснювати більш чіткий аналіз об'єкта дослідження, використовувати спрощені методи пошуку рішення.

Питання невизначеності досить часто з'являється в задачах підготовки прийняття рішення через специфіку проблеми. Такі задачі з'являються у випадках недосяжності об'єкта дослідження або коли створюється новий об'єкт і про нього немає або дуже мало інформації, а також у військових операціях чи коли рішення приймається вимушено в надто обмежений термін.

Для таких операцій існує достатня кількість спеціальних методів, і вони давно використовуються.

Але, крім них, існує величезна кількість проблем, які необхідно розв'язувати кожного дня на рівні регіону, підприємства, міста, в організаціях і навіть удома.

Виходячи з того, що *всі задачі підготовки прийняття рішення конкретні і оригінальні*, підготувати банк розробок для кожного випадку проблематично. Більше того, використання чужого методу для конкретної задачі без детального аналізу й оцінки відповідності заданим умовам може привести до плачевних результатів, незважаючи на досконалість вибраного методу. Тому кожну задачу потрібно розглядати конкретно до реальних умов і особливостей самого об'єкта дослідження. Цікаво те, що оцінка можливості застосування відомих методів може бути складнішою, ніж створення власного для конкретних умов.

Щодо *невизначеності*. Якщо розглядати проблему на базі ГІС, то мова може йти про недостатність або неповну відповідність певних даних. Але маючи поле реальних просторово-атрибутивних даних, серед яких є дані і про об'єкт дослідження, можна говорити про підвищення інформативності системи в напрямку поставленої задачі. Шляхів може бути декілька:

- доповнити дані зі спеціалізованої ГІС;
- обробити аналітично базові дані та отримати необхідні;
- створити модель на базі інформаційного поля, отримати їх і навіть спрогнозувати.

Ще один важливий момент: не слід забувати, що всі задачі такого типу *ймовірнісні*, і використання детермінованих методів може бути, м'яко кажучи, некоректним. У крайньому випадку можна перейти до умовно-детермінованих методів. Що стосується ГІС, то, маючи достатню кількість даних, можна легко отримати потрібні ймовірності.

Найбільш важливим етапом, можна сказати, навіть визначальним, є *аналіз об'єкта дослідження*. Для проведення цього дослідження потрібна інформація про сам об'єкт, його оточення і умови його функціонування. Отримані результати будуть визначати наступне розв'язання задачі та кінцевий результат. Необхідна максимальна інформація, і отримати її можна через ГІС.

Аналогічно можна сказати і про критерій та цільову функцію.

Є одне зауваження. Якщо визначені і виділені основні процеси при функціонуванні системи, які приводять до її ефективного використання в напрямку, визначеному метою, то для програміста не складе особливих проблем розробити програму обрахунку поля можливих значень критерію ефективності та відібрати з них оптимальні.

Таким чином, на базі ГІС можна і потрібно розв'язувати задачі підготовки прийняття рішення. Якщо при цьому буде створено певну спеціалізацію ГІС (економіка, екологія, бізнес, обласне та муніципальне управління тощо), то спеціалізоване інформаційне поле, наряду з досвідом розв'язання задач, тільки підвищить якість підготовлених рішень.

2.11. Інформаційні системи із просторовою локалізацією даних

Серед інформаційних систем можна виділити клас, який пов'язаний з обробкою даних, що мають просторову локалізацію.

Просторовою локалізацією даних називають процес співвіднесення різних видів інформації до певної просторової системи. Такою системою може бути декартова система координат; географічна система координат; класифікована сукупність територіальних об'єктів тощо.

Локалізація може здійснюватися застосуванням спеціальних класифікаторів або на основі прив'язки до обраної системи координат.

Атрибутивною називається локалізація, здійснювана на основі класифікації властивостей об'єкта або його місця розташування в заданій системі класифікаторів. Прикладом такого підходу можуть бути класифікатори, застосовувані в офіційній статистиці.

Позиційною називається локалізація, здійснювана на основі прив'язки точок об'єкта до системи координат.

Позиціонуванням називають процес прив'язки точок об'єкта до системи координат. Прикладом позиціонування може служити процес прив'язки об'єктів до координатної сітки при побудові креслень у САПР.

Просторова локалізація застосовується для аналізу різних типів об'єктів: локалізованих (точкових), лінійних, мережних або майданних.

Статистичні інформаційні системи

Серед інформаційних систем працюючих із просторово-локалізованими даними найбільш відомими є статистичні інформаційні системи.

Статистичні інформаційні системи (СтІС) є частиною й основою державної статистики – одного з найважливіших ланок у системі регулювання й керування економікою країни.

Основними завданнями СтІС є:

– збір, обробка й надання статистичної інформації різним користувачам про діяльність усіх галузей економіки й підвідомчих їм підприємств, розташованих на різних територіях;

- обробка статистичної інформації на основі науково обґрунтованої статистичної методології, що відповідає потребам суспільства на сучасному етапі, а також міжнародним стандартам;
- гарантування повноти й наукової обґрунтованості всієї офіційної статистичної інформації;
- контроль і комплексне узгодження статистичних даних на основі галузевих, територіальних, локальних і спеціальних спостережень;
- надання статистичної інформації шляхом подання різних форм і видів інформаційних документів.

Усі дані, застосовувані в ході обробки у СтІС, мають три групи характеристик: «час», «місце», «тема».

Результатом обробки інформації у СтІС є інформація, призначена для підтримки прийняття рішень, тобто для одержання керуючої інформації. Керуюча інформація призначена для впливу на об'єкт керування.

Під *об'єктом керування* в системі керування розуміється елемент системи, який для нормального функціонування має потребу в контролі й регулюванні. Об'єктами керування в системі народного господарства країни виступають галузі економіки, підприємства й організації.

Для керування об'єктами створюється керуюча система, що забезпечує їх своєчасне приведення до нормального функціонування. Органи керування впливають на об'єкти керування за допомогою прямого зв'язку (завдання) і зворотного зв'язку (звітність) через органи державної статистики, тобто через СтІС.

Таким чином, СтІС як інформаційні системи, що працюють із просторово локалізованими даними, є ланкою зворотного зв'язку в системі державного керування.

Просторова локалізація даних забезпечує прив'язку різних економічних показників до об'єктів керування, яка має територіальний характер.

Для СтІС як систем, що працюють із просторово-локалізованими даними, характерне поняття рівня й масштабу дії.

Рівень визначається місцем СтІС у системі керування (горизонтальні зв'язки), масштаб дії визначається: сферою дії, ступенем узагальнення інформації й співвідношенням вхідної та вихідної інформації.

Наприклад, СтІС регіонального рівня збирають і обробляють інформацію, що стосується даного регіону. СтІС окремого підприємства обробляють інформацію, що стосується діяльності даного підприємства, яка може включати регіональні й міжрегіональні дані. Галузеві СтІС обробляють і узагальнюють інформацію даного міністерства або галузі

по тих регіонах, у яких розташовані підприємства даної галузі. Нарешті, СтІС Держкомстату узагальнюють інформацію з усієї країни. Це визначає СтІС як різномасштабну за дією систему.

Дані у СтІС організовані у вигляді атрибутивних таблиць, що містять описову інформацію з кожного із просторових об'єктів. Одним зі способів подання статистичних даних таблиць є ділова графіка.

Регіональна еколого-економічна система

Регіональною еколого-економічною системою (РЕЕС) називають інформаційну систему, організовану на основі стійких управлінських, технічних, економічних, біологічних та інших типів зв'язків, між підприємствами, які належать до даного регіону.

Метою функціонування РЕЕС є гармонічний розвиток регіону зі збереженням його екологічного балансу. Досягнення цієї мети здійснюється шляхом збору, обробки, зберігання й аналізу інформації про еколого-економічну ситуацію в даному регіоні. Таким чином, масштаб дії даної системи обмежений регіоном.

Дані, що збираються і збережені в системі, включають три узагальнюючі групи характеристик: «місце», «час», «тема».

На відміну від розглянутої вище статистичної інформаційної системи, РЕЕС здійснює не тільки збір і аналіз даних, але й вироблення керуючих рішень для гармонізації еколого-економічної ситуації.

Іншою відмінністю від СтІС, у яких у міру підвищення рівня аналізу все більше місце приділялося завданням узагальнення, у РЕЕС є наявність завдань аналізу й диференціації.

У якості одного з методів диференціації використовується сегментація як окремих завдань, так і регіону.

Сегментація регіону означає розподіл його на більш дрібні частини на основі обраних ознак. Регіональна сегментація, яка включає економічний, політичний та інший розподіл на основі поведінкових і психологічних особливостей покупців, а також сегментація за різницею кінцевих споживачів, утворюють складну систему регіону.

На відміну від СтІС, ці системи є не тільки ланкою зворотного зв'язку в системі керування, але й містять у собі ланки керування.

Крім того, у них основними є не тільки завдання узагальнення даних, але й протилежні завдання диференціації.

На противагу СтІС, що мають різні рівні керування й масштаби збору даних, у РЕЕС фіксований рівень керування й масштаб даних, що збираються.

Маркетингова інформаційна система

Маркетинговою інформаційною системою (МІС) називають систему, що містить комплекс процедур і методів, призначений для збору, обробки й аналізу інформації, необхідної для підтримки або прийняття маркетингових рішень. Сучасні маркетингові системи повинні зберігати великий обсяг інформації. З цією метою застосовують вбудовані або зовнішні бази даних.

База даних маркетингової інформаційної системи повинна містити інформацію:

- про розміщення об'єктів;
- про транспортні потоки й мережі переміщення товару або продукту;
- про фінансове становище клієнта або посередника;
- про конкурентів у їхній сфері діяльності;
- про структуру ринку й розміщення потенційних споживачів;
- про динаміку попиту та пропозиції;
- про стан курсів валют тощо.

Можна звести ці параметри до трьох груп характеристик: «час», «місце», цінність («тема»).

Крім бази даних для обробки й аналізу даних, маркетингова інформаційна система повинна містити банк моделей і банк методів статистичних досліджень.

Банк методів статистичних досліджень – сукупність сучасних методик статистичної обробки інформації, що дозволяють найбільш повно розкрити взаємозалежності в рамках добірки даних і встановити ступінь їхньої статистичної надійності.

Банк моделей – набір економіко-математичних моделей, що сприяють прийняттю оптимальних маркетингових рішень.

МІС трансформує дані, отримані із внутрішніх і зовнішніх джерел, в інформацію, необхідну для керівників і фахівців маркетингових служб, які приймають відповідні рішення. Дані із зовнішніх джерел виходять на основі проведення маркетингової розвідки й маркетингових досліджень.

Маркетингова розвідка – збір поточної інформації на основі використання різноманітних процедур і джерел інформації про зміну зовнішнього середовища маркетингу. Вона необхідна як для розробки, так і корегування маркетингових планів.

Маркетингові дослідження, на відміну від маркетингової розвідки, припускають тематичний збір і аналіз даних за конкретними маркетинговими ситуаціями, з якими зіштовхнулося підприємство.

У МІС входить підсистема підтримки маркетингових рішень, у якій за допомогою певних методів (наприклад, моделей кореляційного

аналізу, розрахунку точки безбитковості) на основі створеної бази маркетингових даних здійснюється доступ до інформації, необхідної керівникам для прийняття рішень, а також її аналіз у заданому напрямку.

У підсистему підтримки маркетингових рішень може входити набір процедур і логічних алгоритмів, заснованих на досвіді експертів і названих експертними системами.

Сучасні експертні системи здатні допомагати в таких різних областях знань, як діагностика захворювань, геологорозвідка, сплата прибуткового податку, проблеми маркетингу. У кожній із цих областей доводиться мати справу з інформацією, що не відрізняється строгістю, надзвичайно складною, яка утруднює використання звичайного програмного забезпечення; однак експертні системи справляються з нею частіше всього краще суто формалізованих систем.

Знання, використовувані в кожній такій системі, були отримані від фахівців даної області у вигляді правил, звичайно, багатьох із сотень, які в сукупності створюють «базу знань» комп'ютера. Експертна система складається з бази знань і механізму «висновку» – програми, що здатна знаходити логічні наслідки з усієї сукупності наявних у системі правил. Діючи відповідно до закладених в базі знань правил, комп'ютер запитує в користувача необхідну інформацію, а потім повідомляє свої висновки й рекомендації.

Таким чином, цей тип інформаційної системи, яка працює із просторово локалізованими даними, також включає три групи даних: «місце», «час», «тема».

МІС включає не тільки бази даних для зберігання інформації, але й бази даних програм обробки, банк моделей. Особливістю цих систем є те, що вони можуть розглядатися як системи підтримки прийняття рішень. Це обумовлено їхньою специфікою, оскільки одним з типових завдань маркетингових досліджень є підготовка набору альтернатив для прийняття рішень залежно від можливої ситуації.

Крім того, особливістю цих систем є рішення завдань прогнозу. У свою чергу, рішення завдань прогнозу вимагає проведення досліджень не тільки об'єкта керування, але й середовища, у якому він перебуває.

Необхідність прогнозування вимагає побудови моделей об'єкта дослідження й зовнішнього середовища.

Системи автоматизованого проектування

Ще одним типом автоматизованих інформаційних систем, що працюють із просторовою локалізацією даних, є системи автоматизованого проектування (САПР).

Сучасні САПР використовують бази даних типових елементів і типових процедур перетворення. Основним призначенням САПР є проектування, тобто побудова оптимального проекту з вихідних елементів і на основі технічного завдання на проектування та заданих критеріїв оптимальності.

У САПР здійснюється робота із просторовими даними, які повинні бути позиціоновані, тобто визначені у відомій системі координат. З позиціонуванням даних у САПР пов'язано поняття «сітка».

Сітка надає механізм реєстрації положення графіки за однорідними інтервалами креслення або в шарах. В основі сітки лежать градації, що є заданою часткою обраних одиниць виміру сторінки (дюйми, сантиметри тощо).

Сітка може бути активною або пасивною. Якщо сітка активна, то при створенні, переміщенні або розтягуванні графічних об'єктів кожна їх координата пов'язується (замикається) до найближчої точки сітки.

Об'єктно-орієнтоване проектування графічних об'єктів здійснюють із використанням класів, підкласів, спадкування властивостей об'єктів, породження об'єктів тощо.

Важливою властивістю пакетів САПР є можливість побудови видів. Кожний вид у САПР надає унікальну проекцію, що полегшує аналіз відображуваних даних.

Типізація даних у САПР привела до концепції пошарового подання графічної інформації. Шари можна робити видимими або невидимими, які редагуються або заблоковані, активними або неактивними. Шари дозволяють створювати графічні композиції й здійснювати групову обробку інформації, що істотно підвищує продуктивність обробки даних.

Шари дозволяють створювати проекти й креслення за допомогою компонування обраних елементів. Компонування динамічні, тому що мають зв'язок з набором шаблонів і типових проектних елементів.

Пакети САПР, як правило, допускають можливість застосування додаткових програм створюваних користувачем за допомогою мов високого рівня або за допомогою макросів типу AutoLISP.

Застосовуючи цю можливість, користувач може налаштувати під свої завдання практично будь-які елементи керування, починаючи від створення нової кнопки, що виконує нову програму, до створення додаткового графічного інтерфейсу.

Завершенням обробки інформації в САПР є проект. При цьому всі компоненти проекту, отримані в процесі сеансу роботи (види, таблиці, шари, компонування й програми) зберігаються в одному файлі.

Важливим поняттям САПР, пов'язаним з об'єктно-орієнтованим проектуванням, є класи.

Клас визначає й поєднує загальний набір типових проектних елементів, графічних об'єктів, атрибутів і операцій. Поняття класу спрощує створення об'єктів. Всі об'єкти є прикладом специфічного класу. Зокрема, клас проектів будинків дозволяє створювати індивідуальні проекти для кожного будинку.

В автоматизованих системах (не тільки в САПР) проект – це файл, у якому зберігається вся інформація, необхідна для реалізації проекту. Проект може містити: технічне завдання, пояснювальні записки, таблиці, діаграми, креслення різних масштабів, загальні види, деталі й фрагменти деталей, схеми компонування елементів проекту, атрибути (описові характеристики) тощо.

У додатку до проекту можуть міститися довідкові матеріали, стандарти, тексти програм, теоретичні обґрунтування методів рішення, словники та ін.

Компонентами проекту називають усе, що входить до складу проекту і його додатків. Програмна реалізація проекту здійснюється у вигляді когось файлу, що називають файлом проекту.

Файл проекту містить дані для побудови графіки, дані описів, характеристики точності, інформацію про час одержання проектних рішень, строки придатності проекту, час внесення виправлень.

Особливістю роботи із графікою й особливістю візуальної обробки інформації в інформаційних технологіях є застосування так званого графічного інтерфейсу користувача. Цей інтерфейс відповідно до «де факто» стандарту фірми Microsoft становить багатовіконні конструкції з набором меню, кнопок тощо.

Таким чином, дані в САПР також можуть бути зведені в три групи: «місце», «час», «тема».

Введення координатної сітки приводить до введення поняття масштабу креслення, тобто відносини одиниці креслення до одиниці проєктованого об'єкта в натурі. Масштаб креслень САПР, порівняно з розглянутими вище системами, незначний: інженерні об'єкти мають масштаби 1 : 100, 1 : 20. Деталі 1 : 10 – 1 : 1. Особливістю масштабу в САПР є його незмінність у будь-якій точці креслення.

Іншою особливістю САПР є одержання графічної інформації в певній системі координат і поява такої характеристики, як точність позиціонування. Крім того, у САПР уперше введено можливість пошарового подання графічної інформації й процедури обробки шарів. Обробка шарів означає застосування процедур обробки груп об'єктів, приналежних одному шару. У САПР існує поняття метричних і атрибутивних характеристик.

Галузеві системи автоматизованого керування

Галузеві системи автоматизованого керування (ГСАК) належать до класу систем автоматизованого керування. Основне призначення цих систем – підтримка прийняття рішень на рівні галузі або міністерства.

ГСАК є частиною й основою системи регулювання й керування економікою країни.

Основними завданнями ГСАК є:

- збір, обробка й подання галузевої інформації про діяльність підвідомчих підприємств, розташованих на різних територіях;
- обробка інформації на основі науково обгрунтованої методології керування й підтримки прийняття рішень;
- контроль і керування об'єктами галузі в системі прямого і зворотного зв'язку, який реалізує автоматизоване керування;
- надання звітів і довідок про діяльність галузі на основі автоматизованого складання різних форм і видів інформаційних документів.

Усі дані, застосовувані в ході обробки в ГСАК, мають три групи характеристик: «час», «місце», «тема».

Результатом обробки в ГСАК є інформація, призначена для підтримки прийняття рішень, тобто для отримання керуючої інформації. Керуюча інформація призначена для впливу на об'єкт керування.

Під *об'єктом керування* в системі керування розуміється елемент системи, який для нормального функціонування має потребу в контролі й регулюванні. Основними об'єктами керування в галузі є підприємства й організації.

Для керування об'єктами в ГСАК створюється керуюча система, що забезпечує їх своєчасне приведення до нормального функціонування. Органи керування впливають на об'єкти керування за допомогою прямого зв'язку (завдання) і зворотного зв'язку (звітність).

Таким чином, ГСАК, як інформаційні системи, що працюють із просторово локалізованими даними, є ланкою прямого і зворотного зв'язку в системі державного керування.

Просторова локалізація даних забезпечує прив'язку різних економічних показників до об'єктів керування, які мають територіальний характер.

Для ГСАК як систем, що працюють із просторово-локалізованими даними, характерне поняття масштабу дії. Масштаб дії ГСАК визначається сферою галузі.

ГСАК обробляють і узагальнюють інформацію даного міністерства або галузі за тими регіонами, у яких розташовані підприємства даної галузі. Це визначає ГСАК як систему одного масштабу дії.

Дані в ГСАК організовані у вигляді атрибутивних таблиць, що містять описову інформацію з кожного із просторових об'єктів. Одним зі способів подання статистичних даних таблиць є ділова графіка.

Локалізація даних здійснюється в ГСАК, як і в СтІС, на основі класифікаційного підходу.

Загальні характеристики систем із просторовою локалізацією даних

Розглянувши окремих представників класу інформаційних систем із просторовою локалізацією даних, можна дати деякі узагальнені характеристики цього класу.

1. Автоматизовані інформаційні системи із просторовою локалізацією даних (АІСПЛД) застосовуються при обробці інформації про просторові або територіально розподілені об'єкти й вимагають прив'язки даних до території або системи координат.

2. Об'єкти, інформація про які обробляється в таких системах, можуть мати різні типи: точкові (локалізовані в невеликій частині території), лінійні, мережні, майданні.

3. Дані, збережені й оброблені в інформаційних системах із просторовою локалізацією даних, містять три групи характеристик: «місце», «час», «тема».

4. Даний клас інформаційних систем у загальному випадку неправильно називати як «географічними», так і «геодезичними». Локалізація даних у цих системах здійснюється за рахунок застосування різних наборів класифікаторів, пов'язаних із суб'єктами держави, територіями, галузями, містами, а також шляхом позиціонування, тобто використання системи координат.

5. АІСПЛД в обов'язковому порядку повинні включати у себе базу або сукупність баз даних: для зберігання вихідних даних, для зберігання набору методів аналізу даних, для зберігання моделей даних.

6. Основним видом інформації, збереженої в АІСПЛД, є статистична (таблична) інформація.

7. Особливістю інформаційних систем із просторовою локалізацією даних є також наявність не тільки баз даних, але й баз моделей та баз алгоритмів і програм.

8. Для підтримки прийняття рішень в АІСПЛД широко використовуються методи комп'ютерної графіки й ділової графіки, які дозволяють наочно подати статистичну інформацію або результати її обробки.

АІСПЛД застосовують для:

- збору й узагальнення інформації;
- керування;

- підтримки прийняття рішень;
- проектування й моделювання;
- оптимізації рішень або проектів;
- інформаційно-аналітичних цілей;
- просторового, статистичного, економічного, екологічного й іншого видів аналізу;
- прогнозування;
- зберігання інформації й подання даних у зручному для користувача вигляді.

10. В АІСПЛД здійснюється зв'язок між графічними й табличними даними. Такий зв'язок дозволяє перетворювати статистичні дані в графічну форму.

11. У АІСПЛД з'являються нові характеристики, такі як територіальний рівень використання, масштаб дії системи, масштаб креслення, рівень керування тощо. При цьому вони мають всі можливості звичайних автоматизованих інформаційних систем.

12. При роботі з комп'ютерною графікою в АІСПЛД використовується технологія сітки. Сітка надає механізм реєстрації положення графіки за однорідними інтервалами у кресленні або в шарах. В основі сітки лежать градації, що становлять задану частку обраних одиниць виміру сторінки (дюйми, сантиметри тощо).

13. В АІСПЛД для побудови моделей об'єктів або проектів широко застосовують об'єктно-орієнтоване моделювання і проектування графічних об'єктів.

14. При організації графічної інформації в АІСПЛД застосовують механізм шарів, у яких графічна інформація розміщується за заданими тематичними ознаками.

15. Завершенням обробки просторових позиціонованих даних в АІСПЛД є проект. Він включає наступні компоненти проекту, отримані в процесі сеансу роботи: види, таблиці, шари, композиції, компонування та програми.

Процес вивчення навколишньої дійсності й прийняття рішень за допомогою цих систем зводиться до застосування наборів моделей для опису об'єктів дослідження та моделей для опису середовища знаходження об'єктів. Можливе використання моделей для опису взаємозв'язків «об'єкт – середовище».

Результатом обробки просторово-локалізованих даних може бути проект із сукупністю компонентів.

16. Основним призначенням цих систем є аналіз інформації, керування й підтримка прийняття рішень.

Розділ 3

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ І СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ

3.1. Поняття дистанційного зондування

Ефективну роботу сучасних ГІС важко уявити без супутникових методів дослідження території нашої планети. Дистанційне супутникове зондування знайшло широке використання в геоінформаційних технологіях як у зв'язку зі швидким розвитком і вдосконаленням космічної техніки, так і зі згоранням авіаційних і наземних методів моніторингу.

Дистанційне зондування (ДЗ) – науковий напрям, заснований на зборі інформації про поверхню Землі без фактичного контакту з нею. Процес отримання даних про поверхню включає зондування і запис інформації про відбиту або таку, що випромінюється об'єктами, енергію з метою її наступної обробки, аналізу і практичного використання.

Процес ДЗ представлений на рис. 3.1 і складається з наступних елементів:

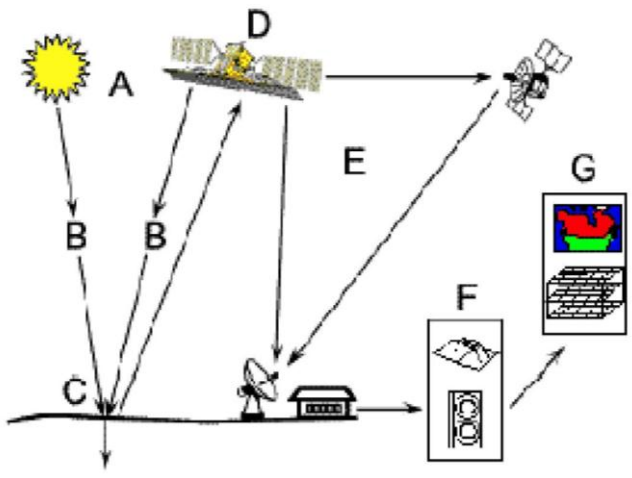


Рис. 3.1. Етапи ДЗ

Наявність джерела енергії або освітлення (А) – це перша вимога дистанційного зондування, тобто має бути джерело енергії, яке освітлює або підживлює енергією електромагнітного поля об'єкти, що становлять інтерес для дослідження.

Випромінювання і атмосфера (В) – взаємодія, при якій випромінювання, що поширюється від джерела до об'єкта, частина шляху якого проходить крізь атмосферу Землі. Цю взаємодію необхідно враховувати, оскільки характеристики атмосфери чинять вплив на параметри енергетичних випромінювань.

Взаємодія з об'єктом дослідження (С) – характер взаємодії випромінювання, що діє на об'єкт, суттєво залежить від параметрів як об'єкта, так і випромінювання.

Реєстрація енергії сенсором (D) – процес, під час якого випромінювання, що випускається об'єктом дослідження, потрапляє на віддалений високочутливий сенсор, а потім отримана інформація записується на носій.

Передача, прийом і обробка інформації (E) – етап, у процесі якого інформація, зібрана чутливим сенсором, передається в цифровому вигляді на приймаючу станцію, де дані трансформуються в зображення.

Інтерпретація і аналіз (F) – процес, при якому оброблене зображення інтерпретується візуально або за допомогою ЕОМ, після чого з нього обирається інформація щодо досліджуваного об'єкта.

Застосування отриманої інформації (G) – етап, на якому процес дистанційного зондування досягає завершення, коли ми отримуємо потрібну інформацію щодо об'єкта спостереження для кращого розуміння його характеристик і поведінки, тобто коли вирішено яесь практичне завдання.

Виділяють наступні сфери застосування супутникового дистанційного зондування (СДЗ):

- отримання інформації про стан довкілля і землекористування;
- оцінка урожаю сільгоспугідь;
- вивчення флори і фауни;
- оцінка наслідків стихійних лих (землетруси, повені, пожежі, епідемії, виверження вулканів);
- оцінка збитку при забрудненні суші і водойми;
- океанологія.

Засоби СДЗ дозволяють отримувати відомості про стан атмосфери не лише в локальному, але і в глобальному масштабі. Ці зондування надходять у вигляді зображень, як правило, в цифровій формі. Подальша обробка здійснюється комп'ютером. Тому проблематика СДЗ тісно пов'язана із завданнями цифрової обробки зображень.

Для спостереження нашої планети з космосу використовують дистанційні методи, за допомогою яких дослідник має можливість на відстані отримувати інформацію про об'єкт, що вивчається. Дистанційні методи зондування, як правило, є опосередкованими, тобто з їх допомогою вимірюють параметри, але не ті, що цікавлять спостерігача, а деякі пов'язані з ними величини. Наприклад, нам необхідно оцінити стан лісових масивів Уссурійської тайги. Апаратура супутника, задіяна в моніторингу, реєструватиме лише інтенсивність світлового потоку від об'єктів, що вивчаються, в кількох ділянках оптичного діапазону. Щоб розшифрувати такі дані, потрібні попередні дослідження, що включають різні експерименти з вивчення стану окремих дерев контактними методами. Потім необхідно визначити, як виглядають ті ж об'єкти з літака, і лише після цього визначатися про стан лісів за супутниковими даними.

Методи вивчення Землі з космосу не випадково відносять до високотехнологічних. Це пов'язано не лише з використанням ракетної техніки, складних оптико-електронних приладів, комп'ютерів, швидкісних інформаційних мереж, але і з новим підходом до отримання й інтерпретації результатів вимірів. Супутникові дослідження проводяться на невеликій площі, але вони дають можливість узагальнювати дані на величезні простори і навіть на усю земну кулю. Супутникові методи, як правило, дозволяють отримувати результат за порівняно короткий інтервал часу. Наприклад, для безкрайнього Сибіру супутникові методи найбільш прийнятні.

На рис. 3.2 і 3.3 представлені зображення планети Земля із супутника.



Рис. 3.2. Космічний знімок Західної Європи

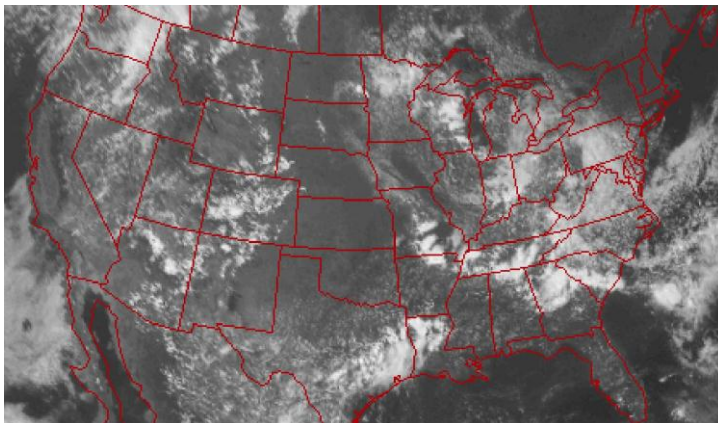


Рис. 3.3. Космічний знімок Північної Америки

До особливостей дистанційних методів належить вплив середовища (атмосфери), через яке проходить сигнал з супутника. Наприклад, наявність хмарності, що закриває об'єкти, робить їх невидимими в оптичному діапазоні. Але навіть за відсутності хмарності атмосфера послабляє випромінювання від об'єктів. Тому супутниковим системам доводиться працювати у так званих вікнах прозорості, враховуючи, що в них має місце поглинання і розсіювання газами та аерозолем. У радіодіапазоні можливе спостереження Землі і крізь хмарність.

Інформація про Землю та її об'єкти надходять із супутників у цифровому вигляді. Наземна цифрова обробка зображень здійснюється за допомогою комп'ютерів. Сучасні супутникові методи дозволяють отримувати не тільки зображення Землі. Використовуючи чутливі прилади, вдається вимірювати концентрацію атмосферних газів, у тому числі і тих, що викликають парниковий ефект. Супутник «Метеор-3» зі встановленим на ньому приладом TOMS дозволяє за добу оцінити стан усього озонового шару Землі. Супутник NOAA, окрім отримання зображень поверхні, дає можливість досліджувати озоновий шар і вивчати вертикальні профілі параметрів атмосфери (тиск, температуру, вологість).

Дистанційні методи діляться на активні і пасивні. При використанні активних методів супутник посилає на Землю сигнал власного джерела енергії (лазера, радіолокаційного передавача), реєструє його відбиття (рис. 3.4 а). Пасивні методи мають на увазі реєстрацію відбитої від поверхні об'єктів сонячної енергії або теплового випромінювання Землі.

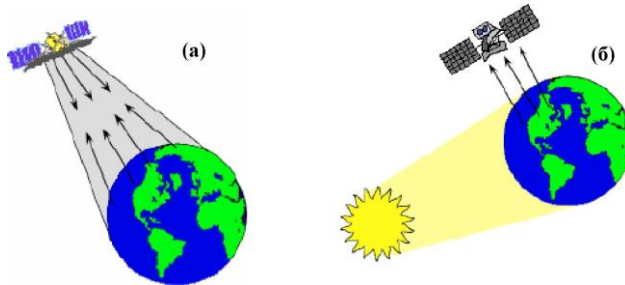


Рис. 3.4. Активний (а) і пасивний (б) методи ДЗ

При дистанційному зондуванні Землі з космосу використовуються оптичний діапазон електромагнітних хвиль і мікрохвильова ділянка радіодіапазону. Оптичний діапазон включає ультрафіолетову (УФ) ділянку спектру; видима ділянка – синю (В), зелену (G) і червону (R) смуги; інфрачервону ділянку (ІЧ) – ближню (БІЧ), середню і теплову.

При пасивних методах зондування в оптичному діапазоні джерелами електромагнітної енергії є розігріті до досить високої температури тверді, рідкі, газоподібні тіла.

На хвилях завдовжки більше 4 мкм власне теплове випромінювання Землі перевищує випромінювання Сонця. Реєструючи інтенсивність теплового випромінювання Землі з космосу, можна досить точно оцінити температуру суші і водної поверхні, яка є найважливішою екологічною характеристикою. Вимірявши температуру верхньої межі хмарності, можна визначити її висоту, якщо врахувати, що у тропосфері з висотою температура зменшується в середньому на 6.5° / км.

При реєстрації теплового випромінювання з супутників використовується інтервал довжин хвиль 10-14 мкм, у якому поглинання в атмосфері невелике. При температурі земної поверхні (хмар), що дорівнює -50° , максимум випромінювання припадає на 12 мкм, при $+50^{\circ}$ – на 9 мкм.

3.2. Оптичні методи дистанційного зондування

Перші зображення Землі з космосу були отримані за допомогою фотокамери. Ця методика застосовується і нині. Супутник з фото-реєстрацією «Ресурс-ФІМ» (Росія) дозволяє фотографувати Землю в інтервалі довжин хвиль 0.4-0.9 мкм. Зняті матеріали спускаються на Землю і проявляються. Аналіз знімків, як правило, проводиться візуально за допомогою проекційної апаратури, яка дозволяє також

отримувати кольорові фотовідбитки. Метод забезпечує високу геометричну точність зображення; можна збільшити знімки без помітного погіршення якості. Проте він малооперативний, оскільки зображення представлене у вигляді фотографій, а не в цифровій формі, та ефективний у видимому і ближньому ІЧ-діапазонах.

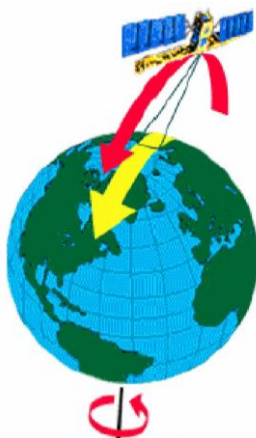


Рис. 3.5. Метод сканера ДЗ

3.3. Радіотехнічні методи ДЗ

У загальних рисах принцип активної радіолокації полягає в наступному. На супутнику встановлюється передавач, що посиляє за допомогою антени у напрямі Землі імпульси з високочастотним заповненням (рис. 3.6). Після цього настає пауза, впродовж якої здійснюється прийом відбитих сигналів. Якщо імпульс відбивається від деякого об'єкта M , розташованого на відстані L від супутника, то відбитий сигнал повернеться назад через інтервал часу $\Delta t = 2L/c$, де c – швидкість світла, множник 2 враховує, що сигнал проходить шлях L двічі: від радіолокатора до об'єкта і від об'єкта до радіолокатора. Чим далі об'єкт від радіолокатора, тим більше Δt . Інтенсивність відбитих сигналів залежить від дальності і різна для різних об'єктів, оскільки вони відрізняються розмірами і електрофізичними характеристиками. Вимірюючи Δt , можна знайти відстань до об'єкта. Таким чином, засобами техніки радіолокації автоматично здійснюється сканування за дальністю, оскільки сигнали від різних об'єктів надходять у різний час.

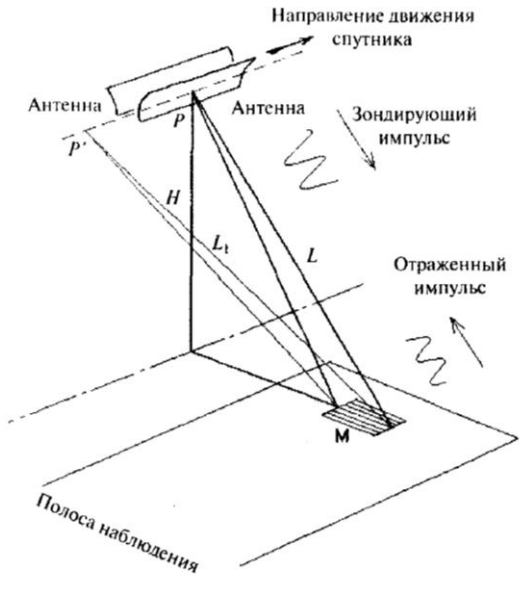


Рис. 3.6. Схема роботи радіолокатора

3.4. Прием інформації з супутників

Станції для прийому інформації з супутників на Землі (названі земними) містять антену з опорно-поворотним пристроєм (ОПП), радіоприймальний пристрій і засоби обробки, зберігання та відображення інформації (рис. 3.7).

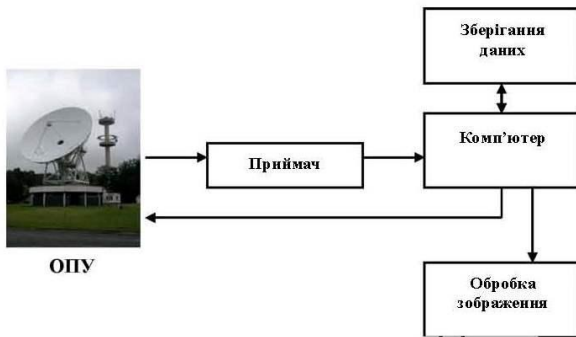


Рис. 3.7. Схема станції прийому інформації з супутника

Найбільш вживані дзеркальні антени з параболічним рефлектором наводяться ОПП на супутник за командами комп'ютера, в який закладені орбітальні дані. У фокусі антени встановлений випромінювач, сигнал з якого посилюється малошумним підсилювачем (МШП). Далі сигнал по кабелю надходить на приймач, цифровий сигнал з виходу якого обробляється на комп'ютері. Оброблені зображення поміщаються у базу даних.

3.5. Супутники для дистанційного зондування

Супутники NOAA (США). Метеорологічні і природознавчі супутники NOAA (рис. 3.8) мають довжину 4.18 м, діаметр – 1.88 м, масу на орбіті – 1030 кг. Кругова орбіта має висоту 870 км, один оберт супутник здійснює за 102 хв. Площа сонячних батарей супутника – 11.6 м^2 , потужність батарей – не менше 1.6 кВт, але з часом батареї деградують через дію космічних променів і мікрометеорів. Для нормальної роботи супутника потрібна потужність не менше 515 Вт.



Рис. 3.8. Супутник NOAA

Супутники серії NOAA обертаються на майже кругових геліо-синхронних орбітах з висотою близько 850 км. Через кривизну Землі зона радіовидимості супутника складає ± 3400 км, тому за одне проходження супутника вдається отримати інформацію з поверхні близько 3000×7000 км. На орбіті знаходяться шість супутників цієї серії (NOAA 11, 12, 14, 15, 16 і 17), але функціонують надійно тільки три (NOAA 12, NOAA 16, NOAA 17), що дозволяє отримувати інформацію про стан довкілля в регіоні з частотою не рідше 6-10 разів на добу.

На супутниках серії NOAA встановлені прилади AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), що забезпечують безперервні ряди спостережень у видимому та інфрачервоному діапазонах спектру. Основні технічні характеристики приладу AVHRR наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Основні технічні характеристики приладу AVHRR

Спектральні канали	
NOAA – 6, 8, 10	NOAA – 7, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17
0.58-0.68 мкм	0.58-0.68 мкм
0.725-1.00 мкм	0.725-1.00 мкм
3.55-3.93 мкм	3.55-3.93 мкм
10.50-11.50 мкм	10.3-11.3 мкм
11.5-12.5 мкм	
Ширина смуги огляду	
2800 км	2800 км
Дозвіл на місцевості	
1.1x1.1 км	1.1x1.1 км

Прилад AVHRR є типовим сканером. Відмінною особливістю приладу AVHRR є можливість приймати сигнал у вікні прозорості атмосфери 10-12 мкм. Це дозволяє оцінювати температуру поверхні моря. Одночасно прилад дозволяє приймати сигнал у видимій і ближній інфрачервоній областях спектру при складанні повного зображення поверхні Землі за одну добу. Це, в результаті довгого ряду спостережень, робить його незамінним при оцінці поточних змін рослинності планети. На рис. 3.9 представлено зображення озера Байкал, отримане з супутника NOAA за допомогою сканера AVHRR.

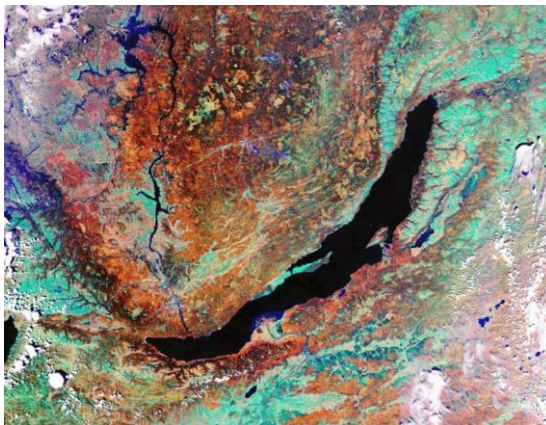


Рис. 3.9. Космічний знімок озера Байкал, отриманий сканером AVHRR

На супутниках NOAA встановлено апаратуру HIRS для визначення температури в тропосфері на різних висотах (вертикальні профілі атмосфери) в смузі огляду 2240 км. Для цього HIRS містить автоматичний скануючий спектрофотометр ІЧ-діапазону, що використовує властивість вуглекислого газу змінювати положення і ширину лінії поглинання на довжинах хвиль близько 14-15 мкм залежно від тиску. Цей самий прилад дозволяє оцінювати загальний вміст озону в стовпі атмосфери за поглинанням теплового випромінювання від поверхні Землі і атмосфери на довжині хвилі 9.59 мкм.

Окрім вказаної апаратури, на супутниках встановлені: прилад SSU для дослідження стратосфери; мікрохвильовий прилад MSU для визначення температурних профілів стратосфери; апаратура пошуку і порятунку за міжнародною програмою Коспас/SARSAT; система ARGOS для збору метеорологічної та океанографічної інформації з автоматичних метеостанцій, морських буїв і повітряних куль. ARGOS дозволяє стежити за міграцією великих тварин і птахів, якщо до їх тіла прикріплені спеціальні малогабаритні передавачі.

Супутники серії «Ресурс-01» (Росія). Багатозональна космічна інформація високого і середнього розділення, що надходить з космічних апаратів (КА) «Ресурс-01», широко використовується різними галузями народного господарства і службами Росії, країн СНД, а також в інтересах наук про Землю. КА «Ресурс-01» запускаються на кругові сонячно-синхронні орбіти заввишки 600-650 км, нахилом 98°. Період обертання супутників – 97.4 хв, дозвіл на поверхні – 150 × 250 м. До складу апаратури КА «Ресурс-01» входять: багатоканальний скануючий пристрій високого дозволу – МСУ-Е; багатоканальний скануючий пристрій середнього дозволу з кінцевою розгорткою – МСУ-СК.

На КА «Ресурс-01» N4 встановлений комплекс апаратури для вивчення природних ресурсів Землі, екологічного контролю, метеорологічного забезпечення, проведення геліо- і геофізичних спостережень, дослідження радіаційного балансу Землі. Орбіта КА «Ресурс-01» N4 – сонячно-синхронна. Місцевий середній сонячний час у підсупутниковій точці в середніх широтах на низхідній гілці (переліт у напрямі «північ-південь») складає близько 10 год 15 хв, а на висхідній гілці (переліт у напрямі «південь-північ») – близько 20 год 50 хв. Орієнтація КА тривісна, одна з осей спрямована в надір, інша вісь – по вектору швидкості. Передача даних розміщеного на борту КА науково-інформаційного комплексу здійснюється по цифровій і аналоговій радіолінії.

На рис. 3.10 і 3.11 представлено два фрагменти космічних знімків лісової пожежі в районі річки Північна Двіна, отримані за допомогою радіометрів з різним просторовим розділенням. На знімках видно

вогнища займання лісу і шлейф диму, що поширюється на багато кілометрів. Верхній знімок отриманий за допомогою радіометра середнього розділення МСУ-СК. Червоною лінією обмежено територію, зображену на нижньому знімку, отриманому практично одночасно за допомогою радіометра високого розділення МСУ-Е.

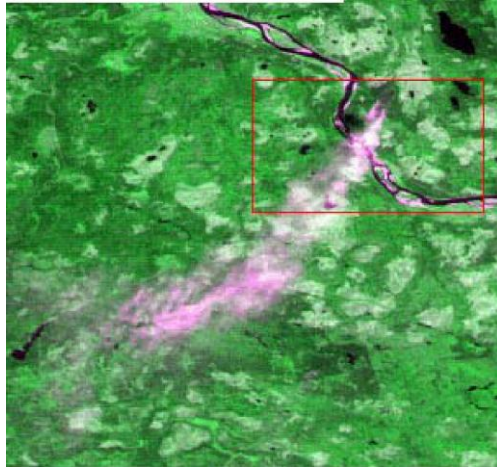


Рис. 3.10. Космічний знімок пожежі сканером МСУ-СК

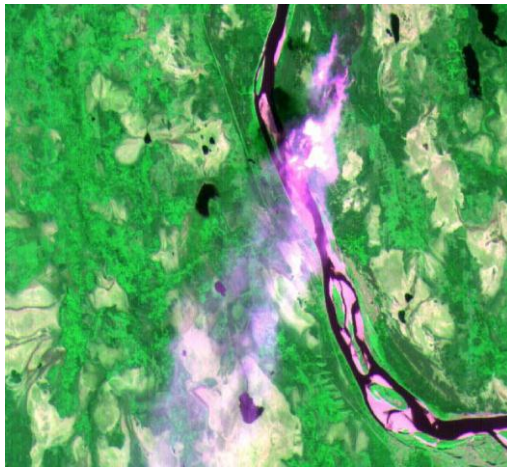


Рис. 3.11. Космічний знімок тієї ж пожежі, зроблений сканером МСУ-Е

Супутники *LANDSAT* (США). Перший супутник *LANDSAT* (США) був запущений 23 липня 1972 р. Висота орбіти супутників *LANDSAT*-1, 2, 3 складала 920 км, супутників *LANDSAT*-4, 5, 6, 7 (рис. 3.12) – 705 км. Період обертання супутника *LANDSAT*-5 складає 98 хв. Над однією і тією ж точкою поверхні цей супутник пролітає один раз у 16 днів приблизно о 9 год 45 хв за місцевим часом. Основними приладами супутників серії *LANDSAT* є прилади *MSS* (Multi-Spectral Scanner) і *TM* (Thematic Mapper). *MSS* має спектральні канали 0.49-0.605 мкм (зелена ділянка спектру), 0.603-0.7 мкм (червоний), 0.701-0.813 мкм (червоний – ближній ІЧ), 0.808-1.023 мкм (ближній ІЧ), зона огляду – 185 × 185 км. Сканування здійснюється за допомогою дзеркала, що коливається, діаметром 30 см з частотою коливання 13.62 Гц.

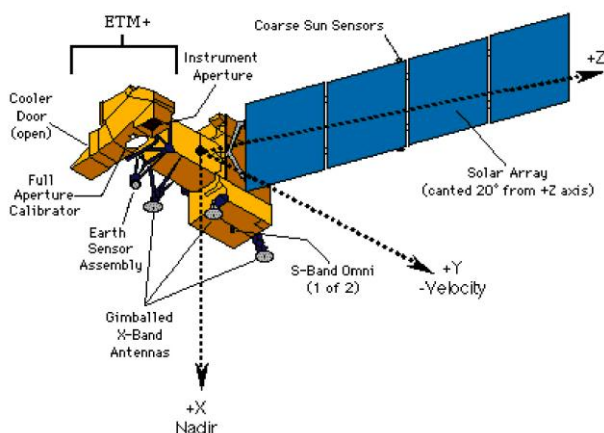


Рис. 3.12. Схематичне зображення супутника *LANDSAT*-7

Прилад *MSS* був одним з перших, який дозволив почати систематичне вивчення поверхні Землі з космосу (рис. 3.13). У зв'язку з цим доречно нагадати, що на початку 70-х були тільки дві великі космічні держави – США і СРСР. Радянському Союзу вдалося запустити перший штучний супутник (1957) і здійснити перший в історії людства політ космічного корабля з людиною на борту (1961). Але США вже у той час почали декілька програм автоматичного дистанційного зондування з передачею отримуваних даних на Землю. З таких програм варто згадати супутник *TIROS*, який був запущений у 1960 р. для метеорологічних спостережень, і супутник *LANDSAT*, запущений у 1972 р. з метою спостереження поверхні Землі у видимому і ближньому інфрачервоному діапазонах із досить високим

просторовим дозволом. Перший супутник серії LANDSAT називався ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), і з цього супутника почався безперервний ряд спостережень поверхні Землі. У кінці 1999 р. на орбіті знаходились супутник Landsat-5, запущений у 1984 р., і супутник Landsat-7, запущений 15 квітня 1999 р.

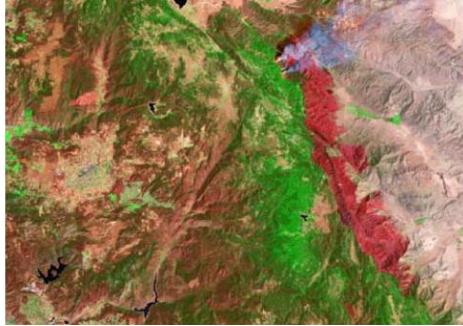


Рис. 3.13. Космічний знімок пожежі, отриманий супутником LANDSAT-7

Прилад MSS на супутнику LANDSAT-1, 2, 3 був класичним сканером і працював наступним чином. Випромінювання, відбите від поверхні Землі, збиралося телескопічною системою (не вказаною на рисунку) і спрямовувалося на скануюче дзеркало. Це дзеркало оберталося навколо деякої осі з періодом 3.3 мілісекунди, забезпечуючи сканування місцевості в напрямку, перпендикулярному руху супутника, з точкою зору, рівною приблизно 12° . Така точка зору при висоті супутника, рівній 920 км, забезпечувала ширину смуги огляду, рівну 185 км. Відбите від скануючого дзеркала випромінювання потрапляло на систему фільтрів. Ця система забезпечувала розподіл випромінювання на спектральні діапазони. Після цього випромінювання реєструвалося за допомогою системи детекторів. У приладі MSS було передбачено по 6 детекторів для кожного спектрального діапазону. Це дозволяло одночасно приймати розсіяне випромінювання від 6 смуг шириною близько 80 м кожна, забезпечуючи, тим самим, просторовий дозвіл на місцевості 80×80 м. Система детектування перетворювала випромінювання, що приймалося, в цифровий сигнал у діапазоні від 0-255. Цей діапазон визначає (радіометричний) дозвіл яскравості приладу. Зареєстровані сигнали за допомогою системи телеметрії передавалися на Землю, де з них формувались зображення для кожної зі спектральних смуг. Кожне з таких зображень складалось приблизно з 7 581 600 елементів (пікселів).

Супутники SPOT (Франція). Згідно з програмою SPOT (System Probatoire D'Observation de la Terre), перший запуск штучного супутника Землі (ШСЗ) був здійснений у лютому 1986 р. Нині на орбіті функціонують супутники SPOT-1, 2, 4 і 5. Зв'язок з супутником SPOT-3 був втрачений у 1996 р. Супутники знаходяться на сонячно-синхронній орбіті. Останнім і передовим за характеристиками нині є супутник SPOT-5. Супутник оснащений високоточним стереоскопічним детектором, що дозволяє отримувати стереознімки для топографічних цілей і побудови моделей рельєфу, і двома камерами високого розділення (High Resolution Geometric imagers), що дозволяють отримувати чорно-білі зображення з роздільною здатністю 5 м, а в режимі стереозйомки 2,5 м і кольорові – з роздільною здатністю 10 метрів. Крім того, на SPOT-5 встановлено камеру Vegetation-2, що дозволяє отримувати практично щодня знімки усієї поверхні Землі з роздільною здатністю, що складає 1 км.

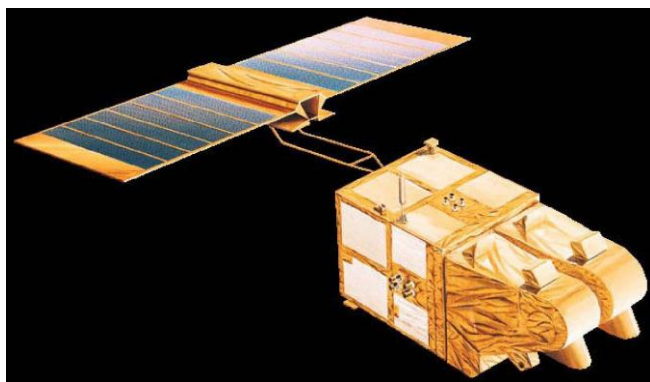


Рис. 3.14. Супутник SPOT-5

На борту супутників SPOT розміщені багатоелементні скануючі пристрої SPOT HRV (High Resolution Visible), які працюють у багатозональному (просторовий дозвіл – 20 м, спектральні діапазони – 0.50-0.59, 0.61-0.68, 0.79-0.89 мкм) і панхроматичному (дозвіл – 10 м) режимах. Супутник пролітає над однією і тією ж місцевістю кожні 26 днів, а смуга огляду приладу HRV складає 117 км. Насправді спостереження підстилаючої поверхні може здійснюватися в смугі 950 км. Це досягається за допомогою поворотного дзеркала. Особливістю супутників SPOT є можливість отримувати стереозображення земної поверхні шляхом зйомки однієї і тієї ж ділянки на двох послідовних витках.

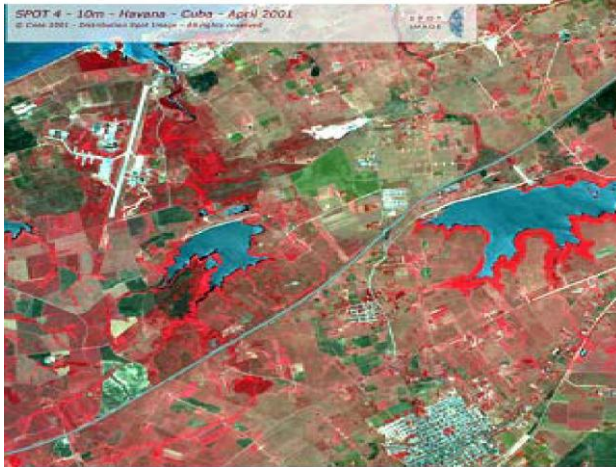


Рис. 3.15. Зображення Гавани (Куба), отримане приладом HRV супутника SPOT-4

Супутники ERS (Європейське космічне агентство). Супутник ERS-1 (рис. 3.16) був запущений у липні 1991 р., ERS-2 – у квітні 1995 р. Висота орбіти – 798×782 км з нахилом 98.54° і періодом обертання 100.67 хв. До складу бортової апаратури входить станція радіолокації мікрохвильового зондування AMI (Active Microwave Instrument), яка забезпечує три режими роботи.



Рис. 3.16. Вигляд супутника ERS-1

Режим побудови зображень радіолокацій підстилаючої поверхні з використанням синтезованої апертури антени (AMI – SAR image mode) застосовується при спостереженні берегової зони, полярних льодів (рис. 3.17), при визначенні стану поверхні моря, виявленні особливостей геологічної будови земної поверхні, вивченні рослинного покриву. Сигнали, відбиті від поверхні Землі, можуть прийматися двома антенами, розташованими одна над іншою. За різницею фаз їх сигналів (інтерферометричний метод виміру) можна визначати висоту наземних об'єктів з точністю 10 м.

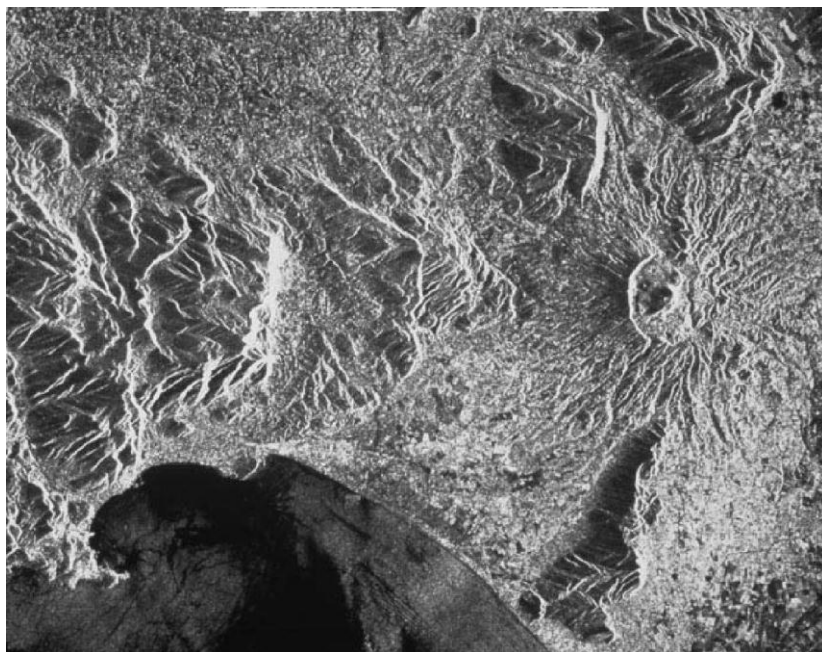


Рис. 3.17. Зображення полярних льодів, отримане модулем AMI-SAR

Режим вивчення морських хвиль з використанням синтезованої апертури антени (AMI-SAR wave mode) забезпечує визначення напрямку і довжини морських хвиль. Цей режим програмно включається кожні 200-300 км, дозволяючи отримувати зображення розміром 6 x 6 км, за якими можна оцінювати характеристики морських хвиль.

Режим трипроменевого скаттерометра (AMI Scatterometer mode) призначений для визначення характеристик приповерхневих морських вітрів. У цьому режимі три передавальні антени формують три промені, які сканують у смузі шириною до 500 км, дозволяючи визначати напрям і швидкість вітру. Елементи роздільної здатності розміром 50 x 50 км формуються з інтервалом 25 км.

До складу вимірювальної апаратури входить також висотомір радіолокації RA (Radar Altimeter) для визначення швидкості вітру, виміру характерної висоти хвиль, топографії морської поверхні, крижаного покриву і поверхні суші, побудови контурів крижаних масивів, а також виявлення меж морських льодів. Висотомір може працювати в режимі дослідження океану (Ocean Mode), забезпечуючи точність виміру швидкості хвиль 2 м/с і точність виміру висоти хвиль 0.5 м у діапазоні 1÷20 м у межах плями розміром 1.6÷2.0 км, точність визначення висоти підйому поверхні моря становить 10 см.

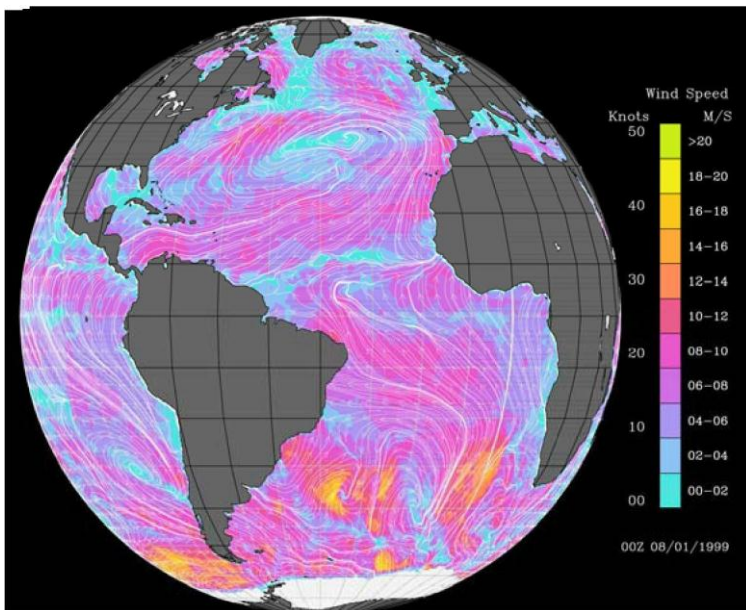


Рис. 3.18. Напрямок вітрів над поверхнею океану

У режимі визначення характеристик крижаного покриву (Ice Mode) висотомір працює з більш низькою просторовою здатністю (близько

7 км). Цей режим використовується при топографії крижаних покривів, визначенні типу льоду і виявленні меж крижаного покриву.

Комплекс приладів ATSR (Along – Track Scanning Radiometer and Microwave Sounder) включає радіометр оптичного діапазону і двоканальний мікрохвильовий пристрій вертикального зондування. Радіометр призначений для спостереження поверхні моря (рис. 3.19) і суші, виміру їх температури, температури верхньої хмарності і забезпечує прийом випромінювання в спектральних каналах 0.65; 0.85; 1.27; 1.6; 3.7; 11 і 12 мкм із просторовою роздільною здатністю 1 км у надірі.

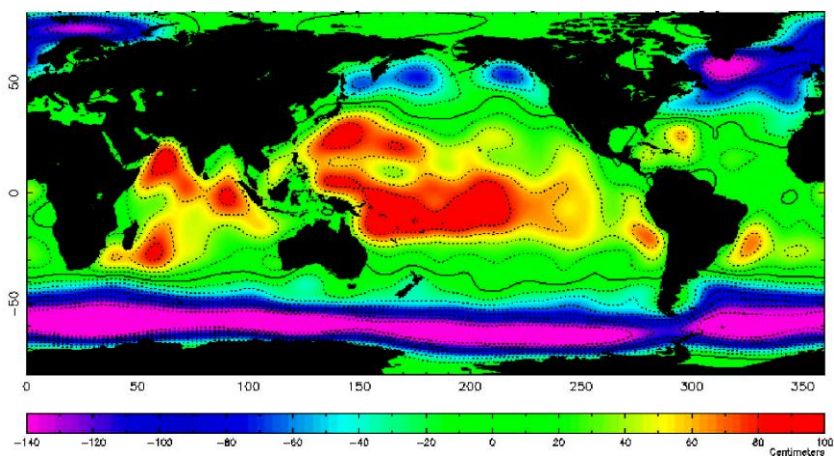


Рис. 3.19. Топографія світового океану, отримана за допомогою приладу ATSR

Спектрометр GOME (Global Monitoring Experiment) використовується для побудови вертикальних профілів концентрації озону (O₃) і малих газових компонентів (NO, NO₂, BrO, H₂O) у тропосфері і стратосфері, виміру потоків сонячного випромінювання, відбиваного поверхнею Землі і розсіяного атмосферою. Прилад працює в ультрафіолетовому діапазоні в спектральних каналах 0.24-0.295; 0.29-0.405; 0.4-0.605 і 0.59-0.79 мкм. Кожен канал містить сітку детекторів з 1024 фотодіодами, температура яких підтримується в межах 39-41°C термоелектричними охолоджувачами. Вертикальний дозвіл при визначенні концентрації озону складає 5 км. Смуга обзору змінюється від 120 до 960 км, а просторовий дозвіл – від 40 × 40 до 40 × 320 км.

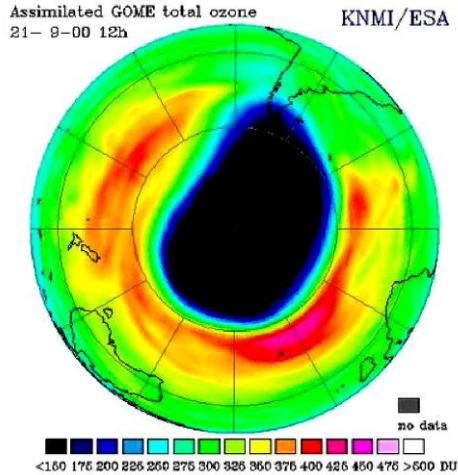


Рис. 3.20. Профіль концентрації озону

Апаратура PRARE (Precise Range and Rate Equipment) забезпечує визначення параметрів орбіти супутника шляхом одночасної передачі двох радіосигналів з різною частотою на мережу спеціальних наземних станцій. Виміряна різниця часу приходу сигналів дозволяє виконати корекцію відносної дисперсії, яка обумовлена впливом іоносфери. Інформація про дальність до супутника і його радіальну швидкість передається назад на борт супутника і накопичується в спеціальному бортовому пристрої, що запам'ятовує, а потім передає в пункт прийому інформації при прольоті над ним. Точність визначення похилої дальності до супутника складає 4-8 см.

3.6. Аналіз супутникових зображень

Для ефективного використання даних ДЗ у ГІС треба вміти відбирати корисну інформацію зі супутникових зображень. Процес інтерпретації і аналізу зображень ДЗ складається з ідентифікації й виміру параметрів цілей спостереження. Цілями в ДЗ може бути будь-який об'єкт, який видимий на знімку і має наступні характеристики:

- об'єкти можуть бути представлені точками, лініями або полігонами. Це означає, що вони можуть мати будь-яку форму;
- об'єкти мають відрізнятися один від одного. Це означає, що зображення має бути контрастним.

Найбільше число інтерпретацій та ідентифікацій об'єктів виконується вручну або візуально, тобто людиною. В даному випадку аналізується аналогова інформація (фотографія, макет, нарис). Якщо дані ДЗ перетворені в цифровий формат, то аналітичні операції здійснюють, використовуючи комп'ютер. Цифрова обробка застосовується для розширення можливостей візуальної інтерпретації, автоматизованого розпізнавання об'єктів, виключаючи людське втручання.

Ручна інтерпретація і аналіз беруть початок з часів активного використання інформації аерозйомки і практично не вимагає спеціалізованого устаткування. Для цифрової обробки, навпаки, потрібне дороге професійне устаткування. З іншого боку, візуальний аналіз можна проводити тільки над одношаровими зображеннями, тоді як комп'ютерна техніка здатна працювати з багатшаровими знімками. Цифровий аналіз незамінний при одночасному аналізі безлічі спектральних смуг і обробці великих масивів даних.

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

Колірний тон – це фундаментальна ознака, за якою розрізняють об'єкти. За допомогою тону на зображенні стають помітні об'єкти з різною формою, розміром, текстурою.

Форма належить до загального контуру, структури або схеми (ієрархічної структури) індивідуальних об'єктів. Форма є однією з ключових характеристик для інтерпретації. Форми з правильними краями зазвичай становлять міські або сільськогосподарські об'єкти, тоді як природні об'єкти, типу меж лісового масиву, мають неправильні форми, виключаючи ті випадки, коли люди штучно створюють грані об'єктів.

Розмір об'єктів у зображенні – функція масштабу. Важливо оцінити розмір об'єкта щодо інших об'єктів у сцені, так як і абсолютний розмір. Швидка апроксимація розміру об'єкта може швидше привести процес інтерпретації до відповідного результату. Наприклад, якщо інтерпретатор повинен був розрізнити зони землекористування, він пізнає область з рядом будівель на цій землі, при цьому великі будівлі інтерпретуються як фабрики або склади, і їм приписується комерційне використання, у свою чергу, малі будівлі вказують на використання в якості житла.

Структура належить до просторового розташування помітних об'єктів. Упорядковане повторення схожих тонів і текстур дозволяє відрізнити і, врешті-решт, розпізнавати модель. Гарним прикладом структури можуть бути сади з рівномірно розподіленими деревами, або міські квартали з регулярними проміжками між будівлями.

Текстура належить до розташування і частоти тональної зміни в окремих областях зображення. Нерівні текстури зображуються зазвичай плямистим тоном, де рівні сірого кольору змінюються різко на малій площі, зважаючи, що гладкі текстури мають незначні тональні зміни. Гладенькі текстури найбільш часто зустрічаються – це відображення однорідних поверхонь, таких як поля, асфальт або пасовища. Об'єкт із шорсткою поверхнею і неправильною структурою, типу лісопосадок, призводить до нерівної текстури. Текстура – один з найбільш важливих елементів процесу інтерпретації об'єктів та їх особливостей.

Тінь теж корисна при інтерпретації, оскільки вона здатна забезпечувати спостерігача інформацією щодо профілю і висоти об'єктів. Проте тіні можуть також ускладнювати інтерпретацію об'єктів, що потрапляють у їх зону дії, оскільки об'єкти в межах тіней менш помітні і погано відрізняються від їх оточення. Тінь важлива при ідентифікації топографії і рельєфів.

Асоціація бере до уваги залежність між іншими розпізнаваними об'єктами або їх особливостями поблизу спостережуваного об'єкта. Ідентифікація особливостей об'єктів, які знаходяться у зв'язку з особливостями інших об'єктів, полегшує процес розпізнавання. У прикладі, наведеному вище, комерційні властивості можуть бути обумовлені близькістю об'єкта до великих транспортних шляхів, при цьому слід пам'ятати, що житлові райони розташовуються поблизу шкіл, дитячих майданчиків і стадіонів.

3.7. Зв'язок інформації ДЗ з реальним світом

Результатом процедури обробки даних ДЗ є цифрова карта, координати об'єктів якої посилаються на дійсні координати об'єктів реального світу, які вони представляють. Положення об'єктів на сферичній поверхні земної кулі вимірюють у градусах широти і довготи, відомих як географічні координати. Значення широти дорівнює нулю на екваторі і досягає 90 градусів на Північному і Південному полюсах. Значення довготи дорівнює нулю на грінвічському меридіані і збільшується до 180 градусів у міру видалення в західному або східному напрямі від Грінвічського меридіана (рис. 3.21). Широта і довгота підрозділяються на градуси, мінути і секунди.

На карті положення об'єктів вимірюються у двовірній системі плоских координат. Системи плоских координат описують відстань від точки відліку з координатами (0, 0) по двох окремих осях – горизонтальній осі X, що представляє схід-захід, і вертикальній осі Y, що представляє північ-південь.

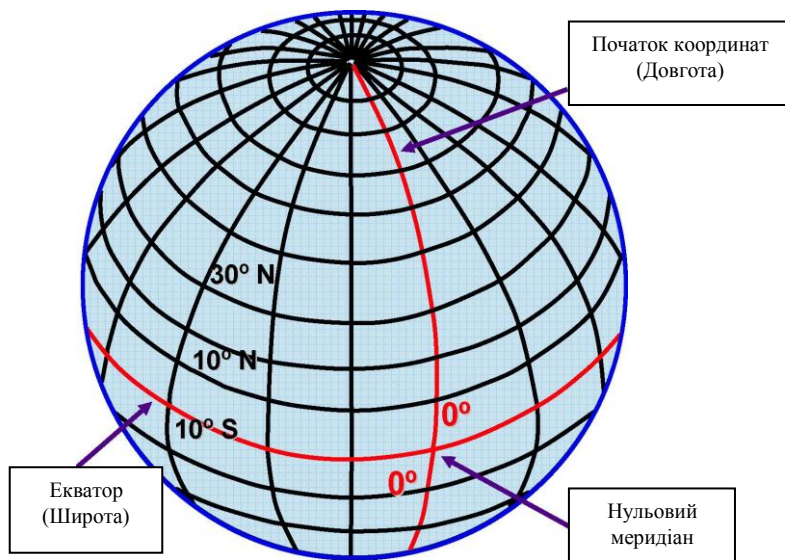


Рис. 3.21. Координатна сітка на земній поверхні

Оскільки земля куля має круглу форму, а карти створюються на плоскій поверхні, для перенесення координат зі сферичної поверхні на плоску поверхню потрібне використання математичної формули. Результатом такої операції є картографічна проекція – певний спосіб відображення однієї поверхні на іншій, що встановлює аналітичну залежність між координатами точок еліпсоїда (сфери) і відповідних точок площини (рис. 3.22).

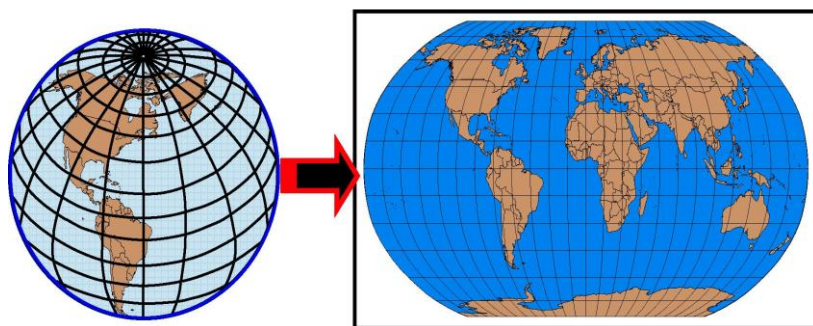


Рис. 3.22. Операція картографічного проектування

Картографічна проекція здійснює перенесення координат зі сферичної поверхні земної кулі на площину карти. Подібний процес породжує спотворення форми, площі, відстані і напрямку. На щастя, існують декілька різновидів картографічних проекцій, які розрізняються у міру своєї придатності для представлення певних частин земної поверхні. Деякі картографічні проекції зводять до мінімуму спотворення за одним параметром за рахунок збільшення спотворення за іншими параметрами, тоді як інші картографічні проекції намагаються мінімізувати усі спотворення рівною мірою.

Нижче наводяться види земної кулі, зображені в чотирьох різних проекціях. Перша проекція, яка називається проекцією Меркатора, є рівновеликою, тобто зберігаючою форму в межах невеликих площ (рис. 3.23). Свідчення компасної стрілки в цій проекції також є точними. Проекція Моллвейде є проекцією точних форм, тобто прагне до збереження властивостей форми об'єктів (рис. 3.25). Проекція Робінсона є прикладом компромісної проекції: вона намагається зменшити спотворення за декількома параметрами і водночас не зберігає точність по жодному з параметрів. Проекція Робінсона зменшує спотворення форми і площі (рис. 3.24). Нарешті, Азимутна проекція є проекцією рівних відстаней (рис. 3.25).

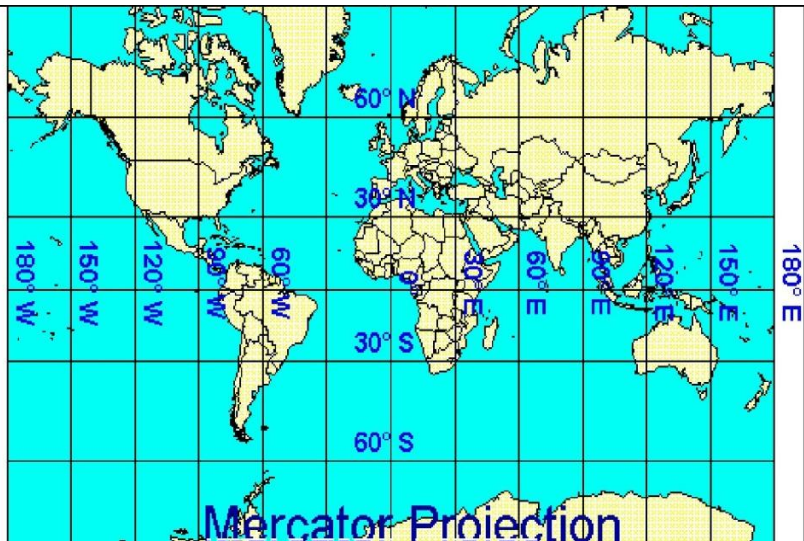
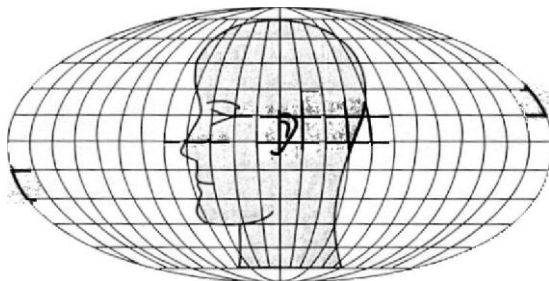


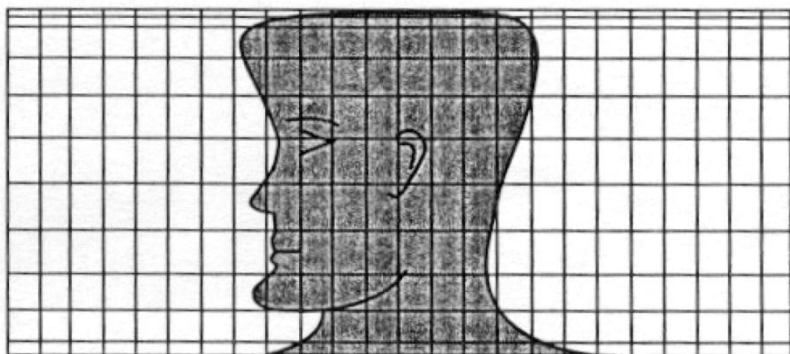
Рис. 3.23. Проекція Меркатора



Точна форма (Проекція Моллвейде)



Точна площа (Проекція Робінсона)



Точний напрямок (Проекція Меркатора)

Рис. 3.24. Порівняння картографічних проєкцій



Рис. 3.25. Азимутальна проєкція

3.8. Глобальна система позиціонування

Останніми роками все частіше у буденному житті можна зустріти аббревіатуру GPS, яка розшифровується як Global Positioning System – Глобальна Система Позиціонування. Ця система складається з мережі супутників, які у безперервному режимі посилають електромагнітні сигнали на Землю. Використовуючи спеціальний приймач такого випромінювання, що вимірює відстань до супутників, можна зі встановленою точністю (від декількох десятків кілометрів до декількох міліметрів) визначити місце розташування об'єкта на земній поверхні.

Ідея створення системи глобального позиціонування виникла в 50-х рр. минулого століття і знайшла своє втілення в Університеті Джона Хопкінса. GPS було створено на замовлення Міністерства Оборони США в 1969 році, і спочатку вона складалася з 24 супутників, що обертаються по 6 кругових орбітах на висоті близько 20.2 км над рівнем моря з нахилом 55° (рис. 3.26), і мережі спеціальних наземних станцій стеження, що забезпечують регулярне визначення параметрів руху супутників і корекцію бортової інформації про їх орбіти. Супутники передають на Землю сигнали малої потужності, але її цілком вистачає для визначення місцезнаходження будь-якого об'єкта. Ця чудава система обійшлася США в 12 млрд доларів.

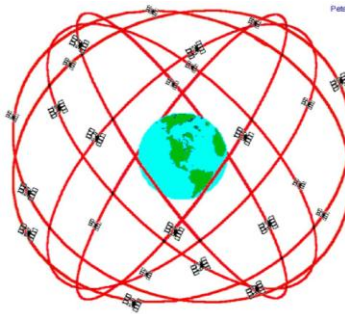


Рис. 3.26. Схематичне розташування GPS супутників на орбітах

Кожен сучасний супутник на своєму борту має ряд високо-технологічного обладнання, основу якого складають:

- четверо атомних годинників;
- три кадмій-нікельові батареї;
- дві сонячні батареї потужністю 1136 Вт;
- антена короткохвильового діапазону для управління супутником;
- 12-елементна антена довгохвильового діапазону для зв'язку з користувачем.

Нині використовуються GPS-приймачі, розмір яких можна порівняти з розміром сотового телефону, а їх вага складає декілька сотень грамів. При цьому GPS-приймач не лише повідомляє користувачу координати знаходження (широту і довготу), але і відображає місце розташування на електронній карті разом з містами, транспортними магістралями і багатьма іншими об'єктами.

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

- визначення трьох складових швидкості об'єкта;
- визначення точного часу з точністю не менше 0.1 с;
- обчислення істинного азимуту;
- прийом і обробку допоміжної інформації.

На рис. 3.27 схематично зображено принцип зв'язку GPS-приймача з супутниками і визначення координат об'єкта.

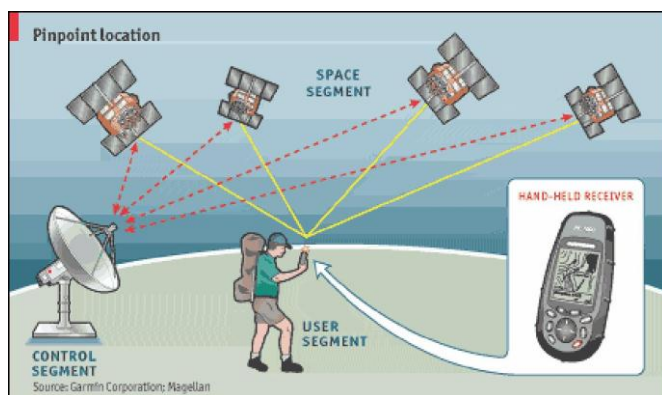


Рис. 3.27. Зв'язок GPS-приймача з супутниковою системою

Нині на Землі встановлено п'ять великих контрольних станцій, які виконують моніторинг і зворотний зв'язок з GPS-супутниками. Станція управління знаходиться в США (штат Колорадо), інші станції

розподілені по всьому світу: Гаваї (Тихий океан), о. Вознесіння (Атлантичний океан), о. Дієго Гарсія (Індійський океан), о. Кважален (Тихий океан) (рис. 3.28).

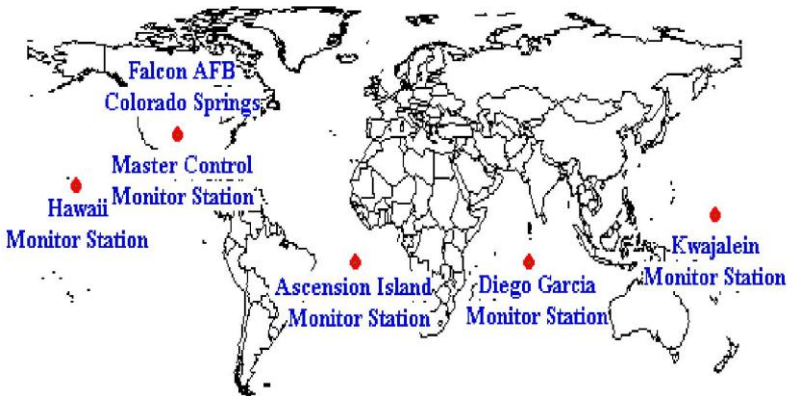


Рис. 3.28. Розміщення станцій стеження GPS

GPS було розроблено для військових цілей: безпомилкового переміщення загонів по місцевості, оптимального розгортання артилерії, визначення найкоротшого шляху до об'єкта знищення.

На початку 80-х рр. минулого століття GPS стала доступна і цивільному населенню. Тепер практично кожен житель Землі може належним чином оцінити функціональні можливості GPS, причому абсолютно безкоштовно (насправді послуги GPS у багатьох країнах враховані в податкових зборах).

GPS використовується не лише на землі, але також на морі та в повітрі. GPS застосовують скрізь, за винятком тих місць, де неможливо приймати сигнал (печери, шахти, порожнини). Сфери застосування GPS надзвичайно широкі. Це і навігація будь-яких рухливих об'єктів – персональних автомобілів, інкасаторських машин, кораблів і літаків. Землепоряджувальні завдання, картографія і координування будівельних об'єктів належать до такої групи застосувань, як вимірювання Землі та її поверхні (рис. 3.29). Тут можуть використовуватися не лише окремі приймачі, але і цілі вимірювально-обчислювальні комплекси, точність вимірів яких досягає до 15 мм. На основі поєднання можливостей GPS та інших технічних засобів створюються інформаційно-вимірювальні системи, що дозволяють отримувати нові якості в рішенні старих завдань.

На рис. 3.30 представлено діаграму, що відображає динаміку росту об'ємів ринку GPS-приладів. Як видно, в 2003 році оборот ринку GPS досяг 16 мільярдів доларів.

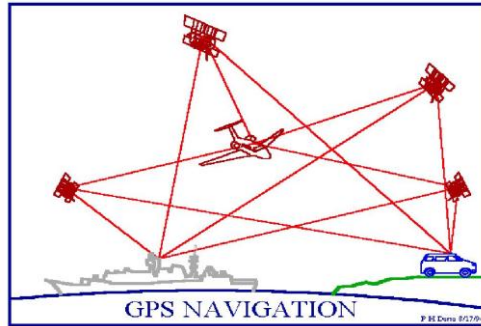


Рис. 3.29. Застосування GPS у навігації

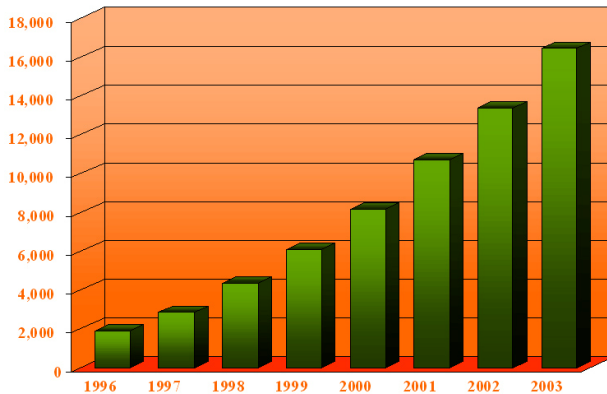


Рис. 3.30. Оборот коштів ринку GPS-приладів

У якості реального прикладу GPS-підсистеми можна навести інтегровану систему координації транспорту Axiom. Logistics. Схему роботи системи представлено на рис. 3.32. Основні функціональні особливості системи Axiom. Logistics:

- оперативне отримання інформації про місце розташування кожного транспортного засобу і вантажу;
- доступ через web-інтерфейс Axiom. Logistics до карти з координатами і маршрутом транспортного засобу;

- контроль графіка і точності проходження маршруту;
- можливість екстреного зв'язку з транспортним засобом;
- ведення бази цих клієнтів, перевізників, транспортних засобів і вантажників в Axiom. Logistics;
- автоматизація процедури оформлення транспортних і митних документів в Axiom. Logistics;
- надійність системи, яка забезпечена зрілістю технологій GPS і GSM;
- низькі витрати на устаткування (використовується стандартне устаткування);
- низькі витрати на обмін інформацією (застосовується дешевий SMS-трафік + спеціальний тариф);
- безпека доступу до даних Axiom. Logistics;
- комплексне web-рішення;
- GPS/GSM – пристрій у транспортному засобі;
- операторський центр прийому і обробки SMS-повідомлень при русі по маршруту в Axiom. Logistics;
- сервер аналізу і візуалізації даних (SMS-повідомлень).

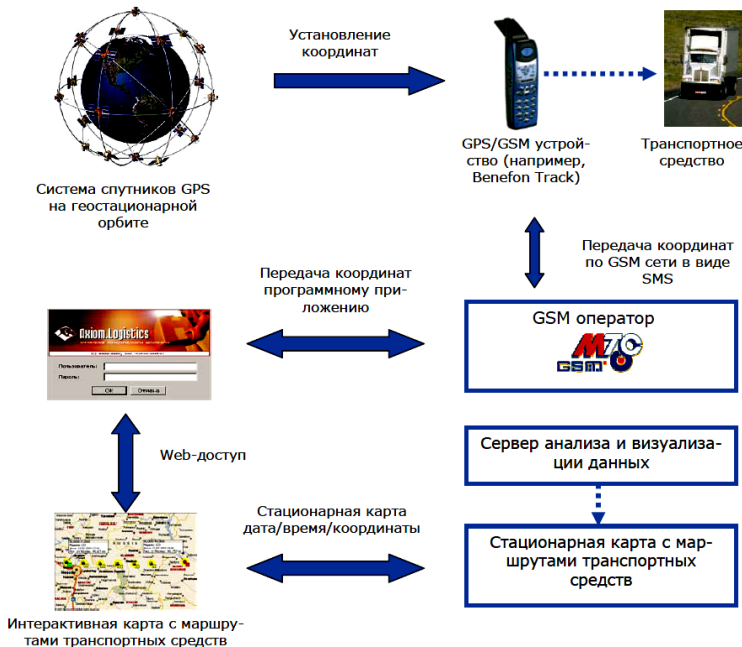


Рис. 3.31. Схема роботи GPS/GSM системи Axiom. Logistics

3.9. Огляд GPS-приймачів

На українському ринку сьогодні існує широкий вибір GPS-приймачів: портативні, стаціонарні, наручні, автомобільні, авіаційні, комп'ютерні. Передові розробки і моделі приймачів представлені фірмами Garmin, Magellan, Cobra. Функціональні можливості і вартість приймачів суттєво розрізняються. Наведемо невеликий порівняльний огляд найбільш популярних GPS-приймачів.

GPS-приймач **GARMIN GEKO 101**

Модель Garmin Geko 101 – це мініатюрний, легкий (вага – усього 88 г), водонепроникний і простий у використанні прилад для починаючих користувачів GPS. Він не має роз'єму для підключення до комп'ютера і зовнішнього живлення і може зберігати всього 250 шляхових точок і жодного маршруту.

Характеристики:

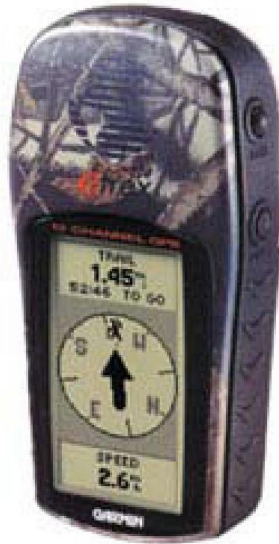
- 12 годин роботи на 2 AAA батареях;
- місткість шляхового журналу (Tracklog) – 3000 точок;
- розмір екрану (висота × ширина) – 100 × 64 пікселів;
- ціна – 150 USD.



Портативний навігатор **GARMIN e-Trex Camo**

12-канальний портативний GPS-приймач у водонепроникному корпусі камуфляжного забарвлення. Зручний компактний корпус з гумовими накладками з боків легко уміщається в руці або кишені.

Камуфляжне забарвлення приладу не дозволить демаскувати себе на полюванні або рибалці. Кількість шляхових точок – 500. Кількість маршрутів – 1 (50 точок). Додаткові параметри, що відображаються: поточна швидкість, середня швидкість, час сходу/заходу, що обнуляється, поточна швидкість, таймер, вимірник відстані. Підтримувані системи координат: LAT/LON, UTM/UPS, Мейденхедска, MGRS та ін. Підтримувані стандарти обміну даними: RS232 з форматами NMEA 0183, RTCM 104 для даних DGPS, формат для обміну між приладами «Garmin». Інтерфейс русифікований. Розміри: 11.2 × 5.1 × 3.0 см. Вага – 150 гр. Живлення: 2 батареї типу АА. Час роботи від одного комплекту батарей – до 22 годин. Ціна – 285 USD.



GPS -навігатор **GARMIN e-Trex Legend C**

Компактний портативний GPS навігатор Garmin, що має кольоровий екран (256 кольорів) з високою роздільною здатністю – 220 × 176 точок. Дисплей приладу пристосований до роботи на яскравому сонці. Нова технологія збереження енергії батарей дозволяє новим навігаторам працювати тривалий час усього на 2-х АА батареях (до 36 годин). Модель має 24 Мб пам'яті для завантаження детальних карт місцевості (у тому числі карт України), а також вбудовану базову карту Європи. Базова карта дозволяє приладу автоматично прокладати маршрут з

урахуванням мережі шляхів. Як і всі нові моделі, Garmin e-Trex Legend С має можливість підключення до комп'ютера по USB-інтерфейсу, причому інтерфейс COM тепер не підтримується. Ще однією особливістю нового приладу є те, що він підтримує живлення через USB-кабель. Ще однією відмінністю від попередніх моделей серії eTrex є наявність звукової сигналізації в деяких функціях (таких, наприклад, як наближення до мети). Ціна – 425 USD.



Розділ 4

ПРОЕКТУВАННЯ І ОГЛЯД СУЧАСНИХ ГІС

4.1. Етапи розробки ГІС

Розробка програмної оболонки ГІС складається з шести етапів:

- аналіз вимог, що пред'являються до ГІС;
- визначення специфікацій;
- проектування системи;
- кодування;
- тестування;
- експлуатація й обслуговування.

Слід зазначити, що для реалізації кожного з етапів тимчасові витрати різні:

- аналіз вимог – 10 %;
- визначення специфікацій – 10 %;
- проектування – 15 %;
- кодування – 20 %;
- комплексне тестування – 20 %;
- автономне тестування – 25 %.

Коротко проаналізуємо кожний з етапів. На першому етапі проводиться аналіз вимог, що пред'являються до системи, що розробляється, які зосереджені в інтерфейсі між цією системою і користувачами, котрі її експлуатуватимуть. В аналіз включаються такі питання, як час обробки інформації, вартість обробки, вірогідність помилки та ін. Аналіз вимог може сприяти кращому розумінню власне вирішуваної проблеми і компромісних ситуацій, що допомагає при виборі найкращого рішення. Слід виявити просторово-часові обмеження, що накладаються на систему, які в майбутньому можуть зазнати зміни, а також середовища, які будуть використані в її різних версіях для різних застосувань.

При створенні ГІС перед колективом розробників відразу ж виникає безліч проблем – як технологічних, так і концептуальних. Необхідно визначити основні поняття, об'єкти і процедури обробки інформації, які лежатимуть в основі ГІС. Підходити до рішення цієї задачі необхідно дуже відповідально, оскільки саме концепція майбутньої системи і досконалість моделі даних визначає її успіх і живучість на ринку. При цьому розробникам доводиться враховувати

безліч чинників – достоїнства і недоліки концепцій уже існуючих систем, постійно змінні вимоги з боку прикладних завдань, зміни в інформаційних технологіях тощо.

На етапі *визначення специфікацій* здійснюється точний опис функцій системи, задається структура вхідних і вихідних даних, вирішується комплекс питань, що мають відношення до структури файлів, організації доступу до даних, оновлення і видалення останніх. Специфікації виконують тільки ті функції, які система повинна здійснювати, не вказуючи, яким чином це досягається. Складання детальних алгоритмів реалізації функцій системи на цьому етапі не відбувається.

На етапі *проекування* розробляються алгоритми, які задаються специфікаціями, і формується загальна структура інформаційної системи. Систему, що розробляється, розбивають на невеликі частини так, щоб відповідальність за реалізацію кожної такої частини можна було покласти або на одного розробника, або на групу виконавців. При цьому для кожного визначеного таким чином модуля системи мають бути сформульовані вимоги, що пред'являються до нього: функції, що реалізуються, розміри модулів, час виконання тощо.

Наступний етап – *кодування*. Цей етап найбільш простий. При його реалізації використовуються алгоритмічні мови високого рівня, методи структурного й об'єктно-орієнтованого програмування. Кодування освоєно краще, ніж будь-який інший етап розробки програмного забезпечення.

Етап *тестування* – один з найдорожчих етапів. Витрати на тестування складають половину усіх витрат на створення системи. Погано сплановане тестування часто приводить до збільшення термінів і зриву графіку робіт. У процесі тестування використовуються дані, характерні для системи в робочому стані. План проведення випробувань має бути складений заздалегідь, а велику частину тестових даних слід визначити на етапі проєкування системи.

Тестування підрозділяється на три стадії:

- автономне;
- комплексне;
- системне.

При автономному тестуванні кожен модуль перевіряється за допомогою даних, підготовлених програмістами. При цьому програмне середовище модуля імітується за допомогою програми управління тестуванням, що містить фіктивні програми замість реальних підпрограм (так звані «заглушки»), до яких є звернення з цього модуля.

В процесі комплексного тестування здійснюється спільна перевірка груп програмних компонентів.

Системне або оцінне тестування – це завершальна стадія перевірки системи, тобто випробування системи в цілому за допомогою незалежних тестів.

4.2. Особливості проектування ГІС

По суті, геоінформаційні системи є системами керування базами даних (СКБД). Але існує одна важлива відмінність – у ГІС спільно з атрибутивними даними оброблюється і просторова (географічна) інформація. Тому при проектуванні ГІС спеціалісти використовують ті ж самі методики і техніку, що і при розробці звичайних СКБД.

Будь-яка БД містить інформацію про певну предметну область. Предметною областю називається певна сфера реального світу, яка представляє інтерес для вивчення.

Перший етап проектування будь-якої інформаційної системи – це формалізація задачі, тобто на цьому етапі будують інфологічну модель предметної області. Створення оптимальної інфологічної моделі включає дослідження інформаційних потоків, характерних для цієї предметної області, встановлення об'єктів предметної області та опис зв'язків, існуючих між ними. Інфологічна модель створюється у будь-якому випадку, незалежно від програмно-апаратної бази, на якій будуватиметься інформаційна система.

Інфологічну модель використовують як фундамент для будівництва даталогічної моделі БД, яка відображає логічні зв'язки між елементами даних незалежно від їх змісту і середовища зберігання. На цьому етапі необхідно враховувати різні обмеження, які накладаються ПЗ на структуру і функціональні особливості.

На наступному етапі створюється фізична модель бази даних, яка зв'яже даталогічну модель з конкретним середовищем зберігання. Це дуже важливий етап, оскільки в його процесі ведеться розробка елементів призначеного для користувача інтерфейсу, вирішуються питання цілісності даних і надійності системи, розподіляються права доступу і вибираються засоби та методи захисту від нелегального доступу.

Проектуючи географічні інформаційні системи, окрім вищезазначеного, необхідно, виконати наступні дії:

– виробити вимоги, що торкаються початкового картографічного матеріалу (потрібний масштаб, проекція, система координат);

- визначити розмірність географічних даних, з якими доведеться працювати (двовимірні 2D і тривимірні 3D), а також встановити модель представлення просторових даних (векторна чи растрова);
- спроектувати пошаровий склад просторової інформації ГІС;
- встановити наявність цифрових карт територій, що цікавлять.

Працюючи над створенням ГІС, не можна забувати про питання фінансування проекту. ГІС-проекти зазвичай дуже тривалі, тому проблеми у фінансуванні можуть привести до закриття робіт. Рекомендується мати декілька джерел фінансування, окрім цього, потрібно передбачити варіант самофінансування проекту.

4.3. Програмні засоби розробки ГІС

Розглянемо деякі питання етапу кодування програмного забезпечення. Спочатку надамо два важливі визначення.

Програма (program, routine) – послідовність команд і даних до них, які призначені для управління конкретними компонентами системи обробки даних з метою реалізації певного алгоритму.

Програмне забезпечення (ПЗ, software) – сукупність програм системи і програмних документів, необхідних при експлуатації цих програм. Розрізняють системне і прикладне програмне забезпечення.

Системне ПЗ (system software) включає програми, необхідні для узгодження роботи всього обчислювального комплексу при розв'язанні різних завдань, а також при розробці нових програм.

Прикладне ПЗ (application software) розробляється і використовується для вирішення конкретних завдань користувачів ЕОМ.

ПЗ ГІС (GIS software) підтримує той або інший набір функціональних можливостей ГІС і включає спеціалізовані програмні засоби, такі як:

- універсальні повнофункціональні ГІС (full GIS);
- інструментальні ГІС (GIS software tools);
- картографічна візуалізація (map viewer);
- картографічні браузерери (map browser);
- засоби настільного картографування (desktop mapping);
- інформаційно-довідкові системи (help-desk system).

Крім того, існують спеціальні програмні засоби, що обслуговують окремі функціональні групи:

- конвертація форматів;
- оцифрування;
- векторизація;
- створення і обробки цифрових моделей рельєфу;
- взаємодія з системами супутникового позиціонування.

Комплект постачання програмного забезпечення ГІС може включати окремі функціональні модулі, що купувалися і використовуються в наборі, для забезпечення розв'язання завдань. У комплексі з ПЗ ГІС застосовуються такі програмні продукти, як:

- настільні видавничі пакети (Adobe Page Maker, Quark Xpress, Adobe InDesign);
- пакети статистичного аналізу (Statistica);
- системи управління базами даних (MS Access, Oracle, DBase);
- системи автоматизованого проектування (AutoCAD);
- електронні таблиці (MS Excel);
- засоби цифрової обробки зображень (Adobe Photoshop).

ПЗ для розробки ГІС можна розділити на три групи:

1. Системи з широкими можливостями, які включають введення даних, зберігання, складні запити, просторовий аналіз, виведення даних. Такі системи мають власні мови програмування, які дозволяють розширювати цю систему функціями користувачів (ArcInfo). Розробку такої системи можна порівняти з розробкою звичайних програм під конкретну операційну систему. Тільки в даному випадку в ролі операційної системи виступатиме інструментальна ГІС, а в ролі програми – нові функції розробників, якими ця ГІС буде доповнена.

2. Програмні компоненти або бібліотеки, які містять у собі ряд корисних функцій (MapObjects, GeoConstructor). Використовуючи ці функції і ПЗ з третьої групи, розробники можуть створити нову систему, яка функціонуватиме в операційній системі, під яку вона розроблялася.

3. Середовища розробки ПО на різних мовах програмування (Visual C++, Visual Basic, Delphi). Використовуючи їх, розробник може частину роботи в новій системі перекласти на програмні компоненти і бібліотеки з другої групи, а може створити абсолютно нову систему без унесення додаткових допоміжних коштів.

4.4. AutoCAD Map 2000

Високоточне програмне забезпечення для створення цифрових карт і здійснення геоінформаційного аналізу, що включає усі функціональні можливості базового продукту AutoCAD, містить усі необхідні засоби та ефективні функції для виготовлення картографічної основи й обробки географічної інформації (рис. 4.1); підтримує будь-які графічні формати, здійснює експорт даних в усі популярні програми обробки географічної інформації; забезпечує миттєве отримання додаткових даних для геоінформаційного проекту через мережу.

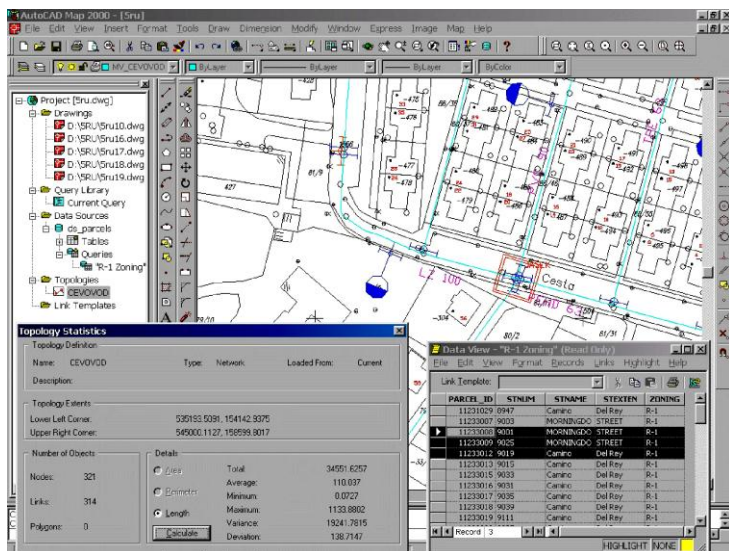


Рис. 4.1. Робоче вікно програми AutoCAD MAP 2000

AutoCAD MAP 2000 надає розробникам більше 2 тисяч глобальних координатних систем (більше 100 з них – нові). AutoCAD MAP 2000 дає найкращі інструменти для швидкого і точного сколювання карт з паперових носіїв. Сколювання карт значно прискорює переклад паперових карт у цифрову форму. Програмне забезпечення включає потужні засоби для формування запитів, зміни властивостей, просторового аналізу і відмінного управління виведенням на друк. Завдяки вбудованим функціям Інтернету, AutoCAD MAP 2000 набув абсолютно нових можливостей.

AutoCAD MAP – високоточне програмне забезпечення для фахівців в області картографії та геoinформаційних систем у поєднанні з необмеженим доступом до даних через мережу Інтернет. При розв’язанні геoinформаційних і картографічних завдань AutoCAD MAP спирається на потужні можливості базового продукту AutoCAD.

4.5. Autodesk MAP R5

Autodesk MAP R5 призначений для створення, перегляду, редагування та управління графічними базами цих географічних або геологічних карт, карт землекористування, аналізу довкілля, транспортних,

комунікаційних схем і схем управління фондами і інфраструктурою, а також створення, редагування та аналізу топологій об'єктів. Робоче вікно програми представлено на рис. 4.2.

Autodesk MAP R5 працює на базі векторно-растрової графіки AutoCAD, але на додаток до всіх функціональних можливостей і переваг, властивим AutoCAD 2000, дає професіональним картографам потужні й ефективні засоби, спрямовані на їх специфічні потреби. Ці засоби є унікальними для Autodesk MAP і недоступні у звичайному AutoCAD.

Autodesk MAP R5 дозволяє створювати, редагувати векторну графіку в комбінації з растровими зображеннями картографічного матеріалу і, маючи потужну систему управління просторовими базами даних, зв'язати воедино графічні об'єкти з текстовою інформацією. Використовуючи Autodesk MAP, можна також вставити або приєднати будь-яку інформацію з інших Windows-додатків до конкретного графічного об'єкта як довідковий матеріал. У Autodesk MAP R5 користувач може вибрати потрібну систему координат або створити власну. Надалі ця система координат може бути використана в інших ГІС-програмах Autodesk, таких як Autodesk MAP Guide і Autodesk World.

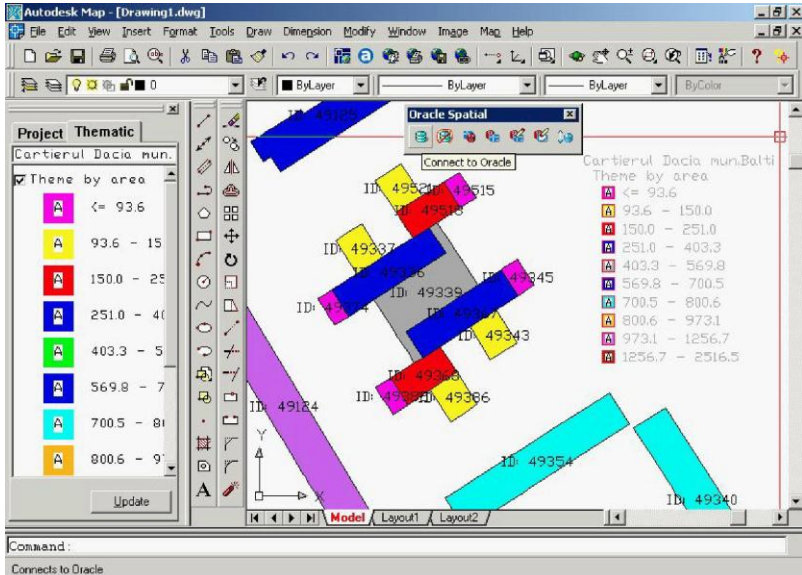


Рис. 4.2. Робоче вікно програми Autodesk MAP R5

Можливості Autodesk MAP R5:

- Підключення безлічі карт (файлів) у сеансі роботи і збереження конфігурації сеансу роботи для наступного використання; надалі карти і установки завантажуються автоматично;

- Наявність засобів складання запитів, включаючи SQL, що забезпечують передачу графічному редакторові даних одночасно з декількох рисунків на основі інформації, з тією, що міститься не лише в рисунках, але і в текстових базах даних. Це може бути як інформація про взаємне розташування (у тому числі в декількох рисунках, які використовують спільну координатну систему) та інші графічні властивості примітивів AutoCAD, так і інформація, що зберігається у вигляді розширених даних цих об'єктів або в зовнішніх базах даних;

- Ведення бібліотек запитів, обробка складених запитів одночасно за безліччю карт, швидкий пошук потрібної інформації у великих масивах даних;

- Розраховане на багато користувачів редагування. Кілька користувачів можуть працювати з одним кресленням одночасно, але тільки один може редагувати окремо взятий об'єкт.

- Ефективний і надійний розподіл даних або карт між користувачами з розмежуванням повноважень. У більшості випадків не вимагається вивіряти версію карти, менше часу витрачається на очікування, поки дані стануть доступними;

- Засоби створення карт: інструментарій оцифрування «потоковим» методом з одночасним заповненням текстових табличних форм. Перетворення карт з різними координатами в єдину координатну систему (або одну з 700 підтримуваних координат, або в систему, що задається користувачем);

- Засоби редагування карт: прецизійне доопрацювання карт з автоматичним або ручним управлінням очищенням, випрямленням і перетворенням ліній або вузлів, відсіканням або склеюванням різних регіонів карт; команди усунення надмірної інформації (коротких відрізків, дуг і поліліній), з'єднання ліній, кінці яких розташовані близько один до одного, розподілу помилково сполучених примітивів, виділення ділянок (побудови багатокутників, що обмежують задані примітиви), розмежування ділянок, що перекриваються ділянок, перетворення картографічних проекцій, «розтягування» фрагментів рисунка для усунення нелінійних спотворень;

- Імпорт і експорт картографічної інформації у форматах ESRI ARC/INFO Coverages, ESRI ARCVIEW SHP, MapInfo MIF/MID, Microstation DGN, Autodesk MapGuide SDF, AutoCAD DXF, а також основний формат файлів AutoCAD DWG для спільного використання

або обміну інформацією в пакетах Autodesk MAP Guide; повна сумісність з AutoCAD MAP R3/R2, AutoCAD R14/ LT 97/2000;

- Підтримка баз даних типу dBase III, Oracle і ODBC-сумісних (xls, mdb);

- Підтримка растрових форматів BMP, DIB, FLC/FLI, GIF, GP4, JPG, MIL, PCT, PCX, PNG, RLE, RST, TGA, TIF;

- Засоби просторового аналізу ГІС: створення, редагування, збереження і аналіз вузлових, мережових та полігональних топологій. Основні функції аналізу полігональних топологій: об'єднання, перетин, створення буферних зон; мережних: пошук найкоротшого шляху, області досяжності;

- Підтримка тематичного (географічного, промислового) розподілу і створення «легенд».

4.6. Програмний продукт Autodesk MapGuide R5

Програмне забезпечення Autodesk MapGuide – перший комерційний вибір для розповсюдження по Intranet/Internet наявних у користувача детальних карт, заснованих на векторній моделі. Робоче вікно програми представлено на рис. 4.3.

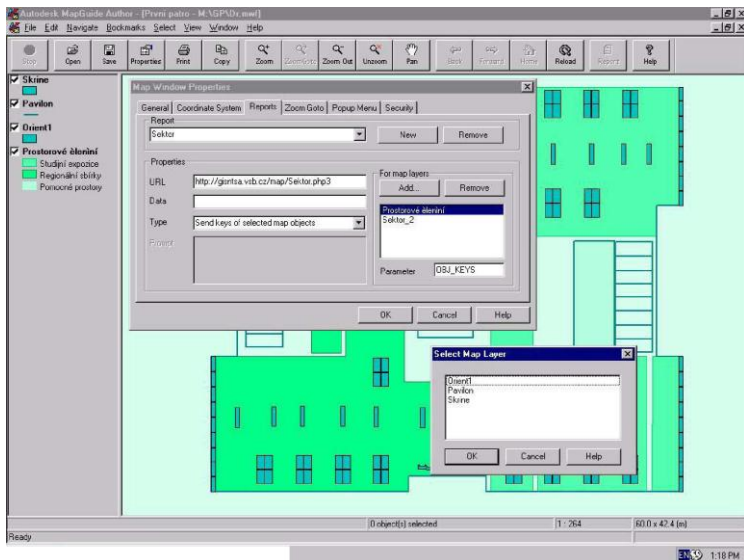


Рис. 4.3. Робоче вікно програми Autodesk MapGuide R5

4.7. AutoCAD Land Development

AutoCAD Land Development Desktop є програмним забезпеченням на платформі AutoCAD для проектування землевпорядних робіт. Інтерфейс програми показано на рис. 4.5.

Містобудування, генплани, геодезія і картографія охоплюють широкий спектр інформації. У цій області та суміжних областях працюють фахівці різного профілю, наприклад, інженери-містобудівники, картографи, інженери з генеральних планів, геодезисти, фахівці охорони лісів і екологічного моніторингу, інженери з доріг, інженери з транспорту, інженери водозабезпечення і водовідведення, архітектори, аналітики ГІС тощо. Кожному з цих фахівців потрібний власний набір програмних інструментів і засобів. Такі інструменти входять до складу технологічної лінії Land Development Solutions II, такої, що складається з базового AutoCAD Land Development Desktop і програм «сателітів» Autodesk Survey і Autodesk Civil Design. Програмні рішення, об'єднані єдиним ядром, – AutoCAD Land Development Desktop, роблять можливою роботу фахівців цивільного будівництва, інженерів з генпланів, геодезистів і картографів у єдиному середовищі проектування.

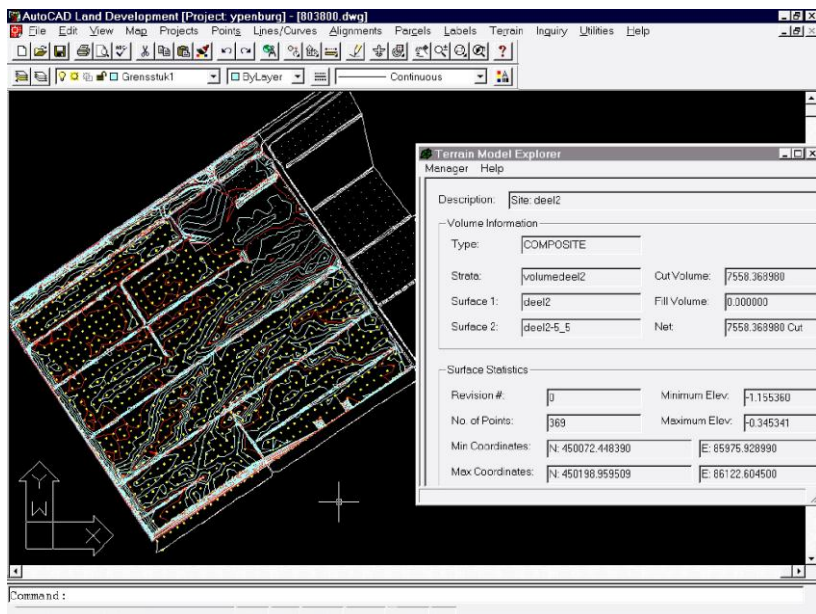


Рис. 4.5. Робоче вікно програми AutoCAD Land Development

AutoCAD Land Development Desktop надає користувачеві потужні засоби топографічного аналізу, роботи з координатною геометрією, цифрового моделювання місцевості, розробки планів земляних робіт і розрахунку об'ємів земляних мас, а також інші вискоєфективні інструменти і функції.

Ключові можливості:

- рішення завдань координатної геометрії при обробці геодезичної інформації;
- ведення, редагування і управління точковою базою даних;
- цифрове моделювання рельєфу земної поверхні і створення на цій основі картографічних матеріалів;
- розробка і аналіз планів земельних робіт при проектуванні водойм, зон паркування, будівельних майданчиків, насипів та ін. При цьому здійснюється підрахунок об'ємів виїмки і засипання ґрунту;
- можливість побудови геоінформаційних систем будь-якого рівня складності, включаючи інформаційні системи служб експлуатації промислових і цивільних об'єктів.

ГЛЮСАРІЙ

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

BIL – Band Interleaved by Line – один з основних форматів для передачі даних дистанційного зондування. Позбавлений специфікації, представляючи тривіальний випадок передачі зображення з рядковим (на відміну від формату VIP) зберіганням даних.

BMP – BitMaP, bit map, bitmap, син. DIB – бітовий масив, бітовий образ, простий і широко поширений формат файлу для зберігання растрових зображень у вигляді бітового двійкового масиву, розроблений фірмою Microsoft. Використовується також для експорту та імпорту зображень між застосуваннями операційних систем Windows і OS/2. Файли апаратно незалежного BMP можуть містити зображення з глибиною пікселя в 1, 4, 8 або 24 біта. Забезпечує передачу 2, 16, 256 або 16 млн кольорів. Для 4- і 8-бітових зображень іноді застосовується стискування RLE.

CPU – Central Processing Unit – центральний процесор.

DDE – Dynamic Data Exchange – динамічний обмін даними, технологія обміну даними між застосуваннями в середовищі операційних систем Windows і OS/2 через спеціальний буфер – область пам'яті, до якої має доступ кожне застосування.

DEM – Digital Elevation Model(s): 1. Цифрова модель рельєфу, ЦМР, син. DTM, DTED; 2. Стандарт Геологічної зйомки США на цифровій моделі рельєфу. Застосовується для їх представлення в растровому форматі у вигляді матриці висотних відміток у вузлах регулярної мережі, розповсюдження і наступного використання в якості основи для просторового аналізу в багатьох растрових ГІС. У стандарті DEM поширюються 5 типів цифрових продуктів DMA, ідентичних за логічною структурою даних, але відрізняються за кутовим розміром осередків мережі, системою координат, охопленням території і точності. Продукти DEM доступні на території усєї материкової частини США, Гавайських островах, Пуерто-Ріко, Віргінських островах і частині території Аляски. Дані у форматі DEM будуть конвертовані у формат SDTS після затвердження профілю SDTS для обміну растровою інформацією.

DIB – див. BMP.

DLG – Digital Line Graph – стандарт Геологічної зйомки США, розроблений Національним картографічним управлінням у 1980 р.

Призначений для поширення цифрових карт, що становлять Національну цифрову картографічну базу даних, яка включає інформацію щодо меж, транспортної інфраструктури, гідрографічної мережі. Стандарт підтримує векторну топологічну модель даних і може передавати мережні і полігональні структури. Атрибутивна інформація передається за допомогою каталогу об'єктів і ділення набору даних на категорії, аналогічні шарам ГІС. Існують 3 підтипи файлу, що розрізняються за внутрішньою структурою і каталог об'єктів та відповідних топографічним картам масштабів 1 : 24000, 1 : 100000 і 1 : 2 000 000. Останні входять у Національний атлас США. Нині здійснюється конвертування даних з формату DLG у формат SDTS.

Ethernet – мережа Ethernet (створена фірмою Xerox у 1976 році, має шинну топологію, використовує CSMA для управління трафіком у головній лінії зв'язку). Стандарт організації локальних мереж (ЛВС), описаний у специфікаціях IEEE та інших організацій. IEEE 802.3. Ethernet використовує смугу 10 Mbps і метод доступу до середовища CSMA/CD. Найбільш популярною реалізацією Ethernet є 10Base-T. Розвитком технології Ethernet є Fast Ethernet (100 Мбіт/сек).

GeoTIFF – Tagged Image File Format, син. DRG – розширення формату файлу TIFF, призначене для передачі зображень, що мають просторову прив'язку. Розробляється лабораторією з розробки ракетних і реактивних двигунів (Jet Propulsion Laboratory) NASA. Версія 1.0, датована 1995 р., ґрунтується на специфікації TIFF версії 6.0. Базовий формат є найпопулярнішим форматом обміну зображеннями, використовується в деяких ГІС-продуктах. Формат підтримує представлення зображень, растр; додатково передається система координат, проекція, параметри геометричної корекції.

GIF – Graphics Interchange Format – формат взаємообміну графікою, формат обміну растровими графічними даними по мережі CompuServe в режимі реального часу. Розроблений CompuServe Inc. Підтримує 24-бітовий колір, реалізований у вигляді палітри RGB аж до 256 кольорів, прозорість. Граничний розмір зображення – 64 000 × 64 000 пікселів. Використовується модифікована схема стиснення LZW. Формат допускає створення послідовності або перекриття безлічі зображень, відображення з чергуванням рядків, текстом, що перекривається.

GRID (GRA, GRD) – Global Resource Information Database – Глобальна природно-ресурсна база даних; ГРІД – інформаційна система і Міжнародна програма, що виконується у рамках ГСМОС (GEMS) при ЮНЕП ООН.

HDD – Hard Disk Drive – накопичувач інформації на «жорсткому» диску, «вінчестер».

HPGL – Hewlett-Packard Graphics Language – графічна мова фірми Hewlett-Packard, стандартна мова для виведення на принтер або графічний пристрій документів САІР, що спирається на векторне представлення графіки.

JPG – Joint Photographic Experts Group – об'єднана експертна група з фотографії, робоча група зі створення стандартів відео- і мультиплікаційних зображень, зокрема одноіменного формату і стандарту JPEG для стиснення (паковки) зображень на основі алгоритму косинусного перетворення DCT (Discrete Cosine Transform). Остання версія випущена в 1991 р. У цілому JPEG визначає сімейство декількох технологій. Зображення JPEG формуються у більшості випадків як автономні файли JFIF і файли JPEG-TIFF. Формат є стисненим BMP. Дозволяє передавати до 16 млн кольорів з глибиною пікселя до 32 біт. Незважаючи на повільне програмне розпаковування і упаковку, забезпечує найкраще стиснення за рахунок кодування з великими втратами. Знайшов широке застосування в Інтернеті.

OLE – Object Linking and Embedding – зв'язування і вбудовування (впровадження) об'єктів технологія розподілу об'єктів між прикладними програмами, розроблена фірмою Microsoft. OLE-технологія дозволяє вбудовувати або зв'язувати об'єкт зі створеними документами, що містять текст, графіку, звукові повідомлення тощо.

PCX – один з найстаріших і найбільш широко використовуваних растрових форматів для персональних комп'ютерів, розроблений фірмою Zsoft Corporation. Підтримує повно кольорові зображення (24-бітові кольори), які реалізуються або в якості палітри, що має до 256 кольорів, або як повний 24-бітовий RGB, з розмірами до 64 000 × 64 000 пікселів. Формат не дозволяє зберігати дані СМҮК- або HSI-моделей, таблиці корекції кольору або відтінків сірого. Дані стискаються методом групового кодування. Підтримується настільними видавничими системами, графічними редакторами, програмами захоплення відеокадрів.

PSD – PhotoShop Document – власний формат програми PhotoShop, що дозволяє зберігати шари і канали.

RAM – Random Access Memory – оперативна пам'ять, оперативний пристрій, що запам'ятовує, ОЗУ.

RLE – Run-Length Encoding – групове кодування.

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

TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol – протокол управління передаванням (міжмережний протокол), набір протоколів мережної взаємодії, фактичний стандарт для побудови глобальних мереж, що об'єднують різні мережі. Створений у кінці 60-х рр. Агентством перспективних досліджень МО США (DARPA) у процесі реалізації проекту глобальної неоднорідної мережі ARPAnet. Спочатку TCP/IP був вбудований в ОС UNIX, потім перенесений на всі поширені платформи. Усі специфікації TCP/IP і багато його реалізацій є загальнодоступними. Стек протоколів TCP/IP охоплює 4 рівні прийнятої п'ятирівневої моделі (на нижньому рівні – устаткування): мережний інтерфейс, що встановлює мережеве з'єднання в мережі, до якої підключений комп'ютер; мережний рівень (протоколи IP, ICMP, IGMP), що реалізує службу доставки пакетів по мережі; транспортний рівень (TCP, UDP), що забезпечує зв'язок машини-відправника пакетів з адресатом; прикладний рівень. Основні застосування: протокол емуляції терміналу Telnet, протокол передачі файлів FTP, протокол передачі гіпертексту HTTP, протокол електронної пошти SMTP. У мережах TCP/IP прийняті IP-адреси, що складаються з 32 біт; це чотири номери, розділені точками. Кожен номер не перевищує 255. Порядок номерів встановлюється зліва направо. Доменна адреса нагадує за виглядом адресу в електронній пошті; найстарший домен – перший справа.

Доменна адреса привласнюється провайдером кожній хост-машині. IP-адреса виділяється користувачам, котрі мають постійне з'єднання, або комутоване з'єднання (Dial-Up IP) за протоколом SLIP (Serial Line Internet Protocol – міжмережний протокол послідовного каналу, застарілий стандарт); користувачеві, котрий виходить в Інтернет по комутованій лінії за протоколом PPP (Point-to-Point Protocol – протокол взаємодії між вузлами, призначений для заміни протоколу SLIP), IP-адреса може привласнюватися динамічно на час сеансу. Розробляється новий стандарт на IP-адресу довжиною 128 байт, що значно розширить доступну безлічі адресам.

TIFF – Tagged Image File Format – незалежний формат файлу, призначений для обміну зображеннями високої якості між настільними видавничими системами і пов'язаними з ними застосуваннями. Розробляється Aldus Corporation. Припускає два варіанти: основний і розширений. Дані змінюються згідно з фотометричним типом і методом стиснення (CCITT, LZW, JPEG). Численні розширення формату набувають форми додаткових тегів у структурі файлу. Формат TIFF вважається одним з кращих форматів для bitmap: компактний і добре оперує чорно-білими і кольоровими зображеннями, а також зображеннями в градаціях сірого. Допускає передачу відеоданих –

характеристики прозорості. Основним недоліком формату є велика кількість розширень, що вимагає точної передачі в заголовку типу розширення. Перспективний у якості формату передачі растрових даних між ГІС-системами у рамках розширення GeoTIFF, що розробляється на основі 6 версії розширення GeoTIFF.

VPF – Vector Product Format, син. VRF – військовий стандарт США, формат файлового обміну, що описує векторну просторову інформацію. Розроблений Картографічним управлінням Міністерства оборони США. Нині використовується версія 1992 р. Формат підтримує векторну нетопологічну і векторну топологічну моделі просторових даних і дозволяє передавати атрибути через реляційні таблиці. Додатково передаються відомості про якість даних. Використовується для зберігання цифрової карти світу DCW.

Аналіз близькості (neighbourhood analysis, proximity analysis):
1. Просторово-аналітична операція, заснована на пошуку двох найближчих точок серед заданої їх множини і використовується в різних алгоритмах просторового аналізу. А. б. включає пошук найближчого сусіда (nearest neighbour analysis) однієї з точок заданої великої кількості або точки (завдання інтерполяції і автоматичної класифікації), що знову пред'являється, і застосовується для генерації полігонів Тиссена і побудови триангуляції Делоне; 2. У ГІС растрового типу: привласнення елементу растру нового значення як деякій функції значень навколишніх елементів (завдання згладжування, фільтрації).

Аналіз видимості/невидимості (viewshed analysis, visibility/unvisibility analysis) – одна з операцій обробки цифрових моделей рельєфу, що забезпечує оцінку поверхні з точки зору видимості або невидимості окремих її частин шляхом виділення зон і побудови карт видимості/невидимості (visibility map, viewshed map) з деякої точки огляду (vista point, viewpoint, point of view) або безлічі точок, заданих їх положенням у просторі (джерел або приймачів випромінювань). Просторовий А. в./н. заснований і може бути обмежений оцінкою взаємної видимості двох точок (point-to-point visibility, intervisibility). Застосування операції А. в./н. пов'язані з оцінкою впливу рельєфу (особливо гірського) або «рельєфоїдів» міської забудови на величину зони стійкого радіоприйому (радіовидимості) при проектуванні радіо- і телемовних станцій, радіорелейних мереж і систем мобільного радіозв'язку, а також з аналогічними завданнями оцінок у видимому діапазоні електромагнітного спектру, наприклад для оцінки маскувальних властивостей рельєфу місцевості в оборонних цілях або для проектування мережі спостережних веж служби стеження за лісовими

пожежами для мінімізації числа вишок при заданих конструктивних параметрах і площі, яка залишається недоступною для візуального спостереження.

Апаратна платформа – технічне устаткування системи обробки інформації (на відміну від програмного забезпечення, процедур, правил і документації), яка включає комп'ютер та інші механічні, магнітні, електричні, електронні й оптичні периферійні пристрої або аналогічні прилади, що працюють під її управлінням або автономно, а також будь-які пристрої, необхідні для функціонування системи (наприклад, GPS-апаратура, електронні картографічні прилади і геодезичні прилади). Загальна організація взаємозв'язку елементів А. о. обчислювальних систем носить назву архітектури (architecture), сукупність функціональних частин – конфігурації (configuration) системи.

Архітектура CISC – Complex Instruction Set Computer – комп'ютер з повним набором команд. Тип універсального процесора з великим набором різних машинних команд (інструкцій), як правило, змінної довжини.

Архітектура RISC – Reduced Instruction Set Computer – комп'ютер зі скороченим набором команд. Тип універсального процесора з невеликим набором машинних команд (інструкцій), як правило, однакової довжини.

Аерофотознімок (aerial photograph, aerial photo, aerophoto, print) – двовимірне фотографічне зображення земної поверхні, отримане з повітряних літальних апаратів і призначене для дослідження видимих і прихованих об'єктів, явищ і процесів за допомогою дешифрування і вимірів. Залежно від висоти, з якої здійснюється фотографування, отримують А. великомасштабні, середньомасштабні і дрібномасштабні (висотні). Якщо відхилення осі фотографування від прямовисного не виходить за межі допустимого, отримуються планові А. (vertical aerial photograph), якщо вісь має істотний нахил, – перспективні А. (oblique, aerial photograph, perspective aerial photograph). Залежно від типу використовуваної фотоплівки (photographic film), розрізняють чорно-білі, або монохромні А. (black-and-white aerial photograph, monochrome aerial photograph): кольорові А. (colour aerial photograph); спектрозональні А. (false colour composite), а за способом друку з фотоплівки можуть бути контактні А. (contact print) і збільшені А. (enlargement print). Розрізняють поодинокі А. (single photographs, single-lens photograph) і стереоскопічні А. (stereoscopic photograph, stereopair). Останні дають можливість відтворювати реалістичне тривимірне зображення при їх стереоскопічному перегляді на спеціальних стереоприладах або в процесі тривимірної візуалізації на екрані комп'ютера. На основі А.

створюють накидні монтажі і репродукції накидного монтажу (mosaic, photographic strip) – сфотографовані мозаїки суміжних знімків району досліджень; фотосхеми (photomontage) – зображення, отримані шляхом монтажу центральних частин нетрансформованих знімків; фотоплани (aerial photoplan) – зображення, отримані шляхом монтажу трансформованих знімків; ортофотоплани (ortophoto(graph), ortophotoplan, ortophotomap) – фотоплани, в яких усунені спотворення через рельєф; фотокарти (photomap) – фотоплани з координатами, підписами географічних назв, зображенням рельєфу в горизонталях та іншими елементами карт.

База даних, БД (data base, database, DB) – сукупність даних, організованих за визначеними правилами, що встановлюють загальні принципи опису, зберігання і маніпулювання даними. Зберігання даних у БД забезпечує централізоване управління, дотримання стандартів, безпеку і цілісність даних, скорочує надмірність і усуває суперечність даних. БД не залежить від прикладних програм. Створення БД і звернення до неї (за запитом) виконується за допомогою системи управління базами даних (СУБД). Програмне забезпечення локальних обчислювальних мереж (ЛВС) спочатку підтримувало режим роботи, за якого робочі станції мережі посилали запити до БД, розташованої на обслуговуючому їх комп'ютері, – файл-сервері (file server), отримували від нього необхідні файли, виконували сукупність операцій пошуку, вибірки і коригування – транзакцій (transaction) і відсилали файли назад. При іншому режимі робочі станції ЛВС виступають у ролі клієнтів, а сервер БД повністю обслуговує запити (як правило, записані на мові SQL) і посилає клієнтам результати, реалізуючи технологію «клієнт-сервер» (client/server). БД може бути розміщена на декількох комп'ютерах у мережі; в цьому випадку вона називається розподіленою БД, РБД (distributed database), як і СКБД, що управляє нею, – системою управління розподіленими базами даних, СУРБД (distributed database management system). БД ГІС містять набори даних про просторові об'єкти, утворюючи просторові БД (spatial database); цифрова картографічна інформація може організовуватися в картографічні бази даних (map database), картографічні банки даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бугаевский Л. М. Геоинформационные системы : учебное пособие для вузов / Л. М. Бугаевский, В. Я. Цветков. – М. : 2000. – 222 с. : ил. 28.
2. Гитис В. Г. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике / В. Г. Гитис, В. В. Ермаков. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 256 с.
3. ДеМерс, Майкл Н. Географические Информационные Системы. Основы / ДеМерс Майкл Н. ; [пер. с англ.]. – М. : Дата +, 1999.
4. Инструментарий геоинформационных систем : справочное пособие / [Бусыгин Б. С., Гаркуша И. Н., Серединин Е. С., Гаевенко А. Ю.]. – Киев, ИРГ «ВБ». – 2000. – 172 с.
5. Лурье И. К. Основы геоинформатики и создание ГИС / И. К. Лурье // Дистанционное зондирование и географические системы. Часть 1 [под ред. А. М. Берлянта]. – Изд. ООО «ИНЭКС-92». – М. : 2002. – 140 с.
6. Шайтура С. В. Геоинформационные системы и методы их создания / С. В. Шайтура. – Калуга : Изд. Н. Бочкаревой, 1998 г. – 252 с. : ил.
7. Шаши Шекхар. Основы пространственных баз данных / Шаши Шекхар, Санжей Чаула ; [пер. с англ.]. – М. : КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 336 с.

ДЛЯ НОТАТОК

**М. В. Донченко,
І. І. Коваленко**

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Навчальний посібник

Редактор *Н. Засядько*.
Комп'ютерна верстка, технічний редактор *О. Безверха*.
Дизайн обкладинки *О. Безверха*.
Друк *О. Поліцова*. Фальшовально-палітурні роботи *Ю. Шаповалова*.

Підп. до друку 02.09.2021 р.
Формат 60x84¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 7,67. Обл.-вид. арк. 4,99.
Тираж 300 пр. Зам. № 3782.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десанників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.