

**Кабінет Міністрів України  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України**

Є.В. БУТЕНКО, В.П. ЄРШОВ, І.М. ГОРА

# **ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЗЕМЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ**

**За загальною редакцією доктора економічних наук, професора,  
члена-кореспондента НААН України,  
Д.С. ДОБРЯКА**

**Навчальний посібник**

*для студентів напряму підготовки «Геодезія, картографія та  
землеустрій» вищих навчальних закладів*

**Київ – 2012**

УДК332.2:004](477)

ББК 65.9(4Укр)32

Б93

*«Рекомендовано до друку Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України, як навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Геодезія, картографія та землеустрій» вищих навчальних закладів»*

*(лист №1/11-5248 від 14.04.2012 р.)*

**Рецензенти:**

**Ш.І. Ібатуллін** – доктор економічних наук, доцент, завідувач відділом сталого землекористування ДУ «Інституту економіки природокористування та сталого розвитку НААН України».

**М.В. Калінчик** – доктор економічних наук, професор, головний науковий співробітник НДІ Укראгропромпродуктивність;

**А.Я. Сохнич** – доктор економічних наук, професор, академік АЕНУ МАНЕБ, АНВО України, завідувач кафедри управління земельними ресурсами ЛНАУ.

**Бутенко Є.В.**

**Б93 Застосування автоматизованих земельних інформаційних систем в управлінні земельними ресурсами:** навч.посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Є.В. Бутенко, В.П. Єршов, І.М. Гора; За заг.ред. проф. Д.С. Добряка. – К.: МВЦ «Медінформ», 2012.– 238с.  
ISBN 978-966-409-111-1

У навчальному посібнику викладено основи геоінформаційної технології, побудови земельно-інформаційних систем, їхнє технічне, інформаційне та програмне забезпечення. Розглянуто питання структури, системи управління й основних моделей баз і банків даних; порсторовий аналіз та моделювання; растровий, сітковий і векторний формати даних. Визначено шляхи застосування методів дистанційного зондування землі для інформаційного наповнення земельно-інформаційних систем.

Розрахований на студентів вищих навчальних закладів, магістрів, аспірантів, науковців, викладачів, фахівців земельпорядної служби.

УДК332.2:004](477)

ББК 65.9(4Укр)32

ISBN 978-966-409-111-1

© Є.В. Бутенко,  
В.П. Єршов, І.М. Гора, 2012

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	5
<b>Розділ 1</b>	
<b>ОСНОВИ ПОБУДОВИ ЗЕМЕЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ</b> .....	
1.1. Інформатизація у землеустрої.....	8
1.2. Основні поняття про земельно-інформаційні системи .....	12
1.3. Дані про земельний фонд .....	19
1.4. Технічне забезпечення земельно-інформаційних систем.....	25
1.5. Інформаційне забезпечення земельно-інформативних систем.....	35
1.6. Програмне забезпечення земельно-інформаційних систем ....	38
<i>Завдання для самостійної роботи</i> .....	41
<b>Розділ 2</b>	
<b>БАЗИ І БАНКИ ДАНИХ</b> .....	45
2.1. Інформаційне моделювання.....	45
2.2. Дані та їхні характеристики.....	51
2.3. Структура і бази даних.....	54
2.4. основні моделі даних.....	65
2.5. Система управління базами даних і банки даних.....	70
2.6. Інформаційна мова SQL.....	73
<i>Завдання для самостійної роботи</i> .....	76
<b>Розділ 3</b>	
<b>ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ</b> .....	80
3.1. Носії просторових даних.....	80
3.2. Растровий і сітковий формати даних .....	94
3.3. Векторний формат даних .....	101
3.4. Цифрові карти .....	105
3.5. Цифрові моделі поверхонь.....	112
<i>Завдання для самостійної роботи</i> .....	121
<b>Розділ 4</b>	
<b>ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ</b> .....	123
4.1. Введення картографічних даних .....	123
4.2. Перетворення і редагування картографічних даних .....	131
4.3. Введення і редагування атрибутивних даних .....	138
4.4. Пошук, відображення і виведення даних .....	143
<i>Завдання для самостійної роботи</i> .....	149

## **Розділ 5**

<b>ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ .....</b>	<b>152</b>
5.1. Цифрове тематичне картографування .....	152
5.2. Просторовий аналіз.....	160
5.3. Просторове моделювання .....	171
<i>Завдання для самостійної роботи. ....</i>	<i>178</i>

## **Розділ 6**

<b>ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО НАПОВНЕННЯ ЗЕМЕЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>182</b>
6.1. Інформаційна основа ефективного управління земельними ресурсами.....	182
6.2. Методи створення та поновлення планів і карт за даними дистанційного зондування землі.....	185
6.3. Засоби і методи опрацювання матеріалів дистанційного зондування землі.....	187
6.4. Методика використання матеріалів дистанційного зондування землі.....	196
6.5. Методи тематичного аналізу даних дистанційного.....	204
<i>Завдання для самостійної роботи. ....</i>	<i>211</i>
<b>Додатки.....</b>	<b>215</b>
<b>Термінологічний словник.....</b>	<b>225</b>
<b>Список скорочень.....</b>	<b>234</b>
<b>Список використаної літератури.....</b>	<b>235</b>

## Вступ

Останніми роками в Україні значного поширення набуло практичне застосування географічних інформаційних систем (ГІС) у різних галузях народного господарства та інших сферах корисної для суспільства діяльності. На тлі сучасних технологій активно впроваджуються новітні методи отримання, зберігання та використання даних в сфері управління земельними ресурсами, державного земельного кадастру (зокрема, для проведення операцій із земельно-реєстраційними даними), моніторингу земель і землепорядного проектування. ГІС постають важливим засобом обробки інформації щодо існуючого стану використання земель, а також інструментом контролю за його змінами. Зокрема, земельно-інформаційні системи (ЗІС) забезпечують проведення різноманітних операцій з просторовими даними про земельний фонд.

Одним із основних принципів проведення земельного кадастру є його наочність, що забезпечується наявністю картографічних матеріалів. Водночас кадастрові дані неодмінно повинні бути об'єктивними, що в свою чергу забезпечується безперервним внесенням змін в систему даних земельного кадастру, до того ж економічність затрат часу та коштів на проведення земельного кадастру, що можливо виконати при застосуванні новітніх технологій (технічного та програмного характеру). Виконання цих та багато інших принципів ведення земельного кадастру можливо досягти при використанні ГІС і технологій.

Сучасні автоматизовані земельно-кадастрові системи створюють багатофункціональними. Базуючись на цьому на них, окрім основних фіскальних та юридичних функцій, покладається інформаційне забезпечення раціонального використання та охорони земель на трьох рівнях управління.

Процес реформування кадастрів базується на широкому застосуванні ГІС (ЗІС) і технологій та цифрових методів і моделей збирання, накопичення та використання кадастрових даних про земельний фонд. Практика показує необхідність їх формування за архітектурою відкритих систем з конкретно визначеними уніфікованими складовими елементами, програмними сервісами із стандартизованими інтерфейсами взаємодії та наборами вхідних і вихідних електронних документів.

Отож, для сучасних спеціалістів земельної сфери конче необхідно мати навички у використанні новітніх технологій ГІС та ЗІС для оперативної обробки, використання та зберігання різноманітної інформації про земельні ресурси, від даних про власника до геопросторової інформації про її місце розташування. Об'єктивні геопросторові дані змінюються в закономірності із змінами, що відбуваються з об'єктами в реальному світі. Такою інформацією оперують різні підприємства, установи та організації, які всвою чергу потребують у постійному обміні актуальної геопросторової інформації. Це в свою чергу допоможе перетворити базу кадастрових даних в інтерактивний банк інформації. Такі особливості геоданих стимулюють розвиток геоінформаційного сектору в глобальних інформаційних мережах Internet.

У вказаних умовах узагальнення даних про застосування геоінформаційних технологій у землеустрої, основи побудови і функціонування ЗІС стало конче необхідним для інженерів-землевпорядників. Значна кількість науковців працюють над питаннями даної сфери науково-дослідницької діяльності. Розвиток цієї сфери знань дає змогу ознайомитись та освоїти обробку даних в ЗІС. У зв'язку з цим головна мета написання навчального посібника полягала в тому, щоб сконцентрувати інформацію у одному джерелі, що надає студентам та іншим зацікавленими читачам системно викладені основи ГІС, можливість сформуванню базові знання побудови, функціонування і використання ЗІС.

Із цілком зрозумілих причин існуючі геоінформаційні технології й тим паче конкретні програмні засоби в цьому посібнику не розглядаються. У його основу покладено однойменний курс лекцій, який читається на факультеті землепорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ), починаючи з 1997/98 навчального року. Тому він не претендує на монографічну суворість і детальність викладення матеріалу. Багато питань розглянуто в ньому лише коротко, у тій мірі, в якій це необхідно для навчального курсу.

Бажано, щоб читач, починаючи ознайомлюватись з посібником, мав хоч би незначну базову підготовку в галузях математики, загальної інформатики, геодезії, картографії та земельного кадастру.

Коротко про структуру посібника. Він складається із шести розділів. Мета першого розділу – дати читачеві загальні уявлення про автоматизацію інформаційних процесів у землеустрої, ЗІС у цілому, про їхнє технічне, інформаційне і програмне забезпечення. Наступні розділи конкретизують матеріал першого. Другий розділ присвячено загальним питанням інформаційного моделювання, зображення даних та управління ними, організації баз і банків даних. У третьому розділі розглядаються організація просторових даних, растровий та векторний формати подання графічних даних, а також цифрові карти й цифрові моделі поверхонь. У четвертому розділі викладено основи геоінформаційної технології, які

стосуються, з одного боку, введення вихідних даних у систему, їх перетворення і редагування, а з другого – пошуку даних, що зберігаються в системі, їх відображення й виведення. П'ятий розділ містить основні відомості про цифрове тематичне картографування, просторовий аналіз і моделювання у ЗІС. В останньому, шостому, розділі висвітлено застосування методів дистанційного зондування землі для інформаційного наповнення ЗІС. У кінці посібника вміщено додатки, наведено, список скорочень, алфавітний покажчик, термінологічний словник і список рекомендованої літератури.

## Розділ 1

# ОСНОВИ ПОБУДОВИ ЗЕМЕЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

### 1.1. Інформатизація у землеустрої

#### *Інформатика та інформатизація*

*Інформатика* – теоретична та прикладна (технічна, технологічна) дисципліна, що вивчає структуру і загальні властивості інформації, а також методи і (технічні) засоби її створення, перетворення, зберігання, передачі та використання в різних галузях людської діяльності.

Основне теоретичне завдання інформатики полягає у визначенні загальних закономірностей, відповідно до яких створюється інформація. Відбувається її перетворення, передавання та використання у різних сферах діяльності людини. Прикладні завдання інформатики полягають у розробці найефективніших методів і засобів здійснення інформаційних процесів, у визначенні способів оптимальної наукової комунікації у самій науці та між наукою і виробництвом. Теоретична та прикладна (технічна, технологічна) дисципліна, що вивчає структуру і загальні властивості інформації, а також методи і (технічні) засоби її створення, перетворення, зберігання, передачі та використання в різних галузях людської діяльності.

*Інформатизація* – сукупність взаємопов'язаних організаційних, правових, політичних, соціально-економічних, науково-технічних, виробничих процесів, що спрямовані на створення умов для задоволення інформаційних потреб громадян та суспільства на основі створення, розвитку і використання інформаційних систем, мереж, ресурсів та інформаційних технологій, які побудовані на основі застосування сучасної обчислювальної та комунікаційної техніки.

Процес широкомасштабного використання ІТ у всіх сферах соціально-економічного, політичного і культурного життя суспільства з метою підвищення ефективності використання інформації і знань для управління,



задоволення інформаційних потреб громадян, організацій і держави і створення передумов переходу держави до інформаційного суспільства.

Предметна область інформатизації територіального рівня включає:

- інформатизацію законодавчої та виконавчої влади
- інформаційну підтримку діяльності господарюючих суб'єктів регіону
- інформатизацію процесів управління соціальною сферою;
- інформатизацію процесів ефективного природокористування та охорони навколишнього середовища.

### *Геоінформатика*

Однією з численних складових (розділів) інформатики, яка пришвидшеними темпами розвивається останніми роками, є *геоінформатика* – наукова дисципліна, яка охоплює низку наукових напрямів, пов'язаних з вивченням геопростору як цілісної системи з її властивостями, способом відображення та автоматичного опрацювання інформації. Вивчає принципи, технічні та програмні засоби і технологію отримання, накопичення, передавання та опрацювання просторової інформації і формування на цій основі нових уявлень про світ. Завданнями загальної геоінформатики як науки є визначення і застосування загальних закономірностей і особливостей роботи з просторовою інформацією, яка не залежить від специфіки конкретних прикладних областей. Прикладна ж геоінформатика має справу з тими чи іншими конкретними предметними галузями, такими, як геологія, фізична й економічна географія, ґрунтознавство, землеустрій і містобудування.

Геоінформатика тісно пов'язана з математикою, машинною графікою, дистанційним зондуванням, геодезією, фотограмметрією та картографією і швидко розвивається. Нині сфери її практичного застосування навіть важко перелічити. В цій галузі працюють численні національні й міжнародні організації, спілки фахівців, виходять періодичні видання, проводяться науково-практичні конференції тощо.

### *Інформаційні технології*

Сучасний період розвитку цивілізованого суспільства характеризує процес інформатизації.

*Інформатизація суспільства* – це глобальний соціальний процес, особливість якого полягає в тому, що домінуючим видом діяльності в сфері суспільного виробництва є збір, накопичення, продукування, обробка, зберігання, передача та використання інформації, здійснювані на

основі сучасних засобів мікропроцесорної та обчислювальної техніки, а також на базі різноманітних засобів інформаційного обміну.

Інформатизація суспільства забезпечує:

- активне використання постійно розширюючогося інтелектуального потенціалу суспільства, сконцентрованого в друкованому фонді, і науковій, виробничій та інших видах діяльності його членів;
- інтеграцію інформаційних технологій в наукових та виробничих видах діяльності, ініціюючій розвиток всіх сфер суспільного виробництва, інтелектуалізацію трудової діяльності;
- високий рівень інформаційного обслуговування, доступність будь-якого члена суспільства до джерел достовірної інформації, візуалізацію представленої інформації, суттєвість використовуваних даних.

Сучасні інформаційні технології значно розширюють можливості використання інформаційних ресурсів у різних галузях промисловості, а так само в освіті.

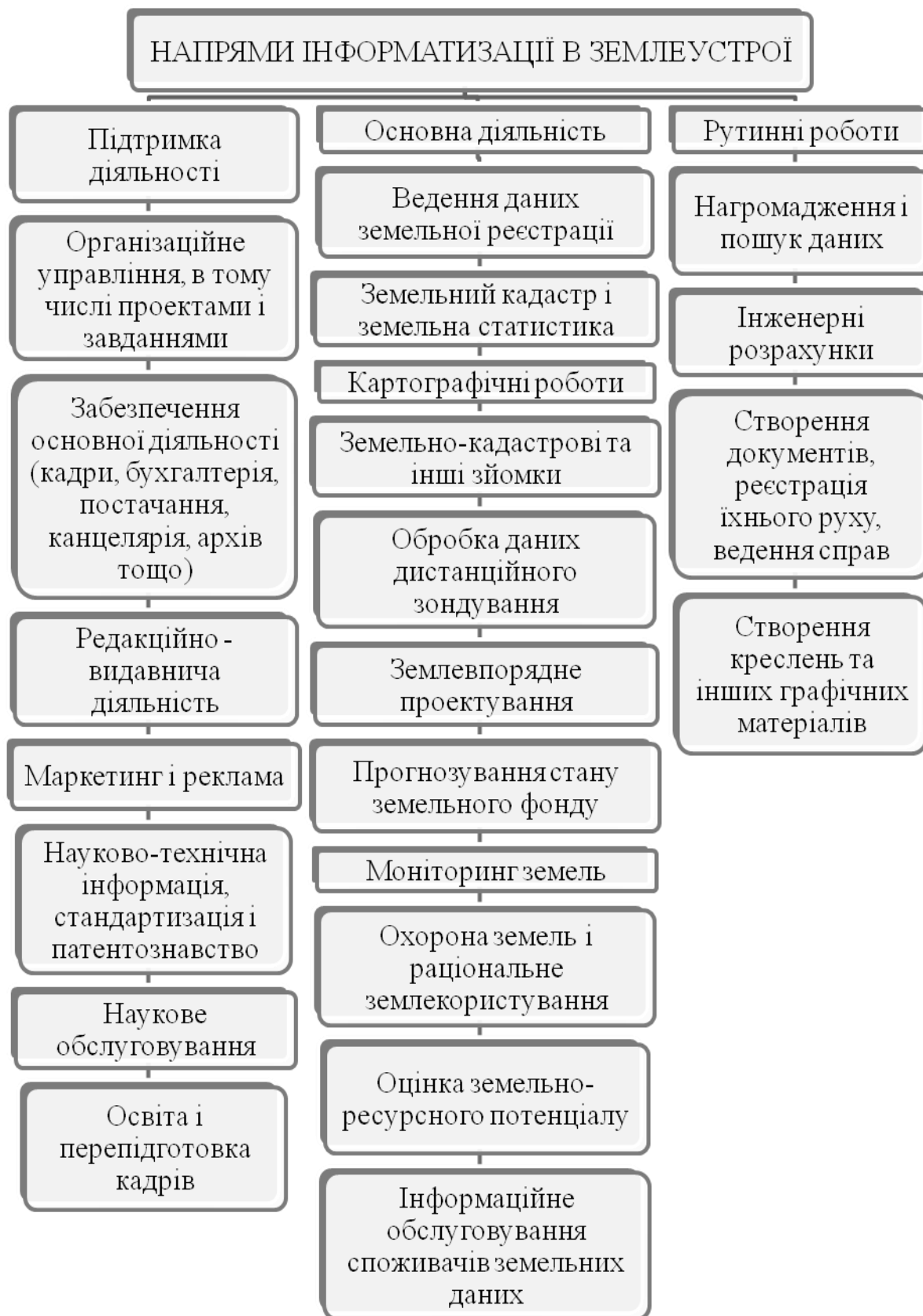
*Інформаційна технологія* – це комплекс взаємозалежних, наукових, технологічних, інженерних дисциплін, що вивчають методи ефективної організації праці людей, зайнятих обробкою і зберіганням інформації; обчислювальну техніку і методи організації і взаємодії з людьми і виробничим устаткуванням, їх практичні додатки, а також зв'язані з усім цим соціальні, економічні та культурні проблеми. Самі інформаційні технології вимагають складної підготовки, великих первісних витрат і наукомісткої техніки. Їх введення повинно починатися зі створення математичного забезпечення, формування інформаційних потоків у системах підготовки фахівців.

### *Головні напрями інформатизації в землеустрої*

*Землеустрій у цілому* – дуже приваблива й ефективна сфера інформатизації (автоматизації, комп'ютеризації). Основні напрями інформатизації в землеустрої показано на рисунку 1.1.

Інформатизація у землеустрої набирає різних форм. Спочатку епізодичне використання інформаційної техніки і технології поступово замінюється їхнім регулярним застосуванням. Для забезпечення раціонального використання технічних та інших засобів автоматизації на підприємствах, в організаціях і установах створюються спеціалізовані підрозділи (обчислювальні центри, відділи, бюро тощо).

Із появою персональних комп'ютерів засоби інформаційної техніки і технології почали широко впроваджуватися безпосередньо на робочих місцях фахівців. На базі персональних комп'ютерів для розв'язання їхніх професійних задач створюються автоматизовані робочі місця (АРМ).



*Рис. 1.1. Основні напрямки інформатизації в землеустрої*

Прикладами можуть бути АРМ керівника, дослідника, картографа або землевпорядника.

Найбільш розвинута форма інформатизації – *автоматизовані системи*, які використовують комплекси засобів автоматизації (КЗА) з метою автоматизації різних процесів, пов'язаних із діяльністю людини. При цьому люди є ланками таких автоматизованих системна противага автоматичним системам, що функціонують практично без участі людини.

До найпоширеніших різновидів автоматизованих систем, перспективних для впровадження в землеустрої, належать:

- автоматизовані інформаційні системи (АІС), у тому числі автоматизовані системи науково-технічної інформації (АСНТІ);
- системи автоматизованого проектування (САПР);
- автоматизовані картографічні системи (АКС);
- автоматизовані системи опрацювання даних (АСОД);
- автоматизовані системи наукових досліджень (АСНД);
- автоматизовані системи організаційного управління (АСОУ).

Автоматизовані інформаційні системи (АІС) призначені для збирання, зберігання, пошуку, опрацювання й видачі інформації споживачам за їхніми запитами. Це дуже широкий клас автоматизованих систем, до якого входять, зокрема, географічні інформаційні системи (ГІС) і автоматизовані земельні інформаційні системи (ЗІС), що є предметом цього посібника. Системи автоматизованого проектування слугують для комплексної автоматизації процесів проектування тих чи інших об'єктів з участю людини. Це також дуже широкий клас автоматизованих систем, який включає й системи автоматизованого землевпорядного проектування.

## **1.2. Основні поняття про земельно-інформаційні системи**

### *Автоматизовані інформаційні системи*

Поняття «*інформаційна система*» необов'язково стосується тільки сфери комп'ютерних технологій. Існують і некомп'ютерні (аналогові) інформаційні системи, які маніпулюють даними не у цифровій, а в аналоговій формі. Прикладами таких систем можуть бути бібліотеки, науково-технічні архіви, відділи кадрів установ і організацій тощо.

*Автоматизована інформаційна система (АІС)* – це людино-машинна система, що включає технічні, програмні, інформаційні та інші засоби автоматизації. До її складу входить відповідний інформаційний фонд, основу якого становлять дані на машинних носіях.

Існує багато різновидів АІС. Зокрема, значно поширені документальні й фактографічні інформаційно-пошукові системи (ІПС). У документальній

(бібліографічній) ПС об'єктом зберігання є дані про документи і короткі описи їхнього змісту. Фактографічні ПС зберігають відомості про об'єкти предметної галузі безпосередньо, а документально-фактографічні ПС мають риси систем обох класів.

Існують спеціалізовані просторові інформаційні системи, призначені для роботи з даними про об'єкти, процеси, явища або події, прив'язані до визначеного місця в просторі, з відомостями про ті об'єкти, для яких важливу роль відіграють їхнє положення, форма, розміри, орієнтація, розташування відносно інших об'єктів. *Географічні інформаційні системи (ГІС)* – це АІС, що забезпечують уведення, нагромадження, зберігання, ведення, пошук, опрацювання, перетворення, відображення, виведення й передачу, а також картографування, аналіз і моделювання просторових (тобто координованих у географічному просторі) даних для різних цілей, які мають суспільне значення. Іншими словами для географічного простору ГІС є синонімом просторової інформаційної системи. Ті інформаційні технології, що реалізуються в ГІС, називаються геоінформаційними технологіями.

Специфіка ГІС проявляється, насамперед, у складі та способах подання даних (просторово-координовані або просторові дані, тобто дані, які стосуються до географічної оболонки Землі). Особливості просторових даних потребують специфічних методів для їх уведення в систему, редагування, пошуку, відображення, аналізу і моделювання.

Нині ГІС широко застосовуються у державному й регіональному управлінні, територіальному плануванні, на транспорті, в міському, сільському, лісовому, водному господарстві, у інженерних вишукуваннях і проектуванні, у бізнесі та в багатьох інших сферах людської діяльності. ГІС забезпечують створення й використання баз різноманітних просторових даних, автоматизоване картографування, просторовий аналіз та моделювання природних, природно-господарських і соціально-економічних територіальних систем, підтримку прийняття рішень (ППР) в управлінні, плануванні та проектуванні.

### *Земельні інформаційні системи*

*Автоматизовані земельні інформаційні системи (АЗІС), або просто земельні інформаційні системи (ЗІС)* – це спеціалізовані ГІС, які забезпечують уведення, контроль, нагромадження, зберігання, оновлення, пошук, перетворення, опрацювання, відображення, видачу, передачу, а також картографування, аналіз і моделювання просторових даних про земельний фонд, тобто про окремі земельні ділянки й землі взагалі (рис. 1.2).

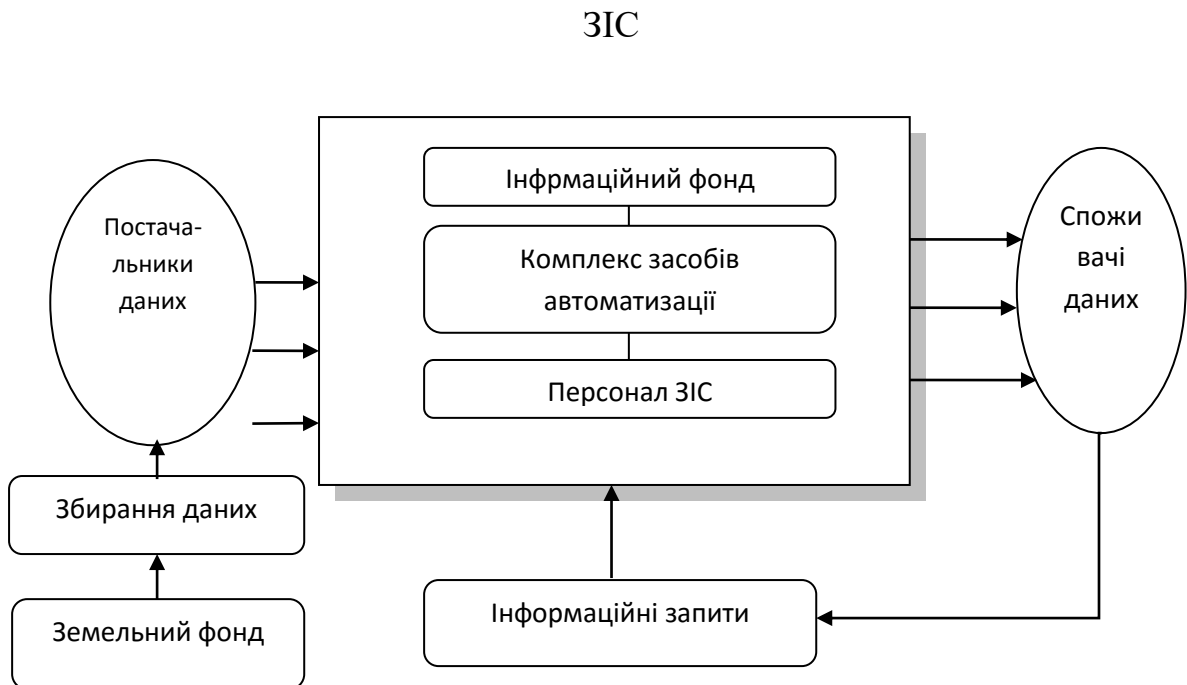
ЗІС призначені для забезпечення ведення державного земельного кадастру (в тому числі земельно-реєстраційних даних) та інформаційного обслуговування управління земельними ресурсами, землеустрою, моніторингу і прогнозування стану земель, контролю за використанням та охороною земель, а також для розробки проектів організації й розвитку територій, будівництва і реконструкції різних об'єктів, наукових досліджень і тощо.

ЗІС можна класифікувати за різними ознаками, зокрема:

— за територією, яка ними обслуговується, а саме загальнодержавні, обласні, районні, міські та інші ЗІС, у тому числі самостійні системи або системи, що входять як блоки (підсистеми) до єдиних ГІС указаних територій;

— за органами державного і господарського управління й місцевого самоврядування, у віданні яких вони знаходяться;

— за основним змістом даних про земельний фонд, що нагромаджується в їхньому інформаційному фонді (наприклад, земельний кадастр, аграрне землекористування, ґрунтовий покрив, радіоактивне забруднення, організація і планування території).



*Рис. 1.2. Автоматизована земельна інформаційна система*

Нині для України найактуальнішим є завдання створення багатоцільової ЗІС загальнонаціонального масштабу, яка повинна забезпечувати ведення і використання даних державного земельного кадастру (в тому числі й даних реєстрації земель), а також багатьох інших важливих і корисних даних про земельний фонд. Далі у цьому посібнику ЗІС розглядатиметься саме в такому напрямі.

При розробці ЗІС особливе місце займають питання оптимізації її функціональних, технічних, операційних та економічних характеристик, зокрема вартості, ефективності, гнучкості, надійності, захищеності, зручності в експлуатації, оперативності й якості обслуговування користувачів.

### *Передумови та основні принципи створення ЗІС*

Сучасний період в Україні характеризується розширенням державних і суспільних потреб у змісті, кількості та якості інформації про земельний фонд, значними змінами в нормативно-правовій базі земельних відносин, швидким зростанням кількості об'єктів і суб'єктів земельного права та операцій (транзакцій) із земельними ділянками. Все це створило необхідні передумови для розробки в нашій державі сучасної ЗІС. У кінцевому підсумку створення ЗІС дасть змогу:

- забезпечити повноту й якість нормативної бази ведення державного земельного кадастру, зв'язок даних про земельні ділянки з даними про розміщені на них будівлі, споруди та інші складові нерухомості;

- повністю забезпечити всю територію України сучасними земельно-кадастровими і тематичними картами й планами;

- скоротити строки і витрати на ведення й використання даних державного земельного кадастру та інших даних про земельний фонд;

- забезпечити належну якість даних про земельний фонд;

- забезпечити сумісність і взаємозв'язок державного земельного кадастру з іншими кадастрами й реєстрами, формування багатоцільових кадастрів адміністративно-територіальних утворень, міст та інших населених пунктів;

- розширити коло споживачів даних про земельний фонд, забезпечити належну швидкість і якість їх обслуговування, створити ринок відповідних інформаційних продуктів та послуг.

В основі побудови ЗІС лежать такі основні принципи:

- *системності*: при розробці ЗІС необхідно встановити такі зв'язки між структурними елементами системи, які забезпечать її цілісність і взаємодію з іншими автоматизованими системами;

- *адекватності*: структура й технічні характеристики ЗІС повинні відповідати вимогам користувачів;
- урахуванням можливості поповнення та оновлення її функцій і складу без припинення чи порушення її функціонування;
- *сумісності*: ЗІС повинна мати розвинуті інформаційні інтерфейси для взаємодії з іншими ГІС і АІС;
- стандартизації (уніфікації): при створенні ЗІС обов'язково потрібно застосовувати стандартизовані, уніфіковані й типові проектні рішення, елементи, компоненти і комплекси;
- *ефективності*: необхідно досягти раціонального співвідношення між витратами на створення ЗІС і кінцевими результатами впровадження автоматизації.

### *Головні функції ЗІС*

Головною функцією ЗІС є створення, підтримка й використання для визначеної території динамічної інформаційної моделі земельного фонду і, можливо, пов'язаної з ним іншої нерухомості у вигляді системи інтегрованих баз даних.

До головних функцій ЗІС належать:

- організація забезпечення системи вихідними даними шляхом знімання, обстежень, інвентаризацій, оціночних робіт тощо;
- ведення баз первинних земельних даних, у тому числі даних про земельні ділянки, розміщену на них іншу нерухомість, про володільців та користувачів земельних ділянок і надані їм права, про операції із земельними ділянками та іншою нерухомістю;
  - зведення й узагальнення (генералізація) земельних даних;
  - передача даних по ієрархічних рівнях системи;
  - складання статистичних звітів про земельний фонд та іншу нерухомість;
    - земельно-кадастрове й тематичне картографування;
    - аналіз і моделювання земельного фонду;
    - надання інформаційних продуктів та послуг користувачам системи;
    - зв'язок з іншими інформаційними системами (імпорт і експорт даних);
    - ведення класифікаторів та кодифікаторів даних;
    - технічне адміністрування тощо.



## *Вхідні й вихідні дані ЗІС*

*Основне джерело даних для ЗІС* – первинні графічні та текстові документи, які відображають правовий, господарський, соціально-економічний і екологічний стан земель. У сукупності такі дані мають назву “вхідні дані ЗІС”, а організації, установи, підприємства й окремі фізичні особи, від яких вони надходять, – “постачальники вхідних даних ЗІС”.

Вхідні дані для ЗІС є результатами відповідних земельно-кадастрових та інших знімачь, обстежень, інвентаризацій, оціночних робіт, землевпорядного і містобудівного проектування, планування території, інженерних вишукувань, геодезичної та картографічної діяльності тощо. Дані, які надходять на вхід ЗІС, включають матеріали дистанційного зондування, картографічні й графічні матеріали, статистичні, фондові та літературні наукові, технічні, ділові і інші дані, стандарти і норми. Частина вхідних даних може надходити до ЗІС з інших автоматизованих інформаційних систем. Зміни в правовому статусі, використанні й стані земель потребують систематичного оновлення даних, що зберігаються у ЗІС.

Кінцевими результатами функціонування ЗІС є різноманітні за змістом і формою дані, а також інформаційні продукти й послуги, які одержують із метою досягнення найвищої ефективності роботи кінцевих користувачів шляхом:

- пошуку в базах даних, вибірки, перетворення, відображення та опрацювання даних і видачі їх у вигляді текстових, табличних, графічних і картографічних матеріалів та документів за регламентованими й нерегламентованими запитами;

- виконання картографічних робіт (цифрове картографування);

- розв’язання наукових і прикладних задач аналізу, оцінки, моделювання, прогнозу й управління, пов’язаних із земельним фондом.

У сукупності вказані дані мають назву вихідних даних ЗІС, а організації, установи, підприємства й деякі фізичні особи, яким вони надаються, – споживачами вихідних даних ЗІС. До споживачів вихідних даних ЗІС належать органи державного управління і місцевого самоврядування, правосуддя, податкової адміністрації, державної статистики, науково-дослідні, проектні та проектно-вишуквальні організації, банки і страхові агентства, потенційні інвестори, продавці, покупці й посередники на ринку земель та іншої нерухомості, а також інші юридичні й фізичні особи. Для більшості користувачів ЗІС – це важливий інструмент підтримки процесів прийняття рішень, у тому числі просторових. Частина вихідних даних може призначатися для використання в інших автоматизованих системах і передаватися в них на машинних носіях або по лініях зв’язку.

Вихідні дані ЗІС можуть містити як детальні відомості, так і зведені й узагальнені показники, що характеризують поточний і минулий стан земельного фонду й іншої нерухомості, або зміни, які сталися в предметній галузі за певний відрізок часу.

### *Підсистеми ЗІС*

ЗІС, як і будь-яка інша велика й складна система, за різними ознаками поділяється на взаємозв'язані складові (блоки) – підсистеми, а саме: на територіальні (організаційні) підсистеми, функціональні підсистеми і підсистеми (види) забезпечення.

У територіально-організаційному відношенні ЗІС загальнодержавного значення повинна складатися з великої кількості пов'язаних між собою територіальних (і одночасно організаційних) підсистем – Земельних інформаційних центрів (назва умовна) загальнодержавного, обласного та районного (міського) рівнів. Кожний Земельний інформаційний центр, який входить до складу ЗІС, складається з персоналу і комплексу засобів автоматизації, які разом реалізують інформаційну технологію виконання встановлених функцій. Комплекс засобів автоматизації (КЗА) – це сукупність усіх компонентів ЗІС, за винятком людей.

До складу ЗІС входять такі підсистеми (види) забезпечення.

— *технічне забезпечення, або комплекс технічних засобів (КТЗ)*, – сукупність усіх технічних засобів, які використовуються при функціонуванні й контролі системи;

— *інформаційне забезпечення* – сукупність системи класифікації та кодування даних, уніфікованих форм вхідних і вихідних документів, рішень щодо обсягів, розміщення, форм зображення та організації даних, які викорисвуються при функціонуванні системи;

— *математичне забезпечення* – сукупність математичних методів, моделей і алгоритмів опрацювання даних, які використовуються при функціонуванні системи;

— *програмне забезпечення* – сукупність програм на носіях інформації, що призначені для забезпечення функціонування і контролю системи, а також відповідної програмної документації;

— *лінгвістичне забезпечення* – сукупність мовних засобів, які використовуються при спілкуванні експлуатаційного персоналу й користувачів системи з комплексом засобів автоматизації;

— *правове забезпечення* – сукупність правових норм, що регламентують правові відносини при функціонуванні системи та юридичний статус результатів її функціонування;

— *методичне забезпечення* – сукупність документів, які визначають структуру і технологію функціонування системи, описують

діяльність користувачів системи, форми подання результатів їхньої діяльності, методи вибору й застосування технологічних процедур для одержання конкретних результатів при функціонуванні системи;

— *організаційне забезпечення* – сукупність документів, що визначають організаційну структуру, права та обов'язки користувачів і експлуатаційного персоналу системи в умовах функціонування, перевірки й забезпечення її роботоздатності;

— *ергономічне забезпечення* – сукупність реалізованих у системі рішень щодо погодження характеристик і можливостей користувачів системи з технічними характеристиками комплексу засобів автоматизації й параметрами робочого середовища на робочих місцях персоналу системи.

Складові (компоненти) технічного, програмного та інформаційного забезпечення розглядаються як вироби (продукція виробничо-технічного призначення), що входять до складу системи разом із необхідною документацією. Решта ж видів забезпечення входять до складу ЗІС у вигляді документів або реалізується в компонентах технічного, програмного чи інформаційного забезпечення.

За функціями, які виконують окремі складові (блоки), здійснюється поділ (декомпозиція) ЗІС на функціональні підсистеми різних ієрархічних рівнів. На першому рівні в складі ЗІС виділяються дві основні функціональні підсистеми – підсистема ведення і підсистема використання баз земельних даних. На наступному рівні перша з них поділяється на підсистему ведення даних державного земельного кадастру (в тому числі й даних реєстрації земель) і підсистему ведення інших (додаткових) земельних даних, а друга – на підсистему інформаційного обслуговування, підсистему цифрового картографування та підсистему просторового аналізу й моделювання. Кожна з вказаних підсистем поділяється на функціональні підсистеми третього рівня і тощо.

Організаційну структуру та орієнтовний перелік функцій територіальних підсистем автоматизованої системи ведення державного земельного кадастру (додаток 1).

### **1.3. Дані про земельний фонд**

#### *Ієрархія даних про земельний фонд*

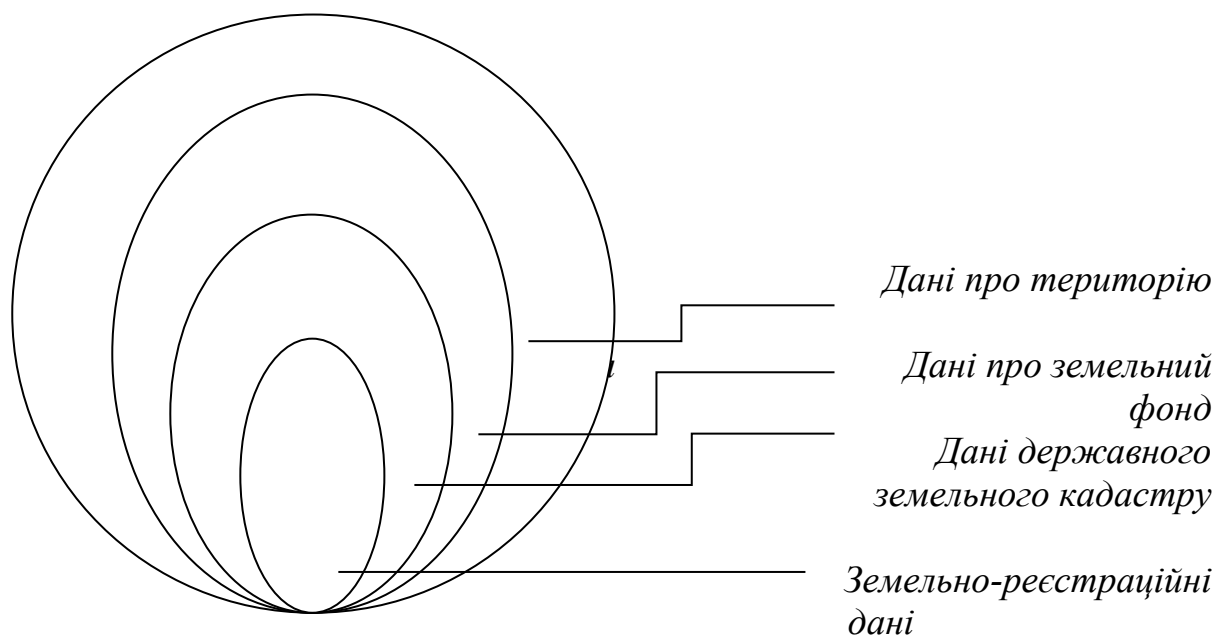
Ядро ЗІС становлять систематизовані дані про земельний фонд, тобто дані про земельні ділянки і землі взагалі. Адже, земля є найважливішим видом із ресурсів, які використовуються людством. Термін “земля” вживається в різних значеннях – від ґрунту до території, тобто частини географічної оболонки Землі з усіма притаманними їй компонентами й чинниками.

У звичайному розумінні поняття «дані про земельний фонд» (або просто земельні дані) та «інформація про земельний фонд» (земельна інформація) розглядаються як синоніми. Земельні дані можуть бути представлені в текстовій, табличній, графічній і картографічній формах або зафіксовані на машинних носіях.

Земельний фонд певної території може бути поділений на окремі частини різних ієрархічних рівнів – земельні ділянки, або земельні об'єкти. В загальному розумінні *земельний об'єкт* – це частина земельного фонду (географічної оболонки Землі), яка міститься у певних адміністративних, господарських, природних чи інших межах і включає такі елементи, як рельєф, гідрографія, шляхова мережа, ґрунтовий покрив та ін. Ієрархія земельних об'єктів може мати, наприклад, такий вигляд: робоча ділянка поля, поле, масив полів сівозміни, землеволодіння сільськогосподарського підприємства, територія сільської ради, адміністративний район, область. Важливо усвідомлювати, що залежно від поставленої мети одна й та ж сама територія може бути поділена на земельні об'єкти (ділянки) за різними ознаками і способами.

Земельні об'єкти є складовими природно-територіальних комплексів (ПТК) і разом з тим становлять основу для існування й розвитку територіально-виробничих комплексів (ТВК). Тому земельні об'єкти (ділянки) повинні розглядатися в нерозривному зв'язку з правовими, організаційними, соціально-економічними, технічними, технологічними, екологічними та іншими умовами їх використання.

За змістом земельні дані також можуть розглядатися як такі, що мають кілька рівнів укладеності (рис. 1.3) і розглянуті далі. За іншими ознаками земельні дані поділяються на первинні (основні) й вторинні (похідні), на актуальні та ретроспективні і тощо.



**Рис 1.3. Рівні земельних даних**

*Вторинні дані* – це такі, які можуть бути одержані з первинних за допомогою тих чи інших розрахунків, а також шляхом зведення, узагальнення і генералізації даних. Наприклад, від первинних даних про окремі земельні ділянки (парцели) можна перейти до похідних земельних даних, які характеризують у цілому адміністративно-територіальні утворення, природні та економічні регіони різних ієрархічних рівнів.

Дані, що відображають поточний стан земельного фонду, називають актуальними, а дані про минулий стан – ретроспективними. Останні відображають «історію» земельного фонду і, звичайно, містяться в архіві. Архів – це сукупність даних, потреба в яких частково, повністю або тимчасово відпала, але які можуть бути при необхідності використані. Дані про майбутній стан земельного фонду або його окремих складових називаються ф'ючерними даними. До них належать проектні (для ще нереалізованих проектів) і прогнозні дані.

### *Земельно-реєстраційні дані*

В основі земельної інформації лежать дані про адміністративно-територіальний устрій, природне й господарське районування території, земельно-реєстраційні дані та дані земельного кадастру в цілому.

Основною обліковою територіальною одиницею при веденні державного земельного кадастру (в тому числі земельно-реєстраційних даних) є *парцела (кадастрова ділянка)* – земельна ділянка з чітко визначеними межами, що є однорідною з правового погляду. Вся територія держави покривається парцелями без розривів і накладень. Кожній парцелі присвоюється унікальний ідентифікатор (кадастровий номер), який залишається незмінним доти, доки не будуть поділені парцели на частини або з'єднані кілька їх в єдине ціле.

Земельні ділянки є одним із головних видів нерухомості. *Нерухомість (нерухоме майно)* – це земельні ділянки, ділянки надр, окремі водні об'єкти та інші об'єкти, переміщення яких у просторі практично неможливе, в тому числі будівлі, споруди, ліси, багаторічні насадження й інше майно. Державна реєстрація прав на земельні ділянки та іншу нерухомість – це процес, необхідний для виникнення, переходу, обмеження і припинення прав власності й інших майнових прав на земельні ділянки та іншу нерухомість.

Земельно-реєстраційні дані включають такі складові:

— *дані про кадастрові ділянки*, у тому числі про їхнє призначення, місцеположення, просторові параметри, про погодження меж із суміжними землекористувачами і закріплення їх на місцевості, каталоги координат, відомості площ, експлікації земель;

— *дані про суб'єктів земельно-майнових прав* (ідентифікованих

володільців земельно-майнових прав), тобто про власників, користувачів і орендарів земельних ділянок та іншого нерухомого майна;

— дані про права власності, постійного і строкового користування (в тому числі оренди), надані вказаним суб'єктам;

— дані про титули, тобто про документи, які встановлюють земельно-майнові права або підтверджують їхню спадкоємність, а також документи, що посвідчують вказані права;

— дані про сервітути, тобто про права обмеженого користування земельною ділянкою та іншою нерухомістю: право проходу й проїзду по земельній ділянці, технічного обслуговування або ремонту будівель, споруд, наземних і підземних комунікацій, прокладання та експлуатації ліній електропередачі, зв'язку і трубопроводів, забезпечення водопостачання й меліорації тощо), інші обтяження, обмеження та особливі умови користування (у тому числі санітарні, захисні й охоронні зони, об'єкти природоохоронного, історико-культурного фонду і рекреації та ін.).

Земельно-реєстраційні дані тісно пов'язані з аналогічними даними про будівлі, споруди, квартири, приміщення й інші ідентифіковані первинні та вторинні об'єкти нерухомості, в тому числі про їхнє положення, просторові й технічні характеристики.

### *Державний земельний кадастр*

*Державний земельний кадастр* – єдина державна геоінформаційна система відомостей про землі, розташовані в межах Державного кордону України, їхнє цільове призначення, обмеження у їхньому використанні, а також дані про кількісну і якісну характеристику земель, їхню оцінку, про розподіл земель між власниками і користувачами.

Державний земельний кадастр ведеться з метою інформаційного забезпечення органів державної влади та органів місцевого самоврядування, фізичних і юридичних осіб при регулюванні земельних відносин; ресурсами; організації раціонального використання та охорони земель; здійсненні землеустрою; проведенні оцінки землі; та веденні містобудівного кадастру, кадастрів інших природних ресурсів; плати за землю.

Державний земельний кадастр базується на таких основних принципах:

— обов'язковості внесення до Державного земельного кадастру відомостей про всі його об'єкти;

— єдності методології ведення Державного земельного кадастру;

— об'єктивності, достовірності та повноти відомостей у Державному земельному кадастрі;

— внесення відомостей до Державного земельного кадастру виключно на підставі та відповідно до цього Закону;

— відкритості та доступності відомостей Державного земельного кадастру, законності їх одержання, поширення і зберігання;

— безперервності внесення до Державного земельного кадастру відомостей про об'єкти Державного земельного кадастру, що змінюються;

— документування всіх відомостей Державного земельного кадастру.

Об'єктами Державного земельного кадастру є:

— землі в межах державного кордону України;

— землі в межах території адміністративно-територіальних одиниць;

— обмеження у використанні земель;

— земельна ділянка.

Кадастр ведеться на електронних та паперових носіях. У разі виявлення розбіжностей між відомостями на електронних та паперових носіях пріоритет мають відомості на паперових носіях.

### *Земельно-кадастрові карти і плани*

Значна частина даних державного земельного кадастру міститься на земельно-кадастрових картах і планах, які умовно можна поділити на базові (основні) й тематичні. Елементами змісту базових земельно-кадастрових карт і планів є:

— математична, геодезична та топографічна основи;

— межі об'єктів адміністративно-територіального устрою, населених пунктів, кадастрових зон і кварталів;

— межі й і центроїди земельних ділянок і межові знаки;

— будівлі, споруди та інші об'єкти нерухомості;

— межі охоронних, захисних й інших територій (зон, смуг тощо);

— об'єкти природоохоронного фонду, пам'ятки історії та культури;

— підписи кадастрових номерів земельних ділянок і реєстраційних номерів інших об'єктів нерухомості.

До тематичних належать земельно-кадастрові карти й плани земельних угідь, рельєфу, ґрунтів, геоботанічні та ін.

Окрему групу становлять карти районування території й зонування населених пунктів.

### *Містобудівний та інші кадастри*

Крім державного земельного кадастру існують також інші кадастри і реєстри загальнодержавного значення, серед яких найвідомішими є містобудівний, лісовий і водний кадастри, а також кадастр родовищ корисних копалин.

*Містобудівний кадастр* – державна система зберігання та використання геопросторових даних про територію, адміністративно-територіальні одиниці, екологічні, інженерно-геологічні умови, інформаційних ресурсів будівельних норм, державних стандартів і правил для задоволення інформаційних потреб у плануванні територій та будівництві, формування галузевої складової державних геоінформаційних ресурсів;

*Лісовий кадастр* – систематизоване зведення даних про ліси, яке містить відомості про кількісний та якісний стан лісів, поділ їх на групи і категорії за ознаками захисного значення, господарського використання тощо.

*Водний кадастр* – систематизоване зведення даних про поверхневі і підземні води та їх народногосподарське використання.

### *Розширені дані про земельний фонд*

Дані державного земельного кадастру є основою для всіх заходів, які пов'язані з використанням земель. Проте, цих даних не завжди достатньо для розв'язання ряду питань, що виникають, зокрема, у процесі землепорядного, меліоративного і містобудівного проектування, районного планування або при інформаційному обслуговуванні сільськогосподарського виробництва. Справа в тому, що за визначенням до державного земельного кадастру включаються тільки ті відомості, які держава вважає доцільним і можливим (наприклад, виходячи з кадрових і фінансових можливостей) підтримувати у масштабах усієї країни в певний відрізок часу. Але за наявності надійних джерел інформації, а також відповідних технічних та інших можливостей доцільно вводити в інформаційні бази ЗІС розширені дані про земельні об'єкти.

Такі розширені дані про земельний фонд можуть включати дані про:

— положення земельних об'єктів, у тому числі фізико-географічне, економіко-географічне, еколого-географічне;



- різні види природного і господарського районування території, її ландшафтну структуру;
- районне планування й устрій території;
- клімат і мікроклімат;
- рельєф та мікроформи земної поверхні;
- ґрунтовий покрив і підстилаючі породи;
- родовища місцевих корисних копалин;
- гідрографію, гідротехнічні об'єкти й підземні води; небезпечні стихійні явища природи;
- населені пункти;
- основні промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти;
- шляхову мережу;
- об'єкти природно-заповідного фонду;
- меліоративні системи, протиерозійні й інші захисні споруди, захисні насадження тощо.

#### *Дані про території та територіальні кадастри*

У вище переліку видно, як розширення кадастрових даних про земельні ділянки і в цілому про земельний фонд певної території поступово перетворює їх у дані про цю територію.

Для сукупностей структурованих даних про території в цілому застосовуються термін територіальний кадастр, який являє собою багатоцільовий кадастр на деяку територію й містить широке коло відомостей, необхідних для інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень у сфері територіального планування й управління.

### **1.4. Технічне забезпечення земельно-інформаційних систем**

#### *Технічне забезпечення*

*Технічне забезпечення ЗІС* – це об'єднані в мережу засоби сучасної інформаційної техніки, у тому числі комп'ютери, пристрої для зберігання інформації, її введення-виведення і передачі (у тому числі на велику відстань), а також засоби оргтехніки. Технічне забезпечення часто називають апаратним забезпеченням, або комплексом технічних засобів (КТЗ).

Для кінцевого користувача технічне забезпечення ЗІС – це, насамперед, сукупність автоматизованих робочих місць, пов'язаних між собою лініями передачі даних. Взагалі автоматизоване робоче місце (АРМ)

– це комп'ютер та інші технічні, програмні й інформаційні засоби, які використовуються на робочому місці фахівця для розв'язання його професійних задач. Прикладами можуть бути АРМ землевпорядника, дослідника, реєстратора, картографа, проектувальника, керівника тощо.

### *Комп'ютери та їхні периферійні пристрої*

Основу технічного забезпечення ЗІС становлять комп'ютери.

*Комп'ютер* – це універсальна технічна система, спроможна чітко виконувати визначену послідовність операцій певної програми. Персональним комп'ютером (ПК) може користуватись одна людина без допомоги обслуговуючого персоналу. Взаємодія з користувачем відбувається через багато середовищ, від алфавітно-цифрового або графічного діалогу за допомогою дисплея, клавіатури та мишки до пристроїв віртуальної реальності.

Конфігурацію ПК можна змінювати в міру необхідності. Але, існує поняття базової конфігурації, яку можна вважати типовою:

- системний блок;
- монітор;
- клавіатура;
- мишка.

Комп'ютери випускаються і у портативному варіанті (laptop або notebook виконання). В цьому випадку, системний блок, монітор та клавіатура містяться в одному корпусі: системний блок прихований під клавіатурою, а монітор вбудований у кришку.

Сучасні ПК професійного класу включають:

- процесор із тактовою частотою 2,5 ГГц і більше;
- оперативну пам'ять 4000 Мб;
- жорсткий диск (вінчестер) 320-640 Гб;
- дисплей на рідких кристалах з розмірами від 23 до 106см, та роздільною здатністю від 640х480 до 1600х900 і більше.
- відеоадаптер з 1000 Мбайт відеопам'яті і більше.
- клавіатуру і пристрій указання положення (мишу).

Більшість ПК працюють під управлінням операційних систем WINDOWS і Macintosh.

При великих обсягах робіт використовують робочі станції. Робоча станція – це потужний швидкодіючий комп'ютер, до якого, звичайно, підключені менш потужні комп'ютери, створюючи, таким чином, локальну комп'ютерну мережу. Робочі станції включають оперативну й зовнішню пам'ять великої ємності, високоякісні кольорові графічні дисплеї тощо. Робочі станції можуть відносно легко оперувати зі складними картами,

тривимірними зображеннями тощо. Відомими марками робочих станцій є SUN, DEC, Hewlett Packard, Silicon Graphics та ін. Робочі станції працюють під управлінням операційних систем WINDOWS й інших і забезпечують роботу в багатозадачному та багатокористувальному режимах.

До комп'ютера як ,правило, підключені різні периферійні пристрої.

Периферійні або зовнішні пристрої - це пристрої, розміщені поза системним блоком і задіяні на певному етапі обробки інформації.

Передусім - це пристрої фіксації вихідних результатів: принтери, плотери, модеми, сканери і т.д. Поняття "периферійні пристрої" досить умовне. До їх числа може віднести, наприклад, накопичувач на компакт-дисках, якщо він виконаний у вигляді самостійного блоку і приєднується спеціальним кабелем до зовнішнього рознімного з'єднання системного блоку. І навпаки, модем може бути вбудованим, тобто конструктивно виконаний як плата розширення, і тоді немає підстав відносити його до периферійних пристроїв.

Для організації зв'язку комп'ютера з периферійними пристроями передбачені зовнішні інтерфейси (рис. 1.4).

Інтерфейс – це певна логічна та фізична сутність між незалежними об'єктами, що взаємодіють між собою. Інтерфейс задає параметри та характеристики взаємодії об'єктів.



*Рис. 1.4. Зовнішні інтерфейси*

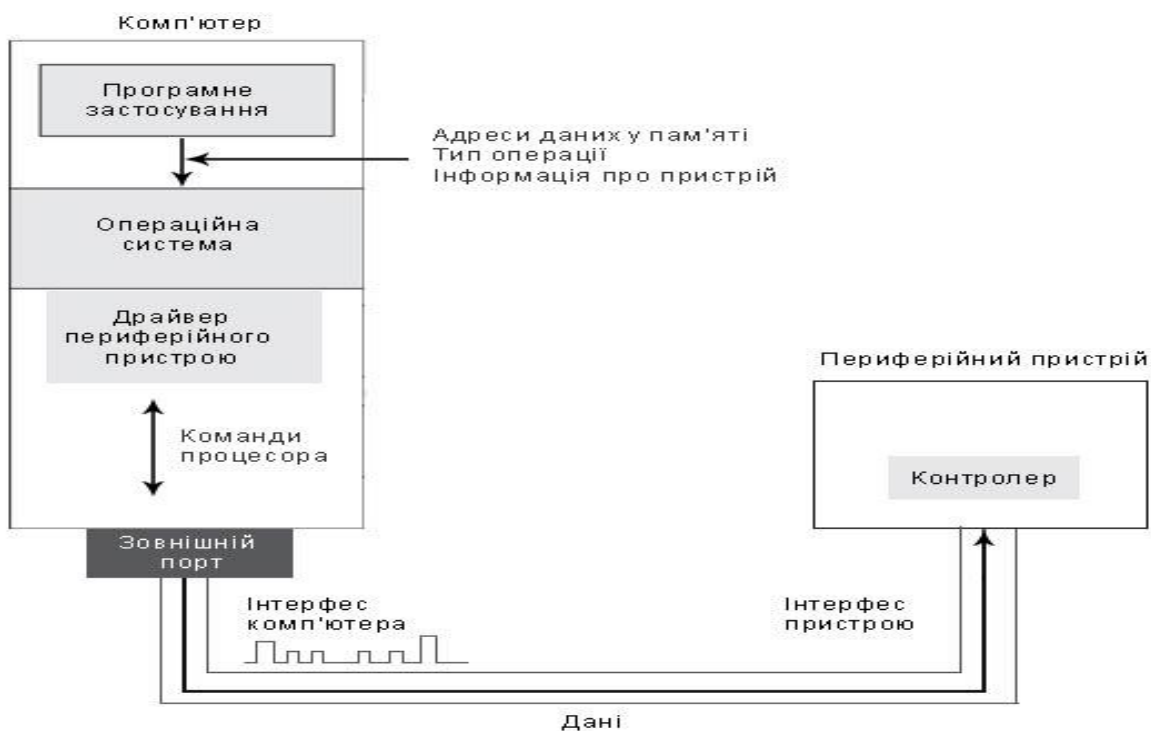
*Фізичний інтерфейс (порт)* – визначається набором електричних зв'язків та характеристиками сигналів. Зазвичай, це роз'єм з набором контактів, кожен з яких має певне призначення.

*Логічний інтерфейс* – набір інформаційних повідомлень певного формату, якими обмінюються два пристрої, а також набір правил обміну цими повідомленнями.

В комп'ютері стандартним інтерфейсом є USB та COM порти, що призначені для під'єднання до комп'ютера різноманітних периферійних пристроїв.

В периферійному пристрої інтерфейс зазвичай представлено контролером периферійного пристрою, який приймає команди та дані від комп'ютера і керує роботою периферійного пристрою. Назворот контролер повідомляє комп'ютер про здійснені операції та свій стан (рис.1.4).

Програмну підтримку функціонування периферійного пристрою виконує програма-драйвер, що встановлюється на комп'ютер і керує контролером периферійного пристрою. Драйвер периферійного пристрою є посередником між процесором і периферійним пристроєм, він передає команди до контролера і здійснює високорівневі операції (наприклад, розділення документа на сторінки, друкування певного символу).



*Рис. 1.5. Схема зв'язку комп'ютера з периферійним пристроєм*

Програмне застосування, яке виконує обмін даними з периферійним пристроєм звертається до драйверу пристрою і повідомляє йому адреси байтів пам'яті, що треба передати.

Драйвер послідовно передає байти по лінії зв'язку. Для виокремлення початку байта, першим передається стартовий сигнал специфічної форми, потім інформативні біти (на один біт - відповідний електричний сигнал) і наприкінці стоповий сигнал специфічної форми та контрольний біт для перевірки достовірності переданої інформації.

Після отримання чергового байту інформації, контролер його інтерпретує і запускає задану операцію для периферійного пристрою. Після завершення роботи, драйвер периферійного пристрою повідомляє операційну систему про виконання завдання. Операційна система повідомляє про це програмне застосування.

## Технічні засоби машинної графіки

Численну групу периферійних пристроїв становлять технічні засоби машинної графіки: дисплеї, сканери, принтери, плотери тощо.

*Монітор (дисплей)* – це стандартний пристрій виведення, призначений для візуального відображення текстових та графічних даних. В залежності від принципу дії, монітори поділяються на:

- монітори з електронно-променевою трубкою;
- дисплеї на рідких кристалах.

В даний час використовуються дисплеї на рідких кристалах (Liquid Crystal Display – LCD). У дисплеях на рідких кристалах безбліковий плоский екран і низька потужність споживання електричної енергії (5 Вт, у порівнянні монітор з електронно-променевою трубкою споживає 100 Вт). З точки зору користувача, основними характеристиками монітора є розмір по діагоналі, роздільна здатність, частота регенерації (оновлення) та клас захисту.

— *Розмір монітора.* Екран монітора вимірюється по діагоналі у дюймах. Розміри коливаються від 9 дюймів (23 см) до 42 дюймів (106 см). Найпоширенішими є розміри 14, 15, 17, 19 та 21 дюйми. Монітори великого розміру краще використовувати для настільних видавничих систем та графічних робіт, в яких потрібно бачити всі деталі зображення. Оптиміальними для масового використання є 15- та 17-дюймові монітори.

— *Роздільна здатність.* У графічному режимі роботи зображення на екрані монітора складається з точок (пікселів). Кількість точок по горизонталі та вертикалі, які монітор здатний відтворити чітко й роздільно називається його роздільною здатністю. Вираз "роздільна здатність 800x600" означає, що монітор може виводити 600 горизонтальних рядків по 800 точок у кожному. Стандартними є такі режими роздільної здатності: 640x480, 800x600, 1024x768, 1600x900 і більше. Чим більша роздільна здатність, тим краща якість зображення. Якість зображення також пов'язана з розміром екрана.

— *Частота регенерації.* Цей параметр також називається частотою кадрової розгортки. Він показує скільки разів за секунду монітор може повністю оновити зображення на екрані. Частота регенерації вимірюється в герцах (Гц). Чим більша частота, тим менша втома очей і тим довше часу можна працювати неперервно. Сьогодні мінімально допустимою вважається частота в 75 Гц, нормальною - 85 Гц, комфортною - 100 Гц і більше. Цей параметр залежить також від характеристик відеоадаптера.

*Сканер* – периферійний пристрій, призначений для автоматичного аналого-цифрового перетворення текстового чи графічного зображення в растровий формат і передачі одержаних даних у комп'ютер.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця основних технологій сканування

Технологія LIDE	Технологія CCD
Джерело світла – світлодіодна лінійка (LIDE), оптична система відсутня	Джерело світла – флуоресцентна лампа, оптична система складається з лінз і дзеркал
Геометрична точність сканування	
Досить висока, оскільки відбите від оригіналу світло відразу надходить на датчик, який знаходиться одразу під склом експонування	Обмежена, оскільки відбите світло проходить через лінзи, де спотворюється (сферичні аберації)
Чутливість до зовнішніх впливів «ефект склеювання»	
Не чутливий, «ефект склеювання» відсутній – сканер калібрується на заводі, а додаткове калібрування необхідне лише при заміні однієї з LIDE лінійок	«Ефект склеювання» регулярно з'являється внаслідок чутливості оптичної системи до механічних дій і перепадів температур. Сканер потребує періодичного калібрування
Строк служби джерела світла	
Лінійка LIDE вмикається лише під час сканування, тому має високий ресурс близько 50000 годин	Флуоресцентна лампа повинна горіти і в режимі очікування, щоб не втрачати робочих характеристик, тому її ресурс невисокий – приблизно 8000 годин
Час виходу в режим готовності	
Лінійка LIDE не потребує багато часу виходу на режим, тому сканер готовий до роботи майже одразу після ввімкнення	Флуоресцентна лампа вимагає трохи часу виходу на режим для досягнення робочих характеристик. Цей час складає біля однієї години. Можна починати сканувати і раніше, але виникають спотворення кольорів
Глибина різкості – це відстань між найближчою і найдалшою точками, які ще видаються різкими. З оптики відомо, що глибина різкості залежить від багатьох параметрів, також і від відстані до об'єкта. Чим більша відстань до об'єкта, тим більша глибина різкості	
Невелика (декілька міліметрів), оскільки датчики близько знаходяться до оригіналу	Велика, оскільки відбите світло проходить близько метра від об'єкта до датчиків
Габарити та маса сканера	
Невеликі за рахунок відсутності оптичної системи	Збільшені – оптична система потребує місця для розміщення в корпусі сканера

Таблиця 1.2 – Основні параметри сучасних сканерів

	CanoScan LIDE 25	CanoScan LIDE 90	Perfection V10	HR-Slim2400T A	Scanjet G2710
Джерело світла	RGB світлодіоди	RGB світлодіоди	Ф. Л.	Ф. Л.	Ф. Л.
Тип перетворювача	CIS	CIS	CCD-матриця (6 лінійок мікролінза)	CCD-матриця	CCD-матриця
Оптична роздільна здатність, dpi	1200	2400	3200	2400	2400
Механічна роздільна здатність, dpi	2400	4800	9600	4800	4800
Інтерпольована роздільна здатність, dpi	19200	19200	12800	65535	–
Глибина світла, біт	48/24	48/48	48/48	48/24	48/24
Джерело живлення	через USB-порт	через USB-порт	зовнішній блок	зовнішній блок	зовнішній блок
Слайд-адаптер (TPU)	–	–	–	зовнішній модуль	вбудований в кришку
Пристрій автоматичної подачі (ADF)	–	–	–	–	–
Інтерфейс	USB 1.1	USB 2.0	USB 2.0	USB2.0	USB 2.0
Габаритні розміри (Ш×Д×В), мм	256×383×34	250×364×40	280×430×41	294×483×60	287×450×65
Вага, кг	1,5	1,6	2,2	2,6	3,1

У сучасних сканерах використовують одну з двох конкуруючих технологій сканування LIDE або CCD. Більшість відмінностей в технологіях LIDE і CCD визначаються джерелом світла і оптичною системою, які використовуються. Нижче наведено порівняння технологій за певними параметрами.

*Комп'ютерний принтер* (англ. Printer – *друкар*) – пристрій для друку інформації на папір.

Процес друку називається виходом на друк, а документ, що вийшов, - роздруківка або тверда копія. Принтери мають перетворювач цифрової інформації (текст, фото, графіка), що зберігається в запам'ятовувальних пристроях комп'ютера, фотоапарата та цифрової пам'яті, у спеціальну машинну мову.

За поширеністю лідером є струменевий друк, другим – лазерний, третім – термо сублімаційний, четвертим – матричний. При струменевому, лазерному і матричному способах друку лінеатура складає 300-80-30 lpi, і залежить від роздільної здатності пристрою. При друці сублімації лінеатура отримуваних півтонів більше 300 lpi, тому наймасовіше застосування монохромні лазерна і матрична технології отримали в друці текстів і графіки, а повнокольорова термосублімаційна технологія використовується у фотопринтерах. Кольоровий струменевий друк показує добрі результати при друці текстів, графіки і фотографій.

Нові модифікації лазерних, струменевих і термосублімаційних технологій друку дають добрі результати і відносяться до комбінованих (англ. Contone – напівтоновий колір). Contone = bi-level + continuous tone. Таке півтонове зображення місцями друкується крапками, а місцями безперервною заливкою, барвником. Струменева і лазерна технології друкують крапки з «різкими» межами, без перекриття, що добре при високому допуску, а якщо допуск менший від 4800dpi, то на кінцевому зображенні видно растр, в аналоговій фотографії говорять про зернистість зображення. На аналоговому кольоровому фотопапері зображення створюється теж крапками (зерном) з «різкими» межами, але роздільна здатність фотопаперу висока і зображення виходить дрібнозернистим і відмінної якості. При термосублімаційній технології сусідні пікселі частково перекриваються. Це, на жаль, знижує допуск до 300 lpi (300 lpi для растру -  $300 \times 16 = 4800 \text{dpi}$ ), але створює ефект безперервності зображення, як на аналоговому кольоровому фотопапері. Візуально, фото, видруковане на термосублімаційному принтері, виглядає відмінно. До



переваг лазерного друку відноситься постійна готовність до роботи. У лазерного принтера порошок тонера не сохне, ніщо не засмічується. Правда, на простих моделях принтерів тонер і папір дряпають світлочутливий шар на барабані, що обмежує термін служби барабана 4-5 заправками ємкості картриджа. Ресурс фотобарабана розрахований на 10.000-15.000 сторінок. Ресурс картриджа розрахований на 2.000 - 5.000 сторінок при 5% заповненні.

*Плотери* – це пристрої, що призначені для виведення різноманітних креслень, плакатів, карт та інших зображень на аркуш великого формату (A3-A1 і вище).

Плотери є двох типів:

— *Векторного (nip'яні, pen-plotter)*.

— *Растрового*.

*Векторні плотери* - створюють зображення за допомогою пишучого елемента – пера. Пера є одноразовими та багаторазовими, чорнильними та кульковими тощо. Перо поміщається у тримач вузла, що пересувається по одній чи двох координатах, в залежності від того як подається аркуш.

Аркуш може бути у рулоні і поступово пересуватися, або аркуш є нерухомим і перо вільно пересувається по ньому.

Векторні плотери застосовують для виведення креслень та схем. Попит на них не є великим. Виробники – CalComp, Mutoh, SummaGraphics.



*Рис. 1.6 Векторний плотер*

*Растрові плотери* формують зображення внаслідок заповнення поверхні аркуша фарбником, і відповідно, чим вища роздільна здатність плотера, тим вищою є якість зображення.



*Рис. 1.7. Растровий плотер*

Растрові плотери є універсальними, спроможні виводити як растрові, так і векторні зображення у графічних форматах TIFF, BMP, PCX. Виробники – Hewlett-Packard, Epson, Canon.

До растрового типу плотерів відносяться:

- Струменеві плотери (за принципом струменевого принтеру);
- Електростатичні плотери (за принципом ксероксу);
- Термоплотери (за принципом фотопринтерів);
- Лазерні плотери (за принципом лазерних принтерів);

### *Комп'ютерні мережі*

*Комп'ютерна мережа* – система зв'язку між двома чи більше комп'ютерами. У ширшому розумінні комп'ютерна мережа (КМ) - це система зв'язку через кабельне чи повітряне середовище, самі комп'ютери різного функціонального призначення і мережеве обладнання. Для передачі інформації можуть бути використані різні фізичні явища, як правило - різні види електричних сигналів чи електромагнітного випромінювання. Середовищами передавання у комп'ютерних мережах можуть бути телефонні кабелі, та спеціальні мережеві кабелі: коаксіальні кабелі, виті пари, волоконно-оптичні кабелі, радіохвилі, світлові сигнали.

Призначення комунікаційних мереж:

- доступ до інформації — місць концентрування інформації (НТТР, FTP сервера, бази даних);
- сигналізація (електрона пошта, сервіси коротких повідомлень (ICQ));

- сумісне використання технічних ресурсів (мережні принтери, сховища даних, сервери аплікацій);
- розподілення навантаження ( кластеризація, розпаралелювання );
- віддалене керування (моніторинг, віддалене виконання процесів);
- забезпечення надійності (кластеризація, резервування (пристроїв та каналів)).

Основні можливості комп'ютерних мереж:

- можливість швидкої передачі інформації на великі відстані;
- оперативний пошук інформації;
- обмін інформацією в режимі off-line;
- обмін текстової, звукової та відео у реальному режимі часу;
- можливість збереження інформації, розміщеної на серверах Internet, на локальному комп'ютері для подальшої переробки;
- можливість інтерактивності і оперативного зворотного зв'язку.

### **1.5. Інформаційне забезпечення земельно-інформативних систем**

#### *Функції та склад інформаційного забезпечення*

Головні функції інформаційного забезпечення ЗІС поділяються на внутрішні й зовнішні. Внутрішні функції пов'язані з інформаційною підтримкою процесів формування і ведення баз та масивів даних, а зовнішні— із забезпеченням процесів інформаційної взаємодії системи з її користувачами.

До складу інформаційного забезпечення ЗІС входять:

- єдина система класифікації й кодування даних;
- уніфіковані форми вхідних і вихідних документів;
- формалізовані інформаційні мови опису та маніпулювання даними;
- рішення по обсягах, розміщенню, форм подання зображення й організації даних, які використовуються при функціонуванні системи, тобто інформаційної бази системи;
- схеми технологічного документообігу та інформаційної взаємодії системи з користувачами.

При розробці інформаційного забезпечення ЗІС провідне місце займають:

- упорядкування, формалізація й удосконалення множини кількісних і якісних показників земельного фонду та іншої нерухомості;
- проектування на цій основі раціональної організації системи інтегрованих баз даних;

— розробка засобів і заходів забезпечення високої якості даних, які зберігаються в системі.

Слід зазначити, що раціональний вибір того чи іншого способу організації даних у ЗІС визначає багато що, майже все. Визначає навіть більше, ніж вибір конкретних програмних пакетів. Неправильні рішення щодо організації даних можуть мати наслідком або просто неможливість виконання в ЗІС деяких важливих функцій чи забезпечення реалізації цих функцій тільки шляхом дуже складних маніпуляцій.

### *Інформаційна база ЗІС*

*Інформаційна база ЗІС* – сукупність упорядкованих даних, які зберігаються у нинішній момент часу в системі й можуть бути використані при її функціонуванні. Насамперед це просторові дані, тобто різноманітні відомості, що характеризують форму і місцеположення об'єктів земельного фонду (місцевості) в географічному просторі й відносно один одного, а також їхні описові, кількісні та якісні характеристики. Ефективне управління земельними ресурсами, зокрема для забезпечення раціонального природокористування потребує належної інформаційної бази, якою в сучасних умовах повинна бути комп'ютеризована земельна інформаційна система (ЗІС). ЗІС на основі геоінформаційних технологій може бути формою реєстру земельних ділянок Автоматизованої системи державного земельного кадастру. Важливою функцією ЗІС є облік якості земель, який, зокрема, є елементом Державного земельного кадастру України (Земельний Кадастр України, ст. 196). Оскільки якість земель значною мірою визначається природними характеристиками, база даних ЗІС як системи багатоцільового кадастру повинна включати просторову інформацію про характеристики компонентів природного середовища (рельєфу, ґрунту, клімату, рослинного покриву тощо). Як зазначається у вказівках комісії ООН, “додаткова інформація про ліси, будівлі, дороги та річки не лише допомагає землевласникам визначати межі їх володінь, але також є важливою для управління будівництвом, землевпорядкування та розробки проектів з охорони довкілля”

### *Цифрові карти*

Бази картографічних даних ЗІС містять різноманітні цифрові (електронні) карти й плани. Взагалі цифрова карта – це цифровий файл, або набір файлів, що містять всю необхідну інформацію для

викреслювання чи автоматичного відтворення цифрової карти (плану). *Цифрова карта місцевості (ЦКМ)* – цифрова модель місцевості, записана на машинному носіїві у встановлених структурі і кодах, в прийнятій для топографічних карт проекціях, системі координат і висот, яка по точності і змісту відповідає карті відповідного масштабу.

Цифрові карти в ЗІС повинні відповідати певним вимогам, зокрема:

— створюватися в прийнятій системі координат, висот і картографічній проекції, наприклад, у рівнокутній поперечно-циліндричній проекції Гаусса-Крюгера;

— мати класифікацію елементів та об'єктів місцевості, узгоджену з класифікацією для топографічної карти відповідного масштабу;

— мати необхідний для розв'язання прикладних задач склад об'єктів;

— забезпечувати швидке одержання даних про місцезнаходження об'єктів та їхньої характеристики;

— забезпечувати швидке зшивання зображень на окремі адміністративно-територіальні одиниці, території, зони й ділянки місцевості;

— мати структуру подання даних, яка забезпечує швидке внесення у них необхідних змін і доповнень;

У ЗІС цифрові земельно-кадастрові та інші карти і плани створюються переважно у векторному форматі й умовно поділяються на базові, тематичні та карти районування або зонування території.

### *Атрибутивні дані*

Бази атрибутивних даних ЗІС, звичайно, мають вигляд так званих відношень або таблиць реляційної моделі, які іноді бувають дуже великих розмірів і містять різноманітні реєстраційні, фіскальні, облікові, оціночні та інші дані, розглянуті в підрозділі 1.3. Між даними, що містяться у різних таблицях, встановлюються зв'язки (перехресні посилання). Наприклад, між даними про парцели і даними про фізичних чи юридичних осіб, що мають права власності на ці парцели, або між даними про парцели й даними про функціональні зони населених пунктів, до яких вони належать.

Хоча в ЗІС бази картографічних і атрибутивних даних можна використовувати окремо, найвищого ефекту досягають при їх сумісному використанні. Для цього у ЗІС встановлюють зв'язки між картографічними й атрибутивними даними. Це можна зробити різними способами. Так, зв'язки між парцелами на цифровій земельно-кадастровій карті та даними про ці парцели в таблицях атрибутивних даних можуть бути встановлені за допомогою кадастрових номерів земельних ділянок.

## *Сумісність подання і обмін даними*

ЗІС є важливою складовою загальнодержавної системи інформації. Тому при її функціонуванні важливу роль відіграють процеси обміну даними з іншими загальнодержавними регіональними і муніципальними автоматизованими інформаційними системами та кадастрами. Процес одержання даних для ЗІС з інформаційного фонду іншої автоматизованої інформаційної системи називається імпортом даних, а зворотний процес - експортом даних. Обмін даними здійснюється за певним регламентом.

Для забезпечення простоти й ефективності обміну даними між інформаційними системами велике значення має сумісність даних. Сумісність подання даних, або просто сумісність даних, означає або їхню повну уніфікацію, або простоту їхньої конвертації, тобто перетворення від одного зображення до іншого. Особливо важливо для забезпечення сумісності даних використовувати єдину систему класифікації та кодування даних.

### *Захист даних*

При використанні ЗІС велику увагу необхідно приділяти захисту даних. Дані повинні бути захищені від збоїв в електромережі, випадкового або навмисного розкриття, зміни чи руйнування, від несанкціонованого доступу тощо.

Із метою забезпечення захисту даних до складу ЗІС включають комплекс відповідних методів, технічних, програмних інформаційних засобів. Найчастіше застосовують апаратні ключі, паролі, шифрування даних тощо. Крім того, впроваджують і суворо виконують відповідні організаційні та режимні заходи. Організаційні заходи полягають у правильному підборі персоналу, визначенні повноважень кожного працівника та ретельному контролі за виконанням ним цих функцій.

## **1.6. Програмне забезпечення земельно-інформаційних систем**

### *Призначення і склад програмного забезпечення*

*Програмне забезпечення ЗІС* – це сукупність у тому чи іншому ступені взаємозв'язаних (інтегрованих) програм на машинних носіях

інформації, призначених для забезпечення функціонування системи та її контролю, а також відповідна програмна документація.

Програмне забезпечення ЗІС складається з:

- загальносистемного програмного забезпечення;
  - серверного програмного забезпечення;
  - геоінформаційного інструментального програмного забезпечення;
  - геоінформаційного прикладного програмного забезпечення.
- Серверне програмне забезпечення складається з:
- СУБД PostgreSQL 8.x;
  - сервера просторових даних – PostGIS;
  - WEB - сервера картографічних даних MapServer – Ms4w.

Серверне програмне забезпечення надає можливість одночасної роботи багатьох користувачів та забезпечує можливість доступу до даних через локальну мережу Відділу Держкомзему та мережу Інтернет.

У якості інструментального програмного забезпечення в ЗІС застосовується ArcGIS 9.3 з рівнем ліцензії ArcView та модуль програмного інтерфейсу між ArcGIS 9.3 та PostGIS ZigGIS 2.0.

ArcGIS Desktop це три взаємопов'язані базові програми: ArcMap, ArcCatalog і ArcToolbox. Їх спільне використання дозволяє вирішувати ГІС завдання будь-якої складності в області картографування, управління даними, просторового аналізу, редагування даних і їх геообробки. Крім цього, ArcGIS 9 допомогою служб (сервісів) ArcIMS надає доступ до будь-яких просторових даних і ресурсів, представленим в Інтернет. ArcGIS Desktop це повнофункціональна, інтегрована, масштабована система, розроблена для самого широкого кола користувачів ГІС.

Один з базових принципів ArcGIS – можливість працювати з усіма вашими даними, що зберігаються в файлах і в СУБД, а також з сервісами ArcIMS. ArcMap і ArcCatalog дозволяють працювати з широким спектром джерел даних. Можна переглядати ці дані і організовувати їх в ArcCatalog, створювати для них метадані та керувати ними, шукати джерела даних по їх вмісту. В ArcMap можна створювати шари карт на основі цих джерел.

Однією з найбільш важливих функцій є можливість роботи в ArcMap і ArcCatalog з сервісами (службами) ArcIMS так само, як з будь-якими іншими джерелами даних вашої ГІС. Це виводить ArcMap в новий світ Інтернет ГІС. Тобто, в ArcMap можна виконувати будь-які картографічні та аналітичні операції над джерелами даних, доступними через ArcIMS. ArcView, ArcEditor і ArcInfo можуть працювати з даними в різних форматах (Персональна база геоданих, Набір даних САПР, Покриття, Шейп файли, Таблиці DBF, Растри, TIN, Креслення САПР, Таблиці DAT), підключатися до реляційних баз даних через ArcSDE і web- сайтам ArcIMS, включаючи новий Metadata Server.

## *Інтерфейсний простір земельно-інформаційної системи*

Головне вікно входу, робоче вікно, інструментальні засоби ArcGIS, та спеціально-розроблена користувачка панель з базовими інструментами ЗІС – ось складові інтерфейсного простору ЗІС. Перераховані нижче функціональні можливості доступні з користувачької панелі:

- Ведення реєстрів просторових даних:
  - створення (зони, кварталу, ділянки, угіддя);
  - редагування (зони, кварталу, ділянки, угіддя).
- Ведення реєстрів атрибутивних даних:
  - власники (створення, редагування, пошук фізичних та юридичних осіб);
  - права власності (реєстрування, редагування).
- Робота з класифікаторами (перегляд, редагування).
- Імпорт інформації з файлів обмінного формату in4.
- Пошук інформації про просторові об'єкти.
- Пошук ділянок за атрибутивними даними.
- Розрахунок метричних характеристик просторових об'єктів.
- Формування вихідних документів.

Перераховані можливості включають насамперед введення об'єктів земельних відносин як просторових (ділянки, угіддя), так і атрибутивних (власники, права власності). Введення як вручну так і в автоматичному режимі шляхом імпорту з файлів обмінного формату. Звичайно реалізовані і функції редагування цих об'єктів. Але ці функції доступні лише на спеціалізованих робочих станціях. Для інших робочих станцій є функції пошуку та перегляду інформації. Сервісні можливості метричних обчислень та формування вихідних документів також належним чином представлені в системі.





### Завдання для самостійної роботи

1. Назвіть основні напрями інформатизації в землеустрої.
2. Розкрийте поняття інтерфейсу користувача.
3. Перерахуйте функції спеціального програмного забезпечення.
4. 4.Дайте визначення поняття програмні ГІС-пакети (GIS-пакети).
5. Наведіть приклади найбільш відомих ГІС-пакетів.
6. Визначте поняття пакета прикладних програм (ППП).
7. Що таке захист даних?
8. Дайте визначення поняття технічне забезпечення ЗІС.
9. Яка пріоритетна роль інформатики чи інформатизації в ГІС.
- 10.Розкрийте сутність поняття автоматизована земельно-інформаційна система (АЗІС).

### *Навчальний тест:*

1. Інформатизація людської діяльності – це:
  - 1) насичення її технікою і технологією сучасної інформатики, а також реалізація комплексу заходів, спрямована на забезпечення повного й своєчасного використання даних і знань у цій сфері?
  - 2) наповнення інформацією всіх сфер галезей науки і техніки?
  - 3) автоматизація і комп'ютеризація процесів людської діяльності?
  - 4) повне, своєчасне наповнення інформацією комп'ютерних процесів?
2. Які є види автоматизації введення інформації?
  - 1) часткова ;
  - 2) комплексна;
  - 3) повна;
  - 4) залишкова;
  - 5) частково повна.
3. Геоінформатика – це:
  - 1) специфічна сфера діяльності в науці й техніці, яка має справу з використанням сучасної інформаційної техніки та інформаційних технологій для збирання, зберігання, опрацювання, пошуку і використання просторової (просторово-координованої) інформації?
  - 2) специфічна сфера діяльності в науці й техніці?
  - 3) специфічна сфера, яка має справу з використанням сучасної

інформаційної техніки та інформаційних технологій використання просторової (просторово-координованої) інформації?

4) специфічна сфера діяльності в науці й техніці, що має справу з використанням сучасної інформаційної техніки та інформаційних технологій для збирання, зберігання інформації?

4. Які розрізняють категорії користувачів інформаційної (в тому числі обчислювальної) техніки та інформаційних технологій?

- 1) системні аналітики;
- 2) системні програмісти;
- 3) студенти, школярі;
- 4) прикладні програмісти;
- 5) адміністратори автоматизованих систем, банків і баз даних;
- 6) домогосподарки, офісні менеджери;
- 7) оператори комп'ютерів;
- 8) кінцеві користувачі.

5. Кінцеві користувачі поділяються на:

- 1) непідготовлені;
- 2) напівпідготовлені;
- 3) підготовлені;
- 4) ті, які навчаються.

6. Виберіть основні напрями інформатизація в землеустрої:

- 1) підтримка діяльності;
- 2) нагромадження та опрацювання даних;
- 3) основна діяльність;
- 4) опрацювання результатів фотознімків;
- 5) рутинні роботи.

7. Для чого призначені спеціалізовані просторові інформаційні системи?

1) для роботи з даними про об'єкти, процеси, явища або події, що мають прив'язку до визначеного місця в просторі, з відомостями про ті об'єкти, для яких важливу роль відіграє їхнє положення, форма, розміри, орієнтація, розташування відносно інших об'єктів;

2) для роботи з даними про розміри, орієнтацію, розташування відносно інших об'єктів;

3) для роботи з даними про об'єкти;

- 4) для оперування даними інформаційної системи;
- 5) усі відповіді правильні.

8. Складові автоматизованої земельної інформаційної системи:

- 1) постачальники даних;
- 2) споживачі даних;
- 3) нотаріальні контори;
- 4) інформаційні запити;
- 5) земельний фонд;
- 6) заінтересовані особи;
- 7) збирання даних;
- 8) персонал ЗІС;
- 9) програмісти;
- 10) комплекс засобів автоматизації;
- 11) інформаційний фонд.

9 Земельні дані можуть бути представлені у формі:

- 1) текстовій;
- 2) текстово-табличній;
- 3) табличній;
- 4) графічній;
- 5) графічно-картографічній;
- 6) картографічній;
- 7) абрисній;
- 8) зафіксованій на машинних носіях.

10 Виберіть рівні інформації земельних даних:

- 1) про територію;
- 2) про райони, міста, райони у мічтах, селища, села;
- 3) про земельний фонд;
- 4) державного земельного кадастру;
- 5) нотаріальних організацій;
- 6) Земельно-реєстраційні дані;
- 7) цивільно-правових угод.

11 Виберіть складові державного земельного кадастру:

- 1) реєстраційні дані;
- 2) геодезичні зйомки;
- 3) фіскальні дані;

- 4) дані обліку земель;
- 5) дані ДЗЗ;
- 6) оціночні дані;

**Ключ до навчального тесту:**

**1 – 1; 2 – 1, 2; 3 – 1; 4 – 1, 2, 4, 5, 7, 8; 5 – 1; 6 – 1, 3, 5; 7 – 5;  
8 – 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11; 9 – 1, 3, 4, 6, 8; 10 – 1, 3, 4, 6; 11 – 1, 3, 4, 6.**

## Розділ 2

### БАЗИ І БАНКИ ДАНИХ

#### 2.1 Інформаційне моделювання

##### *Інформація і моделі*

Інформація і дані – поняття, що є головними (фундаментальними) не тільки для автоматизованих інформаційних систем (зокрема, ЗІС), але й для всієї сфери інформатики.

Взагалі *дані* – це деякі описи сутностей реального або удаваного світу (об'єктів, предметів, процесів, явищ, подій тощо), що, містять ті чи інші факти, властивості, показники і характеристики, які стосуються цих сутностей, а також зв'язків (відносин) між ними. *Семантика даних* – їхній смисловий зміст, що не залежить від форми подання даних.

Усі дані можна поділити на документальні та фактографічні. *Фактографічні* дані – це такі, які безпосередньо характеризують конкретні сутності. *Документальні* (бібліографічні) дані – це такі, що містять описи документів (їхнє найменування, специфікації, реферати, адреси зберігання тощо) й, можливо, також і тексти самих документів. Документальні дані, звичайно, відіграють допоміжну роль у пошуку потрібних даних про певні сутності. Прикладом фактографічних даних може слугувати експлікація угідь сільськогосподарського підприємства, а документальних – облікова картка в технічному архіві з даними про проект внутрішньогосподарського землеустрою для цього підприємства.

За своїм змістом дані можуть бути розподілені на політичні, економічні, наукові, технічні, технологічні тощо. Нагадаємо, що ядро ЗІС становлять систематизовані земельні дані, тобто дані про земельний фонд (земельні ділянки і землі взагалі).

Під *інформацією* традиційно розуміють відомості, що передаються між людьми усним, письмовим або будь-яким іншим способом. Існують два загальних визначення інформації:

— інформація – це довільні дані (відомості) про певну сутність чи сутності, над якими виконуються операції приймання, сприймання, передачі, перетворення, пошуку, зберігання та використання;

— інформація – це прирощення знань, що може бути одержане тим чи іншим суб'єктом на основі наявних даних (відомостей) про певну сутність або сутності.

Перше визначення розглядає поняття «інформація» і «дані» як синоніми. З погляду другого визначення, яке є пріоритетом в інформатиці, – вони близькі, але різні поняття. А саме інформація – це тільки та частина змісту даних, яку ми можемо корисним чином використати, зокрема, збільшити обсяг наших знань про той чи інший предмет, процес або явище.

При розробці і використанні ЗІС створюються різноманітні моделі сутностей, так чи інакше пов'язаних із земельним фондом. Серед них найбільше значення мають моделі трьох *категорій*:

— *концептуальні моделі*, тобто такі, які складаються з переліку усіх понять, що можуть бути застосовані для опису сутностей визначеного класу, їхньої структури, властивостей, характеристик і зв'язків, а також класифікації цих понять за типами, видами ситуаціями тощо;

— *математичні моделі* – описи визначеного класу сутностей з використанням геометричних, статистичних та інших математичних методів і виражені за допомогою математичних символів та співвідношень;

— *інформаційні моделі* – формалізовані способи подання структурованих даних (відомостей, показників, характеристик, ознак тощо) та їхньої семантики, що можуть бути використані для опису сутностей визначеного класу і зв'язків між ними.

З погляду інформатики, розв'язок будь – якої виробничої або наукового завдання описується наступної технологічним ланцюжком: «реальний об'єкт – модель – алгоритм – програма – результати – реальний об'єкт». У цьому ланцюжку дуже важливу роль відіграє ланка «модель», як необхідний, обов'язковий етап розв'язку цього завдання. Під моделлю при цьому розуміється деякий уявний образ реального об'єкта (системи), що відбиває істотні властивості об'єкта, що й заміняє його в процесі розв'язку завдання.

Модель – дуже широке поняття, що включає в себе безліч способів вистави досліджуваної реальності. Розрізняють моделі матеріальні (натурні) і ідеальні (абстрактні). Матеріальні моделі ґрунтуються на чомусь об'єктивн, що існує незалежно від людської свідомості ( яких-небудь тілах або процесах). Матеріальні моделі ділять на фізичні (наприклад авто – і авіамоделі) і аналогові, засновані на процесах, аналогічних у якомусь відношенні досліджуваному (наприклад, процеси в електричних колах виявляються аналогічними багатьом механічним, хімічним, біологічним і навіть соціальним процесам і можуть бути використані для їхнього моделювання). Границю між фізичними й

аналоговими моделями провести можна досить приблизно й така класифікація моделей носить умовний характер.

Інформаційні моделі – клас знакових моделей, що описують інформаційні процеси (виникнення, передачу, перетворення й використання інформації) у системах найрізноманітнішої природи.

Границя між вербальними, математичними й інформаційними моделями може бути проведена досить умовно; можливо, інформаційні моделі варто було б уважати підкласом математичних моделей. Однак, у рамках інформатики як самостійної науки, окремої від математики, фізики, лінгвістики й інших наук, виділення класу інформаційних моделей є доцільним. Інформатика має безпосереднє відношення й до математичних моделей, оскільки вони є основою застосування комп'ютера при розв'язку завдань різної природи: математична модель досліджуваного процесу або явища на певній стадії дослідження перетвориться в комп'ютерну (обчислювальну) модель, яка потім перетворюється в алгоритм і комп'ютерну програму.

Зупинимося на інформаційних моделях: процеси, що відбивають, виникнення, передачі, перетворення й використання інформації в системах різної природи. Почнемо з визначення найпростіших понять інформаційного моделювання.

Екземпляром будемо називати виставу предмета реального миру за допомогою деякого набору його характеристик, істотних для розв'язку даного інформаційного завдання (що служить контекстом побудови інформаційної моделі). Безліч екземплярів, що мають ті самі характеристики, що й підкоряються тим самим правилам, називається об'єктом.

### *Об'єкти інформаційних моделей*

Інформаційна модель якої – небудь реальної системи складається з об'єктів. Кожний об'єкт у моделі повинен бути забезпечений унікальним і значимим іменем (а також ідентифікатором, що служить ключем для вказівки цього об'єкта, зв'язки його з іншими об'єктами моделі). У такий спосіб позначення, найменування об'єкта – це елементарна процедура, що лежить в основі інформаційного моделювання.

Об'єкт являє собою один типовий (але невизначений) екземпляр чогось у реальному світі і є найпростішою інформаційною моделлю. Об'єкти представляють якісь «сутності» предметів реального миру, пов'язані з розв'язуванням завданням. Більшість об'єктів, з якими доводиться зустрічатися, ставляться до однієї з наступних категорій:

- реальні об'єкти;
- ролі;
- події;
- взаємодії;
- специфікації.

Реальний об'єкт – це абстракція фізично існуючих предметів. Наприклад, на автомобільному заводі це кузов автомобіля, двигун, коробка передач; під час перевезення вантажів це контейнер, засіб перевезення.

Роль – абстракція мети або призначення людини, частини встаткування або установи (організації). Наприклад, в університеті як у навчальному закладі це студент, викладач, декан; в університеті як в установі це приймальна комісія, відділ кадрів, бухгалтерія, деканат.

Подія – абстракція чогось того, що трапилося. Наприклад, вступ заяви від абітурієнта в приймальну комісію Університету, здача (або нездача) іспиту.

Взаємодії – об'єкти, одержувані з відносин між іншими об'єктами. Наприклад, угода, контракт (договір) між двома сторонами, свідчення про утвір, видаваний навчальним закладом його випускників.

Об'єкти – Специфікації використовуються для вистави правил, стандартів або критеріїв якості. Наприклад, перелік знань, умінь і навичок випускника математичного факультету, рецепт прояву фотоплівки.

Для кожного об'єкта повинне існувати його опис – коротке інформаційне твердження, що дозволяє встановити, є деякий предмет екземпляром об'єкта чи ні. Наприклад, опис об'єкта «Абітурієнт університету» може бути наступним: людей у віці до 35 років, що має середню освіту, що подав у приймальну комісію документи й заява про приймання.

Предмети реального миру мають характеристики (такі, наприклад, як ім'я, назва, реєстраційний номер, дата виготовлення, вага і т.д.). Кожна окрема характеристика, загальна для всіх можливих екземплярів об'єкта, називається атрибутом. Для кожного екземпляра атрибут ухвалює певне значення. Так, об'єкт Книга має атрибути Автор, Назва, Рік видання, Число сторінок.

У кожного об'єкта повинен бути ідентифікатор – безліч із одного або більш атрибутів, значення яких визначають кожний екземпляр об'єкта. Для книги атрибути Автор і Назву спільно утворюють ідентифікатор. У теж час Рік видання й Число сторінок ідентифікаторами бути не можуть – ні нарізно, ні спільно, тому що не визначають об'єкт. Об'єкт може мати й кілька ідентифікаторів, кожний з яких складено з одного або декількох атрибутів. Один з них може бути обраний як привілейований для відповідної ситуації.



## Моделювання даних

Моделювання даних та інформаційне моделювання – дуже близькі поняття, що інколи ототожнюються. *Моделювання даних* – це вибір такого способу зображення даних, яке найбільш природно відображає предметну область і може підтримуватися комп'ютерними засобами. *зображення (організація) даних* – конкретно вибране відображення сутностей предметної області і відношень (зв'язків) між ними у вигляді масивів, списків, файлів, баз даних та інших інформаційних об'єктів відповідно до визначених правил і домовленостей. Дані, що містять описи зображення інших даних, називаються *метаданими*. Іншими словами, метадані – це дані про дані.

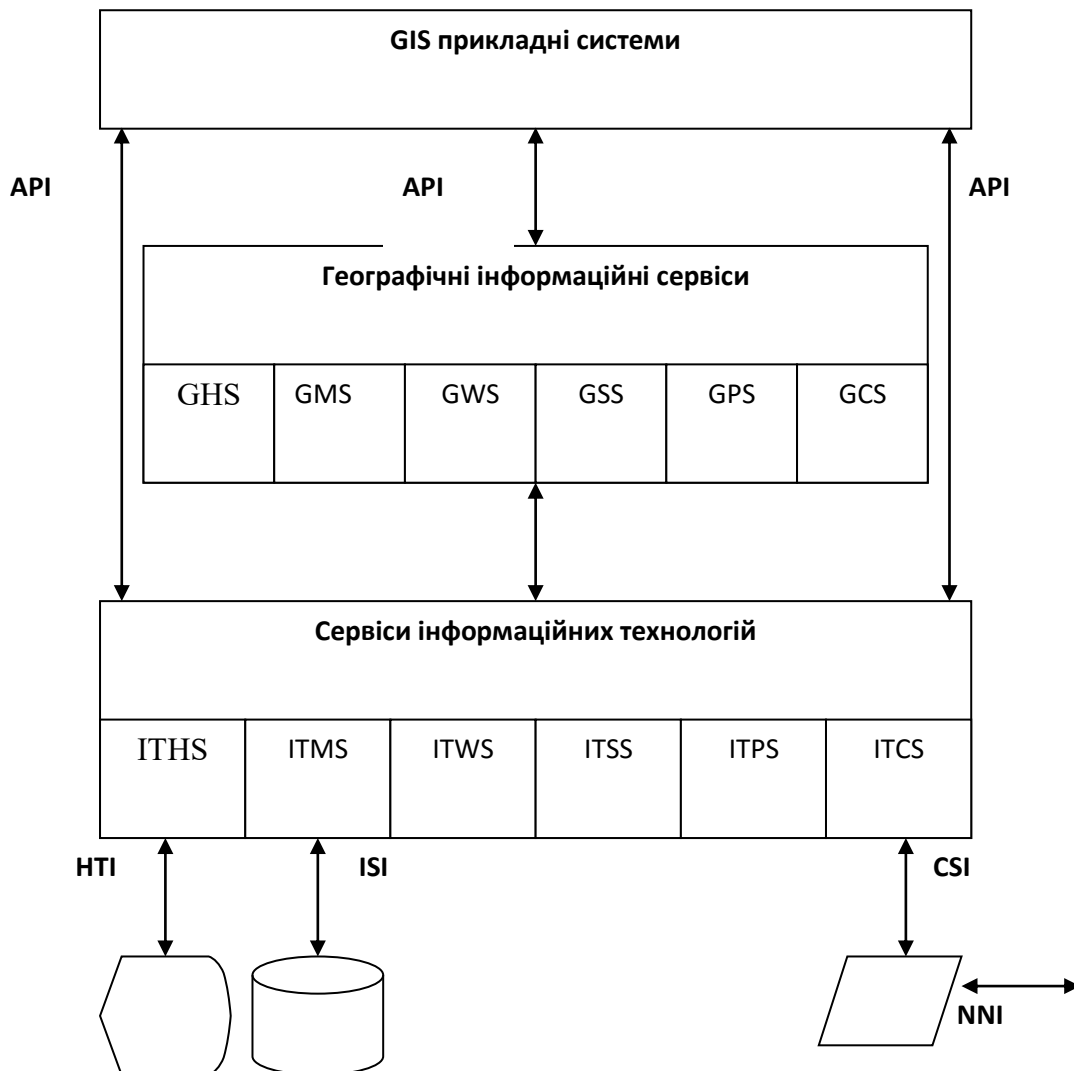


Рис. 2.1. Архітектурна модель технологічного середовища обробки геодезичних даних

*Модель даних* являє собою формалізований опис інформаційних об'єктів та можливих операцій над ними. Модель даних включає три компоненти:

- припустиме зображення даних;
- обмеження семантичної (змістовної) цілісності даних;
- множину операцій, які допускаються над даними.

Наприклад: Архітектурно технологічна основа Національної інфраструктури геопросторових даних будується як спеціалізоване геоінформаційне середовище, яке складається із спеціалізованих геоінформаційних сервісів (служб), які використовують відповідні загальні служби інформаційних технологій, побудованих за архітектурою відкритих систем розподіленої обробки даних (мал. 2.1) (G –географічні технології, IT - інформаційні технології, HS - сервіси взаємодії людина-система, MS - сервіси управління моделями даних, WS - сервіси задач/роботи, SS- сервіси системного управління, PS- сервіси процесів обробки, CS – комунікаційні сервіси, API програмні інтерфейси між сервісами і прикладними системами (застосуваннями), НТІ - інтерфейс взаємодії користувача, ISI - інтерфейси баз (сховищ) даних, CSI - інтерфейси взаємодії застосувань з сервісами доступу та передачі даних в мережах, NNI - спеціальний інтерфейс зв'язку обчислювальних мереж (network-to-network))

*Цілісність даних* – стан даних або інформаційної системи, в якій дані та програми використовуються встановленим чином, що забезпечує:

- стійку роботу системи;
- автоматичне відновлення у випадку виявлення системою потенційної помилки;
- автоматичне використання альтернативних компонентів замість тих, що вийшли з ладу.

Цілісність даних вважається збереженою, якщо вони не спотворені й не зруйновані (не стерті). Обмеження цілісності визначають допустимі значення даних і допустимі зв'язки між ними. Важливий напрям контролю за цілісністю даних – виключення необґрунтованого дублювання їх, а там, де таке дублювання є доцільним, – контроль за тими суперечностями, до яких може привести зберігання збиткових даних. Описи моделей даних прийнято називати *схемами даних*.

Рациональне зображення даних у ЗІС забезпечує високу ефективність інформаційних процесів і повинне бути результатом сумлінного проектування відповідних інформаційних об'єктів, передусім файлів та баз даних. Моделі даних у ЗІС мають бути простими для того, щоб їх розуміли і могли з ними працювати численні користувачі, репрезентативними для всіх сфер їх можливого використання і разом із тим складними для того, щоб із бажаною глибиною й точністю відображати земельні об'єкти і земельні відносини.

## Знання

*Знання* – це сукупність відомостей, які створюють цілісний опис, що відповідає певному рівню обізнаності фахівця відносно конкретного об'єкта, або відношення (зв'язку) у визначеній предметній області. Проблема зображення знань у пам'яті інтелектуальної комп'ютерної системи, доступу до них і використання – одна з найважливіших у сучасній інформатиці. *Інтелектуальна система* – це така штучно створена система, яка має здатність нагромаджувати й коригувати знання на основі активного сприймання інформації та узагальненого досвіду, а також цілеспрямованої поведінки.

Знання поділяються на декларативні й процедурні. *Декларативні знання* безпосередньо доступні для користувача і містять відомості про властивості предметної області, факти, які мають у ній місце, та ін. *Процедурні знання* – це знання, що зберігаються в пам'яті інтелектуальної системи у вигляді описів процедур, за допомогою яких можна одержати з існуючих даних необхідні нові дані (способи й алгоритми розв'язання задач, різні методики та інструкції тощо).

Зберігання і використання фахових знань у галузі земельного кадастру, моніторингу земель та здійсненні землеустрою – важливий перспективний напрям розвитку і вдосконалення ЗІС.

## 2.2 Дані та їхні характеристики

### *Види даних*

Дані (від лат. data, множина від лат. datum від лат. dare — давати, щось дане)

1) Інформація, відомості, показники, необхідні для ознайомлення з ким-, чим-небудь, для характеристики когось, чогось або для прийняття певних висновків, рішень.

2) Здібності, якості, необхідні для чого-небудь.

3) Форма зображення знань, інформації. Тексти, таблиці, інструкції, відомості про факти, явища і таке інше, представлені у буквено-цифровій, числовій, текстовій, звуковій або графічній формі. Дані можуть зберігатися на різних носіях та пересилатися і піддаватися обробці.

У інформатиці дані символізують інформацію, що представлена у вигляді необхідному для її опрацювання автоматичними засобами. Для цього інформацію кодують за допомогою знаків (алфавіт) відповідно до

правил певного синтаксису. У сучасних машинах використовується двійковий метод запису даних за допомогою 0 та 1 (алфавіт з двох цифр). Для полегшення роботи для людини двійковий код перекодується у більш зрозумілі числа, букви тощо. Дані є інформацією лише тоді, коли вони несуть значення у заданому контексті. Наприклад: кодом міжнародного телефонного зв'язку є набір знаків +38, тобто це дані, про інформацію ми можемо говорити лише за наявності відомості про назву країни, що відповідає цьому коду.

Дані розрізняють на:

- структуровані (наприклад: база даних, XML-документ);
- не структуровані (наприклад: текстовий документ);
- тимчасові.

Структуровані дані відносно легко піддаються машинній обробці, на відміну від них автоматична обробка неструктурованих даних не завжди можлива або можлива лише неточна.

Важливими проблемами у інформатиці, особливо у розподілених системах, – є синхронізація даних, а в управлінні даними – стрімке зростання кількості даних.

4) Низка суджень, що відображають реальність. Велику групу практично важливих суджень складають вимірювання та спостереження за змінними. Ці судження охоплюють числа, слова та зображення. Дані отримуються в результаті якоїсь дії (вимірювання, обчислення)

5) У семіотиці дані визначені як потенційна інформація. Вони розміщені на рівні сигматики, тобто між синтаксисом та семантикою.

### *Кодування і класифікація даних*

Кодування і класифікацію широко застосовують у ЗІС. Коди (умовні позначення) використовують для скорочення довжини записів значень атрибутів. *Код* – це умовний символ, що замінює одиницю дійсного тексту, а також система таких символів. Звичайно для кодування значень атрибутів застосовують:

- цифрові коди, коли у число символів коду (в його *алфавіт*) входять тільки цифри 0, 1, 2, 3, ...;
- алфавітно-цифрові коди, коли в алфавіт коду входять літери, цифри та деякі інші символи.

Так, для кодування назв агрогруп ґрунтів використовують тризначний цифровий код, у якому, наприклад, 013 означає «Дернові-підзолисто

грунти», 029 - «Ясно-сірі й сірі опідзолені ґрунти», а 145 - «Торфово-болотні ґрунти».

Для кодування механічного складу ґрунтів застосовують алфавіт {а, б, в,...к), причому, скажімо, літера «а» означає «Піщаний ґрунт», «в» - «Супіщаний ґрунт», а «к» - «Кам'янистий ґрунт».

Кількість різних символів, які становлять абетку коду, називається його *основою*. Кінцева послідовність символів у кодованому повідомленні називається *словом*. Якщо всі слова в повідомленні мають однакову довжину (кількість символів) – N, то такий код називається *рівномірним* N-значним кодом. Якщо ж слова мають неоднакову довжину, то такий код називається *нерівномірним*.

Код, який містить кодові комбінації, що слугують для відокремлення одного елемента повідомлення від іншого, називається *кодом з роздільними знаками*. Код, у якому всі без винятку кодові комбінації слугують лише для позначення елементів змісту повідомлення, називається *кодом без роздільних знаків*.

Довідник, що містить усі допустимі слова певного коду, називається *кодифікатором*.

Крім вищенаведених прикладів кодами можуть бути:

— 03162 – поштовий індекс, у якому 03 – код м. Києва, а 162 – номер поштового відділення;

— 3222989103 – код населеного пункту, в якому 32 – код Київської області, 229 – код Миронівського району, 891 – код Яхнівської сільської ради, 03 – код с. Микитяни;

3222989103:001:012:08 – кадастровий номер (код) земельної ділянки, в якому 3222989103 – код населеного пункту (с. Микитяни), 001 – номер (код) кадастрової зони, 012 – номер (код) кадастрового кварталу і 08 – номер (код) земельної ділянки (парцели).

В основі класифікаційних шкал і *класифікацій* у цілому лежить розбиття заданої множини об'єктів на підмножини – класи об'єктів, що не пересікаються, між якими відповідно до деяких ознак встановлюються відношення типу "ціле–частина", "рід–вид" і т.д. При цьому для скорочення назв класів об'єктів застосовують ті чи інші коди.

Класифікації поділяються на ієрархічні та фасетні. При *ієрархічній класифікації* кожному множині об'єктів на кожному рівні класифікації поділяється на класи з використанням власної ознаки. В результаті утворюється деревоподібна класифікаційна структура (*класифікаційне дерево*). На відміну від ієрархічної, *фасетна класифікація* дає змогу класифікувати об'єкти паралельно за декількома різними ознаками.

Найвідомішим прикладом ієрархічного класифікатора є *універсальна десятинна класифікація (УДК)*, яку широко застосовують у бібліотечній справі. Вона налічує понад 100 тис. рубрик. Ось деякі з них:

- УДК 631.4 – ґрунтознавство;
- УДК 631.469 – ерозія ґрунтів;
- УДК 631.6 – меліорація земель;
- УДК 631.11 – землеустрій;
- УДК 34 : 631.11 – земельне право.

Іншим прикладом ієрархічного класифікатора може бути класифікатор використання земель, виписку з якого наведено нижче:

- Землі населених пунктів;
- Землі сільськогосподарського призначення;
- Для ведення товарного сільськогосподарського виробництва;
- Для ведення особистого підсобного господарства, садівництва, городництва, сінокосіння й випасання худоби;
- Для дослідних і навчальних цілей, пропаганди передового досвіду ведення сільського господарства;
- Для ведення підсобного сільського господарства;
- Для ведення селянського (фермерського) господарства;
- Для традиційних народних промислів і підприємницької діяльності;
- Для іншого сільськогосподарського використання;
- Землі промисловості, транспорту, зв'язку, оборони та ін.

Прикладом фасетної класифікації може бути класифікатор автомобільних шляхів, які паралельно класифікуються за декількома ознаками – народногосподарським значенням (загальнодержавні, обласні, місцеві), типом покриття (бетонні, асфальтобетонні, асфальтові ...) і кількістю смуг руху в одному напрямку.

*Ведення класифікаторів* – це комплекс заходів, що забезпечують їхнє первинне формування й подальшу підтримку в актуальному стані періодичним поповненням, оновленням, реорганізацією тощо.

Найбільше практичне значення мають *загальнодержавні та відомчі* класифікатори. Із загальнодержавних використовують такі:

- класифікатор держав світу;
- об'єктів адміністративно-територіального устрою;
- органів державного і господарського управління;
- галузей народного господарства;
- організаційно-правових форм підприємств;
- управлінської документації;

- нормативно-технічної документації;
- техніко-економічних і соціальних показників.

Із відомчих класифікаторів у землеустрої використовують:

- класифікатор об'єктів природно-сільськогосподарського районування;
- класифікатор земель;
- класифікатор агровиробничих груп ґрунтів.

## 2.3 Структури і бази даних

### *Складні атрибути і структури даних*

Прості атрибути є найменшою іменованою одиницею даних. Вони не розкладаються на інші атрибути (інформаційні змінні). Але при інформаційному моделюванні сутностей предметної області часто виникає необхідність *агрегації* (об'єднання) атрибутів у складні. *Складний атрибут* – це іменована множина (сукупність, набір, агрегат) із кількох інших атрибутів, які можуть бути як простим, так і складними. Прикладами складних атрибутів є:

- найменування фізичної особи, що включає три простих атрибути: прізвище, ім'я та по батькові;

- опис фізичної особи, який складається з ідентифікаційного коду особи (простий атрибут), найменування фізичної особи (складний атрибут: прізвище, ім'я та по батькові), дати народження (простий атрибут), даних про паспорт або інший документ, що посвідчує особу (складний атрибут: назва документа, серія, номер, ким виданий, дата видачі), код поштової адреси (простий атрибут) і номер телефону (простий атрибут).

Таким чином, складний атрибут має власну структуру і є однією з багатьох можливих структур даних. *Структура даних* являє собою множину компонентів (складових частин) даних, об'єднаних і впорядкованих одним із наперед визначених способів. Розрізняють логічну й фізичну структури даних. *Логічна* структура даних – це сукупність правил організації даних, яка розглядається незалежно від особливостей конкретних носіїв даних. *Фізична* ж структура (структура зберігання) даних – це сукупність правил організації останніх на носії даних, спосіб відображення їхньої логічної структури у конкретному фізичному середовищі.

## Масиви і списки

У ЗІС використовуються найрізноманітніші структури даних. Найвідомішими і найбільш уживаними структурами даних, які розміщуються в оперативній пам'яті комп'ютера, є масиви та списки.

*Масив* являє собою іменовану сукупність однорідних елементів (простих або складних інформаційних змінних), упорядкованих за своїми індексами. *Індекс елемента масиву* – це натуральне число чи впорядкована множина таких чисел, які однозначно визначають положення цього елемента в масиві. Індекс можна розглядати як ідентифікатор елемента масиву.

До основних характеристик масиву належать його *розмірність*  $N$  і *граничні значення* індексів. Залежно від значення  $N$  розрізняють масиви *одномірні*, *двовимірні*, *тривимірні* тощо. Одномірний, або лінійний масив ( $N = 1$ ) часто називають *вектором*. Двовимірний масив ( $N = 2$ ) являє собою *матрицю*, тобто таблицю з рядками і стовпцями. Розмірність масиву  $N$  визначає кількість натуральних чисел в індексах його елементів. У пам'яті комп'ютера елементи масиву розміщуються, як правило, поряд відповідно до своїх індексів.

*Упорядкований масив* – це масив, елементи якого впорядковані, тобто збільшуються чи зменшуються, якщо вони числові, або розміщуються в лексикографічному порядку, якщо вони символічні. Узагальненням поняття масиву є *неоднорідний масив*, у якому допускаються різнотипні елементи.

Прикладами однорідних масивів можуть бути:

— перелік назв місяців року, індекс масиву – це число  $i = 1, 2, \dots, 12$ ; елемент масиву з індексом (5) означає «Травень»;

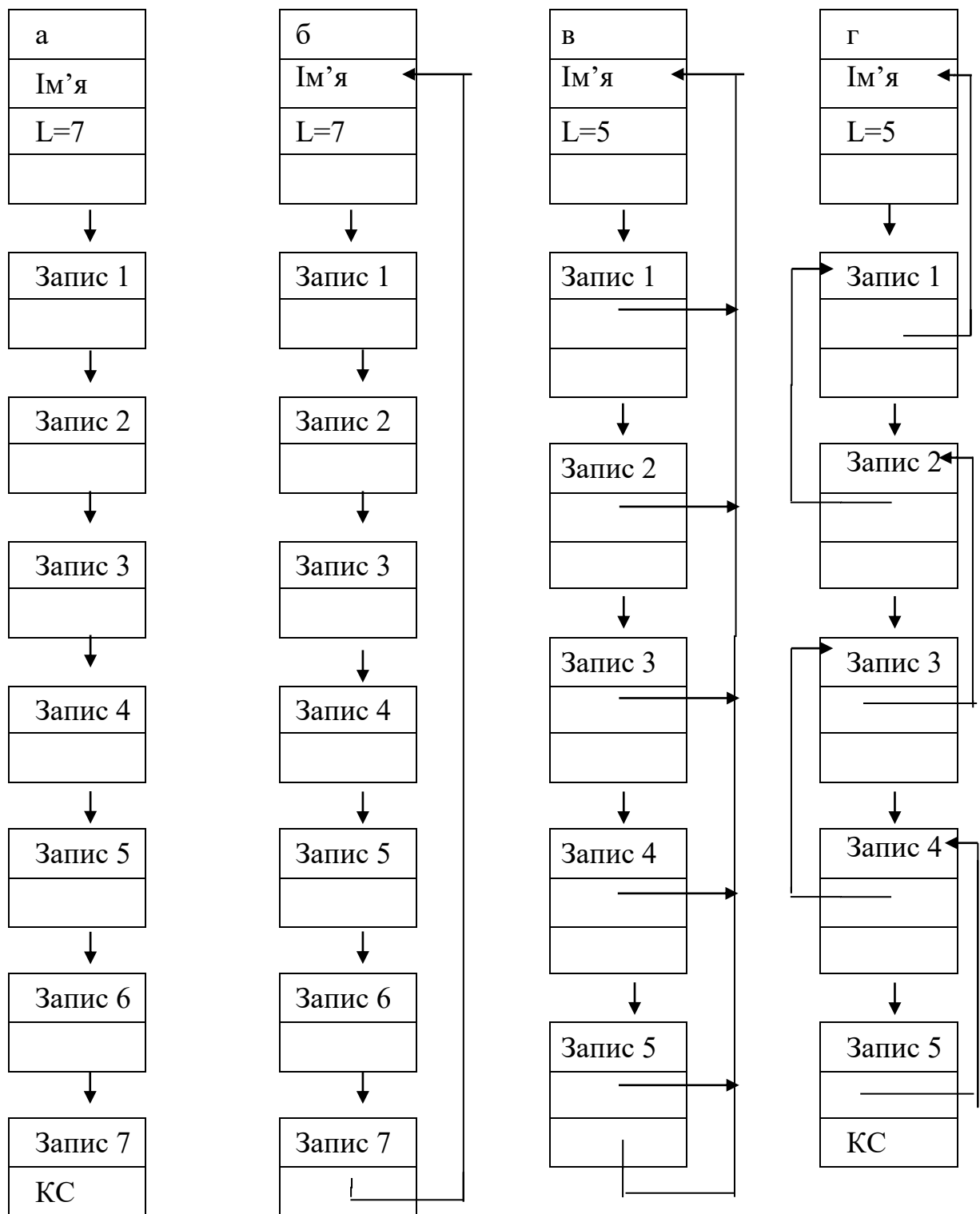
— матриця просторових координат 100 точок топографічної поверхні, де рядки відповідають окремим точкам, а колонки – координатам  $X, Y$  і  $Z$ ; це масив  $100 \times 3$ , індекс якого має вигляд  $(i, j)$ , де  $i = 1, 2, \dots, 100$ ;  $j = 1, 2, 3$ ; елемент масиву з індексом  $(15, 2)$  – це ордината ( $Y$ ) 15-ї точки;

— відомість площ угідь сільськогосподарського підприємства, в якій рядки відповідають окремим контурам угідь, а колонки мають зміст: номер контуру, код виду угіддя, назва угіддя, площа угіддя цей масив є неоднорідний: назва угіддя – символічна, а площа – числова інформаційна змінна; індекс масиву має вигляд  $(i, j)$ , де  $i = 1, 2, j = 1, 2, 3, 4$ ; елемент масиву з індексом  $(10, 4)$  – площа 10-го контуру угідь.

Масив з останнього прикладу впорядкований за номерами контурів, але він може бути відсортований також іншими способами, наприклад, за кодами видів угідь, а для контурів з однаковими видами – за зростанням або зменшенням площ.

*Список* – це структура даних, яка являє собою логічно зв'язану послідовність елементів списку (записів), тобто простих або складних інформаційних змінних. На відміну від масивів, логічно суміжні елементи





*Рис. 2.2. Приклади списків: а) – простий ланцюговий список; б) – кільцевий список; в) – розширений кільцевий список; г) – двоспрямований ланцюговий список; L – довжина списку, КС – кінець списку.*

списку необов'язково розміщуються у пам'яті комп'ютера поряд. Для переходу від одного елемента списку до іншого використовуються *вказники* (посилання, адреси), включені безпосередньо в елементи списку. Списки – це зручна форма даних, які динамічно змінюються, тобто коли часто виникає потреба у зміні послідовності елементів, зменшення або збільшення їхньої кількості.

В інформаційних системах застосовується багато *видів списків* (рис.2.2). У найпростішому *ланцюговому списку* кожний  $i$ -й його елемент містить указник на  $(i+1)$ -й елемент цього ж списку. Для останнього елемента указник має спеціальне значення «Кінець списку». Часто у ланцюговому списку є так звана *голова* – спеціальний запис, який містить указник на перший елемент списку і додаткову службову інформацію, наприклад, ідентифікатор (ім'я) списку та його довжину.

*Кільцевий список* – це такий ланцюговий список, в якому останній елемент містить посилання на голову списку. Це дає змогу, відправляючись від довільного елемента, одержати доступ до будь-якого іншого елемента. У *розширеному кільцевому списку* в кожному його елементі є указники на його голову. *Односпрямований ланцюговий список* містить у кожному елементі тільки указник на наступний елемент. На відміну від цього, кожний елемент *двоспрямованого ланцюгового списку* пов'язаний указниками як з наступним, так і з попереднім елементом.

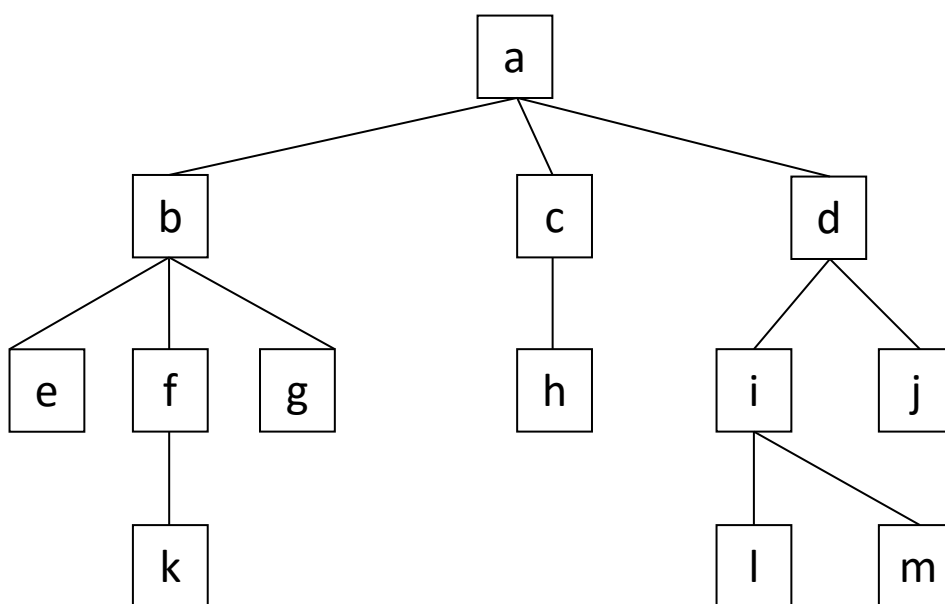
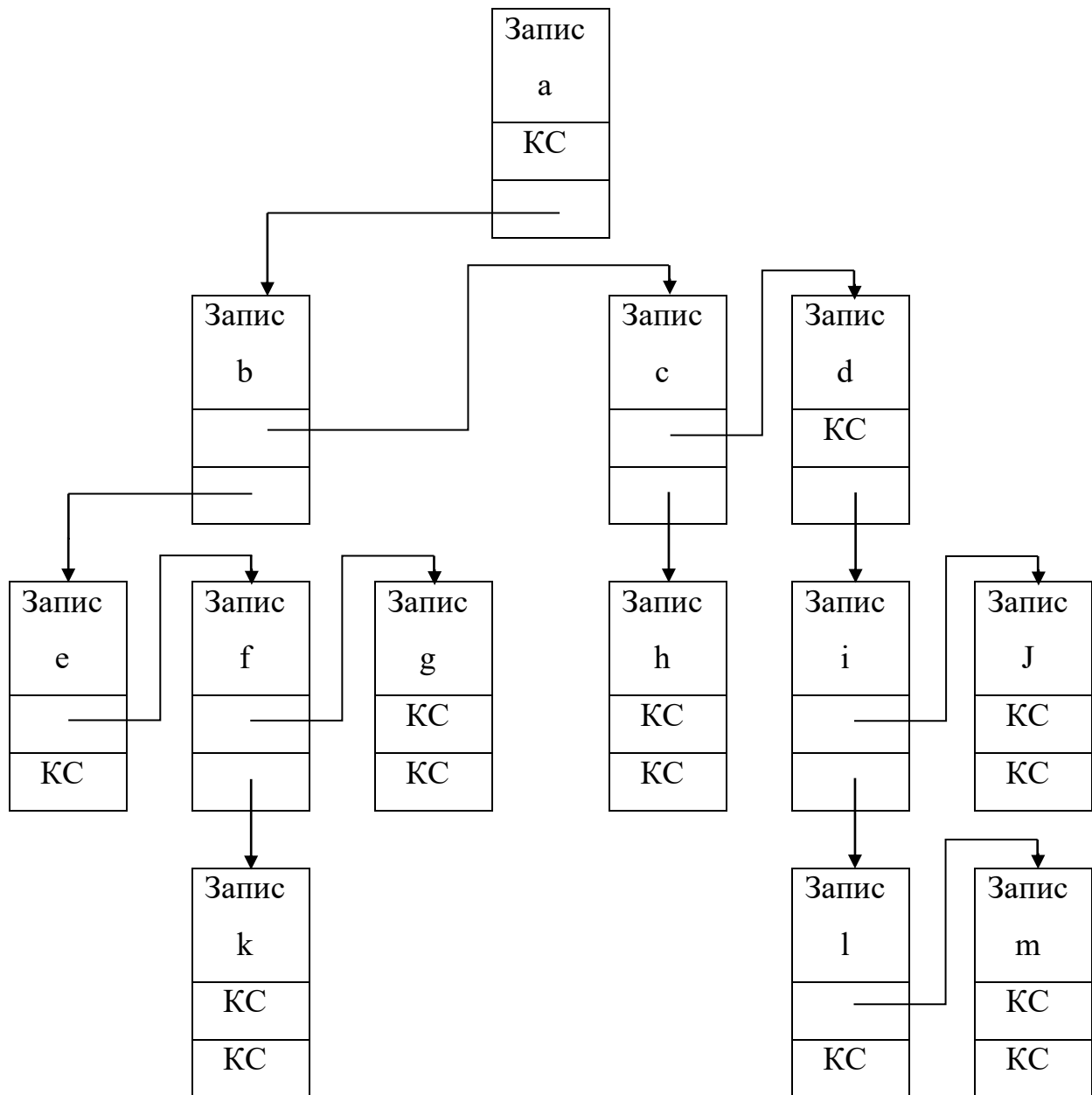


Рис. 2.3. Приклад спискової деревоподібної структури



**Рис. 2.4. Приклад спискової структури, яка відображає дерево за допомогою односпрямованих списків**

Розширенням поняття ланцюгового списку є , багатозв'язний список, або *спискова структура*. Це структура даних, утворена ланцюговим списком разом з усіма підсписками, які відходять від його елементів (вузлів). Для багатозв'язного списку потрібно мати в його елементах потрібну кількість указників.

Застосування спискових структур дає змогу створювати в пам'яті комп'ютера такі структури даних, як *дерева* (рис. 2.3), і *мережі*. Зазначимо, що на рисунку 2.3 кожний запис містить два указники. Перший із них

указує на наступний запис того ж самого списку, а другий веде до підписку.

### *Файли даних*

*Файл даних* являє собою іменовану і впорядковану сукупність примірників записів визначеного типу, які знаходяться в зовнішній пам'яті комп'ютера (тобто на оптичних дисках, флешках та ін.) і доступні програмам через посередництво спеціального визначення структури записів файла, порядок їх розміщення у файлі й порядок доступу до них.

Дані із файла опрацьовуються в оперативній пам'яті комп'ютера, тому в міру необхідності всі або деякі записи (групи записів) файла пересилаються із зовнішньої пам'яті в оперативну і навпаки.

Як і запис, кожний файл даних можна розглядати як інформаційне відображення однієї порівняно складної сутності предметної області, до складу якої входить множина відносно простіших сутностей, інформаційним відображенням яких є записи. Наприклад, файл записів про сукупність окремих парцел може бути інформаційним відображенням таких сутностей, як кадастрова зона або населений пункт. Тому, крім імені, файл може мати ще й набір атрибутів, що характеризують цю складну сутність у цілому.

### *Доступ до записів файла*

Доступ до даних означає наявність ефективних процедур забезпечення пошуку й вибірки потрібних записів файлів даних із боку як користувачів, так і прикладних програм.

Із технічного погляду розрізняють файли даних послідовного та прямого доступу. Файл послідовного доступу (послідовний файл) – це такий файл, до записів якого забезпечується тільки послідовний доступ відповідно до їхньої впорядкованості. Наприклад, щоб зчитати з магнітної стрічки запис файла даних із номером  $N$ , треба спочатку зчитати  $(N - 1)$  попередніх записів. Файл прямого доступу (прямий файл) – це такий файл, доступ до записів якого можливий безпосередньо за їхнім номерами або іншими адресами.

Доступ до потрібних записів прямого файла даних можливий не

тільки за їхніми номерами, але й за їхніми ключами. Звичайно, вбудований у запис ключ являє собою спеціальне поле запису, яке однозначно встановлює (ідентифікує) цей запис і забезпечує швидкий доступ до нього. Прикладами можуть бути код населеного пункту, кадастровий номер земельної ділянки та ідентифікаційний код фізичної особи. Програмні засоби СУБД, призначені для реалізації доступу до записів файлу даних, забезпечують визначення (розрахунок) номера чи іншої адреси запису за значенням його ключа (тобто перетворення ключа в адресу).

Унікальний ключ унікальним чином ідентифікує запис у файлі, а неунікальний – це ключ, який мають два або більше записів цього файлу. Так, у файлі даних про населені пункти області код населеного пункту за державним класифікатором є унікальним ключем, а назва населеного пункту «Степове» - неунікальним, якщо ця область має більше одного села з такою назвою. Головний (первинний, основний) ключ завжди однозначно ідентифікує запис у файлі даних. Але, крім головного ключа, для пошуку записів у файлі можуть передбачатися й використовуватися неголовні (вторинні, неосновні, допоміжні) ключі. На відміну від головного, вторинні ключі необов'язково забезпечують однозначну ідентифікацію записів. Наприклад, у файлі даних про земельні ділянки в населеному пункті доцільно як головний ключ використовувати кадастровий номер земельної ділянки, а як допоміжний – код адреси земельної ділянки.

Інколи для пошуку записів використовують складені ключі, тобто такі ключі записів, які складаються із значень кількох їхніх полів. Так, у файлі даних про точкові географічні об'єкти як ключ можна використовувати значення двох полів, що містять координати (абсциси X та ординати Y) цих точкових об'єктів.

Для забезпечення ефективного опрацювання даних часто застосовують сортування (впорядкування) записів файлів за значеннями головного ключа, інших полів або груп полів. У тому разі, якщо сортування виконується за значеннями кількох полів, процес упорядкування записів має послідовний характер. Спочатку виконується сортування за значеннями першого поля. Потім розшуковуються групи записів з однаковим значенням першого поля й кожна з таких груп сортується за значеннями другого поля і т.д. Для кожного поля можливе сортування записів як зростанням, так і зменшенням. Якщо записи файлу відсортовані (впорядковані) не за головним ключем, то такий файл називається інвертованим.

Для забезпечення швидкого доступу до записів файлів даних за їхніми ключами часто використовують спеціальні допоміжні індексні файли. Індексний файл – це файл основних даних, який має один або більше допоміжних індексних файлів. Записи індексного файла належним чином впорядковані й містять тільки значення головного чи допоміжного ключа і номери або інші адреси записів основного файла, які відповідають цим значенням. Один основний файл може мати відразу кілька (систему) індексних файлів. Використання індексних файлів забезпечує значне скорочення часу, потрібного для вибірки необхідних даних.

### *"Ідеальні" інформаційні системи*

Основною проблемою, що обумовило розвиток теорії і практики баз даних, є забезпечення надійного контрольованого зберігання необхідних даних між сеансами роботи, їх передачі між робочими місцями і ефективного їх вилучення в міру необхідності.

У міру зростання вимог до обсягу збереженої, шуканої та переданої інформації, до швидкості і точності виконання відповідних операцій, робота з даними стала вузьким ланкою у діяльності практично всіх організацій, незалежно від роду діяльності. Відповідно до цього, почали створюватися і використовуватися апаратні і програмні засоби автоматизованої обробки інформації.

У процесі розвитку засобів обробки даних були виявлені такі характерні риси "ідеальних" інформаційних систем обробки інформації:

- обробка постійних (перманентних) даних;
- централізована обробка даних на основі стандартів;
- інтеграція даних;
- незалежність (самодостатність) даних від програм обробки;
- цілісність даних, що зберігаються (при зберіганні даних необхідно забезпечити контроль їх несуперечності (особливо у разі дублювання частини даних) і коректності зв'язків між елементами даних);
- ефективність обробки даних;
- мова керування даними.

Найбільш повно задовольняють поданням про "ідеальної" інформаційній системі обробки даних саме системи з базами даних.

### *Бази даних*

База даних (БД) - поїменована сукупність структурованих даних, що зберігаються в пам'яті обчислювальної системи стандартним способом і відображають стан об'єктів та їх взаємозв'язків у аналізованій предметній області.

Розглянемо докладно дане визначення і його елементи:

а) предметна область – фрагмент реального світу, що підлягає автоматизації. Предметна область містить тільки ті сутності, їх взаємозв'язку і процеси зміни сутностей і взаємозв'язків, які необхідні для коректної роботи розглядається (розробляється) автоматизованої системи.

Сутністю або інформаційним об'єктом предметної області називається деяке поняття, спільне для ряду об'єктів реального світу. Сутність характеризується набором ознак, важливих для даної предметної області, склад яких дозволяє відокремити об'єкти (екземпляри) однієї сутності від об'єктів (примірників) іншої сутності предметної області, а значення яких дозволяють відрізнити різні екземпляри однієї сутності. Так, автоматизована система контролю успішності студентів університету містить списки студентів та академічних груп університету (студент і група - сутності предметної області), інформацію про розбивку студентів за групами (зв'язки сутностей група і студент), правила визначення поточного та підсумкового рейтингу студентів (процеси).

Сутність "студент" характеризується таким набором ознак (атрибутів), важливих для предметної області "Контроль успішності студентів університету": Прізвище, ім'я, по батькові, номер залікової книжки, номер академічної групи, поточний рейтинг по кожному з предметів. Номер залікової книжки (а також ім'я, прізвище, по батькові) дозволяє розрізнити студентів як примірників сутності "студент".

Академічна група включає набір ознак: найменування групи, найменування факультету. Склад наборів ознак відрізняють сутності "група" і "студент".

б) стан об'єктів та їх взаємозв'язків – під станом об'єкта (як примірника сутності) мається на увазі набір значень ознак, що визначають об'єкт. Значення ознак можуть змінюватися з часом (тобто змінюється стан об'єктів). Так у студента може змінитися академічна група (при переході на наступний курс) та поточний рейтинг. При переході на наступний курс також змінюється і взаємозв'язок об'єктів – академічних груп та студента (був пов'язаний з однією групою, став пов'язаний з іншого).

в) структуровані дані – дані, елементи яких упорядковані у відповідності з деякими угодами. До кожного елементу структурованих даних можна звернутися непосредованно, використовуючи інформацію про структуру. Наприклад, якщо дані зберігаються в таблиці, то ім'я п'ятого учня ми можемо отримати з осередку, що знаходиться на перетині стовпця "Ім'я" та п'ятого рядка таблиці, якщо дані структуровані за

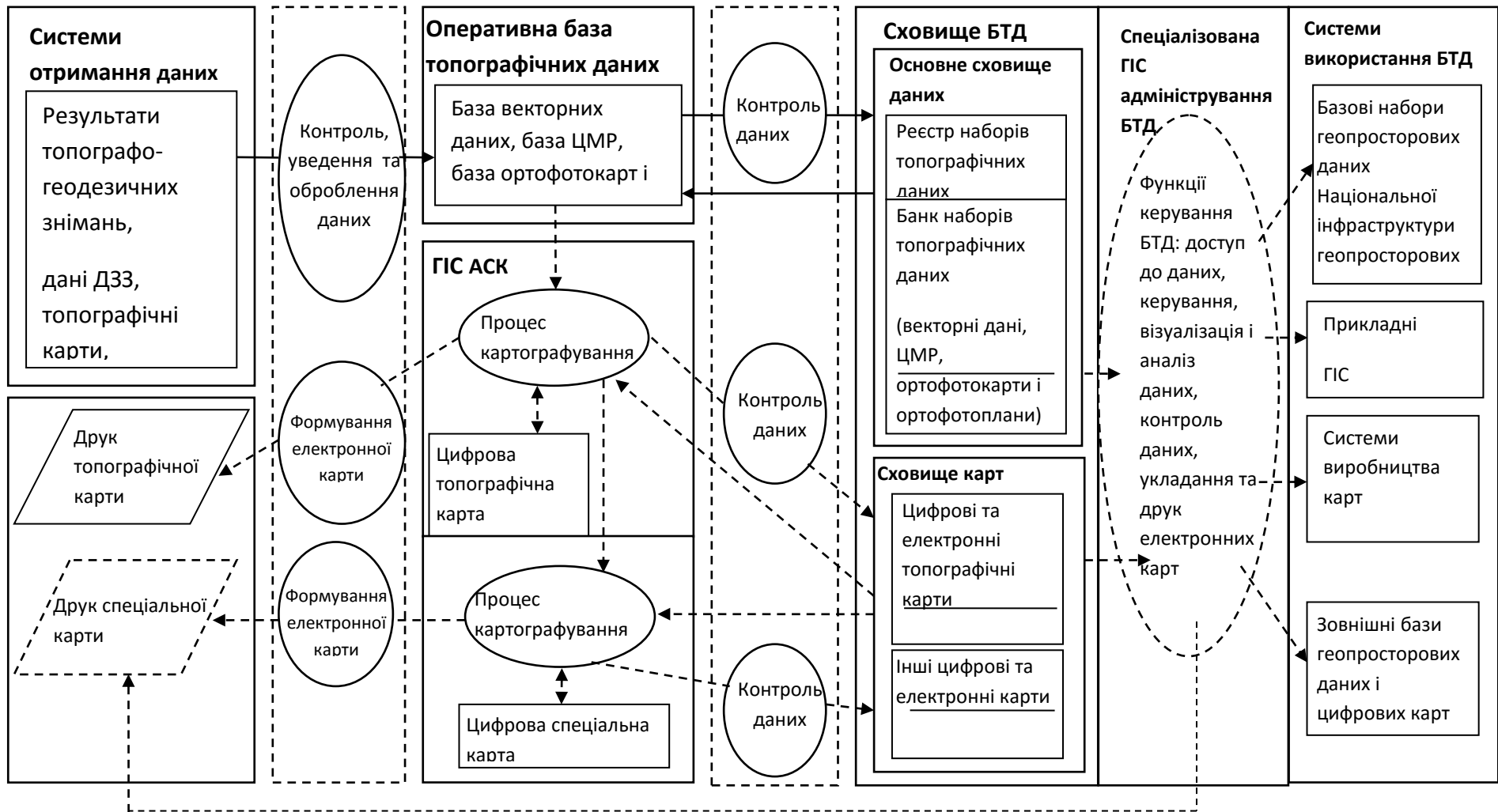


Рис 2.5. Загальна схема формування і використання БТД



допомогою таблиці. Крім визначення правила розташування елементів даних в загальному сховищі даних структурування часто має на увазі визначення типу даних - тобто способу їх подання та обсягу необхідної для їх зберігання пам'яті.

г) стандартним способом – має існувати опис правил структурування даних для того формату, в якому представлена розглянута база даних. У відповідності з цими правилами будь-який додаток може отримати до цих даних доступ незалежно від програми, за допомогою якого розглянута база даних була створена.

е) поійменована – сукупність даних повинна бути явно визначена і фіксована завданням структури даних, що зберігаються та імені цієї структури. Кожна програма працює з певною базою даних, використовуючи її ім'я для доступу до неї.

База даних складається зі свого комплексу заходів її формування та використання. Наприклад, на рис.2.5 показана загальна схема формування і використання Базы Топографічних Даних.

## 2.4 Основні моделі даних

### *Моделі даних*

Збережені в базі дані мають певну логічну структуру, іншими словами, описуються деякою моделлю даних (моделлю даних), підтримуваної СУБД. До числа класичних належать такі моделі даних:

1. ієрархічна;
2. мережева;
3. реляційна.

Крім того, в останні роки з'явилися і стали більш активно впроваджуватися на практиці такі моделі даних:

- постреляційная;
- багатовимірна;
- об'єктно-орієнтована.

Розробляються також всілякі системи, засновані на інших моделях даних, які розширюють відомі моделі. У їх числі можна назвати об'єктно-реляційні, дедуктивно-об'єктно-орієнтовані, семантичні, концептуальні моделі. Деякі з цих моделей служать для інтеграції баз даних, баз знань і мов програмування. У деяких СУБД підтримується одночасно кілька моделей даних.

## *Реляційна і об'єктно-орієнтована модель даних*

Потреба в створенні простої, універсальної, ефективно реалізується моделі даних призвели до створення реляційної моделі. У 1970 році американський математик Кодд запропонував схему подання даних на основі реляційних таблиць (відносин, реляцій) і набір формальних операцій, які забезпечують вирішення більшості стандартних задач обробки даних за рахунок перетворення таблиць.

Реляційна модель даних деякої предметної області являє собою набір відносин, що змінюються в часі.

У свою чергу відношення являє собою двовимірну таблицю з даними, що задовольняє вимогам реляційної моделі і відповідну деякої сутності предметної області.

Атрибути представляють собою властивості, що характеризують суть. У структурі таблиці кожному атрибуту відповідає заголовок деякого стовпця таблиці. Кожному екземпляру сутності відповідає рядок таблиці - кортеж.

Домен представляє собою безліч всіх можливих значень певного атрибуту відносини. Схема відношення (заголовок відносини) являє собою список імен атрибутів. Безліч кортежів відносини часто називають вмістом (тілом) відносини.

Первинним ключем (ключем відносини, ключовим атрибутом) називається атрибут відносини, однозначно ідентифікує кожний з його кортежів. Ключ може бути складовим (складним), тобто складатися з декількох атрибутів.

Якщо відношення має декілька комбінацій атрибутів, кожна з яких однозначно визначає всі кортежі відносини, то всі ці комбінації атрибутів є можливими (потенційними) ключами відносини. Будь-який з можливих ключів може бути вибраний як первинний.

Якщо вибраний первинний ключ складається з мінімально необхідного набору атрибутів, кажуть, що він є компактним або не надлишковим.

Ключі використовують для досягнення наступних цілей:

- 1) виключення дублювання значень в ключових атрибутах;
- 2) впорядкування кортежів. Можливо впорядкування за зростанням або за спаданням всіх ключових атрибутів, а також змішане упорядкування - за одними - зростання, за іншими - спадання;
- 3) прискорення роботи з кортежами відносини;
- 4) організації зв'язування таблиць.

Нехай у відношенні  $R_1$  є не ключовий атрибут  $A$ , значення якого є значеннями ключового атрибуту  $U$  іншого ставлення  $R_2$ . Тоді кажуть, що атрибут  $A$  відносини  $R_1$  є зовнішній ключ.

Реляційна модель накладає на зовнішні ключі обмеження для забезпечення цілісності даних, зване посилальною цілісністю. Це означає, що кожному значенню зовнішнього ключа повинні відповідати рядка в пов'язують відносинах.

Оскільки не всякій таблиці можна поставити у відповідність ставлення, наведемо умови, виконання яких дозволяє таблицю вважати ставленням.

1. Усі рядки таблиці повинні бути унікальні, тобто не може бути рядків з однаковими первинними ключами.
2. Імена стовпців таблиці повинні бути різні, а значення їх простими, тобто неприпустима група значень в одному стовпці одного рядка.
3. Всі рядки однієї таблиці повинні мати одну структуру, що відповідає іменам і типам стовпців.
4. Порядок розміщення рядків в таблиці може бути довільним.

### *Операції з реляційними відношенням*

Основною одиницею опрацювання в операціях реляційної моделі є не запис (як у ієрархічних і мережевих моделях), а множина записів, тобто відношення в цілому. До основних операцій із відношеннями у реляційній алгебрі належать:

1. Об'єднання відношень. Об'єднанням відношень  $R = R_1 \cup R_2$  називається відношення  $R$ , яке складається з кортежів, які належать  $R_1$  або  $R_2$ . Операцію застосовують тільки до таких відношень, кортежі яких мають однакову довжину. Відношення  $R$  має кортежі тієї ж самої довжини. Приклад операції об'єднання відношень:

$R_1$	$R_2$	$R = R_1 \cup R_2$																											
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr><td>а</td><td>б</td><td>в</td></tr> <tr><td>д</td><td>е</td><td>а</td></tr> <tr><td>и</td><td>к</td><td>л</td></tr> </table>	а	б	в	д	е	а	и	к	л	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr><td>И</td><td>к</td><td>л</td></tr> <tr><td>Г</td><td>д</td><td>е</td></tr> </table>	И	к	л	Г	д	е	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr><td>а</td><td>б</td><td>в</td></tr> <tr><td>д</td><td>е</td><td>а</td></tr> <tr><td>и</td><td>к</td><td>л</td></tr> <tr><td>Г</td><td>д</td><td>е</td></tr> </table>	а	б	в	д	е	а	и	к	л	Г	д	е
а	б	в																											
д	е	а																											
и	к	л																											
И	к	л																											
Г	д	е																											
а	б	в																											
д	е	а																											
и	к	л																											
Г	д	е																											

2. Різниця відношень. Різницею відношень  $R=R_1 - R_2$  називається множина кортежів  $R$ , які належать  $R_1$ , але не належать  $R_2$ . Операцію застосовують лише до таких відношень, кортежі яких мають однакову довжину. Відношення  $R$  має кортежі тієї ж самої довжини. Приклад операції різниці відношень:

$R_1$	$R_2$	$R = R_1 - R_2$																					
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>А</td><td>б</td><td>в</td></tr> <tr><td>д</td><td>е</td><td>а</td></tr> <tr><td>и</td><td>к</td><td>л</td></tr> </table>	А	б	в	д	е	а	и	к	л	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>И</td><td>к</td><td>л</td></tr> <tr><td>Г</td><td>д</td><td>е</td></tr> </table>	И	к	л	Г	д	е	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>а</td><td>б</td><td>в</td></tr> <tr><td>д</td><td>е</td><td>а</td></tr> </table>	а	б	в	д	е	а
А	б	в																					
д	е	а																					
и	к	л																					
И	к	л																					
Г	д	е																					
а	б	в																					
д	е	а																					

3. Декартів добуток відношень. Для відношення  $R_1$  із довжиною кортежів  $k_1$  і відношення  $R_2$  з довжиною кортежів  $k_2$ , та декартів добуток цих відношень  $R = R_1 \times R_2$  – це таке відношення  $R$  з довжиною кортежів  $(k_1+k_2)$ , в яких перші  $k_1$  елементів створюють кортеж із відношення  $R_1$ , а решта  $k_2$  елементів – з відношення  $R_2$ . Приклад операції декартового добутку відношень

$R_1$	$R_2$	$R = R_1 \times R_2$																																																			
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>а</td><td>б</td><td>в</td></tr> <tr><td>д</td><td>е</td><td>а</td></tr> <tr><td>и</td><td>к</td><td>л</td></tr> </table>	а	б	в	д	е	а	и	к	л	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>и</td><td>К</td><td>л</td></tr> <tr><td>г</td><td>Д</td><td>е</td></tr> </table>	и	К	л	г	Д	е	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>а</td><td>б</td><td>в</td><td>и</td><td>к</td><td>л</td></tr> <tr><td>д</td><td>е</td><td>а</td><td>и</td><td>к</td><td>л</td></tr> <tr><td>и</td><td>к</td><td>л</td><td>и</td><td>к</td><td>л</td></tr> <tr><td>а</td><td>б</td><td>в</td><td>г</td><td>д</td><td>е</td></tr> <tr><td>д</td><td>е</td><td>а</td><td>г</td><td>д</td><td>е</td></tr> <tr><td>и</td><td>к</td><td>л</td><td>г</td><td>д</td><td>е</td></tr> </table>	а	б	в	и	к	л	д	е	а	и	к	л	и	к	л	и	к	л	а	б	в	г	д	е	д	е	а	г	д	е	и	к	л	г	д	е
а	б	в																																																			
д	е	а																																																			
и	к	л																																																			
и	К	л																																																			
г	Д	е																																																			
а	б	в	и	к	л																																																
д	е	а	и	к	л																																																
и	к	л	и	к	л																																																
а	б	в	г	д	е																																																
д	е	а	г	д	е																																																
и	к	л	г	д	е																																																

4. Проекція відношення. Проекція відношення  $R_1$  на компоненти  $i_1, i_2, \dots, i_m$ , - це таке відношення  $R = \Pi (R_1, i_1, i_2, \dots, i_m)$ , яке складається зі стовпців  $i_1, i_2, \dots, i_m$ , відношення  $R_1$ , взятих у вказаному порядку. Приклади операцій проекції відношення:

$R_1$ 

а	б	в
д	е	а
и	к	л

 $R = \Pi(R_{1,2})$ 

а	б
д	е
и	к

 $R = \Pi(R_{1,3,1})$ 

в	а
а	д
л	и

5. Селекція відношення. Операція селекції створює з відношення  $R_1$  нове відношення  $R=S(R_1, F)$  за формулою  $F$ , яка утворена:

- операндами, що є номерами стовпців;
- логічними операторами I, АБО, НЕ;
- арифметичними операторами зрівняння:  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $<=$ ,  $\#$ ,  $>=$ .

Приклади операцій селекції відношення:

 $R_1$ 

	б	в
	е	а
	к	л

 $R=(R_1, 1=a \text{ АБО } 1=d)$ 

а	б	в
д	е	а

 $R=(R_1, 2=d)$ 

и	к	л
---	---	---

Існують також інші операції реляційної алгебри, що мають самостійне значення: пересічення, частка, з'єднання тощо. Але ці операції можна отримати за допомогою вказаних раніше основних операцій. Наприклад, операція пересічення двох заданих відношень  $R_1$  і  $R_2$  створює нове відношення  $R$  за формулою  $R = R_1 \cap R_2 = R_1 \sim (R_1 - R_2)$ . Приклад операції пересічення відношень:

 $R_1$ 

и	к	а	н
с	а	м	д
и	к	б	в
а	л	р	б
д	в	е	и

 $R_2$ 

и	к	н	а
с	а	м	д
и	к	б	в
о	л	р	б
д	в	е	и

 $R = R_1 \cap R_2$ 

с	м	а	д
о	л	р	б

## 2.5 Система управління базами даних і банки даних

### *Система управління базами даних*

Системи управління базами даних (СУБД) є набором програмних засобів, необхідних для створення, використання і підтримки баз даних.

База даних – це набір даних з наступними властивостями:

- дані логічно пов'язані між собою і несуть відповідну інформацію;
- структура баз даних звичайно відповідає тому специфічному набору даних, які вона містить;
- бази даних відображають тільки окремі аспекти реального світу, що дає змогу визначити їх як "мікросвіт".

Система управління базами даних (СУБД) поєднує відомості з різних джерел в одній реляційній базі даних. Створювані форми, запити і звіти дозволяють швидко й ефективно оновлювати дані, отримувати відповіді на питання, здійснювати пошук потрібних даних, аналізувати дані, друкувати звіти, діаграми і поштові наклейки.

Системи управління даними першого покоління

СУБД першого покоління характерні тим, що кожна група користувачів розробляла своє власне програмне забезпечення по управлінню даними. Наслідками такої сепаратизації стало надмірне дублювання програмних кодів і даних.

Системи управління даними другого покоління

Файли взаємопов'язаних даних об'єднуються в бази даних. СУБД створюються для таких досвідчених користувачів, як програмісти.

Системи управління даними третього покоління

Можливості СУБД розширились. Створені розвинуті інтерфейси, що забезпечують інтерактивний доступ звичайним користувачам.

Переваги СУБД :

- скорочення надлишку даних;
- без баз даних неможливо уникнути зберігання надлишкових даних;
- при наявності центрального контролю баз даних деякі надлишкові дані можна усунути;
- надлишкові дані не можуть бути повністю усунені, оскільки велику роль в СУБД відіграють питання часу і достовірності.

У світі існує безліч СУБД. Незважаючи на те, що вони можуть по-різному працювати з різними об'єктами і надають користувачу різні функції й засоби, більшість СУБД спираються на єдиний устояний комплекс основних понять. Це дає нам можливість розглянути одну систему й узагальнити її поняття, прийоми й методи на весь клас СУБД.

## *Банки даних*

Банк даних — це людино-машинна система з відповідно організованими даними та технічними, програмними, мовними і організаційно-методичними засобами для забезпечення централізованого накопичення і колективного використання даних. БнД здійснює формування, коригування і зберігання всіх даних, необхідних для управління об'єктами, забезпечує багаторазовий і швидкий доступ до даних в процесі рішення задач.

В основу розробки БнД покладені такі принципи:

- єдність структурно-інформаційної організації масивів у БнД;
- одноразове введення первинної інформації з наступним комплексним її використанням;
- централізація накопичення, зберігання і обробки даних;
- робота з даними в різних режимах;
- оперативність доступу до даних.

## *Структура банку даних*

Банки даних за доступністю можуть поділятися на такі класи: загальнодоступні і з обмеженим колом користувачів; за ознаками використовуваних у них БД — на такі класи:

- локальні, загальні і розподілені;
- неструктуровані, частково структуровані і структуровані;
- документальні, фактографічні і лексикографічні;
- ієрархічні, мережні, реляційні і т. ін.

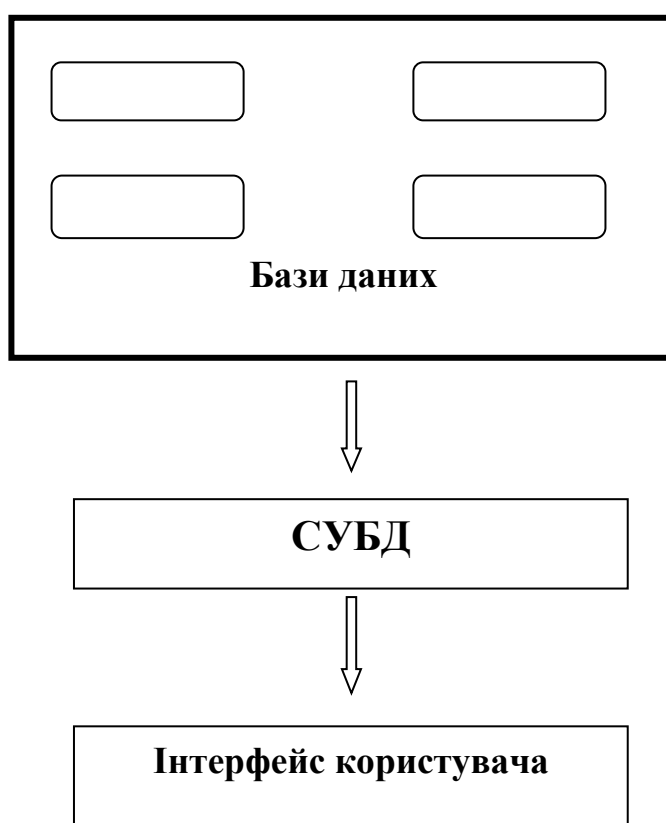
У структурному розумінні БнД складається з таких основних компонентів як база (бази) даних і система управління базами даних (СУБД) . Як людино-машинна система БнД включає у свою структуру також адміністратора системи, що відповідає за її функціонування (людина чи колектив людей), інтерфейс користувача (засоби зв'язку з користувачем).

Ядром БнД є база даних, що складається з масивів даних і описує предметну область. У ній нагромаджуються, поновлюються і зберігаються дані.

Як уже зазначалося, за видом даних БД поділяються на структуровані, частково структуровані і неструктуровані, а структуровані — на ієрархічні, сіткові (мережні), реляційні та інші (змішані, мультимодельні). Ця сама класифікація відповідно стосується й до СУБД.

Для спілкування користувачів з БнД призначені мовні засоби, які описують різні компоненти БнД. Мовні засоби включають мови опису даних, мови спілкування з БД та інші мовні засоби.

Взаємодію всіх частин інформаційної системи в процесі її функціонування забезпечують програмні засоби, які разом з мовними засобами і створюють СУБД. У сучасних умовах широкого розповсюдження локальних обчислювальних мереж потрібні потужні СУБД, які могли б забезпечити зручний і гнучкий інтерфейс управління вікнами, можливість ведення (ввід, дозапис, вилучення, друк) і підтримки розподілених БД та програм (на сервері і робочих станціях), переміщення додатків і швидкодію їх використання, використання різних мов програмування, єдність стандартних запитів (SQL), працездатність на робочих станціях з мінімальною пам'яттю і обладнанням.



*Рис. 2.6. Структурна схема взаємодії основних компонентів банку даних*

Технічною основою БнД є процесори, пристрої введення/виведення даних, зовнішні запам'ятовуючі пристрої, система зв'язку.

Нормативно-технологічні та інструктивно-методичні матеріали з організації й використання БнД є організаційно-методичними засобами БнД.



Відомості про предметну область та її інформацію, зміст і структуру БД, зв'язок між елементами БД і програмами забезпечує словник даних.

Адміністратор (людина або колектив людей) забезпечує керівництво надійною роботою банку, зберіганням і, у разі потреби, копіюванням інформації, організує роботу співробітників і користувачів банку.

## 2.6 Інформаційна мова SQL

### *SQL та Бази даних*

Стрімке зростання популярності SQL є однією з найважливіших тенденцій у сучасній комп'ютерній промисловості. За кілька останніх років SQL став єдиною мовою баз даних. На сьогоднішній день SQL підтримують понад ста СУБД, що працюють як на персональних комп'ютерах, так і на серверах. Був прийнятий, а потім доповнено офіційний міжнародний стандарт на SQL. Мова SQL є важливою ланкою в архітектурі систем управління базами даних, що випускаються всіма провідними постачальниками програмних продуктів, і служить стратегічним напрямом розробок компанії Microsoft в галузі баз даних. Зародившись у результаті виконання другорядного дослідницького проекту компанії IBM, SQL сьогодні широко відомий і в якості потужного ринкового фактора.



*Рис. 2.7. Застосування SQL для доступу до бази даних  
переробити малюнок*

SQL є інструментом, призначеним для обробки і читання даних, що містяться в комп'ютерній базі даних. SQL - це скорочена назва

структурованого мови запитів (Structured Query Language). Як впливає з назви, SQL є мовою програмування, який застосовується для організації взаємодії користувача з базою даних. Насправді SQL працює тільки з базами даних реляційного типу. На рис. 2.7 зображена схема роботи SQL. Відповідно до цієї схеми, в обчислювальній системі є база даних, в якій зберігається важлива інформація. Якщо обчислювальна система відноситься до сфери бізнесу, то в базі даних може зберігатися інформація про матеріальні цінності, що випускається продукції, обсяги продажів і зарплати. У базі даних на персональному комп'ютері може зберігатися інформація про виписаних чеках, телефонах і адресах або інформація, що витягує з більш великої обчислювальної системи. Якщо користувачеві необхідно прочитати дані з бази даних, він запитує їх у СУБД за допомогою SQL. СУБД обробляє запит, знаходить необхідні дані і посилає їх користувачеві. Процес запитання даних і отримання результату називається запитом до бази даних: звідси й назва структурований мова запитів. Однак ця назва не зовсім відповідає дійсності. По-перше, сьогодні SQL представляє собою щось набагато більше, ніж простий інструмент створення запитів, хоча саме для цього він і був спочатку призначений.

### *Можливості мови SQL*

Незважаючи на те, що читання даних як і раніше залишається однією з найбільш важливих функцій SQL, зараз ця мова використовується для реалізації всіх функціональних можливостей, які СУБД надає користувачеві, а саме:

Організація даних. SQL дає користувачеві можливість змінювати структуру даних, а також встановлювати відносини між елементами бази даних.

Читання даних. SQL дає користувачу або додатку можливість читати з бази даних містяться в ній, і користуватися ними.

Обробка даних. SQL дає користувачу або додатку можливість змінювати базу даних, тобто додавати в неї нові дані, а також видаляти або оновлювати вже наявні в ній дані.

Управління доступом. За допомогою SQL можна обмежити можливості користувача по читанню і зміні даних і захистити їх від несанкціонованого доступу. Спільне використання даних. SQL координує спільне використання даних користувачами, що працюють паралельно, щоб вони не заважали один одному. Цілісність даних. SQL дозволяє забезпечити цілісність бази даних, захищаючи її від руйнування через неузгоджені змін або відмови системи. Таким чином, SQL є достатньо

потужним мовою для взаємодії з СУБД. По-друге, SQL – це не повноцінний комп'ютерний мова типу COBOL, FORTRAN або С. У SQL немає оператора IF для перевірки умов, немає оператора GOTO для організації переходів і немає операторів DO або FOR для створення циклів. SQL є підмовою баз даних, до якого входить близько тридцяти операторів, призначених для управління базами даних. Оператори SQL вбудовуються в базовий мову, наприклад COBOL, FORTRAN або С, і дають можливість отримувати доступ до баз даних. Крім того, з такої мови, як С, оператори SQL можна посилати СУБД в явному вигляді, використовуючи інтерфейс викликів функцій.

Нарешті, SQL – це слабо структурований мову, особливо в порівнянні з такими сильно структурованими мовами, як С або Pascal. Оператори SQL нагадують англійські пропозиції і містять "слова-пустушки", які не впливають на зміст оператора, але полегшують його читання. У SQL майже немає нелогічностей, до того ж є ряд спеціальних правил, що запобігають створення операторів SQL, які виглядають як абсолютно правильні, але не мають сенсу.

Незважаючи на не зовсім точну назву, SQL на сьогоднішній день є єдиним стандартним мовою для роботи з реляційними базами даних. SQL – це досить потужний і в той же час відносно легкий для вивчення мову.

SQL – це легкий для розуміння мову і в той же час універсальне програмний засіб управління даними.

Успіх мови SQL принесли наступні його особливості:

- незалежність від конкретних СУБД;
- переносимість з однієї обчислювальної системи на іншу;
- наявність стандартів;
- схвалення компанією IBM (СУБД DB2);
- підтримка з боку компанії Microsoft (протокол ODBC);
- реляційна основа;
- Високорівнева структура, що нагадує англійську мову;
- можливість виконання спеціальних інтерактивних запитів;
- забезпечення програмного доступу до баз даних;
- можливість різного даних;
- повноцінність як мови, призначеного для роботи з базами даних;
- можливість динамічного визначення даних;
- підтримка архітектури клієнт / сервер.

Всі перераховані вище фактори призвели до того, що SQL став стандартним інструментом для управління даними на всіх комп'ютерах.



### Завдання для самостійної роботи.

1. Дайте визначення понять: носії інформації та форми даних, наведіть приклади.
2. Що таке концептуальна, інформаційна та математична модель?
3. Розкрийте сутність моделювання даних.
4. Наведіть приклади видів сутності, охарактеризуйте поняття відношення між сутностями.
5. Які існують різновиди відношень між сутностями?
6. Назвіть види атрибутів і класифікацію їхніх значень.
7. Дайте класифікацію шкал атрибутів.
8. Охарактеризуйте структуру і бази даних.
9. Що означає поняття доступу до записів файлів?
10. Розкрийте основні відомості мови SQL записів

### *Навчальний тест:*

1. За основними формами дані поділяються на:
  - 1) алфавітно-цифрові (текстові);
  - 2) табличні;
  - 3) надписи;
  - 4) графічні (рисунок, схеми, креслення та інші графічні зображення);
  - 5) картографічні (плани, карти, серії карт, атласи);
  - 6) відеодані (дані, які відображаються на екранах дисплеїв, телевізорів, табло);
  - 7) музичні;
  - 8) акустичні (дані, що передаються за допомогою звуків);
  - 9) машинні та інші дані.
2. (організація) даних – це:
  - 1) конкретно вибране відображення сутностей предметної області й відношень (зв'язків) між ними у вигляді масивів, списків, файлів, баз даних та інших інформаційних об'єктів відповідно до визначених правил і домовленостей.
  - 2) дані, які містять описи інших даних, мають назву метаданих, іншими словами, метадані;
  - 3) баз даних та інших інформаційних об'єктів згідно з визначеними правилами і домовленостями.

4) конкретно вибране відображення сутностей предметної області й відношень (зв'язків) між ними.

3. Моделювання даних, звичайно, включає етапи:

- 1) інфологічне (від інформаційне + логічне) моделювання;
- 2) датологічне;
- 3) реляційне;
- 4) методологічне;
- 5) поетапно – логічне.

4. Сутністю предметної області називають певну абстракція реально існуючого або вданого предмета, процесу, явища, стану, події, факта чи ідеї, про яку можна і необхідно зберігати дані в інформаційній системі, іншими словами, це:

- 1) все те, про що можлива і необхідна інформація;
- 2) іменована множина (набір) однорідних сутностей, кожна з яких характеризуються одним і тим же самим визначеним складом характеристик.
- 3) конкретна окрема сутність, що належить до певного типу (множини) сутностей і характеризується своїм ідентифікатором та конкретними значеннями характеристик.

5. Атрибути поділяються на:

- 1) прості;
- 2) складні;
- 3) комплексні;
- 4) відносні;
- 5) прикладні.

6. Відношення між типами сутностей поділяються на:

- 1) обов'язкові;
- 2) необов'язкові;
- 3) спільно обмежені;
- 4) частково обмежені;
- 5) необмежені.

7. Якість даних характеризується комплексом показників, до яких належать:

- 1) адекватність;

- 2) суперечність;
- 3) цілісність;
- 4) обмеженість;
- 5) збитковість (дублювання);
- 6) актуальність (сучасність);
- 7) достовірність;
- 8) потенційність;
- 9) повнота;
- 10) точність;
- 11) генералізованість;
- 12) прозорість;
- 13) релевантність;
- 14) доступність.

#### 8. Масив – це:

- 1) іменована сукупність однорідних елементів (простих або складних інформаційних змінних), упорядкованих за своїми індексами;
- 2) натуральне число чи впорядкована множина таких чисел, які однозначно визначають положення цього елемента в масиві. Індекс можна розглядати як ідентифікатор елемента масиву;
- 3) масив, елементи якого впорядковані, тобто збільшуються або зменшуються, якщо вони числові, чи розміщуються в лексикографічному порядку, якщо вони символічні;
- 4) структура даних, що являє собою логічно зв'язану послідовність елементів списку (записів), тобто простих або складних інформаційних змінних.

#### 9. Проектування бази даних включає такі етапи:

- 1) інфологічне проектування (розробку інфологічної моделі даних);
- 2) датологічне проектування (розробку логічної та фізичної моделей бази даних);
- 3) області складання переліків їхніх властивостей і встановлення суттєвих зв'язків між ними;
- 4) об'єднання уявлень про предметну область і створення інтегрованої інфологічної моделі;
- 5) визначення меж предметної області, її обмеження та перелік складових чинників.

10. Основні типи даних можуть бути представлені такому моделями як:

- 1) ієрархічна;

- 2) реляційна;
- 3) декартова;
- 4) селекційна;
- 5) якісно логічна.

**Ключ до навчального тесту:**

1 -1, 2, 4, 5, 6; 2 -1, 3 -1, 2; 4 -1; 5 -1, 2; 6 -1, 2;  
7 -1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14; 8 -1; 9 -1, 2; 10 -1.

## Розділ 3

### ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

#### 3.1. Носії просторових даних

##### *Просторові дані та їх носії*

Цей розділ присвячений способам організації в ЗІС просторових даних, тобто даних про просторові об'єкти. Загалом під *даними про просторовий об'єкт* розуміють трійку:

$$D = (M, P, Q),$$

де  $M$  – ідентифікатор (ім'я, мітка) певного просторового об'єкта;  $P$  – геометричні;  $Q$  – атрибутивні (тематичні) дані про цей об'єкт. Часто геометричні дані  $P$  називають *просторовими*, або *метричними*, а атрибутивні  $Q$  – *непросторовими* даними про просторовий об'єкт. Слід зазначити, що деякі атрибутивні дані можуть мати зміст тільки для визначених множин об'єктів, а не для поодиноких об'єктів (наприклад, така інтегральна оцінка території, як ступінь її сільськогосподарського освоєння).

*Геометричні дані про об'єкт* – це дані про певну геометричну фігуру, її форму й властивості, взаємне розташування і властивості окремих її частин. Можна розглядати геометричні фігури в *одновимірному* просторі  $R^1$ , *двовимірному* просторі  $R^2$  і в *тривимірному* просторі  $R^3$ .

У загальному розумінні *геометрична фігура* являє собою множину точок у просторі  $R^1$ ,  $R^2$  або  $R^3$ , яка складається з кінцевої кількості точок, ліній, поверхонь та тіл. Зокрема, геометричними фігурами є й самі точки, лінії, поверхні і тіла. *Розмірність* (кількість вимірів) геометричної фігури – це число, яке дорівнює нулю, якщо фігура є точкою, дорівнює одиниці, якщо фігура є лінією, дорівнює двом, якщо фігура є поверхнею, і дорівнює трьом, якщо фігура являє собою тіло. Розмірність фігури визначає кількість координат, потрібних для визначення положення точки, яка лежить на цій фігурі. Вона не може перевищувати розмірності простору, що розглядається.

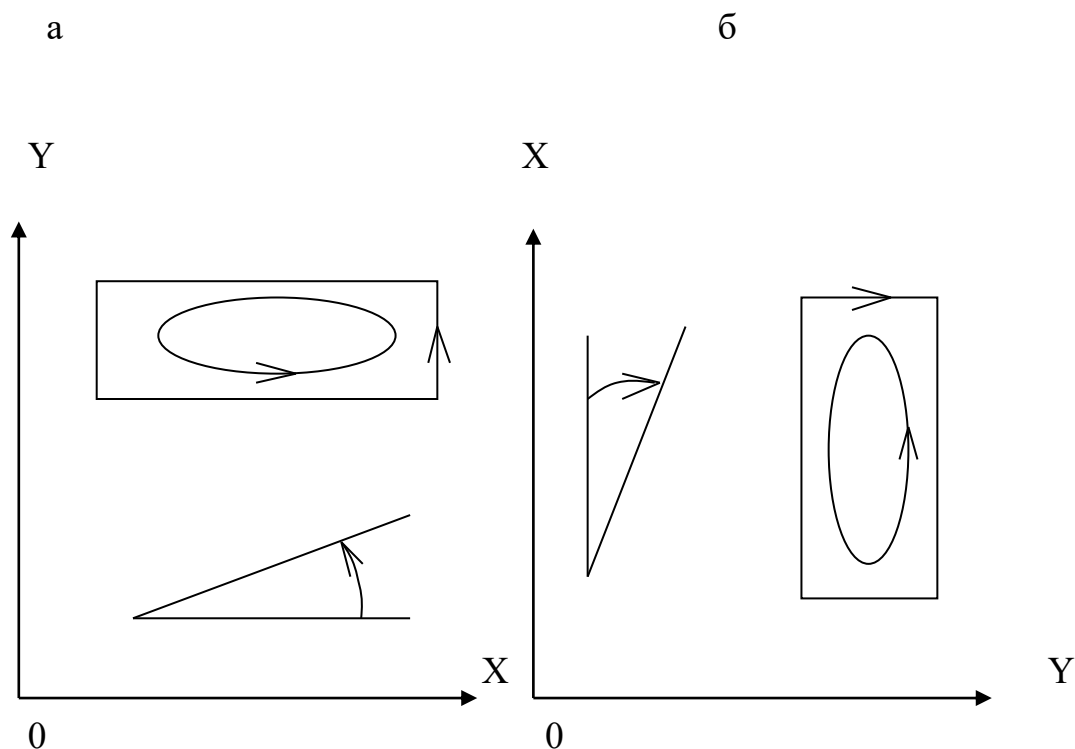
Геометрична фігура може бути *простою* (наприклад, точка або



відрізок прямої лінії) чи *складною*, тобто мати власну внутрішню структуру (скажімо, дерево як модель річкового басейну або плоский граф як модель ґрунтового покриву). *Компонента фігури* – її довільна частина, яка є також певною геометричною фігурою. Компоненти мають усі фігури, крім точок. Розгляд *ієрархії* геометричних фігур у процесі їх вивчення дає багато переваг і зручностей.

У геоінформаціці геометричні дані про ті чи інші об'єкти (дані про геометричні фігури) розглядають, як правило, в нерозривному зв'язку з атрибутивними даними про ці об'єкти. Щоб підкреслити вказаний зв'язок, геометричну фігуру та її складові називають *носіями* атрибутивних (тематичних) даних.

В основі даних про геометричні фігури в інформаційних системах лежить метод координат. *Координати* – це числа, взяті у визначеному порядку, які характеризують положення точки на лінії, площині, на поверхні або в тривимірному просторі. Залежно від мети дослідження того чи іншого об'єкта вибирають різні системи координат.



**Рис. 3.1. Декартові прямокутні системи координат:  
 а) – права, б) – ліва  
 Стрілками показана додатна і від'ємна орієнтація кутів,  
 контурів областей і вирізів у них**

На площині й у просторі найуживанішими є системи *декартових прямокутних координат*. *Праву систему* декартових прямокутних координат (рис. 3.1) широко використовують у геометрії, а *ліву систему* декартових прямокутних координат – у геодезії та математичній картографії. Так, координати точок картографічного зображення в проекції Гаусса – Крюгера подаються у лівій системі координат, причому застосовуються умовний запис ординат, в якому до фактичного значення ординати додається 500 000 м, а зліва дописується номер шестиградусної координатної зони. Наприклад, для ординати  $y = -127893,6$  м і сьомої координатної зони умовний запис має вигляд  $Y = 7372106,4$  м.

географічних просторових даних тісно пов'язано з використанням різноманітних картографічних проекцій. *Картографічна проекція* – це математично визначений спосіб зображення всієї поверхні земного еліпсоїда або будь-якої його частини на площині, при якому кожній точці поверхні взаємно-однозначно відповідає точка площини, що називається її *зображенням*. Для зображення відносно невеликих ділянок земної поверхні найчастіше використовують проекції Гаусса-Крюгера, Меркатора та їхні різновиди.

#### *Точки і точкові множини*

Найпростішою геометричною фігурою є *точка*, яка характеризується тільки її положенням (розміщенням). Розмірність точки дорівнює нулю. У просторі  $R^2$  точка може бути задана декартовими прямокутними координатами  $(X, Y)$ , а в  $R^3$  – декартовими прямокутними координатами  $(X, Y, Z)$ .

Сукупність точок, що при певному застосуванні розглядаються як єдине ціле, утворює *точкову множину*. Вона може слугувати геометричною моделлю сукупності геодезичних пунктів гідрогеологічних свердловин, ґрунтових розрізів, стародавніх курганів метеорологічних станцій, цукрових заводів, населених пунктів тощо.

Точки, які створюють точкову множину, називається її *елементами*. Кількість елементів кінцевої множини виражається натуральним числом і називається *потужністю* цієї множини.

Розташування точок множини на площині може бути випадковим або підкорятися певному закону. В останньому випадку точкова множина називається *регулярною*. Найважливішим є розташування точок у вузлах *планігональної сітки*, тобто сітки, яка розбиває площину на *плані гони* – рівні правильні багатокутники (трикутники, чотирикутники, п'ятикутники, та ін.). Всього існує 46 правильних розбивок площини (так званих сіток Шубникова – Лавеса). Приклади наведено на рисинку 3.2, найуживаніші в практиці сітки показані у лівій колонці.

## Плоскі лінії

*Плоска лінія* – це геометрична фігура розмірності 1, яка повністю розміщується на одній площині. Лінія може, бути геометричною моделлю адміністративного кордону, межі населеного пункту, кварталу, земельної ділянки, берега моря або озера, дороги, меліоративної каналі, лінії електропередачі, вододілу, брівки яру, окраїни лісу, ґрунтового контуру тощо.

Прийнято розрізняти *прямі* й *криві* лінії. У практиці звичайно, мають справу не стільки з самими лініями, скільки з їхніми частинами відрізками прямих і дугами кривих. *Відрізок* (сегмент) прямої являє собою множину точок прямої, які розміщені між її фіксованими точками А та В, включаючи й самі точки. Аналогічно *дуга* – це частина кривої, замкненої між двома її фіксованими точками А і В, включаючи й самі точки. Точки А і В є кінцями відрізка або дуги.

Якщо одна з двох можливих упорядкованостей точок лінії фіксована, то така лінія вважається наділеною напрямком (орієнтацією). Відповідним чином розрізняють *неорієнтовані* та *орієнтовані* відрізки прямих і дуги кривих ліній. Орієнтований (спрямований) відрізок є геометричним м *вектора*.

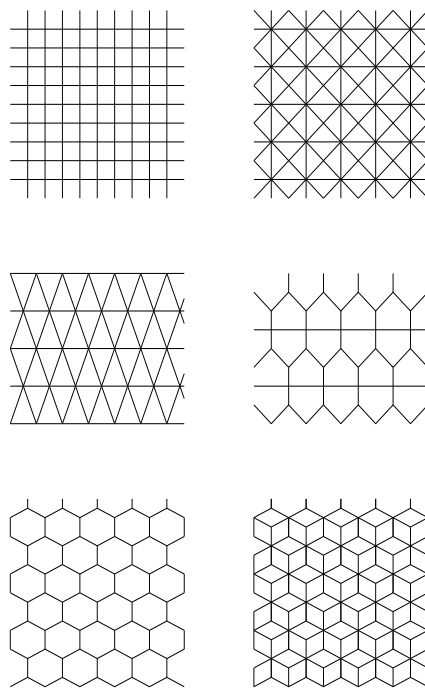
Кожну замкнуту просту криву можна орієнтувати проти руху стрілки годинника або за її рухом. Нагадаємо, що в правій декартовій системі координат додатні кути відраховуються проти руху стрілки годинника, а в лівій – за її рухом.

У загальному випадку плоска лінія може бути задана:

- таблицею координат точок (вузлів, полюсів), які лежать на ній;
- аналітично - в параметричній або непараметричній (явній чи неявній) формі.

*Параметрично задана* лінія являє собою множину таких точок площини, координати яких є безперервними функціями  $x = f(s)$ ,  $y = g(s)$  дійсного параметра  $s$ , заданого на відрізку  $[a, b]$ . Цей відрізок однозначно визначає сегмент прямої або дугу кривої лінії. При параметричному заданні ліній найчастіше використовують натуральні та нормалізовані параметри. *Натуральний параметр кривої* – це такий параметр у її параметричних рівняннях, який за абсолютною величиною дорівнює довжині дуги від фіксованої точки кривої й має різні знаки в різних напрямках від цієї точки. *Нормалізований параметр кривої* – це такий параметр, який для заданої дуги належить відрізку  $[a = 0, b = 1]$ , тобто при русі від одного кінця дуги до другого змінюється від 0 до 1. Параметричні функції придатні для замкнутих і багатозначних кривих.

*Явна аналітична функція* є функцією виду  $y = f(x)$ , заданою у вигляді



**Рис. 3.2. Планігональні сітки**

аналітичного виразу відносно свого аргументу  $x$ . Така функція не може подавати замкнуті або багатозначні криві. *Неявна аналітична функція* – це функція виду  $F(x, y) = 0$ , що визначає  $y$  функцією від  $x$  наступним чином:  $y(x)$  є таке значення змінної  $y$ , яке разом із цим значення  $x$  задовольняє рівнянню  $F(x, y(x)) = 0$ . Інакше кажучи,  $y = f(x)$  є розв’язком рівняння  $F(x, y) = 0$  при фіксованому  $x$ .

Найпростіша плоска лінія – це пряма. Пряма лінія не має кривизни, (її загальне (повне) рівняння в декартовій прямокутній системі координат має такий вигляд:

$$Ax + By + C = 0,$$

де коефіцієнти  $A$  і  $B$  одночасно не дорівнюють нулю. Відрізок прямої може бути заданий координатами його кінців.

У багатьох випадках використовують *криві другого порядку* (конічні січення, квадрати), тобто алгебраїчні криві, порядок яких дорівнює двом, а загальне рівняння в декартовій прямокутній системі координат має такий вигляд:

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0,$$

де коефіцієнти  $A$ ,  $B$  і  $C$  одночасно не дорівнюють нулю. До кривих другого порядку належать коло, парабола, еліпс та гіпербола.

Дуга кривої другого порядку може бути задана різними способами. Якщо у загальному рівнянні кривої відкласти  $C = 1$ , то для визначення п'яти коефіцієнтів, що залишилися, потрібно задати п'ять незалежних умов, наприклад, дві кінцеві точки, нахил кривої в кожній із них і проміжну точку, через яку проходить дуга. Якщо відкласти  $B = 0$  і  $C = 1$ , то дуга

кривої визначатиметься за допомогою лише чотирьох умов: необхідно задати дві кінцеві точки й два кінцевих нахили кривої. Якщо відкласти  $A=1, B=0, C=1$ , то трьома умовами, необхідними для знаходження коефіцієнтів  $D, E$  та  $F$  можуть бути дві кінцеві точки й нахил кривої в одній із них. Можна також задавати дві кінцеві точки та одну внутрішню точку дуги кривої.

*Крива третього порядку* – це алгебраїчна крива, яка має загальний вигляд  $F(X, Y) = 0$ , де  $F$  – поліном ступеня 3. Прикладами кривих третього порядку можуть бути кубічна парабола, параболічна гіпербола, декартів аркуш тощо.

### *Таблично задані криві та сплякни*

*Табличне задання* плоскої кривої означає, що:

- відомі координати впорядкованої множини точок (*вузлів* або *і полюсів*)  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , які належать цій кривій;
- визначено спосіб *інтерполяції*, тобто спосіб знаходження наближених значень координат точок кривої, що лежать між її вузлами.

Вузли кривої можуть бути розміщені *рівномірно* (з постійним кроком по одній із координат або по параметру) й *нерівномірно*. В останньому випадку до вузлів кривої переважно включаються її характерні точки, а саме точки *екстремумів* (максимумів і мінімумів), максимальної кривизни, перегину тощо.

Серед численних способів інтерполяції найпростішою є *лінійна інтерполяція*. Для криволінійної інтерполяції широко використовуються відомі *інтерполяційні формули* Лагранжа, Ньютона, Бесселя, Ерміта та ін.

Ефективним математичним апаратом кривих складної форми є *сплякни*. Основна ідея спляйн-інтерполяції таблично-заданої функції полягає в тому, що для одержання достатнього наближення замість побудови інтерполяційного багаточлена високого ступеня застосовують кускову інтерполяцію лінії значно простішими функціями. Ті чи інші види спляйнів вибирають залежно від вимог, які ставляться до наближення кривої, а саме до її гладкості, точності та інших характеристик, а також до витрат часу на виконання потрібних розрахунків. Краще інших вивчені і частіше використовуються на практиці *кругові, поліноміальні і раціональні сплякни*, а також *криві Безьє і B-сплякни*.

*Круговий спляйн* являє собою гладеньку криву лінію, яка складається з множини сполучених одна з одною дуг кіл. Для визначення такого спляйну необхідно задати, крім координат вузлових точок кривої, ще й нахили кривої в цих точках або центри чи радіуси відповідних кіл.

Одна з інтерполяційних схем побудови *параболічного* спляйну між вузлами  $P_1$  і  $P_2$  передбачає використання послідовності з чотирьох вузлів

кривої  $P_0, P_1, P_2, P_3$ . Через вузли  $P_0, P_1$  і  $P_2$  проводиться перший, а через вузли  $P_1, P_2, P_3$  – другий параболічний сегмент. Підсумкову кубічну криву між вузлами  $P_1$  і  $P_2$  одержують шляхом усереднення координат точок двох парабол, за допомогою лінійної вагової функції. На відміну від звичайної інтерполяції за чотирма сусідніми точками, ця підсумкова крива не проходить через вузли  $P_0, P_3$ , але забезпечує гладкість у всіх заданих вузлових точках.

Із *поліноміальних* сплайнів у практиці найуживаніші *кубічні*. Це визначається, зокрема, тим, що алгоритми одержання коефіцієнтів рівнянь кубічних сплайнів відносно прості й ефективно реалізуються на комп'ютері, а сам кубічний поліном являє собою криву найнижчого ступеня, яка ще допускає точку перегину і, крім того, має ряд інших цінних властивостей. При всьому цьому кубічні сплайни найприроднішим чином забезпечують побудову по заданих точках кусково-аналітичних кривих ліній із безперервними як першою, так і другою похідними.

Кубічний сплайн на кожному з відрізків між заданими вузлами визначається функцією загального вигляду:

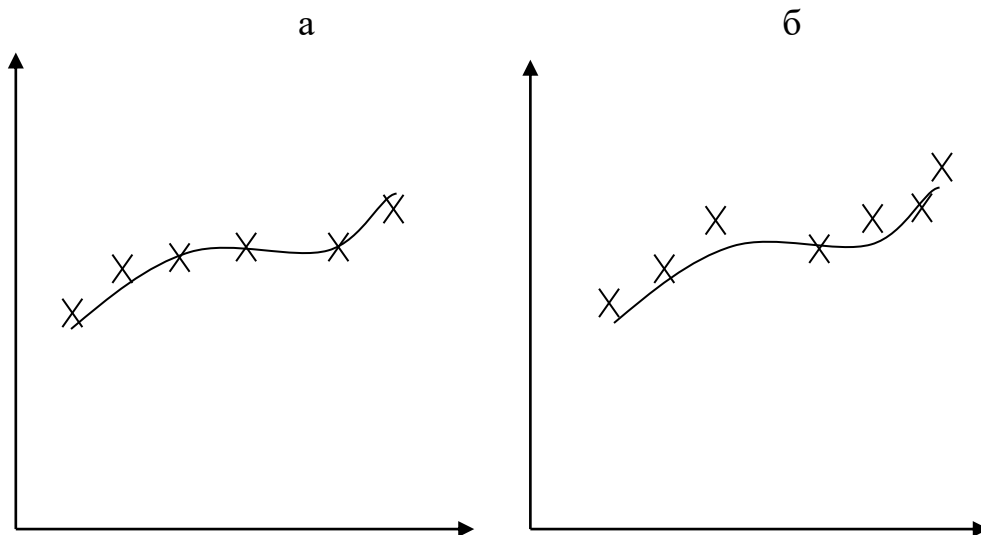
$$y = y(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D.$$

Для побудови сплайну на одному відрізку треба визначити чотири коефіцієнти, а саме  $A, B, C$  і  $D$ . Для побудови сплайну, який проходить через  $N$  заданих вузлових точок, потрібно визначити  $4(N-1)$  коефіцієнтів, а для цього необхідно мати відповідну кількість рівнянь. Умови проходження сплайну через задані вузлові точки дають у сумі  $2(N-1)$  співвідношень. Крім того, треба забезпечити рівність значень перших двох похідних сплайну в усіх внутрішніх вузлах, що дає загалом ще  $2(N-2) = 2(N-1)-2$  рівняння. Дві умови, які ще додатково потрібно мати, звичайно, задаються у вигляді обмежень на значення сплайну і його похідних на кінцях відрізка і називаються *крайовими* (граничними). Крайовими умовами можуть, наприклад, бути відомі значення перших похідних на кінцях лінії, рівність нулю других похідних на кінцях лінії.

Дані про кубічний сплайн включають координати усіх вузлових точок і або коефіцієнти багаточленів (по чотири для кожної пари суміжних вузлів) чи параметри для їх швидкого вирахування, скажімо, значення похідних у вузлах. Широко застосовують також кубічних сплайнів у параметричній формі, що дає змогу одержувати відносно прості кусково-аналітичні кривих дуже складної форми (таких, як горизонталі, берегові лінії озер і річок).

Зазначимо, що сплайни можуть бути використані не тільки для інтерполяції кривих, заданих своїми вузлами, але й для побудови

згладжуючих кривих (рис. 3.3). Математичний апарат згладжування ліній широко застосовується, зокрема, в комп'ютерній картографії для генералізації (спрощення) форми лінійних об'єктів.



**Рис. 3.3. Сплайни:**  
**а) – інтерполяційний; б) – згладжуючий**

### *Ламані та змішані лінії*

*Ламана лінія* (полігон) – це сукупність відрізків (*сторін* або ланок ламаної)  $A_1-A_2, A_2-A_3 \dots, A_{n-1}-A_n$ , де точки  $A_1, A_2, \dots, A_n$  (*вершини* ламаної лінії) – всі різні й ніякі послідовні три з них не лежать на одній прямій. Якщо несуміжні сторони ламаної лінії не мають ніяких спільних точок, то така ламана лінія називається *простою*. Якщо ж точки  $A_1$  і  $A_n$  збігаються, то така ламана називається *замкнутою*. Наголосимо, що довільна ламана лінія може бути одночасно і простою, й замкнутою.

За аналогією з ламаною лінією (прямолінійним полігоном) можна ввести поняття про *змішану лінію* або *полілінію* (криволінійний полігон), тобто безперервну кусково-гладку лінію, яка складається з кінцевої кількості ланок. *Ланками* змішаної лінії можуть бути не тільки відрізки прямих, але й дуги аналітичних кривих, сплайни і таблично-задані криві. *Вершини* змішаної лінії можна розділити на точки злому й точки гладкого сполучення. Як і звичайні ламані, змішані лінії можуть бути одночасно простими, замкнутими або тими й іншими.

## Плоскі графи

У математичній теорії графів *кінцевий граф* – це пара  $(X, R)$ , де  $X$  – непорожня множина, елементи якої називаються *вершинами*, а  $R$  – бінарне відношення, задане на  $X$ , тобто множина пар пов'язаних між собою вершин з  $X$ . Якщо між вершинами  $X_1$  і  $X_2$  з  $X$  існує симетричне відношення  $R$  (тобто таке відношення, що якщо існує зв'язок між  $X_1$  та  $X_2$ , то існує також і зв'язок між  $X_2$  та  $X_1$ ), тоді трійка  $(X_1 R X_2)$  називається *ребром* графа. Якщо ж відношення  $R$  несиметричне, то трійка  $(X_1 R X_2)$  називається *дугою* (орієнтованим ребром). У зв'язку з цим усі графи поділяються на *неорієнтовані*, *орієнтовані* й *змішані*. Якщо однією з вершин, які сполучає між собою певне ребро  $A$ , є вершина  $B$ , то в такому випадку кажуть, що ребро  $A$  *інцидентне* вершині  $B$  і навпаки.

Якщо  $X$  – точки простору, а  $R$  – відрізки прямих або дуги кривих, які сполучають ці точки, то відповідний граф називається *геометричним*. Серед геометричних графів найпростіші для розуміння плоскі (рис. 3.4).

Геометричний граф називається *плоским*, якщо всі його вершини й ребра (дуги) належать певній одній площині. Як і графи загального виду, плоскі можуть бути неорієнтованими орієнтованими та змішаними. Два ребра (дуги) плоского графа не можуть мати між собою ніяких спільних точок крім кінцевих. Якщо ж обидві кінцеві точки ребра (дуги) збігаються, то таке замкнуте ребро, або дуга називається *петлею*.

Плоскі графи використовують для розв'язання широкого кола задач – визначення найкоротшого маршруту і відшукування шляху, який забезпечує при переміщенні мінімальної затрати часу. Зокрема, плоский граф загального виду може розглядатись як геометрична модель земельно-кадастрової карти.

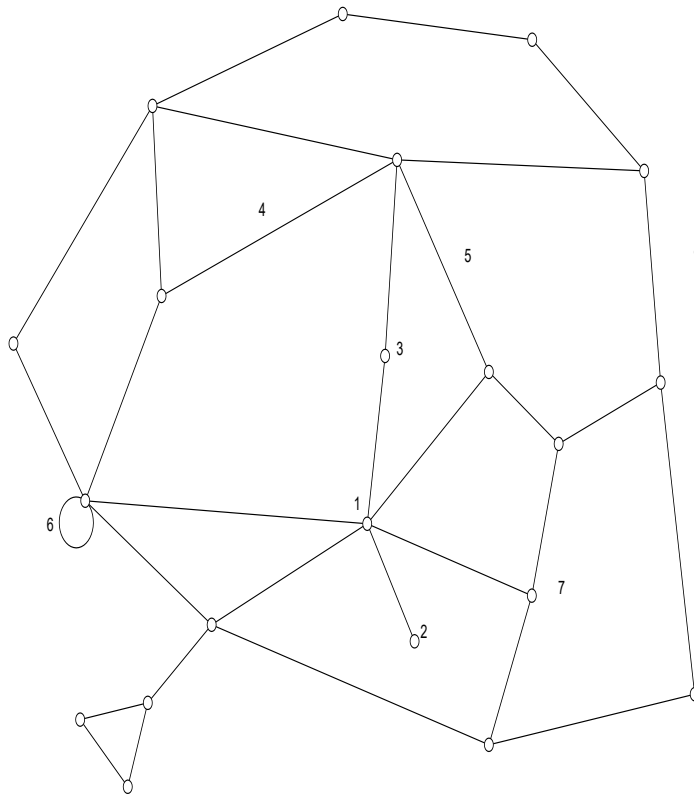
Існують різні способи задання плоских графів. Так, плоский граф може бути заданий шляхом:

- перерахунку усіх його ребер або дуг;
- перерахунку для кожної вершини множини вершин, які з нею суміжні;
- за допомогою матриці інцидентності;
- за допомогою матриці суміжності.

Для неорієнтованого графа в *матриці інцидентності*  $(B_{ij})$  елемент  $B_{ij} = 1$ , якщо  $i$ -та вершина й  $j$ -те ребро інцидентні та  $B_{ij} = 0$  у протилежному випадку. Для орієнтованого графа без петель маємо:



$$B_{ij} = \begin{cases} +1, & \text{якщо } j\text{-та дуга виходить з } i\text{-ї вершини;} \\ -1, & \text{якщо } j\text{-а дуга заходить в } i\text{-ту вершину;} \\ 0, & \text{якщо } j\text{-а дуга не інцидентна } i\text{-й вершині.} \end{cases}$$



**Рис. 3.4. Приклад зв'язного плоского графа:**

**Цифрами позначені:**

**1 – вузол; 2 – висячий вузол; 3 – псевдовузол; 4 – неорієнтована дуга; 5 – орієнтована дуга (ребро); 6 – петля; 7 – грань; 8 – універсальна (безкінечна) грань**

У матриці суміжності ( $A_{ij}$ ) елемент  $A_{ij}$  дорівнює кількості ребер (дуг), які сполучають вершини  $V_i$  і  $V_j$ , тобто йдуть із вершини  $V_i$  у вершину  $V_j$ . Якщо Ж ці вершини несуміжні, то  $A_{ij} = 0$ .

Велике практичне значення мають графи зокремленого виду, показані на рисунку 3.5, а саме:

- графи, кожна компонента зв'язності яких є *простим циклом* (прямолінійним чи криволінійним багатокутником);
- графи, що не мають циклів (*дерева*);
- графи, кожна грань яких є правильним багатокутником (*планігональні сітки*);
- графи кожна грань яких є трикутником (триангуляційні сітки,

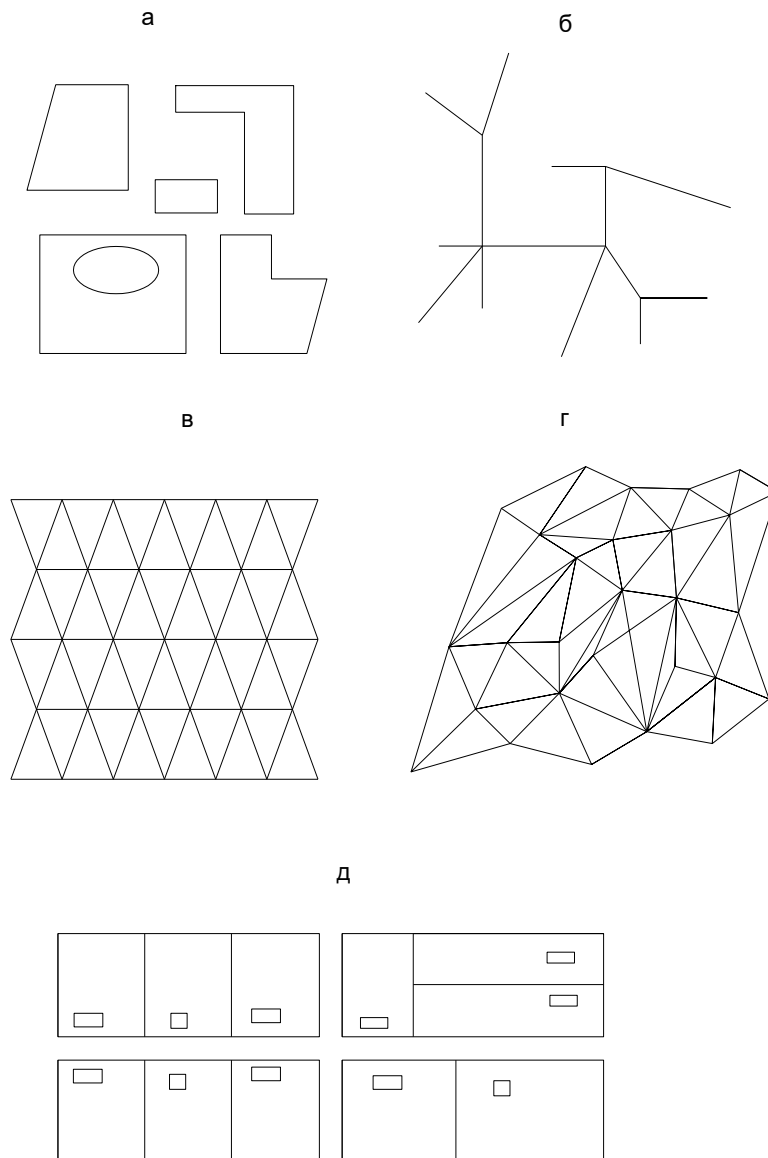
або *триангуляції*);

— графи, в яких немає висячих вершин і кожне ребро є краєм у точності двох граней (*полігональні сітки* або *багатокутні графи* за Оре).

Для полігональної сітки справедлива така *формула Ейлера*:

$$V - E + C = 2,$$

де  $V$  – кількість вершин,  $E$  – кількість ребер і  $C$  – кількість багатокутників включаючи і зовнішній (безкінечний).

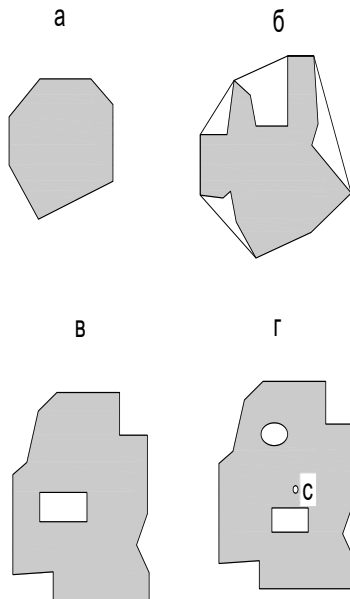


**Рис. 3.5. Приклади графів спеціального виду:**

*a* – граф, компоненти зв'язності якого є простими циклами; *б* – дерево; *в* – планігональна сітка; *г* – триангуляція; *д* – полігональна мережа.

## Плоскі області

В геометрії *плоска область* (дивись приклади на рис. 3.6) - це двовимірний (площинний) об'єкт, який уявляє собою частину площини, обмежену заданою послідовністю замкнутих дуг ліній. Області можуть служити геометричними моделями таких просторових об'єктів, як адміністративно-територіальні утворення, одиниці (таксони)



**Рис. 3.6. Приклади областей:**

***а) – однозв'язна опукла область; б) – однозв'язна неопукла область (L– її опукла оболонка); в) – двозв'язна область; г) – багатозв'язна область (С – її центроїд)***

територіального районування і зонування, населені пункти, квартали, земельні ділянки і розташовані в їх межах будівлі, сільськогосподарські угіддя, озера і ставки, контури фунтів, захисних зон і т.д.

*Границя області* являє собою або одну замкнуту просту дугу, або множину з кінцевої кількості примикаючих одна до одної простих дуг ліній. *Орієнтована границя області* – це така границя, кожній дузі якої присвоєно напрямок (тобто визначено, яку точку слід вважати початком, а яку - кінцем) і притому так, щоб початок кожної наступної дуги був кінцем попередньої.

У правій декартовій прямокутній системі координат площа області, що обмежена орієнтованим контуром, вважається додатною, якщо границя області орієнтована проти годинникової стрілки (тобто внутрішність

області залишається зліва від того, хто рухається по її границі в додатному напрямку) і від'ємною – у протилежному випадку.

Область називається *опуклою*, якщо їй належать усі точки будь-якого відрізка, що сполучає дві довільні точки, які належать цій області. Для кожної заданої області  $M$  може бути побудована *опукла оболонка* - найменша опукла область, що містить  $M$ , тобто пересічення всіх опуклих областей, які містять  $M$ .

Область може розглядатися і як криволінійна багатокутна фігура (криволінійний багатокутник, криволінійний полігон), тобто частина площини, границя якої складається з однієї чи декількох простих (змішаних) ліній. Слід зазначити, що в геометрії термін *багатокутник* (полігон) використовується у двох значеннях – і як лінія, і як частина площини. Границя фігури та її довжина називаються також *периметром*. *Центроїд* – це певна внутрішня точка області (полігона), яка, звичайно, слугує для його ідентифікації.

Розрізняють області *прості* (однозв'язні) й *складні* (багатозв'язні). На відміну від простої, складна область має внутрішні границі, що називаються дірами, островами, анклавми, вкрапленнями тощо. *Зв'язна область* – це така, будь-які дві точки якої можуть бути сполучені дугою, що належить цій області. Однозв'язна область має такі властивості: будь-який замкнутий контур, що лежить в області, можна безперервним чином стягнути у точку, не залишаючи цієї області. В протилежному випадку область багатозв'язна. Для багатозв'язної області визначається *порядок зв'язності*, наприклад, кільцева область (бублик) є двозв'язною.

Розглянутий вище плоский граф являє собою загальну модель не тільки множини лінійних об'єктів, але й множини прилеглих одна до одної областей, які називаються *гранями* плоского графа. Кожне ребро належить хоча б одній грані й ніяке ребро (на відміну від вершини) не може належати краям більш як двох граней. При цьому одна з граней плоского графа є *зовнішньою* (безкінечною). Всю множину областей, які визначаються плоским графом, можна назвати областю з кусковою структурою, або *поліобластю*.

### *Смуги і стрічки*

Як геометричні фігури, смуги і стрічки займають певне проміжне положення між лініями і областями. Вони можуть бути геометричними моделями таких об'єктів, як шляхи, вулиці, меліоративні канали і канали лісосмуги, охоронні зони малих річок тощо.

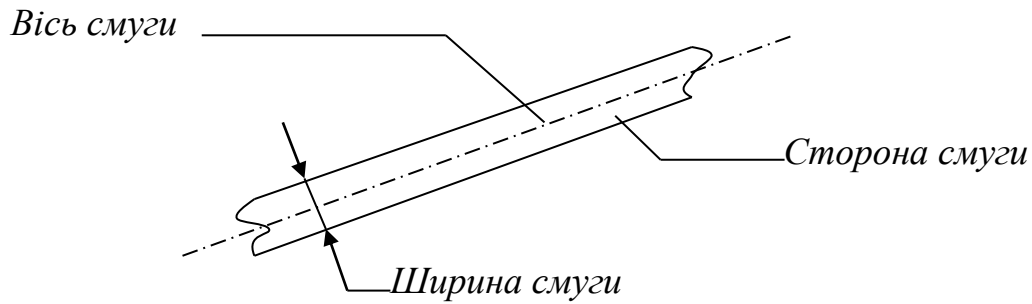


Рис. 3.7. Смуга

Смуга (рис. 3.7) – це частина площини, яка розміщена між двома паралельними прямими на цій, площині, включаючи і ці прямі (сторони смуги). Відстань між вказаними прямими називається *шириною* смуги, а пряма, яка паралельна сторонам смуги й поділяє її на дві різні частини, – *віссю* смуги. За аналогією з прямими лініями для смуг може бути введене поняття *відрізка* (сегмента) смуги.

Поняття стрічки розширює поняття смуги на ламані, криві та змішані лінії (див. п. 3.1.5). *Стрічка* (рис. 3.8) – це частина площини, яка розміщена між двома еквідистантами, побудованими відносно заданої ламаної, кривої або змішаної лінії  $U$  (*осі стрічки*) зліва і справа від неї на відстані  $R$ . Величина  $2R$  називається *шириною* стрічки. *Еквідистанта* (лінія однакових відстаней) – огинаюча кіл радіуса  $R$ , розташованих з однієї сторони від даної кривої  $U$ . При цьому сама крива  $U$  називається *базою* еквідистанти, а радіус  $R$  – її *висотою*. За аналогії з кривими лініями для стрічок може бути введене поняття *дуги* (сегмента) стрічки.

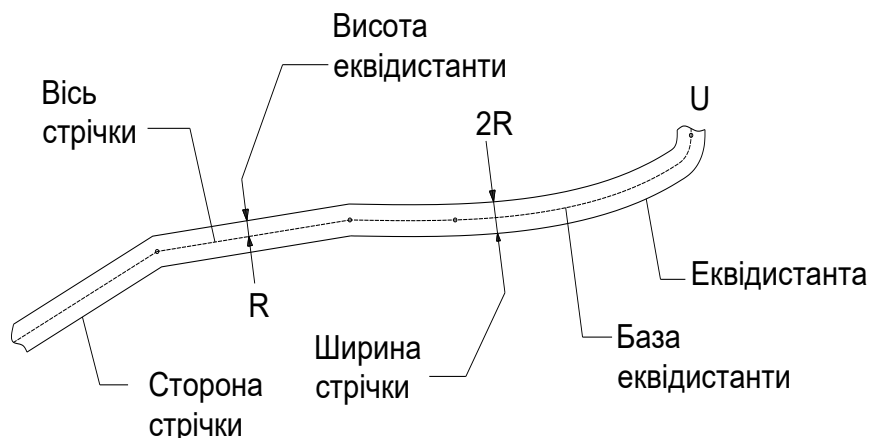


Рис. 3.8 Стрічка

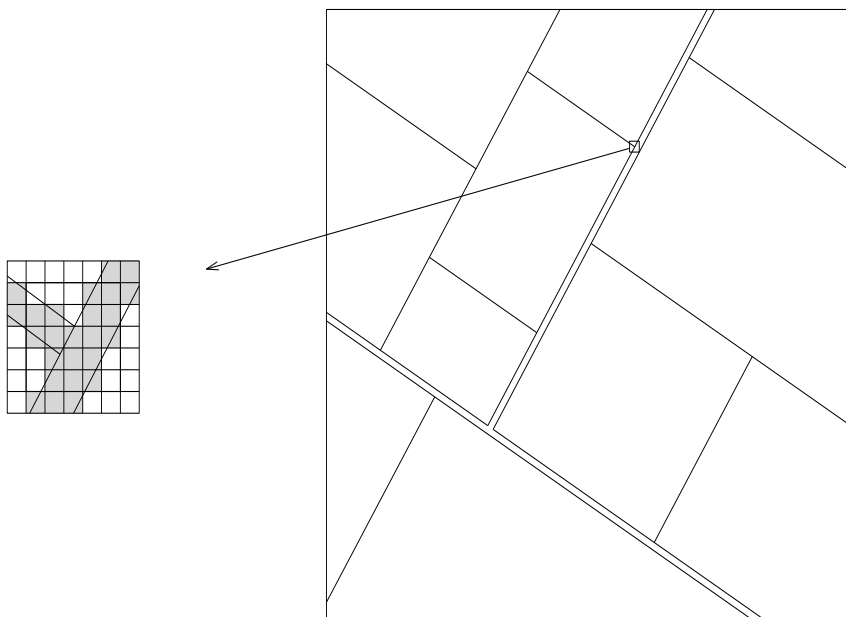
## 3.2. Растровий і сітковий формати даних

### *Сутність растрового формату даних*

Взагалі машинний *формат даних* – це спосіб їх і розміщення (впорядкування) в машинній базі даних або на зовнішньому носії. Для графічних даних у ЗІС використовують три основних формати: растровий, сітковий і векторний.

Растровий формат даних використовують у ЗІС для таких зображень, як аерокосмічні знімки, ортофотокарти, рисунки й скановані тексти документів. Векторний формат використовують у ЗІС для таких графічних зображень, як карти, плани, схеми, креслення тощо. Нагадаємо, що атрибутивні дані в ЗІС, звичайно, представляються у вигляді реляційних таблиць.

Нині відомо багато різних растрових форматів. Найпоширенішими з них є GIF, BMP, PCX, TIFF, EPS та ін. Взагалі *растровий формат даних* (рис. 3.9) – це спосіб в кодованому вигляді візуальних даних, які зіставляються з певним зображенням (картиною), що зорово сприймається людиною



**Рис 3.9 Принцип растрового зображень**

Щоб подати візуальні дані в цифровій формі, необхідно виконати операції дискретизації та квантування всього зображення. *Дискретизація* площини зображення означає її певним деяким регулярним чином на невеличкі за розмірами чарунки. Найпростішою і природною є

дискретизація зображення за допомогою сітки, лінії якої паралельні осям прямокутної системи координат  $X$  і  $Y$  і лежать одна від одної на однакових відстанях. Указані чарунки називають *пікселями* (від англ. picture element – елемент зображення). Останнім часом пікселі називають також *пелами*.

*Квантування* характеристик яскравості або кольору зображення – це визначення їхніх середніх значень для всієї чарунки й перехід до наперед заданої інтервальної шкали. Результатом дискретизації та квантування є матриця з розмірами  $M \times N$ , елементами  $A_{ij}$  якої слугують значення характеристик зображення у відповідних чарунках, що мають  $K$  можливих значень. Операції дискретизації й квантування зображень виконуються за допомогою сканера. Одержане поелементне цифрове візуальних даних у растровому форматі вважається первинним і має назву *матричного*.

Іншими словами, первинний растровий формат - це спосіб цифрового зображень у пам'яті комп'ютера у вигляді матриці, елементами якої є характеристики яскравості або кольору пікселів. У цьому форматі зображення подається у вигляді:

- мітка або заголовок зображення;
- масив зі значень яскравості (кольору)  $M$  пікселів для рядка 1;
- масив зі значень яскравості (кольору)  $M$  пікселів для рядка 2;
- масив зі значень яскравості (кольору)  $M$  пікселів для рядка  $N$ .

#### *Бінарні, напівтонові та кольорові зображення*

Існують відмінності в значеннях характеристик пікселів для різних типів зображень. Для *бінарних* (двоградаційних) зображень піксель характеризується тільки двома градаціями яскравості чи кольору (наприклад, 0 – білий, 1 – чорний). Для характеристики кожного пікселя такого зображення у пам'яті комп'ютера достатньо одного двійчастого розряду. Таке зображень використовують при опрацюванні документів типу чорно-білих рисунків, схем, креслень, карт і планів.

Для *напівтонових* зображень код яскравості набуває ряд можливих значень, наприклад, може змінюватися від 0 до 63, від 0 до 127 або від 0 до 255. Для характеристики кожного пікселя в пам'яті комп'ютера у такому разі потрібно відповідно шість, сім чи вісім двійчастих розрядів. Указане зображень застосовують при опрацюванні документів типу чорно-білих фотознімків.

При *кольорових* зображеннях для кожного пікселя треба вказати або значення яскравості кожного з трьох базових кольорів (формат RGB), або кольоровий тон і чистоту кольору (формат CMYK). Для характеристик кольору кожного пікселя в форматі RGB у пам'яті комп'ютера потрібні три байти (за умови, що показник яскравості набуває 256 можливих значень).

Таке зображень використовують при опрацюванні документів типу кольорових фотознімків, карт, планів і схем.

### *Вторинні растрові формати*

Мета розробки *вторинних* форматів візуальних даних полягає в переході від первинного матричного до інших форматів, які забезпечують значне зменшення необхідної для зберігання зображення пам'яті й мають ті чи інші зручності при опрацюванні за допомогою комп'ютера.

Важливість зменшення обсягу машинної пам'яті, потрібної для зберігання зображень, можна зрозуміти з таких прикладів:

— для бінарного зображення розміром 40x50 см при розмірі пікселя 0,1 мм необхідно пам'ять становить приблизно 1,91 Мб;

— для такого ж напівтонового зображення з 256 можливими значеннями яскравості потрібна пам'ять становить близько 15,26 Мб;

— для такого ж кольорового зображення з 256 можливими значеннями яскравості необхідна пам'ять становить приблизно 45,78 Мб.

Вторинні формати візуальних даних можуть суттєво відрізнятися від первинного матричного формату і бути результатом виконання досить складних процедур перетворення. Взагалі такі формати поділяються на позиційні й структурні. У *позиційних* форматах зменшення обсягів даних досягається різними шляхами. В одних з них при розробці методу стиснення даних виходять з того, що можливі значення характеристик пікселів зображення розподілені нерівномірно, тобто одні значення трапляються значно частіше, ніж інші. У такому разі вишуковують можливості використання для більш вірогідних значень коротких кодових слів, а для менш вірогідних – довгих. В інших позиційних форматах беруть до уваги залежність між значеннями характеристики для кожних сусідніх пікселів у рядках (колонках). Тоді, наприклад, для кожного пікселя можна зберігати не абсолютне значення характеристики, а тільки різницю в значенні характеристики відносно попереднього пікселя, що потребує менше місця. Слід наголосити, що вираш, який забезпечують вказані методи, є порівняно невеликим.

Значного поширення у практиці набув метод *кодування серій*. Серія – це послідовність пікселів з одного рядка або колонки зображення, які мають однакове значення характеристики яскравості чи кольору. Все зображення можна представити у вигляді послідовності рядків, а кожний рядок - у вигляді послідовності серій. При цьому для кожної серії треба вказати значення характеристики і або довжину серії (в пікселях), чи координату її першого пікселя. Найзручніше кодування серій використовувати для бінарних зображень. Приклад кодування растрового



зображення довжинами серій наведено у додатку 3. Для бінарних зображень часто застосовують також *блочне кодування*.

Одним із позиційних способів як бінарних, так і напівтонових та кольорових зображень є *квадратомічне дерево* (квадродерево, пірамідальна структура даних, укладене розбиття зображення на квадрати). В квадратомічному дереві (рис.3.10) на верхньому рівні (вершина дерева) все зображення розглядається як один елемент, що характеризується усередненим значенням яскравості всього зображення. При переході до кожного наступного рівня кожний елемент зображення поділяється на чотири елементи (чотири квадрати, які прилягають один до одного) з відповідними усередненими значеннями яскравості. Поділ зображення на квадрати триває доти, доки не будуть досягнуті окремі пікселі.

Хоча потреба у пам'яті для зберігання піраміди в деяких випадках навіть більше, ніж для зберігання первинного матричного, це зростання окупається за рахунок прискорення опрацювання обробки даних. Водночас у багатьох випадках квадратодерево дає змогу також значно зекономити пам'ять за рахунок того, що поділ певного елемента зображення на складові припиняється, якщо всі пікселі цього елемента мають однакову характеристику.

### *Структурне зображень*

*Структурне* зображень полягає в представленні тим чи іншим шляхом даних про положення і форми об'єктів, які його становлять, й опису відношень між ними. Зокрема, лінії можуть бути представлені як послідовності сусідніх пікселів, а області – множинами суміжних пікселів. При цьому всі пікселі, які входять до одного об'єкта, повинні мати один і той же маркер (код об'єкта).

Форма об'єкта-області найчастіше представляється її контуром. Суть опису контуру складається в тому, що форма лінії описується впорядкованою множиною точок, які їй належать. Різні описи відрізняються способом цієї множини в пам'яті комп'ютера. У найпростішому випадку це просто список, в якому кожний запис містить координати одного пікселя. Значно частіше із зазначеною метою використовується *ланцюговий код*, уперше запропонований Х. Фріменом. Суть цього способу полягає в наступному. Сусідні пікселі контуру сполучаються між собою прямолінійними відрізками, які мають горизонтальний вертикальний або діагональний напрямок. Можливим напрямкам присвоюються коди 0, 1, 2, ..., 7. Під кожний такий код у пам'яті комп'ютера відводиться одна восьмерична цифра (три біти). Контур подається координатами початкової точки (в пікселях) послідовністю кодів напрямків своїх ланок. Приклад використання коду Фрімена наведено у

додатку 3. Ланцюговий код зручний тим, що дає можливість використовувати прості алгоритми перетворення фігур (зсув або поворот на площині) й розрахунків їхніх метричних характеристик (площа, висота, довжина).

Сучасне програмне забезпечення дає змогу виконувати з даними у растровому форматі різноманітні маніпуляції, в тому числі:

- збільшувати або зменшувати зображення та переглядати його у вікні на екрані дисплея;
- змінювати яскравість і контрастність усього зображення чи окремих його частин, збільшувати або зменшувати контрастність переходів;
- ретушувати й редагувати зображення;
- вирізати із зображення окремі частини;
- зшивати (автоматично об'єднувати) в єдине ціле окремі суміжні цифрові зображення (наприклад, фрагменти карт і планів чи аерокосмічні знімки);
- одержувати псевдонапівтонові зображення.

### *Опрацювання растрових даних*

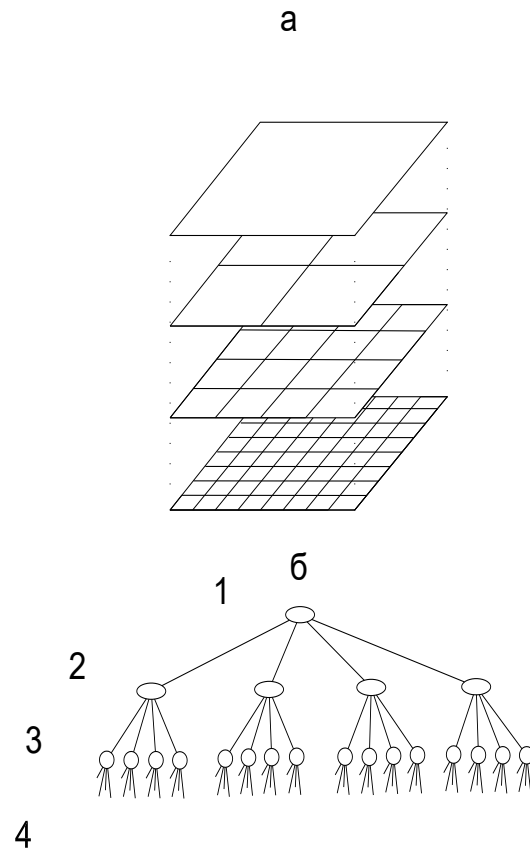
До поширених програм для роботи з даними в растровому форматі належать Photo Finish, Adobe Photoshop, iShop, Paint Shop та ін.

Відскановані графічні документи можуть мати різну геодезичну і математичну основу. Для забезпечення можливості їхнього сумісного опрацювання й використання над растровими даними можуть виконуватися такі процедури перетворення, як, наприклад, перехід з однієї картографічної проекції в іншу або з одної системи координат у другу.

### *Переваги і недоліки растрового формату*

Дані в растровому форматі забезпечують дуже складних графічних зображень і просте визначення таких топологічних відношень між елементами зображення, як послідовність, сусідство або примикання. Легко може бути підрахована також сума елементарних площ, які займають пікселі з визначеними характеристиками. Проте дані у растровому форматі мають обмежену точність (вона визначається розмірами пікселя) й потребують для зберігання багато витрат машинної пам'яті. Для здійснення координатних перетворень растрових зображень потрібні складні алгоритми і значні затрати машинного часу в зв'язку із великою кількістю пікселів. Виділення (генерація) і маркірування на зображенні тих чи, інших графічних об'єктів також дуже дорога процедура.

Враховуючи наведене, растровий формат застосовують там, де він є природним, і там, де необхідно швидко переглянути графічну інформацію, але немає потреби в її складному аналізі та моделюванні. Крім того, растровий формат часто є проміжним при переході від графічного зображення до його у векторному форматі. Взагалі переваги растрового формату – це одночасно недоліки векторного формату і навпаки.



**Рис. 3.10. Принцип побудови квадродрева:**  
*а – піраміда зображень; б – відповідна структура (дерево) даних*

### *Перетворення "растр-вектор"*

При опрацюванні графічних даних велике значення мають *вектори затори* – спеціальні програмні засоби, за допомогою яких виконується растр-векторне перетворення, тобто перетворення (конвертація) графічних даних із растрового формату у векторний. Таке перетворення називається *векторизацією*.

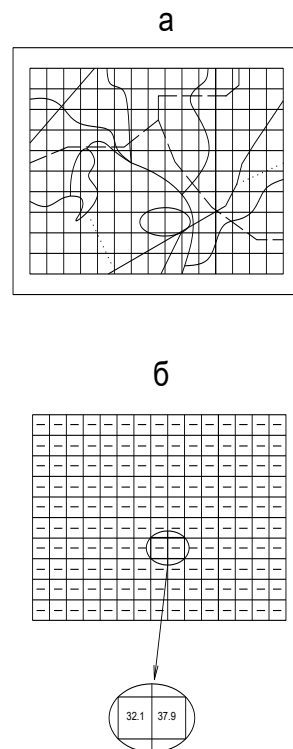
Векторизатори працюють, як правило, в напівавтоматичному режимі й забезпечують перетворення у векторний формат результатів уведення в комп'ютер графічних зображень (наприклад, карт або планів) за

допомогою сканерів. Векторизація, звичайно, включає такі операції, як потоншення і генералізацію растрових ліній, усунення розривів ліній, видалення висячих ліній, контроль виходів за рамку зображення тощо.

### *Сітковий формат даних*

*Сітковий формат* даних інколи вважають різновидом растрового формату. Однак він подібний до растрового тільки з першого погляду, але призначення його зовсім інше: це, насамперед, спосіб для певної території визначених атрибутивних даних у вигляді однієї або кількох матриць з однаковими розмірами.

Суть сіткового формату даних (рис. 3.11) полягає ось у чому. Потрібна територія за допомогою фіксованої сітки регулярним чином розбивається на однакові за розмірами квадратні чи прямокутні (інколи трикутні або шестигранні) чарунки. Розміри останніх на місцевості можуть змінюватися від кількох метрів до багатьох кілометрів. Указана сітка тонкими лініями наноситься на карту або план відповідного масштабу.



**Рис. 3.11. Сітковий формат даних:**  
**а) – карта з сіткою, яка поділяє територію на окремі чарунки;**  
**б) – матриця значень показника в чарунках**

Далі для кожної з одержаних таким чином чарунок установлюються значення одного чи багатьох атрибутів (показників, характеристик) деяких просторових об'єктів, процесів або явищ. Це може бути значення певного

показника у центральній точці чарунки (наприклад, висота над рівнем моря), чи значення абсолютного або відносного показника для всієї площі, яку займає чарунка (скажімо, загальна площа під орними землями чи лісистість території, тобто частка площі під лісами в площі всієї чарунки). Таким чином, кожній чарунці з координатами  $X$  і  $Y$  ставиться у відповідність значення атрибута  $Z$ , що дає змогу розглядати ці значення як дискретну або безперервну функцію  $Z = F(X, Y)$ .

При використанні сіткового формату даних застосовують спеціальні методи просторового аналізу і картографування, основані на використанні операцій сіткової (картографічної) алгебри (див. підрозділ 5.2).

Вище зверталася увага на регулярний характер розбиття потрібної території на чарунки, тобто на правильні й однакові полігони. Поряд із цим інколи застосовується і нерегулярне розбиття території на чарунки побудовою триангуляції або областей Вороного (див. п. 3.5.5). У той час, як регулярне розбиття на чарунки не залежить від наявних даних, нерегулярне генерується залежно від їхнього конкретного розподілу на площині.

### 3.3. Векторний формат даних

#### *Сутність векторного формату даних*

*Векторний формат даних* – це спосіб графічних даних у пам'яті комп'ютера за допомогою належним чином організованих множин координат точок, кінців орієнтованих відрізків (векторів) тощо. В ЗІС основна робота з картами, планами, схемами та іншим ведеться у векторному форматі, але при цьому передбачається можливість переходу до растрового й навпаки, а також до їх сумісного використання.

Нині застосовується багато різних векторних форматів що різняться між собою складністю моделей даних і відповідно можливостями їх використання для аналізу та маніпулювання. До поширених векторних форматів належать DWG, IGES, HPGL та ін.

Графічне зображення у векторному форматі розглядається як множина *графічних примітивів* різних видів, до яких належать точки, відрізки прямих ліній, ламані лінії (полігони), кола та їхні зв'язні дуги, області, алфавітно-цифрові надписи і спеціальні символи (наприклад, картографічні умовні знаки). В ряді випадків цей список значно ширший.

У векторному форматі даних точки визначаються своїми координатами, відрізки прямих – координатами кінцевих точок, ламані лінії – списками координат вершин, області – даними про їхні граничні полігони тощо. При цьому примітиви мають не тільки геометричні, але й

інші атрибути. Так, кожна лінія характеризується своїм рисунком (безперервна, штрихова, штрих пунктирна та ін.), шириною і кольором.

Слід зазначити, що, на відміну від растрового формату, векторному властива певна неоднозначність, а саме одній і тій же самій позиції площини можуть відповідати кілька різних точкових об'єктів, два відрізки можуть виявитися накладеними один на одного і т.д.

### *Топологічна модель даних*

Векторні формати даних поділяються на нетопологічні й топологічні. Прикладом *нетопологічного* векторного формату даних є модель "спагеті". В цій моделі графічні дані – просто множина записів, що містять відомості про окремі графічні примітиви (їхню форму, положення та інші характеристики). Причому ці записи розміщуються у відповідних файлах у довільному порядку. В моделі "спагеті" не фіксуються будь-які відношення, що існують між примітивами на графічному зображенні. Зокрема, у цій моделі дані про спільну границю двох областей, які прилягають одна до одної, зберігаються серед даних про кожен з цих областей, тобто двічі.

У топологічному векторному форматі (в *топологічній моделі*) дані, що зберігаються в пам'яті комп'ютера, – це не тільки множина записів про форму, положення та інші характеристики графічних примітивів, але й ще про їхні взаємні просторово-логічні відношення (топологію). Взагалі *топологічні відношення* (властивості) не залежать від вибору системи координат і не змінюються навіть після серії послідовних перетворень форми геометричних об'єктів, при яких не буває їхніх розривів або склеювань, тобто сполучень того, що до цих пір не сполучалося. Прикладами топологічних відношень між графічними примітивами можуть слугувати відношення між:

- двома точками: точки сполучені між собою однією або кількома лініями;
- точкою і лінією: точка є початком лінії чи її кінцем
- точкою й областю: точка належить визначеній області;
- двома лініями: лінії мають спільну точку;
- лінією та двома областями: лінія створює спільну границю між ними;
- двома областями: області є суміжними (сусідніми) або одна з них – це частина іншої (вкладена).

Топологічна модель дає змогу не лише зберігати відомості про графічні примітиви без надлишкових даних, але й створює необхідну основу для швидкого та ефективного розв'язання найрізноманітніших задач. Крім того топологічні моделі при необхідності можуть

забезпечувати також відображення складної ієрархічної побудови різних геометричних фігур – носіїв просторових даних. Практикою доведено, що хоча *топологічні моделі* даних є значно складнішими, ніж нетопологічні, про і набагато ефективнішими.

Тому формування й зберігання даних, які описують топологічні відношення між графічними примітивами й взагалі геометричними фігурами, – одна з найважливіших функцій ЗІС.

### *Топологічної моделі*

Сутність векторного топологічного формату даних легше зрозуміти на прикладі топологічної моделі у вигляді множини пов'язаних між собою реляційних таблиць (у практиці використовують ефективніші, але й складніші способи).

Отже, скажімо, потрібно представити дані про сукупність земельних ділянок, що прилягають одна до одної, причому всі їхні межі – ламані лінії. З геометричного погляду це означає, що необхідно представити у вигляді реляційних таблиць дані про орієнтований полігональний (багатокутний) *граф* (див.п. 3.1.6). Елементами такого графа є вузли, дуги, одно- і багатозв'язні області (грані), їхні зовнішні й внутрішні краї (контури, вирізи). Вузол (вершина) графа – це початкова або кінцева точка декількох дуг. Вузли, які спільні тільки для, двох дуг, або створені замиканням на себе однієї дуги, мають назву *псевдовузлів*. Нормально в полігональному графі немає ніяких висячих вершин. У нашому прикладі кожна дуга являє собою ламану лінію з тією чи іншою кількістю проміжних вершин (зокрема, нульовою), причому кожна дуга є краєм у точності двох областей (включаючи в множину областей також одну безкінечну грань).

Дані про такий граф можуть бути представлені у вигляді п'яти окремих реляційних таблиць, які описують вузли графа, його дуги, проміжні вершини ламаних ліній, області (грані) й контури вирізів (островів) в областях. Зв'язки між вказаними таблицями встановлюються на рівні номерів рядків у таблицях або номерів (ідентифікаторів) об'єктів.

Перша таблиця відводиться під дані про вузли графа і містить такі колонки як:

- номер (ідентифікатор) вузла  $V$ ;
- координата вузла  $X$ ;
- координата вузла  $Y$ .

Друга таблиця відводиться під дані про дуги графа й містить такі колонки як:

- номер (ідентифікатор) дуги  $D$ ;
- номер початкового вузла дуги  $V_1$ ;

- номер кінцевого вузла дуги  $V_2$ ;
- посилання на суміжну дугу  $D_1$  у початковому вузлі дуги;
- посилання на суміжну дугу  $D_2$  в кінцевому вузлі дуги;
- кількість проміжних вершин  $K$  (для відрізка прямої лінії  $K = 0$ );
- номер першої проміжної вершини ламаної  $M$  у третій таблиці;
- номер області  $P_1$ , розміщеної з лівого боку дуги;
- номер області  $P_2$ , розміщеної з правого боку дуги.

Суміжна до даної дуга в певному вузлі графа визначається за правилом: рухатися від даної дуги проти годинникової стрілки.

Третя таблиця відводиться під дані про проміжні вершини ламаних ліній і містить такі колонки як:

- номер (ідентифікатор) вершини  $M$ ;
- координата вершини  $X$ ;
- координата вершини  $Y$ .

Дані про вершини кожної ламаної лінії розміщуються в цій таблиці підряд у природному порядку, який враховує напрямок дуги.

Четверта таблиця відводиться під дані про області (грані графа) й містить такі колонки як:

- номер (ідентифікатор) області  $P$ ;
- координата центроїда області  $X$ ;
- координата центроїда області  $Y$ ;
- номер однієї з дуг, що створюють зовнішній контур області  $\pm DS, K$ , де знак вказує потрібний напрямок руху по дузі;
- кількість контурів вирізів в області  $N$  (якщо вирізів немає, то  $N = 0$ );
- номер першого вирізу  $W$ .

Обхід зовнішнього контуру області повинен виконуватися таким чином, щоб область лежала з правого боку від напрямку.

П'ята таблиця відводиться під дані про контури вирізів в областях і містить такі колонки як:

- номер (ідентифікатор) вирізу  $W$ ;
- посилання на першу дугу вирізу  $\pm DS$  (знак вказує потрібний напрямок руху по цій дузі).

Дані про вирізи у кожній області розміщуються в цій таблиці поряд. Обхід контуру вирізу в області повинен здійснюватися таким чином, щоб область лежала з правого боку від напрямку руху.

Зазначимо, що повні впорядковані списки дуг зовнішніх контурів областей і вирізів у них встановлюється за допомогою посилань  $D_1, D_2$  в таблиці дуг.

Звичайно, в розглянуті реляційні таблиці можуть бути також включені також необхідні характеристики графічних примітивів (тип, колір, ширина тощо) і, що дуже важливо, посилання на відповідні записи у



файлах атрибутивних даних. Приклад топологічної моделі у вигляді реляційних таблиць наведено в Додатку 4.

### *Переваги і недоліки векторного формату*

Перевагами векторного формату даних є висока точність, незначна (порівнянно з растровим форматом) потреба в пам'яті для зберігання зображення й простота виконання координатних перетворювань, а недоліком – відносна складність визначення таких відношень між графічними примітивами, як, пересічення або суміжність. Для часткового його подолання і була свого часу запропонована топологічна модель.

У різних сучасних ГІС (наприклад, ARC/INFO чи AutoCAD Map) векторні та растрові формати даних використовуються одночасно. Так, можливе накладання векторних даних на растрові, що дуже важливо в багатьох застосуваннях. У ряді випадків таке гібридне графічних даних зменшує існуючі недоліки й дає змогу використовувати переваги як векторного, так і растрового формату даних.

### *Перетворення "вектор-растр"*

Перетворення "вектор-растр" (інакше *растеризація*) здійснюється за допомогою спеціальних програм із метою забезпечення виведення графічних зображень на растрові периферійні пристрої (дисплеї, плотери, принтери тощо). Таке перетворення виконується шляхом використання досконалих алгоритмів створення за координатними даними растрових образів відрізків прямих і дуг кривих ліній (із заданими кольором, товщиною й рисунком), зафарбовування або штрихування областей, генерації алфавітно-цифрових символів і картографічних умовних знаків потрібних розмірів та ін..

## **3.4. Цифрові карти**

### *Цифрове картографування*

Однією з основ побудови ЗІС є технології цифрового картографування, являє собою складний процес створення й оновлення цифрових карт і планів за допомогою комп'ютерів та сучасних інформаційних технологій. У загальному випадку в процесі цифрового картографування території (рис. 3.12) беруть участь моделі чотирьох типів: фотографічні моделі (аерокосмічні й наземні знімки), цифрові моделі

місцевості, цифрові (електронні) карти і плани, графічні карти й плани. До базових понять цифрового картографування належать цифрова модель місцевості (ЦММ) і цифрова карта. ЦММ – первинна модель місцевості, а цифрова й графічна карти – це вже моделі відповідно другого і третього рівнів.

При формуванні ЦММ нагромаджується необхідна інформація, дані одержані в різний час і неоднакової форми приводяться до єдиного вигляду узгоджуються, оновлюються та доповнюються. Сформовані ЦММ нагромаджуються й зберігаються у банку даних.

На основі сформованих ЦММ створюються цифрові карти та плани, тобто ЦММ перетворюються в цифрові карти. Тут дані про місцевість набирають картографічної форми відповідно до конкретно визначених вимог до карт або планів щодо їхнього змісту, масштабу, математичної основи, системи умовних знаків тощо. Таким чином, цифрова карта – це результат складних перетворень вихідної інформації про об'єкти, які картографуються.

### *Цифрові моделі місцевості*

Взагалі *місцевість* являє собою частину (район, ділянку) земної поверхні з усіма притаманними їй елементами, до яких, звичайно, відносять рельєф, гідрографію, населені пункти, границі, шляхи сполучення, рослинний покрив і ґрунти, основні промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти тощо. *Цифрова модель місцевості* містить інформацію про місцевість у найповнішому й упорядкованому вигляді, придатному для універсального використання. ЦММ може нагромаджувати, зберігати, оновлювати, тобто підтримувати їхню відповідність поточному стану місцевості. ЦММ є основою не тільки для створення різних карт і планів, але й для розв'язання різноманітних прикладних (інженерних) задач.

До складу ЦММ, як правило, входять:

- геометричні, топологічні й структурні дані про місцевість та її елементи;
- атрибутивні (семантичні) дані про місцевість та її елементи;
- службова інформація.

Загальноприйнято поділяти ЦММ на дві основні частини – *цифрову модель ситуації* (ЦМС) і *цифрову моделі рельєфу* (ЦМР). У ЦМС основними геометричними моделями об'єктів місцевості та їхніх елементів є моделі множин точкових, лінійних, смужних (стрічкових) і площинних



*Рис. 3.12. Схема процесу цифрового картографування*

об'єктів, які були розглянуті в п. 3.1 й дістали назву носіїв просторових даних.

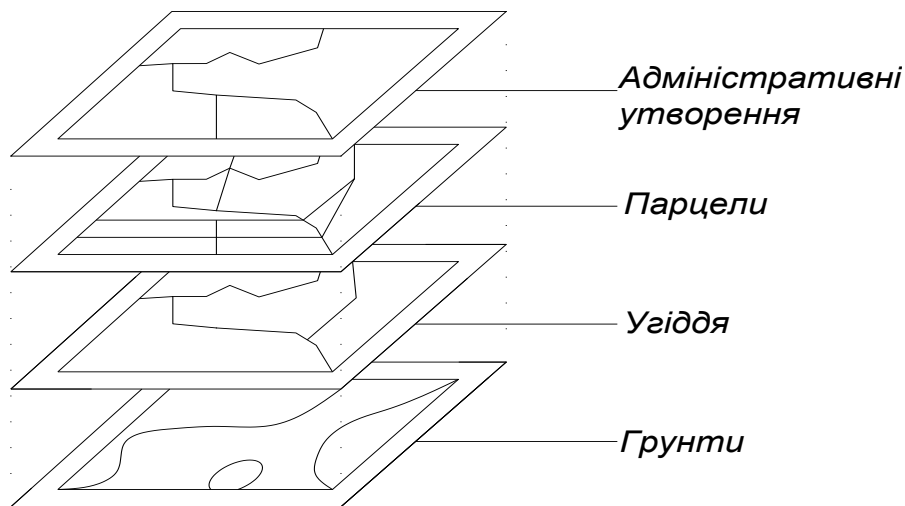
### *Цифрові карти і плани*

На відміну від ЦММ, цифрова карта відображає місцевість за допомогою засобів, притаманних не тільки інформатиці, але й картографії. Наприклад, у ЦММ автомобільний шлях може бути заданий як послідовність (масив) координат характерних точок осі та характеризуватися такими атрибутами, як номер (ідентифікатор) шляху, класифікаційний коду об'єкта, ширина проїжджої частини й тип покриття. Водночас на цифровій карті цей шлях буде заданий кодом і формою визначеного умовного знака (паралельні лінії з фоновим зафарбуванням між ними), підписами номера дороги, місцями розміщення таких підписів тощо. Отже, можна сказати, що цифрова карта - це майже цифровий аналог звичайної паперової карти. Але, порівняно із звичайними цифрові карти зручні не тільки для перегляду, але й для перетворення та опрацювання за допомогою комп'ютерів.

Зазначимо, що нині ЦММ і цифрові карти є відносно новим та рентабельним видом товарної картографічної продукції. Це твердження поширюється й на вихідні дані ЗІС.

### *Шари й умовні знаки цифрових карт*

У цифровій карті всі дані про певну територію, звичайно, розподіляються за тематичними *шарами*, кількість і призначення яких залежать від конкретних потреб (рис. 3.13). Кожний шар може містити дані, що стосуються тільки однієї визначеної теми (іноді кількох близьких тем). Наприклад, окремі шари цифрової карти можуть застосовуватися для відображення топографічної основи, меж адміністративно-територіальних утворень, населених пунктів, границь зон і смуг земель з обмеженнями на їх використання, кадастрових меж парцел, земельних угідь і ґрунтів та ін. На картах міст на окремих шарах можуть відображатися дані про різні види зонування міської території, квартали і шляхово-вуличну мережу, кадастрові межі парцел, міські інженерні мережі, об'єкти транспортної інфраструктури тощо.



**Рис 3.13 Шари цифрової карти**

Окремі шари цифрової карти можуть також показувати стан певного явища у визначені моменти або періоди часу (часові зрізи) і в сукупності відображати динаміку його розвитку (наприклад, карти структури посівів основних сільськогосподарських культур, засолення чи підтоплення ґрунтів у різні роки). Все це нагадує загальновідомі прийоми використання прозорих кальок-накладок при роботі зі звичайними паперовими картами.

Кількість, тематика і назви шарів цифрової карти визначаються на етапі її проектування. Часто виникає необхідність у тому, щоб одному й тому ж самому шару карти належали різноманітні графічні примітиви –

точки, лінії, області і тексти, і при цьому кожному з шарів були приписані свої класифікатори об'єктів, картографічних умовних знаків та підписів.

Як і у випадку звичайних паперових карт, *умовні знаки* цифрових карт та планів поділяються на позамасштабні, лінійні й площинні. *Позамасштабні* умовні знаки мають вигляд геометричних або наглядних фігурок і застосовуються для зображення об'єктів, площі яких не виражаються в масштабі карти чи мають незначні розміри. Центрам об'єктів у природі відповідають опорні точки позамасштабних умовних знаків на карті. *Лінійні* умовні знаки (одинарні, двійні, трійні лінії, смуги, стріли тощо) застосовуються для зображення об'єктів смугового або стрічкового типу, протяжність яких виражається в масштабі карти. При цьому зберігається подібність форми об'єктів, але їхня ширина часто перебільшується. Лініям осей об'єктів у природі відповідають осьові лінії умовних знаків на карті. *Площинні* умовні знаки використовуються для заповнення площ об'єктів, які виражаються в масштабі карти. При цьому форми об'єктів на карті зберігаються. Площинні умовні знаки будуються із застосуванням заливок, сіток, штриховок регулярним чином розміщених фігурок, відтінення ліній контуру і багатьох інших способів.

Особливе місце на цифрових картах посідають підписи географічних назв, даних про якісні та кількісні характеристики об'єктів, дат, різного роду індексів тощо. Підписи поділяються на стандартні (прямолінійні без розрядки), положення яких може бути визначено двома точками основи, і нестандартні (вдовж плавних кривих й у розрядку), їхнє положення необхідно задавати двома точками на кожний символ. Змінюючи шрифт, стиль, розміри, колір та інші характеристики підписів, їх використовують як своєрідні умовні позначення. Між умовними знаками об'єктів та їхніми підписами на цифровій карті встановлюються асоціативні зв'язки типу "підпис об'єкт".

Від прийнятої системи умовних знаків і шрифтів підписів значною мірою залежать ефективність цифрової карти, легкість її читання й візуальної оцінки даних про місцевість. Особливо важливим засобом підвищення наочності картографічного зображення, передачі якісних і кількісних характеристик об'єктів є правильний вибір кольорів та кольорових гам.

Для зберігання даних форми, розміри, кольори, спосіб прив'язки й інші характеристики картографічних умовних знаків у пам'яті комп'ютерів створюють *бібліотеки умовних знаків*, тобто службові файли, записи яких містять ідентифікатори, класифікаційні коди і детальні описи кожного з можливих у цій програмі умовних знаків. Звичайно, записи бібліотек позамасштабних, лінійних і площинних мають різну структуру.

Користувачеві інформаційної системи надаються можливості одержати як з уже існуючих бібліотек умовні знаки та їх ведення

(доповнення файлів записами про нові умови, видалення непотрібних записів, коригування значень атрибутів знаків тощо), так і створення нових бібліотек. Процес створення й занесення в бібліотеку даних про новий умовний знак називається його *конструюванням*. Цей процес може бути певною мірою автоматизований за допомогою спеціальної програми – *редактора графічних символів*. Наприклад, позамасштабний умовний знак за допомогою такого редактора може бути складений з окремих графічних примітивів – точок, відрізків прямих ліній, ламаних, кіл, дуг кіл, заливок тощо. Знаку присвоюються ідентифікатор, відповідний класифікаційний код, колір і точка прив'язки. За допомогою точки прив'язки позамасштабний умовний знак вставляється в картографічне зображення. При цьому точка прив'язки знака суміщається із заданою точкою на цифровій карті. Процедурі вставки знака може при необхідності передувати перетворення його, мета якого – надати знаку потрібні розміри (масштабування) і кут нахилу (поворот системи координат).

### *Відображення і генералізація цифрових карт*

В інформаційних системах перегляд цифрових карт на екрані дисплея здійснюється за допомогою спеціальних програмних засобів – *в'юверів* (назва походить від англ. View – вид, перегляд). Сучасні в'ювери дають змогу не тільки вибирати потрібні карти, включати і виключати у них окремі шари, змінювати масштаб зображення та положення вікна, в якому розглядається карта, але й вводити і виконувати досить складні інформаційні запити на пошук та відображення об'єктів, що відповідають певним умовам, а також їхніх якісних і кількісних характеристик.

При виведенні цифрової карти на екран дисплея, плотер або принтер об'єкти, які становлять карту, відображаються у визначеній послідовності згідно зі своїми пріоритетами. *Пріоритет* – це певне натуральне число, що визначає місце в черзі на виведення умовних знаків об'єктів різних типів, а також різного роду підписів. Уведення пріоритетів викликане необхідністю управління екрануванням, тобто перекриттям одного елемента зображення іншим. Наприклад, міст повинен перекривати річку, а підпис назви населеного пункту – штриховку відповідної області карти. Дані про пріоритети виведення заносяться у бібліотеки умовних знаків або спеціальні таблиці.

Як і звичайні карти, цифрові карти, сформовані згідно з масштабом, можуть бути основою для створення *похідних* карт у дрібнішому мілкому масштабі. Цей процес має назву генералізації й виконується, як правило, в інтерактивному режимі. Взагалі ж *картографічна генералізація* – це відбіру об'єктів і явищ, які показуються на карті, узагальнення їхніх

обрисів (контурів), а також якісних та кількісних характеристик із метою відображення найсуттєвіших, типових властивостей і характерних особливостей місцевості. Генералізованість зображення – невід’ємна властивість цифрової карти. Напрямок і ступінь генералізації карти визначаються її призначенням, масштабом, географічними особливостями місцевості та джерелами, за якими складається карта.

При виведенні цифрової карти на екрані дисплея є можливість у дуже широких межах змінювати її масштаб. При цьому при переході від базового до дрібнішого мілкового масштабу читабельність картографічного зображення на екрані дисплея погіршується. Тому для збереження читабельності зображення практично при будь-якому вікні у в’ювері вводяться елементи генералізації карт «на ходу». З цією метою встановлюється послідовний ряд діапазонів масштабів, у яких може відображатися цифрова карта. Для кожного діапазону і кожного з елементів цифрової карти розв’язується питання – відобразити цей елемент у даному діапазоні масштабів чи ні. Формальним результатом такої процедури є присвоєння кожному елементу цифрової карти одного з можливих *рівнів значущості* (1, 2, 3, 4 ...). Присвоєння рівнів значущості – творчий процес і виконується фахівцем шляхом перегляду на екрані дисплея й оцінки серії різномасштабних зображень карти. Звичайно, цей фахівець повинен добре розуміти призначення цифрової карти та умови її використання.

### *Цифрові кадастрові карти*

У ЗІС *цифрові кадастрові карти* і плани є одним із найважливіших видів цифрових карт. Цифрові кадастрові карти повинні задовольняти такі вимоги:

- формуватися в рамках номенклатурних аркушів топографічної карти відповідного масштабу;
- створюватися у прийнятій системі координат та картографічній проекції, наприклад, в рівнокутній поперечно-циліндричній проекції Гаусса–Крюгера;
- забезпечувати зшивку зображень на окремі адміністративно-територіальні одиниці, населені пункти і ділянки (райони) місцевості;
- мати класифікацію елементів та об’єктів місцевості, яка узгоджена з класифікацією для топографічної карти відповідного масштабу;
- мати необхідний для розв’язання прикладних задач склад об’єктів;
- мати добре опрацьовану систему картографічних умовних знаків і шрифтів підписів, а також перелік скорочень;

- мати структуру даних, що забезпечує можливість швидкого внесення змін і доповнень;

- забезпечувати можливість швидкого одержання даних про місцеположення об'єктів та їхньої характеристики;

- забезпечувати перетворення програмним шляхом даних із векторної форми в растрову й навпаки.

Цифрові кадастрові карти і плани, як і всі інші дані, які циркулюють у ЗІС, повинні відповідати єдиній системі класифікації та кодування даних про місцевість, що має бути піднесена до рангу державного стандарту. Взагалі ж *стандартизовані формати* картографічних даних забезпечують ефективність обміну такими даними й регламентують:

- види цифрових карт, їхній масштабний ряд, проекції, розграфлення, системи координат і висот;

- правила класифікації, кодування та цифрового даних про картографічні об'єкти;

- моделі, які покладені в основу картографічних даних;

- типи просторових примітивів, а також способи їхньої агрегації;

- структури даних і структури обмінних файлів;

- перелік носіїв даних, що використовуються, механізм (протокол) обміну даними між користувачами тощо.

### 3.5. Цифрові моделі поверхонь

#### *Поверхні у просторовому моделюванні*

Поверхні відіграють дуже важливу роль у тривимірному географічному моделюванні різних об'єктів у рамках ГІС і ЗІС. Особливо велике практичне значення має моделювання земної поверхні, тобто поверхні *топографічного рельєфу*. Нагадаємо, що основною формою даних про рельєф земної поверхні на топографічних картах є завдання:

- множини *характерних точок* (відміток) рельєфу із зазначенням їхніх висот або глибин;

- сімей *ізоліній*, а саме *ізогіс (горизонталей)* для зображення рельєфу суходолу та *ізобат* для зображення підводного рельєфу (дна морів, озер і водосховищ).

Поряд з реально існуючими поверхнями (такими, як топографічний рельєф) можуть розглядатися й удавані поверхні. Так, за «висоту» вдаваної поверхні у кожній точці земельної ділянки може бути прийнята сумарна потужність гумусових горизонтів ґрунту (в сантиметрах) або вміст гумусу в ґрунті (у відсотках), у кожній точці певної території – середня річна кількість опадів (у міліметрах) чи сила вітру (в метрах на секунду).



Однак моделювання реально існуючих і вдаваних поверхонь – це не тільки актуальне, але й дуже складне завдання. В основі моделювання географічних поверхонь лежить відповідна математична теорія. Її подальшим розвитком є теорія *скалярних і векторних полів*, тобто безперервним чином розподілених у просторі показників. Концепція географічного поля широко застосовується в практиці різноманітних просторових досліджень, у тому числі в ґрунтознавстві та землеустрої.

### *Способи завдання поверхонь*

Із математичної погляду, *поверхня* являє собою множину таких точок простору, координати яких є безперервними функціями від двох параметрів  $u$  і  $v$  (наприклад, від прямолінійних або криволінійних координат точок у заданій області площини). Поверхня може бути задана різними *способами*, а саме:

— таблицею координат регулярно чи нерегулярно розміщених точок, які їй належать;

— аналітично, у тому числі в явній, неявній, параметричній і векторній формах.

У декартовій прямокутній системі координат *аналітичне* рівняння поверхні в явній формі має вигляд  $z = f(x, y)$ , а у неявній –  $F(x, y, z) = 0$ . Якщо ж  $F(x, y, z)$  є алгебраїчним поліномом ступеня  $n$  від змінних  $x, y$  і  $z$ , то така поверхня називається *алгебраїчною* поверхнею  $n$ -го порядку. Якщо  $u$  і  $v$  – це криволінійні координати точок на поверхні (зокрема, на площині), то поверхню можна задати рівняннями такого вигляду:

$$X = X(U, V), y = y(U, V), z = z(u, V),$$

які називаються *параметричними* рівняннями поверхні. У векторній формі поверхня описується вектор-функцією двох змінних такого вигляду:

$$P(u, v) = IX(u, v) + y(u, v)J + z(u, v)K,$$

тобто координати точки поверхні визначаються її радіусом-вектором

$$P(u, v) = x(u, v)xi + y(u, v)xj + z(u, v)xk,$$

де  $i, j, k$  - орти координатних осей  $X, Y$  і  $Z$ .

Зазначимо, що при фіксованому значенні параметра  $u = \text{const}$  (або  $v = \text{const}$ ) одержимо рівняння координатної лінії.

Найпростішими аналітично заданими поверхнями є алгебраїчні поверхні першого (площини), другого і третього порядків, але сфера їх практичного застосування дуже обмежена: більшість реальних географічних поверхонь не можуть бути представлені з достатньою точністю за допомогою таких простих аналітичних залежностей. Це

зумовило необхідність розробки спеціальних методів даних про такі поверхні.

### *Цифрові моделі поверхонь*

У комп'ютері дані про поверхню представляються у вигляді цифрової моделі. *Цифрова модель поверхні* (ЦМП) – це спосіб на машинному носії в цифровому форматі всієї необхідної інформації, яка стосується форми і структури певної реально існуючої або вдової поверхні для визначеної ділянки місцевості. Цифрова модель поверхні топографічного рельєфу має окрему назву – *цифрова модель рельєфу* (ЦМР).

У найзагальнішому розумінні модель географічної поверхні являє собою множину моделей точок місцевості, пов'язаних між собою деякими просторовими відношеннями. Нині в практиці застосовують різноманітні моделі географічних поверхонь, що відрізняються принципами інформації, формування вхідних даних, методами й стадіями їхнього опрацювання, ступенем абстрагування, точністю, зручністю та іншими характеристиками. Не існує моделей поверхонь, які є кращими в усіх випадках і відразу в усіх відношеннях. Вибір тієї чи іншої моделі поверхні залежить від мети і численних обставин.

### *Класифікація моделей поверхонь*

Моделі поверхонь можна класифікувати за різними ознаками. Але реально розробити таку класифікацію навіть тільки за математичними методами, які при цьому використовують, досить складно - вказані методи дуже різноманітні. У зв'язку з цим нині єдиного, загальноновизнаного погляду із зазначеного питання немає. Але більшість класифікацій починаються з розподілу всіх методів математичного моделювання поверхонь на два класи: методи інтерполяції й методи згладжування. У методах *інтерполяції* поверхня будується таким чином, щоб вона обов'язково проходила через усі задані опорні точки поверхні, які належать області моделювання. В методах *згладжування* це необов'язково. Тут застосовується інший підхід – *апроксимація* поверхні, тобто заміна її реальної складної форми істотно спрощеною, такою, яка може бути описана відомою і відносно простою аналітичною функцією. Іншими словами, апроксимація означає, що складна й "неправильна" поверхня  $z = F(x, y)$  розкладається на дві складові – відому функцію  $f(x, y)$  і невідомий залишок  $e(x, y)$  такі, що

$$z = F(x, y) = f(x, y) + e(x, y)$$

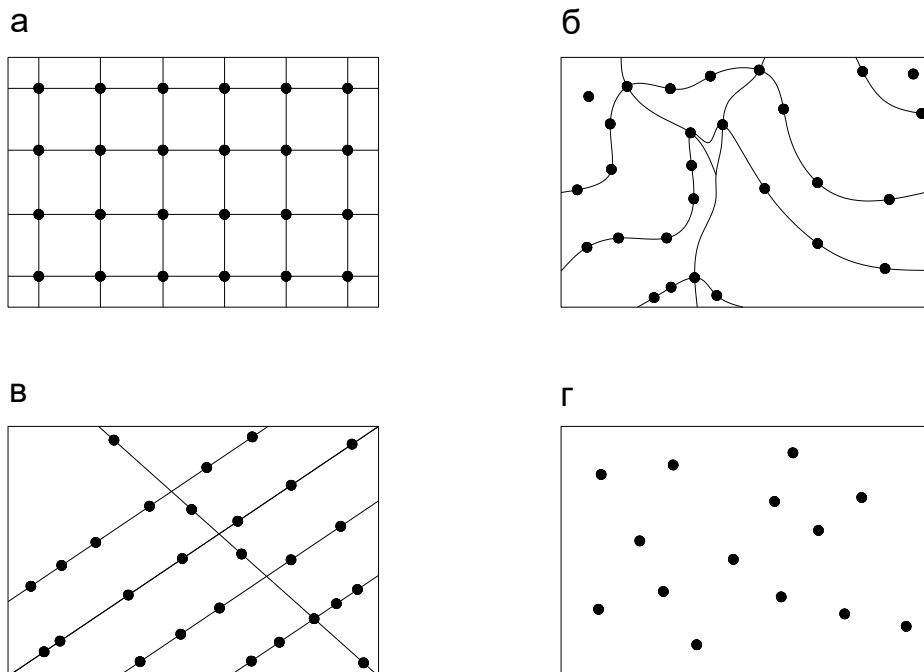
Функцію  $f(x, y)$  прийнято називати *нормальною*, а  $e(x, y)$  - *аномальною* поверхнею. Найчастіше функцію  $f(x, y)$  представляють у вигляді алгебраїчного полінома виду

$$f(x, y) = A_0 + A_1x + A_2y + A_3x^2 + \dots,$$

а для знаходження коефіцієнтів полінома  $A_0, A_1, A_2, A_3, \dots$  застосовують метод найменших квадратів. При апроксимації поверхні багаточленом першого ступеня (площина) можна одержати тільки грубе наближення. Але поверхні, які описуються рівняннями другого, третього і наступних ступенів, дають значно краще наближення, а сума квадратів відхилень поступово зменшується.

Важливою ознакою для класифікації моделей поверхонь є характер розміщення точок, які використовують для їхньої побудови, і зміст відношень, які сполучають ці точки. За вказаною ознакою всі *моделі поверхонь* можна розподілити на чотири основних класи (рис. 3.14):

- регулярні (геометрично впорядковані);
- структурні (геоморфологічно впорядковані);
- напіврегулярні;
- хаотичні (випадкові).



**Рис. 3.14. Моделі поверхонь за характером розміщення точок: а – регулярна; б – структурна; в – напіврегулярна; г – хаотична**

У *регулярній* моделі поверхня задається своїми точками  $(x, y, z)$ , проекції яких на плані (тобто на площині  $xOy$ ) є вершинами правильних геометричних фігур (належать до вузлів трикутної квадратної, прямокутної, гексагональної сітки тощо). В найпростішому й найпоширенішому випадку область моделювання поверхні є прямокутником, на площині  $xOy$  з прямокутною сіткою у ньому вона повинна бути задана для кожної точки. В такій моделі тільки координата  $z$  визначаються через крок сітки за допомогою індексів.

*Структурна* модель задається наборами своїх характерних точок, що підбираються індивідуально для кожної ділянки місцевості й розміщуються, як правило:

— у місцях локальних екстремумів поверхні (максимумів і мінімумів);

— на *структурних лініях* поверхні (лініях вододілів, тальвегів, злomu, перегину поверхні тощо);

— на ізогіпсах (горизонталях, ізобарах) поверхні.

Для кожної ізогіпси задається її висота (апліката  $z$ ), а положення точок горизонталей визначається тільки координатами  $(x, y)$ .

*Напіврегулярні* моделі являють собою комбінацію перших двох типів моделей. Це можуть бути, наприклад, регулярні моделі зі структурними лініями або регулярно розміщені профілі поверхні з характерними точками на них. У *хаотичній* моделі поверхня задається точками, розміщеними в просторі довільно. Положення кожної точки у хаотичній моделі визначається її просторовими координатами  $(x, y, z)$ .

За способом аналітичного розрізняють моделі, які забезпечують побудову *безперервної* й *кусково-безперервної* поверхні, а також побудову поверхні так званим динамічним способом. У моделях першого класу вся поверхня в межах області моделювання представляється одним аналітичним рівнянням. Це буває можливим і зручним тільки для відносно простих та гладких поверхонь, які не мають розривів і задані відносно невеликою кількістю первинних точок.

У моделях другого класу область моделювання поверхні, розбивається на окремі частини (ділянки, чарунки, клітки) і в кожній ділянці поверхня визначається своїм окремим аналітичним рівнянням. При цьому вид аналітичного рівняння є у деякому розумінні однорідним для всіх ділянок, а коефіцієнти рівнянь підбираються таким чином, що забезпечується дотримання умов гладкості поверхні на краях ділянок. Застосовують два підходи до розбиття області моделювання на частини. При першому підході область моделювання розбивається на сукупність ділянок, які не пересікаються між собою, а при другому – мають наперед

визначене перекриття. Моделі цього класу придатні для поверхонь із чітко вираженими геометричними формами.

*Динамічний* спосіб побудови моделі поверхні полягає в тому, що аналітичне рівняння поверхні будується кожний раз, коли треба визначити аплікату  $z$  певної точки відомим положенням  $(x, y)$  на плані. За вказаного методу область моделювання формується навкруги цієї точки  $i$ , звичайно, має вигляд кола з наперед заданим радіусом. Для побудови аналітичного рівняння поверхні використовують усі задані точки, проекції яких належать до кола. У тому разі, якщо відомі точки поверхні розміщені нерівномірно, радіус кола підбирається таким чином, щоб воно містило задалегідь визначену кількість точок поверхні.

Особливу групу становлять математичні методи побудови поверхні, в яких навколо кожної відомої точки поверхні будуються часткові поверхні з вертикальною віссю симетрії у цій точці, а визначення аплікати довільної точки зводиться до підсумування спеціальним чином зважених аплікат усіх таких часткових поверхонь. Поверхні обертання можуть бути заданими різними рівняннями, наприклад, рівнянням кривої Гаусса.

За ступенем урахування структури (морфології) поверхонь розрізняють два основних методи їх моделювання:

- аналітичний, що ґрунтується на використанні даних, одержаних без урахування особливостей поверхні;
- структурно-аналітичний, який використовує дані про характерні точки і лінії, що відображають структуру поверхні, яка моделюється.

Результати застосування вказаних методів тим більше відрізняються, чим вищий, наприклад, ступінь пересіченості місцевості. В цілому структурно-аналітичний метод потенційно точніший і потребує меншої кількості первинних точок, але є значно складнішим.

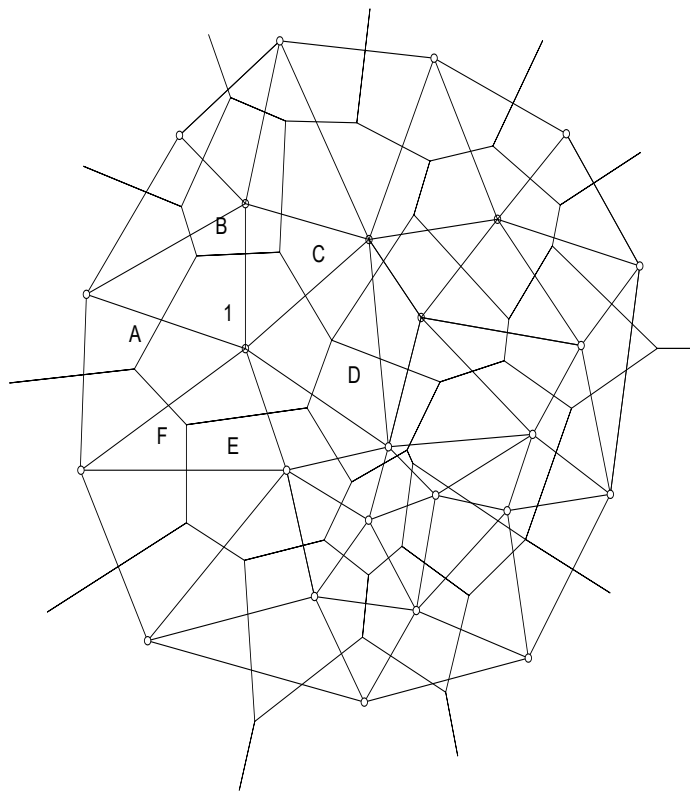
Вибір тієї чи іншої моделі поверхні з вище описаних зумовлюється багатьма факторами, зокрема методом збирання первинних даних, математичним апаратом, що використовується, і характером задач, які розв'язуються за допомогою моделі. Нині найбільшого поширення набули методи, що ґрунтуються на тріангуляції, та методи для прямокутних сіток.

### *Методи, основані на тріангуляції*

Велика кількість моделей поверхонь базується на тріангуляції. *Тріангуляція* – це процедура побудови системи розміщених поряд (прилеглих один до одного) трикутників, які мають вершинами елементи заданої нерегулярної (хаотичної) точкової множини. Результатом тріангуляції є планарний граф специфічного виду – трикутна сітка (рис. 3.15). Цю сітку також називають тріангуляцією.

Існують і використовуються різні алгоритми побудови триангуляції для заданої точкової множини на площині. У разі *триангуляції Делоне* побудоване на вершинах кожного трикутника сітки описане коло не містить усередині ніяких інших точок даної точкової множини, крім розташованих у вершинах цього трикутника. Для заданої точкової множини триангуляція Делоне – однозначна. Подвійною до триангуляції є процедура побудови *областей Вороного*, які називаються також багатокутниками Тіссена або областями Діріхле. Область Вороного для точки А з множини М містить усі точки площини, відстані від яких до точки А менше, ніж до будь якої з всіх інших точок множини М. Області Вороного дають змогу формалізувати поняття суміжності (сусідства) між елементами точкової множини.

Триангуляція розбиває область моделювання поверхні на велику кількість трикутних ділянок (чарунок). Далі для кожної чарунки будується своє рівняння поверхні. Найпростіший варіант при цьому полягає у проведенні площини через відомі вершини (x, y, z) кожного трикутника. Таким чином, будується *багатогранна поверхня*, гранями якої є тільки трикутники.



**Рис. 3.15.** Приклад триангуляції Делоне та областей Вороного (A-B-C-D-E-F-A – область Вороного для вузла 1)

## *Методи для прямокутних сіток*

Методи для прямокутних сіток є найрозвинутішими і застосовуються в тому разі, коли область моделювання поверхні прямокутна, а у вузлах регулярної прямокутної сітки відомі аплікати точок поверхні й, можливо, її зокремлені похідні. Ці методи забезпечують високоякісне аналітичне кускове-безперервне поверхонь

До найуживаніших способів аналітичного окремих кусків поверхні (в межах відповідних прямокутних чарунок) належать.

- побудова білінійної поверхні;
- використання двовимірних інтерполяційних формул Лагранжа Ньютона, Ерміта тощо;
- побудова двовимірних інтерполяційних сплайнів.

Двовимірні сплайни (зокрема, бікубічні сплайни) забезпечують точність апроксимації й не потребують дуже великого обсягу обчислень. До цього додамо також, що тепер відомі ефективні методи побудови гладких двовимірних сплайнів не тільки для регулярної прямокутної, але й для нерегулярної трикутної сітки.



### Завдання для самостійної роботи.

1. Назвіть приклади носіїв просторових даних.
2. Наведіть основні види геометричних фігур.
3. Дайте визначення натуральному та нормалізованому параметрам кривої.
4. Розкрийте поняття ламаної та змішаної лінії.
5. Відмінності растрового та векторного форматів даних.
6. Зміст структурного зображення.
7. Укажіть переваги і недоліки растрового та векторного форматів.
8. Що таке топологічна модель даних?
9. Визначте цифрову карту та цифрову модель поверхні?
10. Розкрийте зміст класифікації моделей за типом поверхні.

### Навчальний тест:

1 Картографічна проекція – це:

1) математично визначений спосіб зображення всієї поверхні земного еліпсоїда або будь-якої його частини на площині, при якому кожній точці поверхні взаємно-однозначно відповідає точка площини, що називається її зображенням;

2) зображення відносно невеликих ділянок земної поверхні найчастіше використовують проекції Гаусса-Крюгера, Меркатора та їхні різновиди;

3) математично визначений спосіб зображення всієї поверхні земного еліпсоїда;

4) географічних просторових даних.

2. У загальному випадку плоска лінія може бути задана:

1) таблицею координат точок (вузлів, полюсів), які лежать на ній;

2) координатною площиною;

3) аналітично – в параметричній або непараметричній (явній чи неявній) формах;

4) додатними кутами;

5) натуральними параметрами.

3. Найпростішою плоскою лінією є пряма, яка виражається формулою:

1)  $Ax + By + C = 0$ ;

2)  $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$ ;

3)  $y = f(x)$ ;



$$4) y = y(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D.$$

4. Растровий формат даних використовується в ЗІС для таких зображень, як:

- 1) аерокосмічні знімки;
- 2) ортофотокарти;
- 3) рисунки;
- 4) скановані тексти документів;
- 5) усі відповіді правильні.

5. Різні растрові формати. До найпоширеніших належать:

- 1) GIF;
- 2) BMP;
- 3) PCX;
- 4) IGES;
- 5) HPGL;
- 6) TIFF;
- 7) EPS.

6. Структурне зображень:

1) лінії можуть бути представлені	а) послідовністю сусідніх пікселів
2) області	б) множинами суміжних пікселів

7. До поширених векторних форматів належать:

- 1) DWG;
- 2) TIFF;
- 3) EPS;
- 4) IGES;
- 5) HPGL.

8. Прикладами топологічних відношень між графічними примітивами можуть бути:

- 1) відношення між двома точками: точки з'єднані між собою однією або кількома лініями;
- 2) відношення між точкою і лінією: точка є початком лінії чи її кінцем;

- 3) відношення між точкою й областю: точка належить визначеній області;
- 4) відношення між двома лініями: лінії мають спільну точку;
- 5) відношення між лінією і двома областями: лінія створює спільну межу між ними;
- 6) відношення між двома областями: області є суміжними (сусідніми) або одна з них – це частина іншої (вкладена).
- 7) всі відповіді правильні.

9. До переваг векторного формату даних належать:

- 1) висока точність;
- 2) низька потреба в пам'яті для зберігання зображення;
- 3) простота виконання координатних перетворень;
- 4) відносна складність визначення таких відношень між графічними примітивами.

10. Схема цифрового картографування містить:

- 1) місцевість;
- 2) опитування;
- 3) збирання знімальної інформації;
- 4) формування ЦММ;
- 5) створення електронної карти;
- 6) відображення цифрової карти;
- 7) карту.

11. Розставити у порядку побудови шарів цифрової карти:

- 1) ґрунти;
- 2) адміністративні утворення;
- 3) угіддя;
- 4) парцели.

**Ключ до навчального тесту:**

**1 – 1; 2–1, 3; 3–1; 4–5; 5–1, 2, 3, 6, 7; 6–1а, 2б; 7–1, 4, 5; 8–7; 9–1, 2; 10–1, 3, 4, 6, 7; 11–1, 3, 4, 2.**

## Розділ 4

# ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

### 4.1. Введення картографічних даних

#### *Сутність уведення картографічних даних*

*Геоінформаційні технології*, які використовуються в ЗІС, можна поділити на кілька великих класів, зокрема на технології:

- введення даних у систему, в тому числі картографічних, атрибутивних і відеографічних даних;
- перетворення й модифікації (редагування) даних, що зберігаються в системі;
- пошуку в базах даних, відображення та виведення даних;
- цифрового тематичного картографування;
- просторового аналізу й моделювання.

*Введення* у комп'ютер картографічних даних із різноманітних джерел, їхній контроль і перетворення належать до основних функцій ЗІС, пов'язаних зі створенням та оновленням баз картографічних даних. Сутність уведення в інформаційну систему (цифрування) картографічних даних полягає в автоматизованому перетворенні первинних даних із карт, планів й інших джерел картографічної інформації в цифрову форму. Вказане перетворення виконується за допомогою периферійних пристроїв уведення графічних даних у комп'ютер – ручних дигітайзерів і сканерів. Результатом уведення даних є, як правило, цифрова модель місцевості або цифрова карта у векторному топологічному форматі, яка знаходиться у відповідній базі даних.

Слід відрізнити *первинне* масове введення відомостей у бази просторових даних ЗІС (первинне завантаження баз даних) від вторинного введення, що виконується в процесі експлуатації системи. *Вторинне* введення даних покликане забезпечити модифікацію (редагування) даних,

які вже існують в інформаційній системі. Воно може бути зумовлено також необхідністю доповнення існуючих даних додатковими про нові категорії об'єктів чи з розширенням території, яку обслуговує система. Для вторинного введення обов'язково треба погоджувати нові дані з тими, що існують у базах просторових даних системи.

Введення картографічних даних в інформаційну систему включає:

- ведення й опрацювання даних наземного знімання (польових вимірів);
- цифрування монохромних та кольорових карт і планів;
- контроль уведених даних, їхнє попереднє опрацювання й перетворення;
- створення та формування (заповнення) баз картографічних даних;
- створення і формування (заповнення) баз атрибутивних даних,
- установлення зв'язків між базами картографічних і атрибутивних даних.

Для введення в інформаційну систему використовують різні за типами та якістю *джерела* картографічних даних. Первинна картографічна інформація може бути представлена, зокрема, у вигляді:

- оптичних носіїв електронних геодезичних приладів (електронних тахеометрів, приймачів GPS тощо);
- фотокопій із викреслених (віддешифрованих) ортофотопланів;
- карт та планів на паперовій основі (тиражних відтисків);
- оригіналів карт і планів, виготовлених на пластику (в тому числі розчленованих за кольорами).

При розгляді процесів введення картографічних даних у ЗІС слід пам'ятати й про таку можливість, як *імпорт* готових цифрових карт, створених в інших автоматизованих інформаційних системах. У нинішній час поступово формується також ринок цифрових карт. Завдяки розвинутим програмним засобам конвертації (перетворення) проблема використання імпортованих картографічних даних розв'язується, як правило, успішно.

#### *Введення та опрацювання даних наземного знімання*

У багатьох випадках введення даних в ЗІС може бути поєднано з процесами їхнього первинного збирання. Наприклад, дані можуть надходити у систему з цифрових геодезичних приладів (електронних

тахеометрів), приймачів глобальної супутникової системи позиціонування (GPS) тощо. В такому разі координати й атрибути об'єктів можуть вводитися у комп'ютер:

- за допомогою клавіатури з польових журналів геодезичних вимірювань;
- із машинних носіїв даних, одержаних у полі за допомогою реєструючих електронних геодезичних приладів;
- безпосередньо з мобільних комп'ютерів, які експлуатуються в польових умовах.

Уведення таких даних в ЗІС та їхнє подальше опрацювання здійснюється за допомогою спеціально розроблених програм. Технологічний процес опрацювання даних наземного знімання на комп'ютері включає їхній контроль, редагування, розв'язання основних геодезичних задач, відображення та ін.

### *Основні способи шифрування*

До основних способів уведення (цифрування) картографічних даних належать:

- ручне введення даних за допомогою дигітайзера і клавіатури;
- сканування й подальша векторизація одержаного растрового зображення.

В останньому випадку можливі:

- *ручне введення даних з екрана дисплея по растровій підкладці;*
- *напіваавтоматичне введення даних з екрана дисплея по растровій підкладці;*
- *автоматичне введення даних (автоматичне растр-векторне перетворення).*

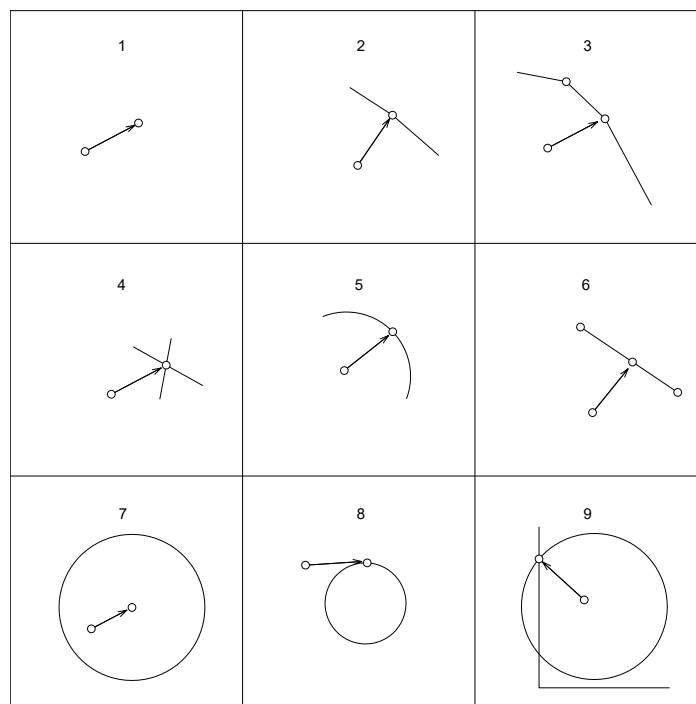
При виборі того чи іншого способу цифрування карт потрібно враховувати ряд факторів, зокрема:

- тип і якість джерел картографічних даних;
- наявність певних технічних засобів;
- наявність характеристик програмного забезпечення;
- кваліфікацію персоналу;
- затрати праці й часу.

### *Ручне цифрування карт*

Хоча в деяких випадках координати точок можуть бути введені у комп'ютер за допомогою тільки клавіатури (наприклад, координати точок окружної межі населеного пункту з відповідного каталогу (координат),

найпоширенішим на нинішній є введення даних з карт і планів, яке виконується в ручному режимі за допомогою дигітайзера з маніпулятором, меню і клавіатурою, що, звичайно, супроводжується відображенням уведених даних на екрані дисплея. Оператор вибирає у меню тип потрібного геометричного примітива (точка, відрізок прямої, ламана, полігон, крива лінія тощо) й уводить необхідну кількість пар координат точок натисненням відповідної кнопки на маніпуляторі. За допомогою інших кнопок можна відмітити кінець лінії, замкнути ламану, відмінити уже введені дані про графічний примітив та ін.



**Рис. 4.1. Типові способи точного позиціонування:**

- 1 – прив'язка до найближчої точки (як окремого примітива);**
- 2 – прив'язка до найближчої точки відрізка, дуги чи кола;**
- 3 – прив'язка до кінцевої точки відрізка або вершини ламаної;**
- 4 – прив'язка до точки пересічення відрізків, дуг чи кіл;**
- 5 – прив'язка до точки по нормалі до відрізка, дуги або кола;**
- 6 – прив'язка до середини відрізка, дуги чи кола;**
- 7 – прив'язка до центра дуги або кола;**
- 8 – прив'язка по дотичній до дуги або кола;**
- 9 – прив'язка до точки пересічення дуги чи кола з координатною віссю**

Важливий елемент ручного шифрування – автоматичне *точне позиціонування* – прив'язка щойно введених точок графічних примітивів до точок на введених примітивах (наприклад, до точок початку, кінця і середини відрізків або до найближчої точки на лінії), в тому числі й до точок об'єктів, розміщених на різних шарах карти. Справа полягає в тому, що без використання функції позиціонування неможливо абсолютно точно

попасти перехрестям маніпулятора на існуючу точку чи лінію, що призводить до суттєвих похибок, а також до порушення цілісності картографічного зображення, наприклад, до появи непередбачених проміжків між лініями або пересічень ліній. Типові способи точного позиціонування показані на рисунку 4.1.

При цифруванні ліній за допомогою ручного дигітайзер використовуються два основних режими: дискретний (поточковий) безперервний (поточковий). У *дискретному* режимі оператор вибирає і вводить по одній у комп'ютер вершини ламаної або характерні точки кривої лінії. При цьому він повинен забезпечити високоякісну апроксимацію кривої лінії відрізками прямих. У *безперервній* (поточковому) режимі цифрування оператор просто обводить потрібну лінію, а координати її окремих точок реєструють: автоматично через заданий постійний інтервал часу або з дотриманням постійної відстані між точками. Проблема, з якою доводиться тут мати справу, полягає в надлишку введених даних, що характеризують лінії. Для стиснення одержаних даних застосовується багато різних математичних методів, зокрема, метод середньої точки.

Перевагами ручного цифрування за допомогою дигітайзера є відносна простота, незалежність від якості картографічного матеріалу, а недоліками – значні затрати часу й праці, істотна залежність точності введених координат від кваліфікації оператора. Можна стверджувати, що цей спосіб розрахований на сумлінний персонал і добре налагоджений процес контролю якості цифрування.

Ручний спосіб найкраще використовувати при низькій якості первинних картографічних матеріалів, їхній значній складності, великій кількості символів і текстів, які перекриваються, при необхідності вибіркового шифрування, та інших випадках. Наголосимо, що ручний спосіб дає змогу цифрувати й такі геометричні об'єкти, положення яких потрібно визначити з картографічного зображення, наприклад, точки прив'язки позамасштабних умовних знаків, осьові лінії шляхів або розпливчасті межі боліт.

### *Підготовка і використання растрової основи*

Первинні картографічні матеріали можуть бути введені у комп'ютер за допомогою сканера. Одержана цифрове зображення в растровому форматі може бути відповідним чином опрацьоване і після цього використане як *растрова основа* (підкладка) для цифрування ручним, напівавтоматичним або автоматичним способами. Попереднє опрацювання растрових даних здійснюється за допомогою спеціальних програмних засобів і включає ряд процедур, до яких належать перетворення в

потрібний формат, геометрична корекція, потоншення ліній, видалення зарамкового оформлення карти тощо. Далі тим чи іншим способом виконується векторизація растрового зображення, тобто растр-векторне перетворення (конвертація) з метою одержання файлів картографічних даних у векторному форматі.

Введення даних з екрана дисплея по растровій підкладці з використанням миші й клавіатури є одним з найпоширеніших способів цифрування карт. Він нагадує введення даних за допомогою дигітайзера. Але суттєвими перевагами використання растрової підкладки є висока точність результатів, можливість цифрування карт великого розміру, відсутність проблем зшивки з окремих фрагментів, а недоліками – значні затрати часу і праці, залежність одержаних результатів від кваліфікації та сумлінності оператора. Цей спосіб найдоцільніше застосовувати для картографічних зображень середньої складності, а також для зображень, які необхідно лише частково перевести у векторний формат.

### *Напівавтоматичне й автоматичне цифрування*

При використанні *напівавтоматичного* способу цифрування карт по растровій підкладці на екрані дисплея, на відміну від чисто ручного способу, поряд з усіма функціями ручного цифрування додатково забезпечується можливість автоматичного введення (розпізнавання) окремих ліній. Завдяки цьому в кілька разів зростає продуктивність і полегшується праця оператора, підвищується точність результатів, виключаються помилки типу пропуску деяких об'єктів або повторного введення тих самих об'єктів.

Зазначений спосіб придатний тільки для карт невеликої й середньої складності й первинних картографічних матеріалів, які мають високу якість. При складних зображеннях запити комп'ютера до оператора стають настільки частими, що майже повністю втрачається вигода порівняно з чисто ручним уведенням даних. Перевагами напівавтоматичного способу відносяться відсутність необхідності в додатковому редагуванні даних після цифрування, можливість вибіркового введення об'єктів, відсутність проблем зшивки карти з окремих фрагментів, а недоліками – залежність від якості вихідних картографічних матеріалів, кваліфікації, уважності та сумлінності оператора.

При *автоматичному* способі введення картографічних даних по растровій основі комп'ютер практично повністю забезпечує розв'язання всіх задач, які стосуються растр-векторного перетворення (стоншення, відстежування і згладжування ліній, усунення розривів між ними, видалення висячих відрізків, установлення топологічних зв'язків, розпізнавання символів і надписів тощо). Потрібне незначне втручання



оператора у роботу системи, в основному на етапах попереднього й заключного редагування даних. Для застосування автоматичного способу необхідно мати первинний картографічний матеріал дуже високої якості (наприклад, поділені за кольорами оригінали топографічної карти на прозорому пластику).

Автоматичний спосіб зручний при опрацюванні великої кількості однотипних простих карт із переважанням лінійних елементів і символами, які повторюються (наприклад, гіпсометричні карти). Переваги цього способу – можливість пакетного опрацювання, висока швидкість роботи, відсутність проблем зшивки. До недоліків цього способу відносять потребу в кваліфікованому персоналі, можливість застосування в основному для карт з переважанням лінійних елементів, обмежена кількість символів і шрифтів, які можуть бути розпізнані, а інколи – ще й значна трудомісткість попереднього і заключного редагування даних. Великі труднощі виникають також при необхідності вибіркової векторизації растрового зображення.

Для реалізації процедур уведення картографічних даних зі сканерів і напівавтоматичного перетворення одержаних растрових зображень у векторний формат ручним, напівавтоматичним або автоматичним способами використовуються спеціальні програмні засоби – *векторизатори*. Прикладами поширених векторизаторів можуть бути Ease Trace і MapEdit.

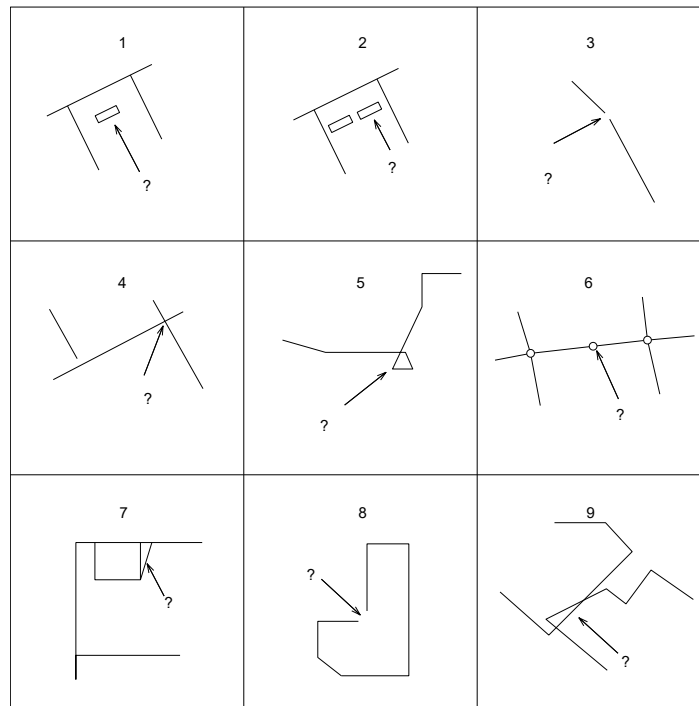
### *Помилки цифрування карт*

Цифрові карти, одержані в результаті виконання процедур уведення даних тим чи іншим способом, повинні проходити ретельний контроль, який включає оцінку повноти та якості одержаних даних. Справа в тому, що помилки приведенні картографічних даних (рис. 4.2) за існуючих технологій, як правило, є неминучими.

До типових *помилки* цифрування карт належать:

- пропуск об'єктів;
- створення зайвих об'єктів (у результаті повторного введення, випадкового переміщення або копіювання тощо);
- віднесення об'єктів до інших, ніж це потрібно, шарів карти;
- утворення на лініях петель (іноді візуальний контроль таких помилок через малі розміри петель практично неможливий);
- розбиття об'єктів (наприклад, ліній) на непотрібні частини;
- розриви в лініях, які повинні бути безперервними;
- незамкнутість контурів областей;
- невиконання обов'язкових геометричних умов, таких, зокрема, як паралельність сторін, ортогональність, симетрія тощо;

- недоведення чи переведення ліній, наслідком чого є непотрібні розриви між лініями або пересічення ліній;
- незбіг ліній, які мають точно збігатися.



**Рис. 4.2. Типові помилки цифрування карт:**

**1 – пропуск об'єкта; 2 – створення зайвого об'єкта; 3 – розрив у безперервній лінії; 4 – недоведення або переведення ліній; 5 – утворення на лініях петель; 6 – утворення уявного вузла; 7 – невиконання умови ортогональності; 8 – незамкнутість контуру області; 9 – незбіг меж прилеглих областей**

Пошук і коригування помилок цифрування картографічних даних можна здійснювати як безпосередньо в самому процесі цифрування, так і відразу після нього. При цьому контроль одержаних результатів може виконуватись як оператором (візуальним способом), так і програмним шляхом із використанням інтерактивного й автоматичного редагування виявлених при цьому помилок

Однимі з найпростіших способів візуального контролю є викреслювання одержаної цифрової карти за допомогою плотера і звіряння її на просвіт з оригіналом. У ряді випадків програма спроможна зареєструвати потенційні помилки, допущені при цифруванні, і по черзі показувати операторові на екрані дисплея місця їх розміщення на карті для виправлення в інтерактивному режимі. Такий прийом часто застосовується на етапі формування з уведених геометричних примітивів топологічної структури даних. Певна частина помилок може бути виправлена автоматично, наприклад, незамкнутість полігонів, недоведення або

переведення ліній у межах заданої похибки або перехід за наперед задану рамку зображення.

## 4.2. Перетворення і редагування картографічних даних

### *Опрацювання введених картографічних даних*

Уведені в ЗІС картографічні дані піддаються *опрацюванню*, яка є включає:

- відображення, візуальний і програмний контроль потенційних помилок;
- перетворення координат площини;
- редагування одержаної карти в інтерактивному чи автоматичному режимі;
- символізацію карти;
- зведення і зшивку карти з окремих фрагментів;
- формування цифрових моделей місцевості або цифрових карт у векторному топологічному форматі й розміщення їх у відповідних базах даних;
- зв'язування баз картографічних даних із базами атрибутивних даних.

### *Сутність і використання перетворення площини*

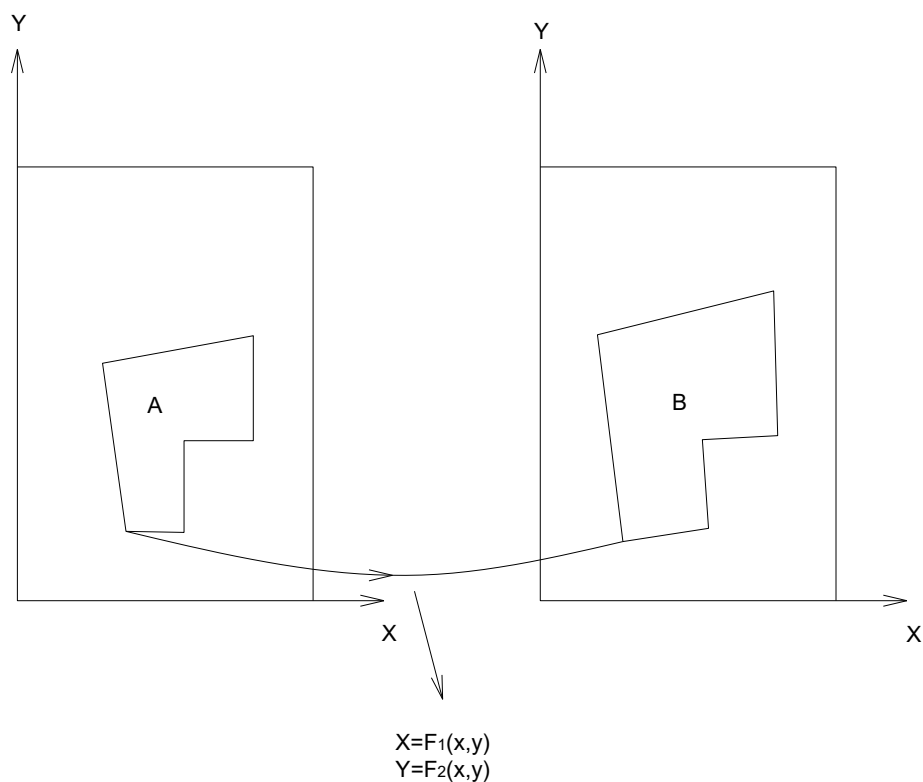
Важлива роль при опрацюванні результатів цифрування картографічних джерел відіграє геометричне перетворення (геометрична корекція) одержаних зображень. Сутність *перетворення* (трансформації) площини (рис. 4.3) полягає в масовому перетворенні координат точок-прообразів  $m_i$  з координатами  $(x_i, y_i)$  у координати  $(X_i, Y_i)$  точок-образів  $M_i$  відповідно до деяких функцій перетворення (трансформації) загального виду  $X = F_1(x, y)$  і  $Y = F_2(x, y)$ .

Перетворення площини може бути використане для різних цілей, зокрема, для:

- компенсації лінійної або нелінійної деформації носія картографічних даних;
- усунення огріхів введення координат окремих точок;
- приведення картографічної проекції до теоретичних розмірів (прямокутник або трапеція);
- переходу від однієї картографічної проекції до іншої.

Перехід від однієї картографічної проекції до іншої (*перетворення проекцій*) – особливий вид перетворення площини. Необхідність його виникає тоді, коли вихідні картографічні джерела мають іншу, ніж це потрібно, картографічну проекцію, систему координат і висот. При цьому перетворення планових прямокутних координат може здійснюватися безпосередньо або через географічні координати шляхом:

- використання математичних рівнянь вихідної й похідної проекцій;
- еластичного перетворення на основі апроксимуючих функцій, створених по мережі опорних точок із відомими вихідними і похідними координатами.



**Рис. 4.3. Перетворення площини**

Перетворення площини може забезпечити не тільки перехід від однієї картографічної проекції до іншої, але й перетворення прямокутних координат проекції в геодезичні, перехід з однієї системи геодезичних координат в іншу, з еліпсоїда на еліпсоїд, із місцевої системи координат у державну і навпаки.

## Методи перетворення площини

Найпростішими видами перетвореннями площини є масштабування, зсув і поворот системи координат. Зсув системи координат в точку  $(x_0, y_0)$  і поворот її на кут  $\alpha$  виконується за формулами:

$$\begin{aligned}X &= F_1(x, y) = (x - x_0) \times \cos \alpha + (y - y_0) \times \sin \alpha, \\Y &= F_2(x, y) = -(x - x_0) \times \sin \alpha + (y - y_0) \times \cos \alpha.\end{aligned}$$

Досить широко застосовуються й складніші види перетворення, в тому числі ортогональне, афінне, проєктивне, поліноміальні 2–5-го ступенів, а також кусково-афінне перетворення Хельмерта.

*Ортогональне* перетворення здійснюється за формулами:

$$X = F_1(x, y) = a + b \times x + c \times y, \quad Y = F_2(x, y) = d - c \times x + b \times y.$$

*Афінне* перетворення виконується за формулами.

$$\begin{aligned}X &= F_1(x, y) = a_1 + b_1 x + c_1 y, \\Y &= F_2(x, y) = a_2 + b_2 x + c_2 y.\end{aligned}$$

*Проективне* перетворення здійснюється за формулами:

$$\begin{aligned}X &= F_1(x, y) = \frac{a_1 + b_1 \times x + c_1 \times y}{a_3 + b_3 \times x + c_3 \times y} \\Y &= F_2(x, y) = \frac{a_2 + b_2 \times x + c_2 \times y}{a_3 + b_3 \times x + c_3 \times y}\end{aligned}$$

*Квадратичне* (поліноміальне 2-го ступеня) перетворення виконується за формулами:

$$\begin{aligned}X &= F_1(x, y) = a_1 + b_1 \times x + c_1 \times y + d_1 + e_1 \times x \times y + f_1 \times y^2 \\Y &= F_2(x, y) = a_2 + b_2 \times x + c_2 \times y + d_2 + e_2 \times x \times y + f_2 \times y^2\end{aligned}$$

Сутність перетворення *Хельмерта* полягає у побудові триангуляції на множині всіх опорних точок і подальшому виконанні звичайного афінного перетворення в межах кожного з одержаних трикутників.

Коефіцієнти рівнянь перетворення площини  $F_1$  і  $F_2$  знаходять за координатами *опорних точок* (точок прив'язки). причому для кожної такої

точки повинні бути відомі як одержані при цифруванні, так і точні (теоретичні), координати. Як опорні точки використовують кути рамки карти, пересічення ліній координатної сітки, геодезичні пункти та інші об'єкти. Кожному методу відповідає своя мінімально необхідна кількість опорних точок. Вона визначається кількістю коефіцієнтів у рівняннях  $F_1$  і  $F_2$ . Наприклад, для ортогонального перетворення потрібно не менше, двох і точок, афінного – три, проєктивного – чотири, для квадратичного – шість і т.д. Перетворення Хельмерта працює з будь-якою кількістю опорних точок, але не менше трьох. Якщо кількість заданих опорних точок перевищує мінімально необхідну, то коефіцієнти рівнянь  $F_1$  і  $F_2$  розраховуються за методом найменших квадратів.

У загальному випадку перетворення площини виконується тим точніше, чим більше відомо опорних точок. Але дуже важливо також правильно вибирати ці точки. Зокрема, бажано брати точки з великими відстанями між ними і намагатися охопити ними всю область відцифрованої карти або плану. Природно, що це має робитися як по осі  $X$ , так і по осі  $Y$ .

Метод перетворення площини вибирається або користувачем, або програмою. Програма автоматично по черзі використовує всі можливі у даній ситуації методи перетворення, для кожного з них оцінює точність результатів і вибирає оптимальний.

### *Графічні системи*

Картографічні дані в інтерактивному режимі редагуються за допомогою великих і складних програм – *графічних систем*. Процес редагування картографічних даних є одним із найтрудомісткіших для оператора. Тому графічний процесор повинен мати добре розвинутий інтерфейс із користувачем і виконувати різноманітні операції, які максимально сприяють швидкому, зручному та високо якісному розв'язанню задач редагування. Графічний процесор повинен забезпечувати управління зображенням карти на екрані дисплея, створення нових і видалення непотрібних графічних примітивів, редагування графічних примітивів і виконання багатьох інших функцій.

*Управління зображеннями* на екрані дисплея включає:

- управління завантаженням картографічних та інших зображень;
- управління шарами (операції їх включення, виключення тощо);
- управління кольорами і типами ліній (точок);
- забезпечення перегляду зображень на екрані дисплея (відкриття вікон, показ повного виду, збільшення, зменшення, зсув тощо);
- виділення (підсвічування) необхідних графічних примітивів;

— відображення умовними значками (наприклад, квадратиками) вузлових точок ліній тощо.

### *Операції редагування*

Засоби графічного процесора, що призначені для *створення* нових і *видалення* вже існуючих графічних примітивів, дають змогу:

- додавати до зображення нові графічні примітиви – точки, відрізки прямих ліній, дуги кривих ліній, геометричні області (в тому числі правильні геометричні фігури – квадрати, прямокутники, кола, еліпси);
- копіювати графічні примітиви;
- переносити графічні примітиви з одного шару карти на інший;
- будувати еквідистанти до існуючих ліній;
- формувати області з ліній, які вже є на зображенні;
- малювати і згладжувати криві лінії;
- наносити прямолінійні та криволінійні підписи (тексти);
- видаляти графічні примітиви тощо.

Засоби графічного процесора, що призначені для *інтерактивного редагування* існуючих графічних примітивів, дають можливість:

- вводити (коригувати) координати точок із клавіатури;
- масштабувати і переміщувати (зсувати і повертати) графічні примітиви;
- вирівнювати (подовжувати або вкорочувати) лінії;
- переміщувати кінцеві й проміжні точки ліній;
- переміщувати вузлові точки зображення (при цьому "тягнуться" всі лінії, які примикають до вузла);
- замикати і розмикати лінії (контури);
- видаляти й вставляти в лінії нові точки розбивати лінії на окремі частини;
- стикувати лінії та об'єднувати їх в єдине ціле;
- перетворювати ламану лінію у криву (сплайн);
- згладжувати криві лінії за заданими умовами;
- розбивати задані області на частини чи об'єднувати їх в єдине ціле;
- вирізати у зображенні область, обмежену заданим багатокутником і вставляти її в інше місце цього ж або іншого зображення тощо.

До інших можливостей, які надають графічні процесори, належать:

- виявлення і блокування деяких некоректних дій оператора;

- відміна результатів дії останньої команди оператора (повернення до попереднього стану, наприклад, повернення назад помилково видаленого графічного примітива);
- забезпечення автоматичного точного позиціонування (прив'язки до вже існуючих точок і ліній);
- забезпечення роботи з використанням растрової підкладки,
- генерація сітки із заданим кроком і забезпечення точної прив'язки до неї;
- вирівнювання по "червоній лінії" тощо.

Графічні процесори часто доповнюються спеціальними програмами (утилітами), що дають змогу виконувати певні процедури редагування картографічних даних автоматично. Прикладами такого *автоматичного редагування* можуть бути:

- побудова або виправлення рамки карти;
- контроль та усунення недоліків при підході графічних примітивів до рамки карти (наприклад, усунення розривів чи пересічень між лініями і рамкою);
- пошук і усунення розривів та пересічень ліній;
- стягування кінцевих точок ліній або вершин полігонів до однієї точки в межах кола припустимої похибки із заданим радіусом;
- замикання контурів областей (полігонів);
- згладжування (генералізація) ліній;
- присвоєння об'єктам номерів (ідентифікаторів).

### *Символізація, зшивка і зведення карт*

Уведені в систему геометричні примітиви (точки, лінії, області тощо) підлягають символізації. Сутність процесу *картографічної символізації* полягає в присвоєнні кожному об'єкту коду відповідного умовного знака з бібліотеки умовних знаків. Символізація може проводитись як безпосередньо у процесі цифрування картографічних даних, так і безпосередньо після неї. Важливою складовою символізації є також присвоєння елементам картографічного зображення таких характеристик, як пріоритет виведення і рівень значущості (див. п.3.4).

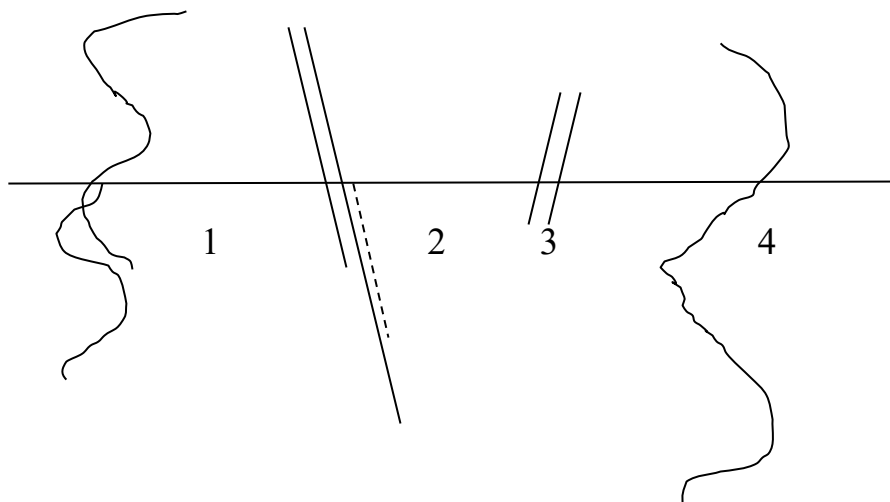
Якщо символізація виконується як окремий технологічний процес, то може бути використана одна з таких схем:

- ручний вибір окремого геометричного примітива на екрані з подальшим уведенням необхідних даних про нього (наприклад, за допомогою меню);
- автоматичний обхід усіх геометричних примітивів програмою з інтерактивним уведенням потрібних даних;



— ручне або автоматичне присвоєння номерів усім графічним об'єктам на карті з подальшим пакетним уведенням необхідних даних з використанням допоміжного символного файлу, підготовленого за допомогою текстового процесора.

Полегшити роботу при символізації карт можна за допомогою автоматизованих довідників–класифікаторів об'єктів, які повинні бути легкодоступними (наприклад, мати вигляд вкладених меню або матриць піктограм) і легко змінятися (не бути жорстко "зашитими" в програми).



*Рис. 4.4. Приклади неузгодженості при зведенні карт:*

*1 - розрив (зсув) зображення річки; 2 - неузгодження умовних знаків дороги; 3 - відсутність продовження дороги; 4 - необгрунтований злам горизонталі*

Процеси перетворення та редагування введених картографічних даних часто завершуються зшивкою і зведенням окремих фрагментів (листів) карт або планів. *Зшивка* – це інтерактивне або автоматичне об'єднання двох окремих, але суміжних фрагментів цифрової карти в єдине ціле (в тому числі й відповідних шарів). Зауважимо, що зшивка може виконуватись як для первинних растрових, так і для вже векторизованих зображень.

Після зшивки окремих фрагментів карт в суцільне зображення виконується процедура їх *зведення*. Зведення фрагментів карт включає в себе редагування (геометричну корекцію) графічних примітивів по лініях рамок, тобто контроль та усунення геометричних і змістовних погрешностей на стиках карт (рис. 4.4).

### 4.3. Введення і редагування атрибутивних даних

#### *Сутність роботи з атрибутивними даними*

До складу інформаційної системи повинні входити розвинуті засоби роботи з базами і записами атрибутивних даних. Ці засоби мають, зокрема, забезпечувати такі можливості:

- створення і наповнення баз атрибутивних даних;
- контроль і редагування записів атрибутивних баз даних;
- установлення зв'язків між картографічними й атрибутивними даними;
- вибір потрібних реляційних таблиць, зручне переміщення по таблицях і перегляд або всіх наявних записів, або тільки тих, які задовольняють задані умови.

Введення атрибутивних даних в інформаційну систему можливе як окремий технологічний процес, чи як процес, суміщений із цифруванням первинних картографічних матеріалів. Суттєвим джерелом атрибутивних даних для ЗІС є також імпорт файлів атрибутивних даних з інших автоматизованих інформаційних систем. При цьому в одних випадках можливе безпосереднє використання одержаних відомостей, а в інших необхідне їх попереднє перетворення (реформатування, конвертування).

#### *Технологія введення атрибутивних даних*

Уведення значень полів у записи файлів атрибутивних даних (у кортежі реляційних таблиць) може здійснюватись як в інтерактивному, так і в пакетному режимі. Інтерактивне введення значень полів у записи атрибутивних даних може проводитися:

- в екранні образи реляційних таблиць;
- у спеціально розроблені *екранні форми* (діалогові вікна), близькі до форматів вхідних документів.

Головним інструментом для роботи з реляційними таблицями в *інтерактивному режимі* є спеціальна потужна програма - *браузер таблиць*. У вікні браузера можливе зручне пересування по записах та їхніх полях, додавання нових записів, їх копіювання, редагування, видалення тощо. Браузер може підтримувати поля особливих типів, зокрема:

- *обов'язкові поля* – поля, які повинні обов'язково мати не пусте значення, коли запис добавляється або редагується;

— *унікальні поля* – поля, які повинні мати унікальні значення для кожного запису реляційної таблиці (наприклад, серійний номер).

Для забезпечення ефективності введення атрибутивних даних велику увагу приділяють полегшенню роботи з класифікаторами і кодифікаторами даних. Оператор позбавляється необхідності безпосередньо працювати з класифікаційними та іншими кодами, що зберігаються в записах баз даних. Для їх уведення використовуються системи вкладених меню і матриці піктограм. При натисненні на кодоване значення поля при перегляді реляційної таблиці на екрані з'являється розшифроване значення коду.

Деякі записи про об'єкти можуть бути об'явлені групою (набором). Наприклад, певне господарство може складатися з кількох земельних ділянок, кожна з яких характеризується окремим записом. Записи, які стосуються цього господарства, створюють набір, причому кожний елемент групи може містити як такі атрибути, що мають індивідуальні значення, так і такі, значення яких є спільним для всієї групи. *Групове введення* даних означає, що для наперед визначених полів записів уведене або змінене значення поля поширюється на всі елементи набору.

У *пакетному режимі* значення полів уводяться в записи файлів (у рядки реляційних таблиць) баз атрибутивних даних виконується шляхом їх завантаження з текстових файлів, які повинні бути попередньо підготовлені за допомогою текстового процесора і ретельно проконтрольовані. *Завантажувальний файл* – це вхідний файл, що містить значення всіх або тільки деяких полів записів майбутньої реляційної таблиці в символьному коді (наприклад, ASCII). Значення полів (атрибутів) у завантажувальному файлі можуть бути представлені в різних форматах, у тому числі:

— *фіксованому*, коли під кожний запис відводиться один рядок і значення кожного атрибута займає в ньому жорстко фіксоване положення (як у матриці), а ширина кожної колонки визначається за описом відповідного атрибута в схемі бази даних;

— *з роздільниками*, коли під кожний запис відводиться один рядок, а значення атрибутів відокремлюється одне від одного комами чи іншими, наперед обумовленими символами;

— *довгому*, коли під значення кожного атрибута відводиться окремий рядок, а після того, як будуть записані значення всіх потрібних атрибутів одного запису, в наступному рядку наводиться значення першого атрибута для подальшого запису і т.д.

Для виконання пакетного завантаження даних необхідно:

- створити пустий файл бази даних із потрібною структурою (якщо такий файл ще не існує);

- виконати команду завантаження з необхідними параметрами, такими, як ім'я підсумкового файла, ім'я текстового завантажувального файла, список полів, які завантажуються (у зв'язку з тим, що можуть бути завантажені як усі, так і тільки деякі поля записів) тощо.

Введення в систему атрибутивних даних, які пов'язані з картографічними об'єктами, здійснюється за такими основними схемами:

- ручний вибір об'єкта з інтерактивним введенням атрибутивних даних у відповідні реляційні таблиці;

- автоматичний обхід усіх об'єктів з інтерактивним введенням атрибутивних даних у відповідні реляційні таблиці;

- автоматичне або ручне присвоєння номерів об'єктам із подальшим пакетним введенням атрибутивних даних;

- пакетне доведення даних для об'єктів, для яких частина атрибутивних даних уже була введена раніше іншим способом.

### *Контроль і редагування атрибутивних даних*

Уведені в файли ЗІС атрибутивні дані обов'язково підлягають контролю і подальшому редагуванню. *Контроль* може здійснюватися, зокрема:

- на наявність незаповнених (пустих) полів у записах;
- на належність числових значень заданому діапазону;
- шляхом зіставлення значень різних показників (там, де це можливо).

Значення атрибутів редагуються (виправляються) за допомогою браузера таблиць або екранних форм, спеціально розроблених для забезпечення введення і редагування даних.

Із метою контролю записи файлів атрибутивних даних (рядки реляційних таблиць) можуть бути виведені на друк у різних форматах. До таких форматів належать уже розглянуті вище формати (фіксований, довгий, з роздільниками), а також формат з іменами атрибутів (полів записів) – по одному імені і одному значенню в кожному рядку.

## *Установлення зв'язків із картографічними даними*

Установлення і підтримка зв'язків між об'єктами на картографічному зображенні та записами баз атрибутивних даних є однією з найголовніших функцій ЗІС і може бути як окремим технологічним процесом, так і суміщатися з уведенням атрибутивних даних.

Звичайно, такий зв'язок установлюється за допомогою *геокодів* (спеціально призначених для цього ідентифікаційних кодів), які генеруються й присвоюються картографічним об'єктам автоматично. Це відбувається у деяких системах відразу при їх цифруванні, в інших – після завершення всього процесу.

У загальному випадку один картографічний об'єкт може бути пов'язаний із записами не тільки однієї реляційної таблиці, але й множини таких таблиць. Сам зв'язок при цьому може мати два варіанти:

— унікальний зв'язок, коли картографічний об'єкт може бути зв'язаний тільки з одним записом у таблиці атрибутивних даних; унікальність такого зв'язку контролюється програмою автоматично;

— множинний зв'язок, коли картографічний об'єкт може бути пов'язаний із довільною кількістю записів у таблицях атрибутивних даних.

Як правило, файл атрибутивних даних необов'язково повинен містити записи для всіх наявних картографічних об'єктів і навпаки.

Для встановлення зв'язків між картографічними об'єктами й записами баз атрибутивних даних необхідно:

— тим чи іншим способом виділити об'єкт на картографічному зображенні (вибраний картографічний об'єкт виділяється на екрані дисплея кольором, заливкою, штриховкою тощо);

— вказати на відповідний йому запис бази атрибутивних даних (рядок реляційної таблиці, яка переглядається за допомогою браузера);

— викликати і виконати відповідну команду (скажімо, натиснути на світлову кнопку).

Точкові та лінійні об'єкти можуть бути вказані на картографічному зображенні безпосередньо (наприклад, за допомогою миші). Для ідентифікації областей (площинних об'єктів) використовуються два способи:

— оператор вказує на центроїд потрібної області (на точку, яка спеціально відображається з цією метою всередині кожної області у вигляді особливого умовного знака);

— оператор вказує на довільну точку всередині потрібної області (це значно зручніше).

При встановленні зв'язків між областями (площинними об'єктами) і записами атрибутивних даних програма може автоматично заповнювати

значення площі й периметра кожної області. Для цього в записах атрибутивних даних резервуються спеціальні поля з фіксованими іменами. За необхідності програма може також автоматично заповнити значення полів площі і периметрів відразу для всіх областей, з якими вже встановлені зв'язки.

Для контролю повноти встановлення зв'язків між картографічними об'єктами й записами баз атрибутивних даних після виконання спеціальної команди на екрані дисплея можуть бути тим чи іншим способом виділені (відмічені) об'єкти, для яких такі зв'язки вже встановлені або, навпаки, для яких ці зв'язки поки що не визначені.

За допомогою відповідної команди помилково встановлений зв'язок між картографічним об'єктом і записом атрибутивних даних може бути розірваний. Видалення картографічного об'єкта призводить, як правило, до видалення пов'язаного з ним запису атрибутивних даних

### *Ведення баз атрибутивних даних*

*Ведення* баз атрибутивних даних в інформаційній системі забезпечується виконанням ряду операцій, які дають змогу:

- вибрати і відобразити на екрані дисплея необхідну таблицю атрибутивних даних;
- знайти у таблиці необхідний запис;
- видалити вибраний запис (при цьому розривається зв'язок з і картографічним об'єктом, якщо він існує);
- додати в реляційну таблицю новий запис атрибутивних даних і заповнити його поля;
- копіювати запис;
- змінити (виправити, оновити) значення окремих полів запису тощо.

При роботі з атрибутивними даними великого значення надають засобам ведення класифікаторів (кодифікаторів) даних словників-довідників даних, які дають можливість зручно додавати, видаляти і коригувати дані, що містяться в них. Для полегшення роботи забезпечується їхній перегляд на екрані дисплея й подальше документування (друкування).

#### 4.4. Пошук, відображення і виведення даних

##### *Інформаційне обслуговування користувачів*

Надання користувачам різноманітних за змістом і характером функціональних можливостей для пошуку, відбору, відображення, перегляду й виведення (видачі) даних – головна функція ЗІС, її обличчя. Система повинна забезпечувати:

— пошук, вибірку, відбір, перетворення та відображення земельних даних за відповідними запитами з видачею одержаних результатів у текстовій, табличній, графічній і картографічній формах ;

— переробку даних (у тому числі виконання розрахунків, об'єднання, зведення, групування й узагальнення даних), їхній аналіз і інтерпретацію, а також геоінформаційне моделювання земельного фонду.

Пошук та відбір потрібних даних можуть здійснюватись як за регламентованими, так і за нерегламентованими запитами. *Регламентовані запити* використовуються для введення критеріїв пошуку, вибірки й виведення (документування) даних за допомогою спеціальних програм, попередньо складених на етапі проектування або розвитку інформаційної системи. За регламентованими запитами можуть, наприклад, складатися поконтурні відомості та експлікації площ сільськогосподарських угідь і ґрунтів в межах парцели, списки землевласників та землекористувачів у населених пунктах і за їхніми межами, відомості земель, які використовуються нерационально, тощо. Зокрема, за регламентованими запитами в ЗІС формуються основні документи *державної статистичної звітності* (наприклад, форми № 2 і 6).

У ЗІС для пошуку, відображення і виведення даних використовуються такі режими, як:

- робота тільки з базами картографічних даних;
- робота лише з базами атрибутивних даних;
- сумісна робота з базами картографічних й атрибутивних даних.

##### *Перегляд, відбір картографічних даних*

*Відображення і перегляд* картографічних даних у ЗІС включає:

- включення або виключення окремих шарів цифрових карт (видимі невидимі шари) й зміну порядку їх виведення на екран дисплея;
- генерацію та відображення прямокутної чи трикутної сітки з кроком, заданим користувачем (сітка може відобразитися як лініями, так і тільки вузлами);

- включення або виключення растрової підкладки (якщо вона існує);
- панорамування (зміну положення вікна зі збереженням його розмірів);
- збільшення (укрупнення) заданої області екрана, де необхідна деталізація зображення (потрібна область при цьому, звичайно, задається прямокутником);
- зменшення зображення відновленням попередніх розмірів і положень вікна доти, доки вся карта не поміститься на екрані (повне зображення можна одержати й одразу).

Операції збільшення і зменшення можна також виконувати відносно множини відібраних картографічних об'єктів (наприклад, показувати їх на екрані дисплея повністю в максимально збільшеному вигляді).

Для одержання наочнішого зображення можна змінювати характеристики відображення картографічних об'єктів, такі, зокрема, як типи (стилі), товщини і кольори ліній, шаблони й кольори штриховок, стилі та розміри текстів (надписів) на карті.

Велике значення має можливість перегляду картографічного зображення одночасно в двох різних вікнах. Це дає змогу, наприклад, вибрати для відображення в основному (великому) вікні потрібну територію за допомогою дрібномасштабної карти, яка відображається в іншому (невеличкому) вікні дисплея. Потрібну територію можна також вибрати за адресними ознаками (скажімо, за назвами кадастрових зон, кварталів і парцел). При цьому в загальному випадку для відображення потрібної території може знадобитися не тільки виділення необхідної частини з однієї існуючої карти, але й попередня зшивка кількох карт, якщо кожна з них тільки частково покриває потрібну територію.

Ті чи інші вибрані користувачем атрибути (показники) необхідних об'єктів (із тих, які зберігаються в базах атрибутивних даних) можуть бути відображені на карті на постійній або тимчасовій основі у вигляді надписів, розміщених у середині відповідних об'єктів чи поряд із ними. Користувачеві надаються можливості управління характеристиками надписів (шрифт, колір тощо). Ця процедура називається *анотуванням* картографічних об'єктів даними з баз атрибутивних даних.

*Відбір* (селекцію) об'єктів на цифровій карті можна проводити різними способами, зокрема, шляхом:

- безпосередньою вказівкою курсором потрібних об'єктів (точок, символів, ліній, областей і надписів) на екрані дисплея; для відбору областей використовуються два способи: оператор вказує курсором або центроїд, або довільну точку всередині необхідної області;



— одночасного виділення групи об'єктів, які повністю чи частково (за вибором оператора) лежать усередині області, заданої на екрані прямокутником, колом або довільним багатокутником (полігоном);

одночасного виділення групи лінійних чи площинних об'єктів, що перерізаються заданою ламаною лінією (наприклад, для складання списку парцел, які будуть пересічені при прокладанні нового шляху);

— одночасного виділення групи об'єктів, відстані від яких до заданого об'єкта не перевищують певної заданої величини (порога);

— одночасного виділення всіх об'єктів заданого типу (точки, символи, лінії, області, надписи), що знаходяться на екрані або на активному шарі.

Для відбору областей використовується також *пошук сусідів* - особливий метод пошуку, за якого відбирається множина областей, що примикають до заданого вузла, лінії чи області.

Відібрані об'єкти виділяються на карті своїм виглядом (зокрема, кольором або підсвічуванням). Звичайно, можлива й обернена операція – зняття виділення з усіх раніше знайдених картографічних об'єктів.

### *Перегляд і відбір атрибутивних даних*

Програмні засоби *відображення і перегляду* атрибутивних даних у ЗІС надають користувачеві такі можливості:

— отримувати інформацію про реляційні таблиці, що існують в базі даних;

— вибирати одну з них як активну (змінювати реляційну таблицю);

— одержувати інформацію про поля активної реляційної таблиці;

— переміщувати по рядках і колонках реляційної таблиці й переглядати її записи та окремі поля в уніфікованій табличній формі чи у вигляді спеціально розроблених екранних форм.

Перегляд користувачем вибраних таблиць атрибутивних даних, звичайно, здійснюється з метою їх неформального аналізу. Користувач може переглядати як усі записи реляційної таблиці, так і тільки певну підмножину записів, які задовольняють задані умови (обмеження) й одержані в результаті попереднього пошуку і відбору (селекції). Відібрані записи можуть бути відсортовані за заданими атрибутами (за зростанням, за убубанням або в лексикографічному порядку), а поля розташовані в бажаній послідовності.

Запит на *відбір записів* уводиться в систему в інтерактивному режимі на мові запитів СУБД, що використовується (наприклад, на мові SQL), за допомогою шаблону (екранної форми), спеціально розроблених для цієї

мети діалогових вікон. Можливе формування запитів також іншими способами. У логічній умові запиту використовуються імена атрибутів, логічні операції (I, АБО, НЕ), операції зрівняння (=, #, >, <, <=, > =) та умови типу:

- BETWEEN – у діапазоні між двома заданими значеннями (верхньою і нижньою межею значень);
- IN – відповідно до заданого списку значень;
- LIKE – подібність у значеннях полів (за шаблоном із зазначенням одиночних чи групових символів-заповнювачів);
- IS NULL – пусте поле тощо.

При необхідності множина виділених (відмічених) записів може формуватися також комбінуванням логічних умов із безпосередньою вказівкою потрібних записів в екранних образах реляційних таблиць.

Пошук і перегляд атрибутивних даних може включати деякі прості елементи аналізу. Так, можна знайти мінімальні, максимальні й середні значення деяких характеристик, які визначають властивості заданої групи однорідних об'єктів або зміну в часі властивостей одного об'єкта. Цьказане свідчить про те, що навіть між елементарними функціями пошуку й відображення даних і функціями аналізу даних немає чіткої межі. Це стосується не тільки атрибутивних, але й картографічних даних.

### *Сумісне використання даних двох видів*

Наявність у ЗІС зв'язків між картографічними об'єктами і записами у файлах баз атрибутивних даних, установлених за допомогою геокодів, дає змогу ефективно використовувати їх сумісно, зокрема:

- відображати й переглядати атрибутивні дані про виділені картографічні об'єкти в уніфікованому табличному форматі чи у вигляді спеціальних екранних форм (запити типу «Що це таке?»);
- відображати і переглядати картографічні об'єкти, пов'язані з , відібраними записами атрибутивних баз даних (запити типу «Де це знаходиться на карті?»);
- відображати й переглядати картографічні об'єкти, атрибути яких відповідають заданим умовам (запити типу «Де знаходяться об'єкти із заданими характеристиками?»);
- відображати значення атрибутів об'єктів на карті;
- одночасно видаляти пов'язані між собою картографічні об'єкти та записи атрибутивних баз даних тощо.

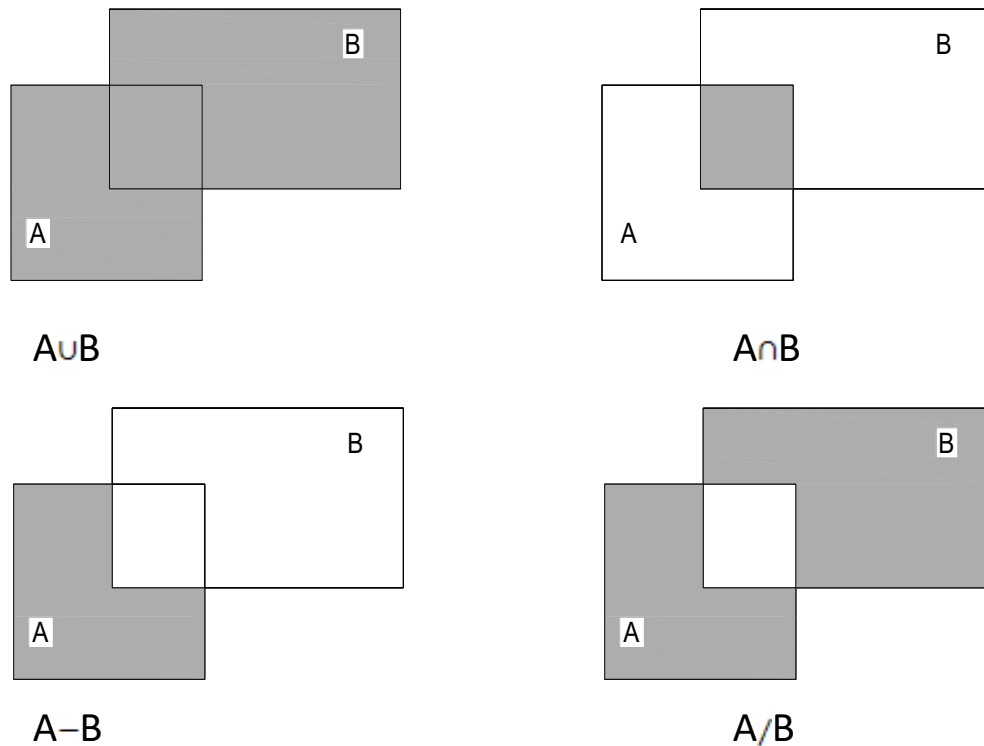


Рис. 4.5. Основні теоретико-множинні операції

У ряді випадків картографічні об'єкти і пов'язані з ними записи в базах атрибутивних даних можна ввдбирати ступінчасто, тобто з послідовним формуванням уточнених результатів. Цього досягають виконанням над множинами об'єктів (записів), одержаних у результаті попередніх відборів, тих чи інших теоретико-множинних операцій (рис. 4.5). Нагадаємо, що до основних *теоретико-множинних операцій* із двома множинами A і B належать їхні поєднання ( $A \cap B$ ), пересічення ( $A \cup B$ ), різниця ( $A - B$ ) і симетрична різниця ( $A / B$ ).

Суттєвим є те, що у процесі відбору можна комбінувати множини об'єктів (записів), одержаних як за геометричними (топологічними) умовами відносно картографічних об'єктів, так і за значеннями атрибутів та логічними умовами відносно них. Наприклад, на першому кроці можна відібрати за геометричними умовами множину парцел A, які пересікаються з нанесеною на карту трасою майбутнього шляху. На другому кроці можна відібрати за значеннями відповідного атрибута множину парцел B, що знаходяться в приватній власності. Тоді  $A \cap B$  – це множина приватних парцел, які підлягають відчуженню до початку будівництва нового шляху.

## *Виведення картографічних і текстових даних*

Виведення одержаних результатів пошуку й опрацювання даних у вигляді різноманітних звітних, аналітичних і презентаційних матеріалів у текстовій, табличній, графічній та картографічній формах є головним функціями ЗІС. Система надає широкі можливості попереднього перегляду й редагування документів перед їхнього видачею на друк або викреслювання.

При виведенні картографічних даних на плотери або принтери можна вибрати з карт потрібні фрагменти (скажімо, поточний вид на екрані дисплея), виводити тільки об'єкти на включених шарах, вибрати потрібний масштаб, управляти кольорами і характеристиками ліній (стиль, товщина тощо) та іншими графічними примітивами. Масштаб може бути призначений автоматично у разі, коли все потрібне зображення необхідно вписати в заданий вихідний формат (наприклад, А3).

Щоб вивести текстово-табличні дані (документів) на принтер у вигляді форматованих звітів, використовують спеціальні програми – *генератори звітів*. *Звіт* – це комбінація різних даних, що містяться в базі атрибутивних даних, яка може бути збережена у вигляді файла чи надрукована. В звіт можуть включатися не тільки показники, що безпосередньо містяться у базах атрибутивних даних, але й одержані з них шляхом опрацювання (визначення похідних та (зведених характеристик).

Для різних запитів до бази атрибутивних даних можуть використовуватися різні форми звітів. Генератори звітів дають змогу в режимі діалогу створювати і редагувати довільні, у тому числі й дуже складні форми звітів та використовувати їх для перегляду і виведення текстово-табличних даних. Генератори звітів значно зменшують залежність користувачів від розробників інформаційної системи.



### Завдання для самостійної роботи

1. Що включає введення картографічних даних в інформаційну систему?
2. Перерахуйте основні способи оцифрування.
3. Назвіть типові способи точного позиціонування.
4. Дайте визначення напівавтоматичного й автоматичному способів оцифрування.
5. Укажіть найпоширеніші помилки оцифрування карт.
6. У чому полягає суть перетворення і редагування картографічних даних.
7. Дайте визначення атрибутивних даним, розкрийте сутність поняття.
8. Які основні режими для пошуку, відображення і виведення даних у ЗІС ви знаєте?
9. Назвіть способи контролю і редагування атрибутивних даних.
10. Як виводити картографічні й текстові дані?

### *Навчальний тест:*

1. Виберіть види способів цифрування карт:
  - 1) автоматичне;
  - 2) напівавтоматичне;
  - 3) комп'ютерізоване;
  - 4) автоматизоване.
2. Прикладами поширених векторизаторів можуть бути:
  - 1) Ease Trace;
  - 2) MapEdit;
  - 3) Idrisi38;
  - 4) ArcMap;
  - 5) AutoCad.
3. Найпоширеніші перетворення площини:
  - 1) ортогональний;
  - 2) афінний;

- 3) проєктивний;
- 4) поліноміальний;
- 5) автоматичний;
- 6) напіваавтоматичний.

4. Проекції перетворюються за формулами:

1. Ортогональне	а) $X = F1(x, y) = a1 + b1 \times x + c1 \times y;$
2. Афінне	б) $X = F1(x, y) = \frac{a_1 + b_1 \times x + c_1 \times y}{a_3 + b_3 \times x + c_3 \times y}$
3. Проективне	в) $X = F1(x, y) = a1 + b1 \times x + c1 \times y + d1 + e1 \times x \times y + f1 \times y^2;$
4. Квадратичне	г) $X = F1(x, y) = a + b \times x + c \times y, Y = F2(x, y) = d - c \times x + b \times y.$

5. До складу інформаційної системи повинні входити розвинуті засоби роботи з базами і записами атрибутивних даних. Ці засоби мають, зокрема, забезпечувати такі можливості:

- 1) створення й наповнення баз атрибутивних даних;
- 2) контроль і редагування записів атрибутивних баз даних;
- 3) установлення зв'язків між картографічними й атрибутивними даними;
- 4) вибір потрібних реляційних таблиць, зручне переміщення за таблицями і перегляд або всіх наявних записів, або тільки тих, які задовольняють задані умовами.
- 5) усі відповіді правильні.

6.Інтерактивне введення значень полів у записи атрибутивних даних може здійснюватися:

- 1) в екранні образи реляційних таблиць;
- 2) у спеціально розроблені екранні форми (діалогові вікна), близькі до форматів вхідних документів;
- 3) у спеціальні програми введення даних;
- 4) в операційну систему MS Dos.

7. Контроль і редагування атрибутивних даних можуть проводитися:

- 1) на наявність незаповнених (пустих) полів у записах;

- 2) на належність числових значень заданому діапазону;
- 3) шляхом зіставлення значень різних показників;
- 4) за допомогою браузера таблиць.

8. Система пошуку, відображення і виведення даних повинна забезпечувати:

- 1) пошук, вибірку;
- 2) відображення земельних даних за відповідними запитами з видачею одержаних результатів у текстовій і табличній формах
- 3) пошук, вибірку, відбір, перетворення і відображення земельних даних за відповідними запитами з видачею одержаних результатів у текстовій, табличній, графічній і картографічній формах ;
- 4) переробку даних (у тому числі виконання розрахунків, об'єднання, зведення, групування й узагальнення даних), їхній аналіз та інтерпретацію, а також геоінформаційне моделювання земельного фонду.

9. Які основні режими можуть використовуватися для пошуку, відображення і виведення даних у ЗІС?:

- 1) робота тільки з базами картографічних даних;
- 2) робота лише з базами атрибутивних даних;
- 3) сумісна робота з базами картографічних і атрибутивних даних;
- 4) робота з графічними даними;
- 5) робота з базами атрибутивних даних.

10. Укажіть основні теоретико-множинні операції та їхні об'єднання з двома множинами А і В:

- 1) пересічення;
- 2) демонстрація;
- 3) різниця;
- 4) симетрична різниця;
- 5) симетричне пересічення.

**Ключ до навчального тесту:**

1 – 1, 2; 2 – 1, 2; 3 – 1, 2, 3, 4; 4 – 1г, 2а, 3б; 5 – 5; 6 – 1, 2; 7 – 1, 2, 3;  
8 – 3, 4; 9 – 1, 2, 3; 10 – 1, 3, 4.

## Розділ 5

### ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ

#### 5.1. Цифрове тематичне картографування

##### *Цифрове картографування в ЗІС*

У ЗІС *цифрове картографування* є однією з до числа головних функцій, яка відіграє дуже важливу роль. Вона включає проектування, складання, оновлення, підготовку до розмноження й виведення різноманітних за змістом і призначенням земельно-кадастрових та інших тематичних планів, карт, серій карт і атласів у графічному й цифровому (електронному) виглядах.

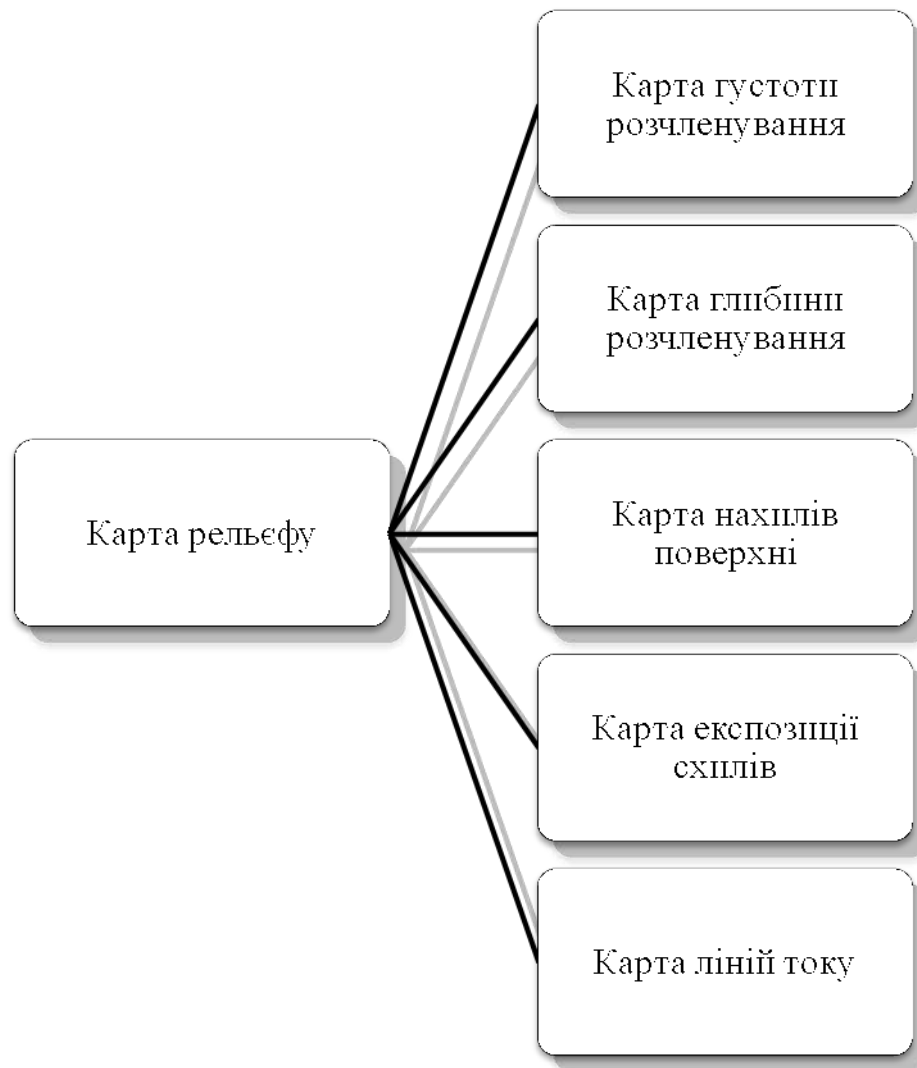
Цифрове картографування здійснюється переважно на основі вже існуючих у системі баз картографічних і атрибутивних даних. Наявність множини атрибутів, що характеризують задані об'єкти, дає можливість для однієї й тієї ж самої території (місцевості) відносно легко одержувати множину карт різного тематичного змісту і використовувати різні способи картографічного відображення даних. При цьому для отримання додаткової інформації можуть бути застосовані різноманітні процедури маніпулювання, розрахунків й аналізу з наявними даними, наприклад, розрахунок густоти населення або річкової мережі. Зрозуміло, що для створення кожної конкретної карти відбирають тільки ті дані, які визначаються її тематикою. Необхідні додаткові дані також можуть бути введені користувачем у систему і використані в процесі картографування.

Нові (*похідні*) карти можна також складати шляхом переробки раніше створених цифрових карт. Так, карта рельєфу може бути перетворена у морфометричну карту (рис. 5.1), а карта розселення – в карту густоти населення.

Взагалі при картографуванні земельного фонду в ЗІС застосовують такі основні *підходи*:

- *інвентарно-ресурсний*, який зосереджує увагу на максимально повному відображенні об'єктів земельного фонду, їхніх описових, кількісних та якісних характеристик, а також на використанні їх як





**Рис. 5.1. Одержання похідних карт перетворенням карти рельєфу**

ресурсу для забезпечення життєдіяльності населення;

- *регіональний*, дає змогу виділити територіальні одиниці за різноманітними тематичними, типологічними, хронологічними т.п;
- іншими класифікаційним ознаками (адміністративні, кадастрові, природні, екологічні, економічні, природно-економічні, оціночні регіони, зони і території);
- *історичний*, який дає можливість відображати об'єкти, процеси та явища в минулі часи (наприклад, ступінь сільськогосподарського освоєння території чи її урбанізації);
- *прогнозний*, що орієнтований на відображення удаваних або недоступних для безпосереднього вивчення об'єктів (зокрема, прогнози зміни використання земель, стану природного середовища, небезпечних природних процесів і явищ, родовищ корисних копалин);

— *оціночно-рекомендаційний*, який характеризує значущість (придатність) об'єктів при розв'язанні будь-яких завдань і дає оцінку території з погляду її господарського освоєння і використання, життєдіяльності населення тощо, або який відображає заходи, що рекомендуються відносно використання, перетворення, розвитку об'єктів природи чи господарства (наприклад, генеральні схеми і проекти раціонального використання й охорони земель та інших природних ресурсів);

— *геотехнічний* (інженерно-технічний), який дає змогу характеризувати природні, природно-антропогенні, антропогенні об'єкти, процеси і ситуації з позицій створення, функціонування, й розвитку геотехнічних, технічних та інших систем (скажімо, меліоративних);

— *еколого-географічний*, за якого об'єктами картографування є ті чи інші відношення в системі «суспільство (людина) - природне середовище» (зокрема, забруднення й деградація земель, вичерпання ресурсів корисних копалин, поширення небезпечних захворювань).

### *Основні способи картографічного відображення*

Для відображення на тематичних картах певних сутностей предметної області в ЗІС застосовують різні *способи*, а саме значків, локалізованих діаграм, лінійних знаків, якісного фону, кількісного фону, картодіаграм, картограм, ізолій, точкових, ареалів, знаків руху та інші. Дуже часто використовують комбінації різних способів.

*Спосіб значків* застосовують для зображення об'єктів, локалізованих по пунктах за допомогою наочних, геометричних або інших значків, розміри яких приймаються постійними чи змінюються за певною шкалою. Значки розміщуються на карті за місцем знаходження об'єктів. Форма, внутрішній малюнок або колір значка, звичайно, відображають якісні характеристики об'єкта, а його розмір - кількісну характеристику. Прикладами значків можуть бути умовні знаки пунктів геодезичної мережі чи родовищ місцевих корисних копалин.

*Спосіб локалізованих діаграм* – це зображення на карті явищ, які хоча й мають суцільне поширення, але вивчаються в окремих пунктах і показуються у відповідних місцях карти за допомогою лінійних, стовпчастих, колових та інших діаграм і графіків. Прикладом можуть слугувати графіки зміни температури повітря або кількості опадів за місяцями року в різних пунктах спостережень (місцях розміщення метеорологічних станцій).

*Спосіб лінійних знаків* являє собою зображення на карті різних лінійних об'єктів, що не мають ширини (наприклад, межі парцел, вододільні лінії й тальвеги) чи об'єктів лінійної протяжності, ширина яких

не виражається у масштабі карти (зокрема, річок, шляхів і меліоративних каналів). При цьому для передачі кількісних та якісних характеристик використовують структуру, малюнок і колір лінійних знаків, а інколи також їхню ширину.

*Спосіб якісного фону* – це зображення на карті якісних характеристик явища в межах заданої території шляхом поділу її на частини і покриття кожної з них за допомогою відповідних площинних графічних засобів. Спосіб якісного фону застосовуються як основний на картах використання земель, сільськогосподарських угідь, ґрунтів, геоботанічних картах, картах та схемах різного роду районування і зонування тощо.

*Спосіб кількісного фону* являє собою зображення на карті кількісних характеристик явища у межах заданої території шляхом поділу її на частини й покриття кожної з них за допомогою відповідних площинних графічних засобів. При цьому поділ території на частини органічно пов'язаний із тим явищем, яке відображається на карті. Для кожної частини території відповідно до тих чи інших даних вказують кількісну характеристику явища, яке відображається. Скажімо, карти вмісту мікроелементів, азоту, фосфору, калію в поверхневих шарах ґрунтів.

*Картодіаграма* – це спосіб зображення сумарної величини, а іноді й структури і динаміки певного явища у кожній одиниці територіального поділу за допомогою діаграмних фігур, що відображають цю величину й розміщуються довільно всередині кожної такої одиниці. При цьому територіальний поділ (найчастіше адміністративно-територіальний устрій) не пов'язаний прямо з явищем, яке відображається. Спосіб картодіаграм, звичайно, застосовують на картах, складених за статистичними даними, які стосуються до тих чи інших одиниць територіального поділу. Наприклад, кількість фермерських господарств або загальний збір ними збіжжя.

*Картограма* являє собою спосіб зображення на карті середньої інтенсивності певного явища в кожній одиниці територіального поділу за допомогою одного з площинних графічних засобів, зокрема, фонового зафарбування або штриховки, інтенсивність якої відповідає інтенсивності цього явища. При цьому територіальний поділ (здебільшого адміністративно-територіальний устрій) не пов'язаний прямо з явищем, яке відображається. Карта у цілому показує зміну інтенсивності даного явища в межах заданої території. Спосіб картограм, як правило, використовують на картах, складених за статистичними даними, що стосуються тих чи інших одиниць територіального поділу. Наприклад, частина багаторічних насаджень у сільськогосподарських угіддях або частка посівів цукрових буряків відносно всієї посівної площі. Способи картодіаграм і картограм широко застосовують для відображення даних державного земельного кадастру.

*Спосіб ізолій* – це зображення явищ, що звичайно мають суцільне поширення, за допомогою кривих ліній, які сполучають на карті точки з

однаковим значенням будь-якого кількісного показника явища (наприклад, ізогіпси, ізобати та ізотерми). Нерідко для наочного показу величини явища смуги між ізолініями зафарбовують або заштриховують за відповідною шкалою, скажімо, лінії однакового вмісту гумусу в ґрунті.

Особливі способи використовують для картографічного зображення рельєфу, в тому числі відмітки висот (глибин), горизонталі (звичайні чи освітлені, з пошаровим розфарбуванням або без нього), відмивання і перспективні зображення.

### *Технологія автоматизованого створення карт*

*Технологічний процес* автоматизованого створення нової цифрової карти загалом включає такі *етапи* (рис. 5.2):

- проектування карти;
- підготовку картографічної основи;
- складання спеціального змісту карти;
- оформлення і виведення карти;
- підготовку карти до видання (до розмноження).

У деяких випадках на визначену територію треба створити не окрему карту, а цілу серію карт або навіть атлас. Окремим видом робіт є оновлення вже існуючих карт і планів.

*Проектування* цифрової карти включає:

- визначення теми й призначення майбутньої карти;
- проектування геодезичної та математичної основ карти (територія картографування, масштаб, проекція, розміри і кількість аркушів тощо);
- проектування змісту карти – встановлення переліку кількісних і якісних характеристик об'єктів, процесів та явищ, які підлягають відображенню на карті;
- складання переліку й визначення характеристик шарів нової карти (вдалий вибір шарів дає змогу краще організувати роботу і зменшити затрати часу на створення карти);
- визначення джерел первинних даних для створення карти (цифрові й паперові карти-основи і потрібний рівень їхньої генералізації, бази атрибутивних даних, статистичні звіти, облікові таблиці, картотеки тощо);
- вибір способів картографічного відображення, розробку шкал показників і легенди карти;
- проектування оформлення (дизайну) карти;
- визначення технології робіт зі створення оригіналів карти та способу її видання (тиражування).



**Рис. 5.2. Основні технологічні етапи:  
а - створення карти; б - її проектування**

При розробці *легенди* карти розв'язують питання, які стосуються:

- місця розташування легенди на карті;
- класу потрібних умовних знаків (позамасштабні, лінійні, площинні);
- номерів (ідентифікаторів) умовних знаків у відповідних машинних бібліотеках і текстів надписів, які пояснюють їх в легенді;
- кількості, ширини й висоти прямокутників умовних знаків у легенді та параметрів оформлення меж указаних прямокутників;
- відстані між рядками легенди, прямокутниками умовних знаків і пов'язаними з ними пояснювальними текстами;
- координат лівого верхнього кута першого прямокутника з умовним знаком у легенді тощо.

### *Автоматизоване складання карт*

Складанню нової тематичної карти спеціального змісту передують підготовка відповідної *картографічної основи* загальногеографічної, топографічної чи іншої) Цей процес включає:

- відбір із первинних карт потрібних за змістом шарів;
- вирізання з указаних карт потрібних фрагментів;
- зшивання по рамках одержаних фрагментів у єдине ціле;
- перетворення картографічного зображення (наприклад, перехід від однієї картографічної проекції до іншої);
- генералізацію зображення (залишається тільки те навантаження, яке має суттєве значення для нової карти);
- редагування одержаного зображення, поліпшення його оглядовості й читаності.

Автоматизоване складання тематичної карти спеціального змісту поєднує два етапи:

- формування списків і тимчасових баз атрибутивних даних, які стосуються сутностей (об'єкти, процеси та явища), що підлягають відображенню на новій карті;
- нанесення на підготовлену картографічну основу й узгодження спеціальної інформації (нові об'єкти, характеристики, надписи тощо) в прийнятій системі умовних знаків.

Формування даних, які підлягають відображенню на новій карті, може бути результатом складних розрахунків, аналізу та математичного моделювання. Для одержання потрібних даних можуть бути використані як відомості з уже існуючих баз даних, так і додаткові дані, введені користувачем.

Специфіка роботи на другому етапі залежить від вибраних методів

картографічного відображення, а для складання спеціального змісту карти використовують різноманітні процедури (функції), що виконуються програмним забезпеченням за командами оператора. Прикладом може слугувати команда, яка дає змогу автоматично нанести на карту позамасштабні умовні знаки в місцях попередньо відібраних точкових об'єктів, а також розмістити поряд із ними номери (ідентифікатори) об'єктів чи інші надписи. При цьому коди потрібних умовних знаків і (або) тексти підписів вибираються безпосередньо з заданих полів бази атрибутивних даних або визначаються за допомогою спеціальної таблиці відповідності, котра дозволяє знайти код умовного знака (текст підпису) за значенням вказаного оператором поля запису бази даних.

Подібна ж команда дає змогу нанести на карту лінійні умовні знаки для заданої множини попередньо відібраних лінійних об'єктів, накреслити в середній точці кожної лінії потрібні значки, номери (ідентифікатори) або інші надписи (тексти, анотації). Для площинних об'єктів аналогічна команда дає можливість накреслити границі між заданими областями (полігонами), використати різні графічні засоби площинного заповнення (заливка, штриховка, крап), нанести на карту значки у місцях розташування центрів областей і додати до них потрібні ідентифікатори (номери) чи інші надписи. При цьому за бажанням оператора можна виконати операцію *зняття границь* і *злиття* полігонів, тобто залишити границі тільки між тими суміжними областями, які мають різні величини визначених показників (див. п.5.2.6).

При складанні карт за способами локалізованих діаграм і картодіаграм графіки, колові, лінійні, стовпчасті та інші діаграми можна сформувати за допомогою стандартних засобів машинної графіки з використанням результатів опрацювання інформації, одержаної з баз атрибутивних даних.

### *Оформлення карт*

Карта оформлюється за допомогою спеціальних програмних засобів. Цей процес, як правило, включає:

- остаточну символізацію карти (позамасштабні й лінійні умовні знаки, штриховки, заливки, надписи різної конфігурації та орієнтації тощо);
- побудову рамки і координатних сіток;
- позарамкове оформлення (основні надписи, легенда, пояснювальні тексти, масштабна лінійка, схема розміщення аркушів та ін.);
- остаточне редагування карти,

— формування пріоритетів виведення окремих елементів (шарів) зображення й встановлення рівнів значущості його елементів.

На етапі оформлення карти велику увагу приділяють її *дизайну*.

Зміст етапу *підготовки карти до видання* (розмноження, друку) залежить від технології, яка використовується, і необхідно тиражу. Звичайно, цей процес полягає у виведенні на плотер (або навіть на принтер) видавничого оригіналу карти, але іноді є потреба в попередньому розділенні карти на окремі для кожного кольору видавничі оригінали, що дають змогу одержувати високоякісні поліграфічні відтиски.

## 5.2. Просторовий аналіз

### *Сутність просторового аналізу*

*Просторовий аналіз і моделювання* є основними напрямками автоматизації процесів використання земельної інформації для розв'язання різноманітних наукових та прикладних задач. Тому ЗІС розглядається як *інформаційно-аналітична система*, тобто така, яка призначена для аналізу й синтезу з первісних масивів даних, що зберігаються у ній, нових даних, які в явному вигляді у первісному масиві відсутні. Результати аналізу можуть містити як детальні відомості, так і зведені (узагальнені) показники, що характеризують поточний і минулий стан земельного фонду та іншої нерухомості, або зміни, які відбулися в предметній галузі за певний відрізок часу (рис. 5.3). При цьому слід мати на увазі, що чіткої межі між пошуком даних зі складних запитів, які потребують опрацювання даних, та їхнім аналізом практично немає.

Об'єктами аналізу можуть бути відомості:

- що містяться у базах картографічних даних;
- які містяться в базах атрибутивних даних;
- що містяться як у базах картографічних даних, так і в пов'язаних із ними базах атрибутивних даних.

Сумісний аналіз картографічних й атрибутивних даних має особливо великі можливості. Так, на цифровій карті може бути автоматично підрахована кількість точкових, лінійних або площинних об'єктів, які мають визначені властивості. Відібрані за умовами відносно значень атрибутів об'єкти можуть бути відображені на карті, а записи про атрибути відібраних об'єктів представлені у вигляді нової реляційної таблиці чи звіту і також показані на екрані дисплея. Іншими прикладами сумісного



використання баз картографічних й атрибутивних даних можуть слугувати:

- складання експлікацій земельних угідь або ґрунтів по парцелях;
- обчислення земельних ділянок адміністративно-територіальним одиницям та розрахунок земельного балансу;
- виконання розрахунків показників і складання форми № 6 державної статистичної звітності про земельний фонд.



**Рис. 5.3. Основні напрями аналізу даних**

### *Аналіз при роботі з атрибутивними даними*

Аналіз при роботі з базами *атрибутивних даних* включає виконання різних операцій з участю заданих полів усіх або тільки попередньо відібраних (відмічених) записів одного чи кількох файлів даних, у тому числі й розрахунки значень різноманітних функцій. Прикладами можуть бути:

- присвоєння деяким атрибутам записів результатів виконання операторами обчислень над значеннями інших атрибутів і констант;
- знаходження:
  - найменшого або найбільшого значення у визначеній колонці реляційної таблиці;
  - суми значень усіх непустих полів у заданій колонці реляційної таблиці;
  - середнього значення усіх непустих полів в заданій колонці реляційної таблиці й відповідного стандартного відхилення;
  - зваженого середнього, тобто середнього значення непустих полів у заданій колонці реляційної таблиці, взятого з урахуванням вагових коефіцієнтів, значення яких містяться в іншій колонці цієї ж самої чи іншої таблиці;
  - медіани всіх значень непустих полів у заданій колонці реляційної таблиці (нагадаємо, що медіана - це значення, яке міститься в середині відсортованого списку значень усіх полів в заданій колонці; це означає, що в списку записів із більшим значенням, ніж медіана, стільки ж само, скільки і з меншим);
  - кількості значень полів у заданій колонці реляційної таблиці, які більші або менші від заданого значення (кількості або дати);
  - складання списку унікальних кодів, які трапляються в заданій колонці чи їхніх унікальних комбінацій у заданих колонках реляційної таблиці.

За допомогою спеціальної процедури може бути виконана *кластеризація* множини значень атрибутів у заданій колонці реляційної таблиці для всіх або тільки для попередньо відібраних (відмічених) записів, тобто розбиття вказаних значень атрибутів на підмножини, які не пересікаються одна з одною. Результати кластеризації можуть бути використані для присвоєння символів картографічним об'єктам (наприклад, при складанні картограм), при генерації значень сумарних чи середніх статистичних показників тощо. Параметром такої процедури є потрібна кількість підмножин (кластерів), а результатом – списки значень для кожного кластера. Найпоширенішими методи кластеризації для числових полів – це:

- ручний, коли границі інтервалів кластерів визначає оператор;
- автоматичний за довжиною інтервалу, коли границі інтервалів кластерів встановлюються так, щоб довжини всіх інтервалів були однаковими;

— автоматичний за кількістю значень, коли границі інтервалів кластерів встановлюються так, щоб кількість значень у кожному інтервалі була приблизно однією й тією ж самою.

Звичайно, для виконання кластеризації можуть бути застосовані й складніші алгоритми.

### *Картометричні визначення*

*Картометрія* – це пряме або непряме визначення (вимірювання, розрахунок) за картами параметрів, які характеризують положення та розміри зображених на них об'єктів, у тому числі координат точок, довжин ліній, розмірів областей (їх довжин і ширин), відстаней, напрямків, кутів, площ, висот (глибин), кутів нахилу поверхонь, експозиції точок схилів, об'ємів та ін.

Зокрема, розташування на карті двох конкретних точок А і В може відзначаються такими картометричними показниками:

- координатами точок А і В;
- відстанню між ними;
- проєкціями  $dx$  і  $dy$  вектора АВ на осі координат X і Y;
- направляючими (дирекційними) кутами вектора АВ та їхніми косинусами.

Із взаємним розташуванням двох точок на площині або на земному еліпсоїді пов'язані класичні задачі геодезії. У *прямій геодезичній задачі* по заданих координатах однієї точки, дирекційному куту напрямку з цієї точки на другу і відстані між ними треба знайти координати другої точки й дирекційний кут напрямку з неї на першу точку. В *оберненій геодезичній задачі* по заданих координатах двох точок потрібно знайти відстань між ними і взаємні напрямки (дирекційні кути).

Сучасне програмне забезпечення дає змогу в необхідних випадках виконувати картометричні операції з урахуванням кривизни земної поверхні, тобто компенсувати ті похибки, які вносять у значення відстаней, кутів і площ та чи інша картографічна проєкція

### *Розрахунки морфометричних характеристик*

*Морфометрія* являє собою пряме або непряме визначення (розрахунок) різноманітних кількісних показників, які характеризують

форму, орієнтацію, структуру й розміщення різноманітних об'єктів, зображених на карті чи плані.

Прикладами морфометричних показників можуть бути витягнутість контурів земельних угідь, звивистість річок і шляхів, густина населених пунктів, розчленованість рельєфу та однорідність ґрунтового покриву. Зазначимо, що всі морфометричні показники об'єктів обчислюються на основі попередніх картометричних визначень відносно цих об'єктів.

Морфометрію використовують не тільки в топографії, але й у тематичній картографії та інших дисциплінах, зокрема і в землевпорядкувальній науці. Прикладами можуть слугувати:

- *морфометрія ґрунтів* (педометрія), яка вивчає структуру ґрунтового покриву, форми і розподіл ґрунтових ареалів та ерозію ґрунтів;
- *ландшафтометрія*, що вивчає ландшафтну оболонку Землі, форми і розподіл ландшафтних виділів.

Розглянемо деякі морфометричні показники, якими можуть бути охарактеризовані точкові множини, криві лінії й області на площині.

До морфометричних показників *точкової множини* належать:

- потужність множини, тобто загальна кількість точок у ній;
- найбільші й найменші значення координат точок;
- діаметр множини, а саме найбільше значення відстаней між усіма можливими парами точок цієї множини;
- чебишовський радіус, тобто найменший радіус кола, яке містить дану множину;
- координати центроїда (наприклад, координати центра маси);
- показники (периметр, площа тощо), що характеризують розміри і форму опорного багатокутника множини, а саме найменшого опуклого багатокутника, який містить усі точки цієї множини;
- густина точок;
- показники рівномірності розміщення (розсіяння) точок.

До морфометричних показників *ламаної або кривої лінії* (у загальному випадку – змішаної лінії) входять:

- загальна кількість вершин і ланок;
- загальна довжина лінії, довжини її ланок;
- найбільше й найменше значення координат точок;
- діаметр і чебишовський радіус;
- показники, що характеризують розміри й форму опорного багатокутника кривої;
- звивистість лінії.

Якщо  $L$  – довжина деякої заданої лінії,  $S$  – довжина кривої, яка апроксимує (згладжує) задану криву,  $D$  – довжина замикаючої прямої (для незамкнених кривих) і  $N$  – загальна кількість звивин на кривій, то звивистість кривої лінії може характеризуватися такими показниками, як:

- відносна звивистість ( $L/S$ );
- звивистість загальних обрисів ( $S/D$ );
- загальна звивистість ( $L/D$ );
- порізаність ( $N/L$  або  $N/S$ ).

До морфометричних показників *плоскої області* належать:

- загальна класифікаційна характеристика форми області (наприклад, область компактна, округла, витягнута, розгалужена тощо);
- кількість ребер (дуг), які створюють границю області;
- найбільше і найменше значення координат точок;
- протяжність області по осях координат;
- загальна орієнтація (азимут) області;
- лінійні розміри (довжина  $V$ , ширина  $W$ );
- середня ширина області;
- коефіцієнт стиснення області ( $W/V$ );
- координати центроїда;
- периметр області та її площа;
- діаметр і чебишовський радіус області;
- показники звивистості границі області;
- число дірок (вирізів, островів) в області;
- сумарні площа і периметр дірок;
- коефіцієнт внутрішнього розчленування (частка площі дірок у загальній площі області);
- коефіцієнт форми (порізаності границі) області.

Останній показник розраховується за формулою

$$l = \frac{p^2}{4\pi s}, \quad (5.1)$$

де  $P$  – периметр області; а  $S$  – її площа. Цей показник використовують для порівняння форми даної області з формою простих геометричних фігур, для яких він має такі значення: коло – 1,00, шестикутник – 1,10, квадрат – 1,34, рівносторонній трикутник – 1,65.

Різноманітні морфометричні показники розроблені для кривих

зокремлених видів (наприклад, для кривих виду  $y = f(x)$ ), мереж (сукупностей ребер або дуг плоских графів), для множин плоских граней областей) і поверхонь.

### *Аналіз близькості та побудова буферних зон*

*Аналіз близькості* включає визначення мінімальної (а при необхідності – й максимальної) відстані між усіма точками, які належать двом геометричним фігурам, наприклад, між точкою і лінією, двома лініями, двома точковими множинами, точкою й областю, лінією та областю, між двома областями тощо.

Іншим напрямом є *аналіз просторової суміжності* (пошук найближчих сусідів) на множині точок, пов'язаних між собою дуг ліній (плоский граф) або прилеглих одна до одної областей. Для точкових множин ця задача розв'язується шляхом побудови (генерації) областей Вороного. Як уже зазначалося (див. п. 3.5.5), області Вороного дають змогу формалізувати поняття суміжності (сусідства) між елементами точкової множини.

*Буферна зона* з параметром  $R$  для заданої плоскої геометричної фігури – це область на площині, обмежена замкнутою кривою, відстань від будь-якої точки якої до найближчої точки фігури дорівнює  $R$  (*ширина буфера*). Буферні зони можуть будуватися (генеруватися) на множинах заданих точок, кривих, областей (полігонів) або їхніх комбінаціях (рис. 5.4). При цьому ширина буфера може бути як єдиною для всіх примітивів певної множини, так і індивідуальною для кожного примітива. Прикладом буферних зон можуть слугувати охоронні зони малих річок.

Буферний аналіз забезпечує такі можливості, як, наприклад, побудова карт зон зашумленості, доступності, поширення забруднення по території.

### *Аналіз областей*

*Аналіз плоских областей* (полігонів) включає такі операції:

- визначення належності точки заданій області;
- визначення належності лінії заданій області;
- зняття границь і злиття областей;
- розрізання заданим полігоном на частини заданої множини областей;
- накладення областей (оверлеїв).

Операція *зняття границь і злиття областей* об'єднує в єдине ціле ті суміжні області на карті, які мають однакове значення заданого поля або групи полів у базі атрибутивних даних. При цьому відповідні границі

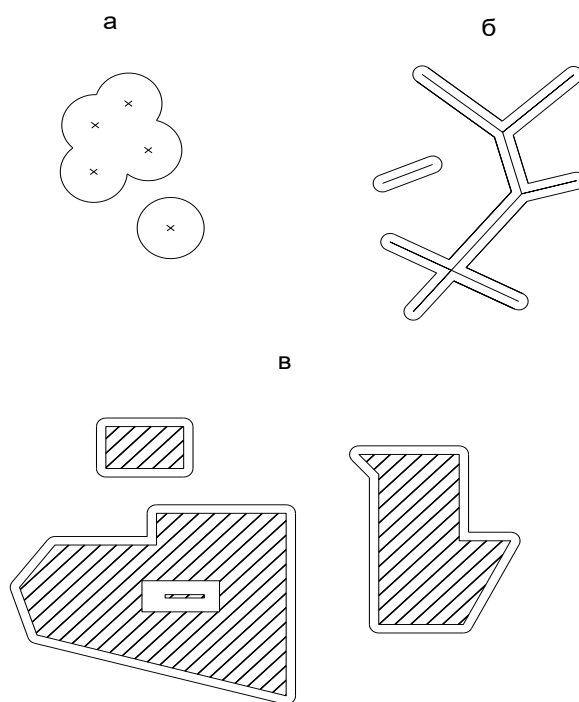
видаляються й розраховуються значення – периметри та площі новоутворених областей. Якщо області, що об'єднуються, містять центроїди, то в кожному новому полігоні зберігається тільки один із центроїдів. Результатом є суттєве спрощення картографічного зображення.

Операція *накладення областей* (полігонів) має також назву *оверлейного аналізу* (від англ. Overlay – перекриття). Вона виконується з двома множинами областей А і В, які належать різним цифровим картам або різним шарам однієї й тієї ж самої карти.

Результатом операції накладення є нова множина областей С, відображених на новій карті чи на новому шарі тієї ж самої карти.

У результаті накладення всі або деякі вихідні області з А і В розбиваються на менші частини. При цьому кожна нова область із множини С може бути:

- частиною певної області з А (збігатися з нею) й наслідувати її атрибути;
- частиною певної області з В (збігатися з нею) і наслідувати її атрибути;
- одночасно частиною певної області з А (збігатися з нею) та іншої області з В (збігатися з нею) й наслідувати атрибути як А, так і В.



**Рис. 5.4. Приклади побудови буферних зон:**  
 а – для заданої множини точок; б – для заданої множини ліній; в – для заданої множини областей (області заштриховані)

За рішенням оператора в С можуть бути залишені тільки ті області, які задовольняють одну з наступних теоретико-множинних операцій: об'єднання, пересічення, різниця та симетрична різниця. При необхідності для одержаних областей автоматично генеруються центроїди. Вихідна таблиця атрибутів формується у вигляді об'єднання полів записів про полігони обох первинних карт (шарів). Спочатку йдуть поля записів першої карти, а далі – другої. При збігу імен полів пріоритет, звичайно, належить першій карті (шару).

Для усунення значних відхилень у формі й положенні одних і тих же самих ліній на вихідних картах (шарах) може бути виконана автоматична процедура коригування областей, одержаних у результаті накладення.

Приклад накладення областей: на першому шарі карти розміщені границі земельних ділянок, на другому – траса (смуга відводу) нової автомобільної дороги; результатом є шар, який показує земельні ділянки або їхні частини, що підлягають відчуженню. В землеустрої оверлей використовується для формування таблиць якості земель шляхом накладення, карт земельних угідь, ґрунтових відмін, нахилів топографічної поверхні, деградації земель, їхньої еродованості, заболочення, засолення тощо).

Операція оверлей може бути застосована не тільки для двох множин областей, але й для накладення на задану множину областей множини точок чи ліній. При накладенні задані лінії розрізаються на окремі частини границями (краями) областей. Атрибути точкових і нових лінійних об'єктів об'єднуються з атрибутами областей, усередині яких вони знаходяться.

### *Аналіз мереж*

*Географічні мережі* – це різноманітні сукупності пов'язаних між собою лінійних об'єктів природного (річкові, орографічні мережі) й антропогенного (шляхові, енергетичні, комунікаційні, меліоративні мережі) походження. Мета вивчення географічних мереж – виявлення закономірностей їхньої побудови, формування і розвитку, а також оптимізація.

*Аналіз мереж* включає ряд різноманітних завдань, наприклад, таких, як:

- підсумовування значень атрибутів за елементами мережі;
- пошук найкоротшого за довжиною або часом руху шляху (маршруту) між заданими пунктами;



- визначення пропускної спроможності транспортної мережі;
- раціональне розміщення центрів обслуговування;
- о розподіл обмежених ресурсів по мережі.

Результатом аналізу мереж можуть бути, зокрема, карти транспортної доступності чи поширення забруднень по річковому басейну.

Зазначимо, що пошук оптимального маршруту по транспортній мережі й вибір оптимального маршруту пересування по бездоріжжю (з можливими перешкодами для руху) є принципово різними завданнями.

### *Аналіз даних про поверхні*

*Аналіз даних про поверхні* включає розв'язання таких важливих задач, як:

4. визначення (інтерполяція) висот у заданих точках;
5. побудова профілів поперечних січень у заданих напрямках;
6. генерація ізогіпс (горизонталей, ізобат) із заданим січенням;
7. гіпсометричне розфарбування карт і відображення рельєфу пластичними методами;
8. побудова блок-діаграм та інших перспективних (тривимірних) зображень;
9. обчислення кутів нахилу поверхні й експозиції схилів поверхні в заданих точках і побудова відповідних карт;
10. визначення положення структурних ліній поверхні (наприклад, ліній вододілів і тальвегів) та складання відповідних карт (зокрема, карт ліній току або карт водозбірних басейнів);
11. розрахунок відстаней між точками поверхні («у повітрі», по поверхні);
12. визначення границь зон видимості (невидимості);
13. виконання дій із поверхнями, а саме складання й віднімання;
14. згладжування, фільтрація і генералізація поверхонь;
15. розрахунок обсягів, значень морфометричних показників тощо.

*Побудова ізогіпси* – досить складна задача, яка, звичайно полягає в знаходженні окремих точок ізогіпс та подальшому проведенні через них гладенької лінії із застосуванням математичних методів інтерполяції чи згладжування.

*Блок-діаграма* – це тривимірний рисунок, що суміщає перспективне зображення певної поверхні з її розрізами у двох ортогональних напрямках

(вздовж і впоперек) і виконується в одній із двох основних проєкцій – аксонометричній або перспективній.

### *Аналіз сіткових даних*

даних у регулярному сітковому форматі дає можливість відносно легко виконувати різноманітні операції аналізу. В цьому форматі (див. т.3.2.8) кожній чарунці карти з координатами  $X$  і  $Y$  ставиться у відповідність конкретне значення показника  $Z$ , що дає змогу розглядати цей показник як функцію  $Z = F(X, Y)$ . Може бути також відома динаміка (за роками, кварталами, місяцями, днями) розвитку показника, тобто функція  $Z = F(X, Y, T)$ , де  $T$  - час. Якщо відомі значення різних показників для одних і тих самих чарунок, то можна застосувати різні методи аналізу сіткових даних, зокрема, використати операції картографічної *сіткової алгебри*. Такі операції реалізуються в багатьох сучасних ГІС. До типових операцій з сітковими даними належать:

— знаходження для окремої чи кожної чарунки значення нового атрибута (показника), що визначається як:

— середнє, максимальне або мінімальне значення, мода, стандартне відхилення чи інша характеристика ряду значень певного атрибута для цієї чарунки;

— інша задана функція від значень атрибутів для вказаної чарунки (наприклад, сума, різниця, добуток, частка, ступінь, номер унікальної комбінації або логічна функція);

— результат перекодування чи перекласифікації значення певного атрибута для цієї чарунки (зокрема, у разі переходу від метричної шкали до інтервальної);

— знаходження для окремої або кожної чарунки значення нового атрибута, який залежить від значень інших атрибутів для довкілля цієї чарунки (коло з заданим радіусом, квадрат з заданою стороною, сектор тощо) і визначається як.

— середнє, максимальне або мінімальне значення, мода, стандартне відхилення або інша характеристика ряду значень певного атрибута для довкілля цієї чарунки;

— інша задана функція від значень атрибутів для довкілля цієї чарунки (скажімо, кількість варіантів значень деякого показника або відсоток чарунок, значення атрибута в яких збігається з його значенням заданій чарунці, менше чи більше від цього значення);

— визначення пов'язаних областей (зони), що утворюються чарунками з однаковим значенням певного атрибута, і знаходження для кожної з одержаних областей:

— значення деякого нового атрибута, який є визначеною функцією від значень інших атрибутів для всіх чарунок цієї області (наприклад, сума всіх значень атрибута в зоні, середнє значення атрибута у зоні, відсоток значень, які більші чи менші, ніж середнє значення в зоні);

— площі зони і характеристики її форми (зокрема, витягнутість або фрагментованість);

— виконання заданих теоретико-множинних операцій над двома множинами пов'язаних областей (зон), що утворюються чарунками з однаковим значенням певного атрибута.

Здійснення операцій аналізу з даними в сітковому форматі, звичайно, завершується відображенням одержаних результатів і записом їх із метою подальшого використання. Значення атрибутів для чарунок відображаються у вигляді таблиць, гістограм, профілів, карт із кольоровими заливками, сітками і штриховками, а також у вигляді тривимірних діаграм.

### **5.3. Просторове моделювання**

#### *Значення і етапи моделювання*

*Модель* – це реальний або вдаваний об'єкт, який відрізняється від вихідного, але здатний замінити його у рамках задач, що розв'язуються. Модель являє собою наближене відтворення деякої частини дійсності (предметної галузі), яка припустимим чином відображає в узагальненій формі її найсуттєвіші риси і взаємозв'язки. Створюючи модель, дослідник пізнає систему, тобто виділяє її як об'єкт вивчення з навколишнього середовища й будує її формальний опис на певній логічній мові відповідно до поставленої мети, завдань і наявних можливостей. Модель дає змогу представити деякі вибрані риси дійсності у більш звичному, простому, доступному вигляді, який легше піддається спостереженню та вивченню.

Значення моделювання полягає в тому, що модель примушує розглядати дійсність як сукупність взаємозв'язаних елементів (підсистем), дає основу для виявлення, збирання й упорядкування необхідної інформації про об'єкт і головне слугує знаряддям для одержання обґрунтованих висновків, розробки рекомендацій та прийняття рішень. У зв'язку з цим моделювання широко застосовують для розв'язання найрізноманітніших наукових і прикладних задач аналізу, оцінки, прогнозу й управління. Стосовно землеустрою моделювання є основою організації обліку, одержання кількісних характеристик, класифікації й оцінки земель, вивчення їхньої структури, районування території, виявлення зв'язків і залежностей, аналізу динаміки, прогнозу в часі й просторі тощо.

*Просторове моделювання* – важливий елемент розв'язання таких складних задач землевпорядного проектування, як знаходження оптимального місцеположення нового об'єкта (*задача розміщення*) або схеми оптимального розподілу ресурсів (джерел ресурсів і споживачів ресурсів) між кількома об'єктами (*задача розподілу*).

Будь-яке моделювання включає чотири послідовних *етапи*:

- постановку задачі (формулювання мети дослідження, виділення окремих задач, визначення вимог до результатів моделювання);
- підготовку до проведення дослідження (відбір джерел вихідних даних, оцінку їхньої якості, вибір методів моделювання, технічних засобів і програмного забезпечення);
- власне виконання дослідження (опрацювання даних, побудова і використання моделі, фіксація одержаних результатів);
- інтерпретацію (змістовне тлумачення) одержаних результатів, оцінку їхньої якості (достовірність, надійність, точність та ін.), формулювання висновків і практичних рекомендацій.

### *Класифікація моделей*

Існують численні класифікації моделей. Зокрема, вони можуть бути:

- *статичні*, що відображають стан предметної галузі в певний фіксований момент часу, або динамічні, які описують розвиток природних чи техногенних об'єктів (систем), процесів і явищ у часі;
- *ретроспективні* (що відображають стан або поведінку об'єктів у минулому), *актуальні* (які відображають дійсність) і *прогнозні* чи *нормативні* (що можна очікувати за визначених умов у майбутньому).

Серед різних моделей важливе місце займають *просторові*, тобто моделі сутностей (об'єктів, процесів і явищ) просторової предметної області та зв'язків між ними. *Просторове моделювання* спрямоване на розв'язання актуальних теоретичних проблем і важливих практичних завдань. Мета його – вивчення природних, природно-технічних та соціально-економічних геосистем різного ієрархічного рівня, складності й просторового охоплення.

До *основних задач* моделювання просторових об'єктів, процесів і явищ у ЗІС належать:

- одержання узагальнюючих кількісних характеристик;
- дослідження структури;
- вивчення зв'язків та залежностей;
- оцінка ступеня впливу окремих факторів на явище, яке вивчається, і виділення з їхнього числа основних (провідних);

- групування й класифікація;
- районування і зонування;
- аналіз динаміки;
- прогнозування в часі та просторі.

У землевпорядкуванні просторове моделювання застосовують при вивченні й оцінці земельних ресурсів, розробленні протиерозійних і ґрунтозахисних заходів, прогнозуванні майбутнього використання земель та ін.

Просторові моделі поділяються на:

- інформаційні (цифрові моделі місцевості, поверхонь тощо);
- картографічні (звичайні й цифрові плани, карти, серії карт та інші картографічні твори);
- математичні (геометричні, математико-статистичні, графові тощо).

*Інформаційна модель* – це формалізований спосіб структурованих даних (відомостей, ознак, показників, характеристик) та їхньої семантики, який використовують для опису об'єктів визначеного класу. *Математична модель* являє собою наближений опис будь-якого класу об'єктів (явищ, процесів), який одержаний із застосуванням аналітичних, геометричних, статистичних та інших математичних методів і виражений за допомогою математичних символів та співвідношень.

Моделі кожного виду мають визначені, тільки їм притаманні, переваги й недоліки. У зв'язку з цим у системних дослідженнях різні моделі використовуються сумісно, доповнюючи одна одну. Сумісне використання багаторівневих інформаційних, математичних і картографічних моделей нині стало однією з найхарактерніших рис сучасних досліджень у науках про Землю та суспільство.

### *Застосування методів варіаційної статистики*

Найчастіше для просторового моделювання застосовують методи *математичної статистики*. Їх використовують для аналізу масових однорідних сукупностей величин, які розглядаються як випадкові, підтвержені сумісною дією багатьох факторів. Застосування методів математичної статистики в просторовому моделюванні зумовило виникнення в ній нового розділу – просторової статистики, або *геостатистики*. Окремі випадки використання геостатистики можуть бути пов'язані тільки з просторовими характеристиками об'єктів, із непросторовими атрибутами цих об'єктів або з їхньою комбінацією. Результати часто відображаються у картографічній формі. Зазначимо, що інші розділи математики освоюються в просторі моделюванні повільніше.

До найпростіших і найуживаніших математико-статистичних методів належать методи *варіаційної статистики*, яка займається розрахунками характеристик емпіричних розподілів. В основу таких розрахунків та оцінок покладено *вибірку* (статистичний ряд, варіаційний ряд), тобто певну множину значень однорідних дискретних або безперервних величин  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ , одержаних із бази атрибутивних даних чи знятих із карти і відповідним чином упорядкованих). Окремим випадком вибірки є *часовий ряд* – статистичний ряд з упорядкуванням, яке характеризує зміну ознаки в часі. На основі вибірки роблять статистичні висновки про властивості всієї генеральної сукупності. З вибіркою пов'язане уявлення про емпіричний статистичний розподіл, тобто про розподіл вибірки у припущенні, що всі її елементи рівномірні. Нагадаємо, що якщо  $X_i$  являє собою значення випадкового вектора, то емпіричні розподіли окремих його компонент називаються маргінальними (зокремленими) розподілами.

Одержання вибірки для просторових об'єктів реалізується кількома основними способами такими як:

— *випадкова вибірка*, коли значення  $X_i$  беруться у випадково розміщених точках простору або карти (генерація системи випадкових точок може бути автоматизована);

— *систематична вибірка*, коли значення  $X_i$  беруться в точках (чи у чарунках) регулярної геометричної сітки (прямокутної, трикутної, шестикутної);

— *ключова вибірка*, коли значення  $X_i$  визначаються в межах заздалегідь установлених експертами ключових точок або ділянок, які є репрезентативними у тому чи іншому відношенні;

— *районована вибірка*, коли значення  $X_i$  беруться в різних одиницях попередньо районованої (зонованої) території.

Часто показник для одержання вибірки визначається у межах певного вікна (прямокутник, коло), що переміщується по карті. Ці ковзаючі вікна можуть перекриватися або не перекриватися. При неоднакових розмірах вони одержують різні результати, тому вибір розмірів вікна і кроку сітки треба ретельно аргументувати. При визначенні розмірів вікна необхідно керуватися правилом: розміри вікна повинні бути одного порядку з розмірами структурних форм (наприклад, ареалів), які досліджуються.

У результаті опрацювання статистичних рядів одержують різні *вибіркові показники*, зокрема:

- обсяг вибірки;
- частоту і відносну частоту;
- середні значення (мода, медіана, середнє арифметичне чи математичне очікування);

- показники різноманіття (екстремальні значення варіаційного ряду, розмах вибірки, середнє квадратичне або стандартне відхилення, дисперсія, коефіцієнт варіації);
- коефіцієнти асиметрії та ексцесу.

### *Застосування інших статистичних методів*

Тепер у просторовому моделюванні використовують майже всі розділи математичної статистики, в тому числі теорію статистичних оцінок, кореляційний, дисперсійний, регресійний, компонентний, факторний, дискримінантний аналізи і багатовимірний статистичний аналіз.

Методи *кореляційного* та *регресійного* аналізів застосовують для оцінки форми і тісноти зв'язків між явищами, які вивчають. Нагадаємо, що *коефіцієнт парної кореляції* характеризує ймовірнісний лінійний зв'язок між двома явищами й набуває значення від  $-1$  до  $+1$ . При значеннях  $-1$  і  $+1$  між явищами існує детермінований (функціональний) зв'язок. Якщо значення коефіцієнта кореляції близьке до нуля, то практично ніякого зв'язку між явищами немає. Для розрахунку коефіцієнта парної кореляції та інших показників зв'язку необхідно попередньо одержати дві жорстко скоординовані між собою вибірки.

При вивченні форми й тісноти зв'язків між кількома явищами використовують *коефіцієнт множинної кореляції* та зокремлині коефіцієнти кореляції між парами явищ. У разі, якщо значення вибірових показників задані не в метричних, а в інтервальних або навіть номінальних шкалах, застосовують спеціальні методи кореляційного і регресійного аналізів. Така необхідність виникає, зокрема, при виконанні оверлея, тобто при накладенні одна на одну карт із двома класами полігонів (наприклад, ґрунтовий та рослинний покриви).

*Дисперсійний аналіз* дає змогу оцінити ступінь впливу тих чи інших факторів на змінність (варіацію) середніх значень явищ, які вивчають. Із цією метою дисперсія вибіркової сукупності розкладається на складові, зумовлені різними факторами. В результаті визначається частина кожного фактора, а всі фактори умовно поділяються на істотні й (відносно) неістотні.

Окремим напрямом застосування математико-статистичних методів є *аналіз часових рядів*. Інші напрями – *факторний* і *компонентний* аналізи. Вказані напрями дають можливість звести до мінімуму значну кількість показників, що впливають на складне явище, характер розміщення й розвитку різних об'єктів. Це роблять формальним виділенням із великого кількості факторів одного або кількох *головних* (провідних), яким потім дається змістовна інтерпретація.

Для розв'язання завдань класифікації різноманітних об'єктів, зонування і районування території широко використовують методи дискримінантного та кластерного аналізів. *Дискримінантний аналіз* – це спеціальний розділ багатовимірною статистичного аналізу, що вивчає методи обґрунтованої розбивки множини об'єктів на класи за сукупністю властивих їм ознак. Нехай певний об'єкт характеризується  $P$  ознаками, причому кожна  $i$ -та ознака набирає кінцеву кількість значень  $M$ . Будь-яка  $i$ -та ознака визначає розбивку  $S$ , сукупності об'єктів на  $M_i$  груп. А для елементів з однієї групи розбивки  $S$  значення  $i$ -ої ознаки одне й те ж саме. Тоді задача розбивки множини об'єктів на групи на основі  $P$  визначених ознак може бути сформульована таким чином: за даними розбивками  $S_1, \dots, S_p$  побудувати нову розбивку  $S$  заданої сукупності, яка «найближча» ("узгоджена") з усіма наявними розбивками за однією ознакою. Подібна ситуація виникає у разі, коли в результаті застосування кількох різних алгоритмів або у результаті дослідження кількох експертів одержано  $P$  розбивок  $S_1, \dots, S_p$  заданої множини об'єктів і потрібно знайти розбивку  $S$ , яка в деякому природному сенсі найбільш узгоджена з усіма ними.

### *Використання показника ентропії*

У теорії інформації *ентропія* – це міра невизначеності будь-якого дослідження, який залежно від випадку може закінчуватися різними результатами. При цьому припускають, що ймовірності того чи іншого результату відомі. Нехай  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – різні можливі результати дослідження, а  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – їхні ймовірності, причому  $P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1$  і всі  $P_i \geq 0$ . Тоді ентропія визначається рівнянням:

$$H = -\sum P_i \ln(P_i),$$

де  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Ентропія має такі властивості:

- дорівнює 0 в тому разі, якщо одне з  $P_i$  дорівнює 1, а решта  $P_i$  дорівнюють 0, тобто коли результат дослідження є детермінованим;
- при даному  $n$  ентропія досягає максимального значення у разі, якщо всі можливі результати дослідження рівноймовірні, тобто

$$P_1 = P_2 = \dots = P_n = 1/n. \text{ Тоді } H = \ln(n).$$

Застосування поняття ентропії до просторових даних можна продемонструвати на прикладі картографічного зображення, що складається з  $n$  ареалів. Якщо  $S_i$  – площа  $i$ -го ареалу, а їхня сума дорівнює  $S$ , то значення ймовірностей можна вирахувати як  $P_i = S_i / S$ . Якщо на карті показаний лише один ареал, то  $H=0$ , тобто зображення повністю



однорідне. Із збільшенням кількості ареалів значення  $H$  зростає і досягає максимуму при  $P_1 = P_2 = \dots = P_n = 1/n$ .

Таким чином, у наведеному прикладі ентропія є показником однорідності (рівномірності) картографічного зображення, яка залежить як від числа  $n$  ареалів на карті, так і від площі  $S_i$ , що припадає на частку кожного з них. Однак, при цьому, показник однорідності не може замінити показників порізаності, дисперсності і інших особливостей розчленування території, тому що його значення визначається тільки співвідношенням площ ареалів. Крім абсолютної ентропії, часто використовують також показник відносної ентропії  $H_1 = H / \ln(n)$ , який змінюється від 0 до 1. Приклад використання показника ентропії наведено в додатку 5.

### *Математико-картографічне моделювання*

*Математико-картографічне моделювання* (МКМ) – це напрям наукової та практичної діяльності, що пов'язаний із побудовою й використанням математичних моделей за даними, одерними з карт, і створення нових похідних карт на основі математичних моделей. Цей напрям включає побудову аналітичних і синтетичних карт та математичних моделей у вигляді ланцюгів: карта – математична модель – нова карта – нова математична модель тощо. Найбільш розвинутий і популярний напрям математико-картографічного моделювання пов'язаний із застосуванням прийомів математичної статистики.

Сумісне використання різноманітних картографічних і математичних методів моделювання має ряд переваг. Зокрема, картографічна інтерпретація математичних розрахунків дає змогу представити результати у вигляді, оптимальному для сприйняття, оцінити їхню географічну достовірність, виявити можливі помилки та прорахунки.

Складовою просторового моделювання взагалі й математико-картографічного моделювання зокрема є *перетворення картографічного зображення*, тобто трансформування карти в іншу, зручнішу для розв'язання будь-якої конкретної задачі форму. Результатом трансформування, звичайно, є нова (похідна) карта.



### Завдання для самостійної роботи.

1. Назвіть основні підходи при картографуванні земельного фонду в ЗІС.
2. Перерахуйте основні способи картографічного відображення.
3. Які етапи включає технологічний процес автоматизованого створення нової цифрової карти в загальному випадку?
4. Дайте визначення просторового аналізу і моделювання як головних напрямків автоматизації процесів використання земельної інформації.
5. Визначте суть проведення аналізу розміщення буферних зон.
6. Які операції включає аналіз плоских областей (полігонів)?
7. Назвіть етапи моделювання, вкажіть їхнє значення.
8. За якою основою змінюється класифікація моделей картографування?
9. Визначте зміст поняття просторове моделювання.
10. Дайте визначення поняття математико-картографічне моделювання.

### Навчальний тест:

1. Що включає цифрове картографування в ЗІС?:
  - 1) Проектування;
  - 2) складання, оновлення;
  - 3) поширення;
  - 4) підготовку до розмноження;
  - 5) виведення різноманітних карт, серій карт та атласів в графічному і цифровому (електронному) виглядах;
  - 6) виправлення помилок цифрування.
2. Назвіть основні підходи при картографуванні земельного фонду в ЗІС:
  - 1) інвентарно-ресурсний;
  - 2) регіональний;
  - 3) історичний;
  - 4) прогнозний;
  - 5) оціночно-рекомендаційний;
  - 6) еколого-географічний;

7) усі відповіді правильні.

### 3. Картограма – це:

1) спосіб зображення на карті середньої інтенсивності певного явища в кожній одиниці територіального поділу за допомогою одного з площинних графічних засобів;

2) спосіб зображення на карті середньої інтенсивності деякого явища;

3) фонового зафарбування;

4) інтенсивність якої відповідає інтенсивності даного явища.

### 4. Технологія автоматизованого створення карт. Технологічний процес автоматизованого створення нової цифрової карти в загальному випадку включає такі етапи:

1) проектування карти;

2) геодезичне знімання;

3) підготовку картографічної основи;

4) складання спеціального змісту карти;

5) оформлення карти;

6) друк карти;

7) підготовку карти до видання (розмноження).

### 5. Картометрія – це:

1) розрахунок параметрів, які характеризують положення і розміри зображених на них об'єктів, у тому числі координат точок, довжин ліній, розмірів областей;

2) пряме або непряме визначення за картами параметрів, що характеризують положення й розміри зображених на них об'єктів, у тому числі координат точок, довжин ліній, розмірів областей (їхніх довжин і ширин), відстаней, напрямків, кутів, площ, висот (глибин), кутів нахилу поверхонь, експозиції точок схилів, обсягів тощо;

3) пряме чи непряме визначення (розрахунок) різноманітних кількісних показників, які характеризують форму, орієнтацію, структуру та розміщення різноманітних об'єктів, зображених на карті або плані;

4) визначення різноманітних кількісних показників.

### 6. Аналіз плоских областей (полігонів) включає такі операції:

1) визначення належності точки заданій області;

2) визначення належності лінії заданій області;

3) зняття границь і злиття областей;

- 4) розрізання заданим полігоном на частини заданої множини областей;
- 5) накладення областей (оверлеїв);
- 6) усі відповіді правильні.

7. Назвіть основні види класифікацій моделей, які поділяються на:

- 1) статичні;
- 2) модельні;
- 3) динамічні;
- 4) нормативні;
- 5) ретроспективні;
- 6) прогнозні;
- 7) профільні.

8. Просторові моделі поділяються на:

- 1) інформаційні;
- 2) графічні;
- 3) картографічні;
- 4) текстові;
- 5) математичні.

9. У результаті опрацювання статистичних рядів одержують різні вибіркові показники, в тому числі:

- 1) обсяг вибірки;
- 2) частоту і відносну частоту;
- 3) середні значення (мода, медіана, середнє арифметичне чи математичне очікування);
- 4) показники різноманіття (екстремальні значення варіаційного ряду, розмах вибірки, середнє квадратичне або стандартне відхилення, дисперсія, коефіцієнт варіації);
- 5) коефіцієнти асиметрії та ексцесу;
- 6) усі відповіді правильні.

10. Застосування інших статистичних методів. Методи кореляційного і регресійного аналізу:

1. дисперсійний аналіз;
2. аналіз часових рядів;
3. факторний;

4. компонентний;
5. дискримінантний.

**Ключ до навчального тесту:**

1 – 1, 2, 4, 5; 2–7; 3–1; 4–1, 3, 4, 5, 7; 5–2; 6–6; 7–1, 3, 5, 6; 8–1, 3, 5;  
9–6; 10–1, 5.

## РОЗДІЛ 6

### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО НАПОВНЕННЯ ЗЕМЕЛЬНО ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

#### 6.1. Інформаційна основа ефективного управління земельними ресурсами

Процеси, які відбуваються в державі, потребують об'єктивної земельно-кадастрової інформації для ефективного управління земельними ресурсами, завершення реформування земельних відносин, відстеження динаміки кількісних та якісних змін земельного фонду, розподілу його за власниками землі та землекористувачами, впровадження заходів щодо збереження і відтворення родючості ґрунтів, поліпшення навколишнього природного середовища. Наявність достовірної земельно-кадастрової інформації зумовлюється необхідністю досягнення світового рівня інформаційного забезпечення установ державної влади та місцевого самоврядування, підприємств, організацій і громадян інформацією про землю, наведення належного порядку в обліку й оподаткуванні земель, гарантування державою прав на земельну ділянку.

Нині рівень автоматизації процесів, пов'язаних з ефективним управлінням земельними ресурсами та веденням земельного кадастру, недостатній – використовується переважно традиційна “паперова” технологія.

Кожна країна створює власну систему управління нерухомістю, що відповідає ступеню її економічного розвитку, суспільним відносинам, історичним традиціям, ставлення до питань власності тощо, в якій реєстрація прав власності є одним із найважливіших її елементів. Системи управління землями в кожній державі мають свої особливості й водночас є багато спільного у підходах та основних принципах побудови таких систем.

Основою інформаційної бази для ефективного управління земельними ресурсами, його вдосконалення з урахуванням переходу до

ринкових методів господарювання є земельно-кадастрова інформація, що включає:

- дані щодо реєстрації права власності на землю;
- облік кількості земель;
- облік якості земель;
- бонітування ґрунтів;
- зонування територій населених пунктів;
- економічну оцінку земель;
- грошову оцінку земель.

Розуміння поняття земельного кадастру, його змісту та призначення останнім часом зазнало значних змін. Це пов'язано як із змінами у нашому суспільстві, закріпленням Конституцією України приватної власності на землю, здійсненням ринкових реформ в економіці, так і із загальносвітовими тенденціями розвитку кадастрових систем, що знайшло своє відображення у формуванні концепції “Кадастр-2014”, підготовленого комісією 7 FIG (Всесвітня організація землевпорядників).

Як зазначено в основних положеннях концепції “Кадастр-2014” ,тільки застосування сучасних інформаційних технологій, перехід на автоматизоване ведення земельного кадастру забезпечить можливість побудови ефективної національної системи управління земельними ресурсами, створення автоматизованих систем підтримки прийняття управлінських рішень у цій галузі. При цьому значно зростає роль і розширюються межі застосування геоінформаційних технологій – у кадастрі майбутнього складання кадастрових карт замінюється моделюванням графічних об'єктів у комп'ютері за існуючою інформаційною базою з подальшою можливістю створення твердих копій за допомогою плотерів та інших пристроїв.

Згідно з Положенням про порядок ведення державного земельного кадастру ведення державного земельного кадастру забезпечується здійснення необхідних топографо-геодезичних, картографічних робіт, у результаті яких створюється необхідна картографічна база. Оперативність і точність даних земельного кадастру забезпечуються використанням аерокосмічних зйомок і застосуванням методів дистанційного зондування землі.

Відповідно до основних положень щодо створення планово-картографічної основи для реформування земельних відносин, ведення державного земельного кадастру, землевпорядкування, охорони та моніторингу земель головним фактором, що визначає усі параметри земельно-кадастрових зйомок, є вимоги до точності та детальності відображення кадастрових об'єктів. Ці вимоги зумовлені цільовим призначенням, якістю земель і максимальними можливостями

відображення на плані облікової одиниці площі. Такими обліковими одиницями мають бути:

- у містах республіканського й обласного підпорядкування – 1 м<sup>2</sup>(0,0001 га);
- для ділянок садово-городніх товариств – 2,5 м<sup>2</sup>(0,00025 га);
- у містах районного підпорядкування і селищах – 15 м<sup>2</sup> (0,0015 га);
- у селах – 100 м<sup>2</sup> (0,010 га).

На підставі вищезгаданого рекомендуються такі масштаби створення земельно-кадастрових карт (планів):

- у містах республіканського й обласного підпорядкування – не дрібніше 1:500;
- у містах районного підпорядкування і селищах – не дрібніше 1:1000;
- у селах – 1:2000.

Для забезпечення необхідної точності відображення прийнятої облікової одиниці площі похибка (гранична) положення точок знімального обґрунтування і межових знаків відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі не повинна перевищувати:

- у містах республіканського й обласного підпорядкування – 10 см;
- у містах районного підпорядкування та селищах – 20 см;
- у селах – 40 см.

Похибка взаємного положення суміжних точок межі не повинна перевищувати 0,1 мм у масштабі плану.

За межами населених пунктів базовим масштабом є 1:10 000 і гранична похибка визначення координат точок межі не повинна перевищувати 1 м.

Граничні похибки положення точок знімальних мереж відносно планової опори не повинні перевищувати: у містах республіканського й обласного підпорядкування – 0,1 м; містах районного підпорядкування і селищах – 0,2 м; у селах – 0,4 м.

Базовими масштабами для земельного кадастру є:

- для України – 1:1 000 000 – 1:750 000;
- Автономної Республіки Крим, областей – 1:100 000;
- адміністративних районів – 1:50 000;
- сільських та селищних рад – 1:10 000 – 1:5000;
- землевласників і землекористувачів 1:5000 – 1:500;
- сільських населених пунктів – 1:2000;
- міст і селищ – 1:2000 – 1:500.



## 6.2 Методи створення та поновлення планів і карт за даними дистанційного зондування землі.

Заходи земельної реформи, у результаті яких відбулися значні зміни в межах землеволодінь і землекористувань, призвели до того, що наявна картографічна база суттєво застаріла. Крім того, останніми роками значно скоротились обсяги аерофотознімальних робіт.

Спеціальні землевпорядні карти масштабу: 1:10 000 у 1986-1990 роки були створені на площі 254,6 тис. км<sup>2</sup>, 1991–1995 – тільки на площі 171,2 тис. км<sup>2</sup>, а в 1996–2008 роках – лише на площі 19,6 тис. км<sup>2</sup>. До того ж ці матеріали в розрізі областей створюються нерівномірно. Так, у Херсонській області матеріали не поновлювались з 1985 року, а в Луганській, Миколаївській, Одеській, Тернопільській, Харківській областях – з 1990-го. Тому, щоб мати актуальну картографічну інформацію потрібний дуже прискіпливий вибір технології проведення знімальних робіт з урахуванням їхньої вартості та необхідної точності одержуваної інформації.

Основними методами (технологіями) створення та поновлення тематичних планів і карт є:

— наземне (польове) геодезичне знімання: GPS, електронний тахеометр, теодоліт і мірна стрічка, мензула, й екер із подальшим камеральним опрацюванням;

— аерофотознімання з подальшим опрацюванням фотограмметричними методами (застосовують як аналогові, так і цифрові технології)

— дистанційне зондування землі;

— графічний метод, у якому межі встановлюють за існуючими даними шляхом дигітизування або сканування крупномасштабних карт, а вимоги щодо поновлення інформації є мінімальними.

— комбіновані методи, що поєднують кілька методів, наприклад, використовують мінімум наземних зйомок, а всі межі, де можливо, встановлюють фотограмметричним методом.

Межі землекористувань знімають методом наземного знімання, але для тематичної карти вимагаються топографічні характеристики (тобто дороги, будівлі, водні шляхи). Цього досягають одержанням інформації шляхом космічного зондування, доповнення й деталізації даних, яких вистачає, аерофотозніманням й звірянням їх на місцевості з проведенням, де це необхідно, наземних обстежень.

Для досягнення належної точності слід застосовувати найшвидший, найбільш логічний та ефективний із погляду використання коштів метод. Причому точність і технології виконання знімальних робіт залежать від цільового призначення, якісних характеристик та вартості землі.

Останній комбінований підхід є найперспективнішим з урахуванням стану забезпечення актуальними планово-картографічними матеріалами й матеріалами аерофотознімання (про що було згадано раніше). Крім того, як показує зарубіжний і вітчизняний досвід, співвідношення вартості виконання аерокосмічного знімання становить приблизно 1:10. До того ж можливості технологій космічного зондування землі постійно збільшуються і вже через 2–3 роки на думку експертів, треба чекати появи на ринку космічних знімків роздільної здатності 30–50 см. Із поширенням ринку даних космічного зондування постійно знижується вартість космічних знімків. Навіть уже в нинішній час можна стверджувати, що використання даних IKONOS може стати основою для масового поновлення застарілих карт і планів масштабу 1:2000; 1:5000.

Останніми роками попит на дані ДЗЗ зріс у зв'язку з необхідністю розв'язання завдань екологічної безпеки, сталого розвитку виробництва, зменшення ризику й наслідків техногенних і природних катастроф, що пов'язано з потребою створення, оновлення й аналізу інформаційних масивів, головним джерелом яких є дані космічного та аерознімання.

Вказані обставини зумовлюють зміну наявних і побудову нових технологічних ланцюжків, починаючи від збирання, нагромадження, інтеграції даних, приймання в ГІС-аплікації й закінчуючи аналізом і наданням кінцевої продукції користувачам. Тобто неможливо розглядати окремо дані ДЗЗ без наявності комплексного підходу, спрямованого на повноцінне розв'язання прикладної проблеми.

На ринку даних ДЗЗ найпоширеніші космічні знімки низької (100–1000 м) та середньої (10–100 м) роздільної здатності, використання яких для потреб земельного кадастру дуже обмежене. Дані ДЗЗ тут швидше доповнюють дані аерознімання й наземних обстежень. Такий комбінований підхід і його переваги вже були описані раніше.

Зовсім інша перспектива розкривається з виходом на комерційний ринок космічних знімків високої роздільної здатності (1–10 м). Це, передусім, дані супутника IKONOS (корпорація SPACE IMAGE) і дані індійського супутника IRS.

Роздільна здатність згаданих знімків дає змогу використовувати їх для створення індексних кадастрових карт із виділенням меж кадастрових облікових одиниць (кадастрові зони, кадастрові квартали), формування растрової ситуаційної підоснови для кадастрових карт (планів), створення кадастрових карт для територій за межами населених пунктів.

Зазначені знімки можуть бути також використані для обґрунтування проведення робіт із паювання сільськогосподарських земель, грошової оцінки, кадастрового зонування територій.

Інша тенденція в розвитку ринку даних ДЗЗ полягає у створенні малих космічних апаратів, які спеціалізуються на розв'язанні конкретних прикладних задач. Тобто, перехід від великих універсальних космічних

платформ, що в здебільшого задовольняють запити багатьох користувачів (вчених, метеорологів, екологів, лісників тощо), цілі й потреби яких у багатьох випадках можуть бути суперечливими, до малих спеціалізованих апаратів. Цей процес за революційністю і технологічною складністю порівнюється з переходом від великих купер ЕОМ до персональних комп'ютерів.

Поширення використання даних космічного зондування землі значною мірою пов'язано, крім вартості, з часом доступу до них, зручністю їх опрцювання та інтерпретації, включаючи формування безперервних технологічних ланцюжків, орієнтованих на одержання кінцевого продукту конкретним користувачем. При цьому розробники й користувачі ГІС одержують у готовому вигляді зручну для створення аплікацій і єдину для всіх цифрову картографічну базу.

### **6.3 Засоби і методи опрацювання матеріалів дистанційного зондування землі**

Вивчення земної поверхні для сільськогосподарського виробництва ведеться з метою дослідження територіальної основи його розташування та організації, а також із погляду використання землі як засобу виробництва. Це зумовлює особливості змісту необхідної інформації про поверхню землі при сільськогосподарському картографуванні: зменшення даних загально - топографічного характеру і багаторазове збільшення їх у розрізі фактичного стану кожної ділянки землі й використання його в сільському господарстві. Сільськогосподарська карта – це картографічне зображення ділянки земної поверхні з урахуванням спеціалізованих вимог сільськогосподарського виробництва.

Для розв'язання певних завдань сільськогосподарська карта повинна мати необхідний масштаб зображення і відповідне інформаційне навантаження. Вихідний картографічний матеріал – оригінал зйомки – повинен забезпечувати можливий максимум потрібних даних, кількість яких має визначатися основними положеннями зі створення планово-картографічного матеріалу для сільськогосподарських цілей; кількість установлюється змістом карти як найефективнішої форми фіксації та зберігання інформації про просторово розміщені ознаки земної поверхні та явища природи.

Нині інформацію про стан земної поверхні для розв'язання перерахованих завдань здебільшого одержують за допомогою аерофотогеодезичних вишукувань, в основу яких покладено використання аерокосмознімків земної поверхні. Ці види знімання як метод дослідження просторово розміщених видимих ознак земної поверхні набули значного поширення в останні десятиріччя у сільському і лісовому господарстві,

геології, топографії, географії і та інших галузях знань. Завдяки розвитку фотограмметричної теорії, приладобудування та методів, математичного опрацювання знімків розроблено сучасні технологічні схеми створення планів і карт на основі матеріалів аерокосмознімання, що дає змогу зменшити затрати живої праці на створення знімальної основи та знімання ситуації. Крім того, вказані види знімання забезпечують об'єктивнішу й повнішу інформацію про контури місцевості порівняно з наземними видами знімання.

Створення планово-картографічних матеріалів сільськогосподарського призначення і подальше їх використання для розв'язання задач організації виробництва можна розглядати як процес передачі інформації про стан сільськогосподарських угідь, меж землекористувачів і власників, дорожньої мережі, гідрографії та інших об'єктів земної поверхні. Проблемами передачі інформації займається наука-теорія інформації, до основних понять якої належать такі, як система, інформація, ентропія, сигнал, канал зв'язку та інформаційна ємність.

При сільськогосподарському картографуванні вказані поняття розглядаються таким чином:

*Система* – об'єктивно існуюча відносно об'єктів, явищ та ін. У нашому випадку – ділянка землі, сівозміна, землекористування тощо.

*Інформація* – сукупність відомостей про стан об'єктів земної поверхні, які необхідні для розв'язання тих чи інших завдань організації сільськогосподарського виробництва і які можуть бути відображені засобами картографії, фотографії та ін.

*Канал зв'язку* – матеріальний носій сигналів, що забезпечує їхнє розміщення й передачу закодованої інформації в часі від однієї системи до іншої (від передаючої до сприймаючої).

У нашому випадку найефективнішою формою фіксації та зберігання інформації є картографічна основа при графічному відображенні відомостей чи фотокартка при поєднанні світлозапису і графічного (штрихового) зображення.

*Інформаційна ємність* – головна інформаційна характеристика каналу зв'язку, його пропускна здатність. У разі картографічної інформації під інформаційною ємністю слід розуміти верхню межу допустимої кількості інформації, зафіксованої на карті, яка може бути сприйнята фахівцем чи будь-якою іншою читаною системою.

*Інформаційна ємність аерофотознімка* – це кількісна міра його граничної можливості передавати інформацію для сприймаючої системи.

Розглядаючи аерознімок як форму фіксації, зберігання і передачі інформації про місцевість у вигляді світлозапису для створення карти та розв'язання інших завдань, важливо знати його інформаційні властивості й характеристики, які оцінюють знімок як спосіб вивчення стану земної поверхні. Інформаційна ємність аерознімка є кількісною мірою його допустимої можливості передавати інформацію для сприймаючої системи.

Інформаційна ємність аерофотознімка визначається роздільною здатністю фотографуючої системи і кількістю тонових відмінностей фотозображення. Інформацію прийнято розраховувати як подвійний логарифм кількості можливих станів системи. Аерофотозображення, що складається з  $n$  дискретних елементів, кожен з яких може приймати будь-який з  $m$  тонів, при рівно ймовірності випадків має кілька різних етапів  $N = m^n$ . Кількість інформації, яка може бути зафіксована в одній одиниці площі фото зображення, можна визначити за формулою:

$$I = \lg N = n \lg m \quad (\text{дв. од}) \quad (6.1)$$

де  $I$  – кількість інформації в двозначних одиницях;  
 $\lg$  – двозначні логарифми.

Кількість елементарних складових фотозображення (носіїв інформації в одиниці площі) розраховують через роздільну здатність зображення системи за формулою:

$$n = S(2c)^2, \quad (6.2)$$

де  $c$  – роздільна здатність системи мік./мм;

$S$  – площа фотозображення, прийнята за одиницю каналу зв'язку.

Розрахунки за наведеними формулами характеризують інформаційну ємність фотозображення за умови рівноймовірної появи тонових відмінностей. Але для аерознімка місцевості кількість можливих варіантів фотозображення визначається фактичним розділенням контурів (мікроструктур) у межах ділянки місцевості. Невизначеність стану системи в такому разі може бути встановлена через ентропію одного усередненого контура.

Нехай  $n$  мікроструктур (контурів) певної ділянки місцевості мають на аерознімку  $m$  тонових відмінностей із різними частотами :

$$P_1 = \frac{n_1}{n}, P_2 = \frac{n_2}{n}, \dots, P_i = \frac{n_i}{n}, \dots, P_n = \frac{n_n}{n},$$

де  $n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_m$ .

Кількість інформації, що припадає на одну тонову відмінність середнього контура, можна визначити через ентропію, розраховану за формулою Шеннона.

$$H = -\sum_{i=1}^m p_i \lg p_i \quad (\text{дв.од./контур}) \quad (6.3)$$

Інформаційна ємність аерофотознімка буде визначена як похідна кількості інформації одного контура на кількість усереднених мікроструктур в одиниці площі аерофотознімка в  $1 \text{ см}^2$ . Кількість інформації на один усереднений контур чисельно дорівнює ентропії розрахованій за формулою, а інформаційна ємність аерофотознімка буде:

$$I_s = -n \sum_{i=1}^m p_i \lg p_i \quad (\text{дв.од./см}^2) \quad (6.4)$$

де  $I_s$  – інформаційна ємність;  $n$  – кількість усереднених мікроструктур (контурів) на  $1 \text{ см}^2$  фотозображення.

Із погляду прагматичної теорії інформації, що займається оцінкою корисності тієї чи іншої інформації для сприймаючої системи, всю інформацію, зафіксовану на аерофотознімку, можна поділити на інформацію, яка забезпечує можливість розпізнавання необхідних об'єктів, сприяє підвищенню достовірності дешифрування, і непотрібну або шкідливу, що не допомагає, а, навпаки, заважає правильному розпізнаванню сфотографованих об'єктів місцевості. Але ці поняття слід розглядати тільки у взаємозв'язку з конкретними завданнями, для розв'язання яких використовують аерофотознімок. Інколи інформація, шкідлива для досягнення однієї мети, може бути дуже важливою для іншої. Наприклад, листя дерев і чагарників заважають при стереоскопічній побудові рельєфу, але ця інформація забезпечує надійне розпізнавання меж лісових масивів при дешифруванні.

Відношення корисної інформації та інформаційної ємності реального аерофотознімка характеризують його інформативність.

Отже, інформативність фотозображення можна визначити як можливий максимум корисної інформації для розв'язання того чи іншого завдання або як його корисну інформаційну ємність. Кількісно інформативність  $U_{\phi}$  може бути виражена відношенням корисної інформаційної ємності аерофотознімка  $I_s^n$  до його інформаційної ємності. Вона завжди додатна і менша одиниці. Її розраховують за формулою:

$$U_{\phi} = \frac{I_s^n}{I_s} \quad (6.5)$$

Корисну інформацію аерофотозображення місцевості використовують при складанні сільськогосподарських карт, ґрунтових і геоботомічних вишукування, проектуванні протиерозійних та інших заходів, виконанні робіт, необхідних у процесі реформування сучасних земельних відносин.

Один і той же самий аерофотознімок ділянки земної поверхні передає різну кількість інформації багатьом спеціалістам – геологу й геодезисту, агроному і ґрунтознавцю. При цьому можна стверджувати, що інформативність аерофотознімка різна. Корисна інформація, яку можна одержати через аерофотознімок для розв'язання тих чи інших завдань, залежить від параметрів аерофотознімання, характеристик використовуваних фотоматеріалів.

При землевпорядному проектуванні, перенесенні проекту в натуру, обстеженні території та інших землевпорядних роботах виникає необхідність визначення довжин ліній і площ ділянок на різних аерознімальних матеріалах. Це завдання можна розв'язати простіше, використовуючи фотоплан, який виготовляють з умовою збереження масштабу в усій його частині. Але виготовлення будь-якого плану, в тому числі й фотоплану, супроводжується неминучими похибками у положенні контурів відносно ближчих точок геодезичної основи, що виражаються допустимою середньою величиною, яка дорівнює 0,5 мм.

Відомо, що похибка в довжині прямої лінії, положенні кінцевих точок, визначених незалежно, дорівнює похибці положення точки. Отже, абсолютна похибка у довжині прямої лінії, виміряної на контурному фотоплані, в загальному випадку може досягати допустимої похибки фотоплану 1 мм незалежно від довжини й розташування вимірюваної лінії.

Якщо відстань вимірюють між точками, розміщеними на одному аерознімку фотоплану, то абсолютна похибка такої лінії зменшується, що пояснюється відсутністю впливу похибок на рельєф.

На планах наземного знімання через незалежне і часто безконтрольне визначення контурних точок похибки у довжинах між близькорозташованими точками, знятими навіть з однієї станції, можуть досягати допустимих значень, тоді як при вимірюваннях на фотопланах це можливо тільки, тоді, коли точки знаходяться на різних аерознімках і з'єднувальна лінія проходить через розріз.

Унаслідок випадкового положення на плані окремих точок, що утворюють межі елементів ситуації, спотворюються площі. Середня квадратична похибка  $m_p$  площі ділянки на фотоплані будь-якого масштабу може бути попередньо орієнтовано визначена за формулою:

$$m_p = \frac{m_t M}{10000} \sqrt{P}, \quad (6.6)$$

де  $m_t$  – середня квадратична похибка в положенні контурної точки на фотоплані, мм;

$M$  – знаменник масштабу фотоплану;

$P$  – площа ділянки, га.

Отже, для збереження заданої точності обчислення площ із зменшенням розмірів контурів потрібно використовувати фотоплани більших масштабів.

При землевпорядних роботах часто необхідно визначати довжини ліній і площі контурів безпосередньо за аерофотознімками або відкладати на аерознімках лінії, змінені в натурі (у процесі перенесення проекту в натуру).

Похибка у вимірюваній лінії на аерознімку виникає в основному внаслідок зміщення точок за кут нахилу знімка й рельєфу місцевості. При плановому аерофотозніманні в рівнинних і горбистих районах відстані між точками у натурі за вимірюваннями на аерознімку (при величині відрізка 2–3 см) можна встановлювати з високою точністю; для цього треба визначати частково масштаби в місцях замірів.

Знаменник часткового масштабу розраховують як відношення горизонтального положення лінії, вимірюваної на місцевості, до довжини тієї ж самої лінії, вимірюваної на аерознімку.

$$m = \frac{L}{l_k}, \quad (6.7)$$

де  $L$  – горизонтальне положення лінії, вимірюваної на місцевості;

$l_{zn}$  – довжина тієї ж самої лінії, вимірюваної на аерознімку

Для контролю й підвищення точності визначення часткового масштабу вибирають дві лінії, причому довші, ніж ті, які використовують у роботі. З двох одержаних знаменників масштабів розраховують середнє значення за формулою:

$$m_{cp} = \frac{m_1 + m_2}{2}, \quad (6.8)$$

Різниця визначених знаменників масштабів від середнього значення не повинна перевищувати величини:

$$\Delta m = \frac{m \Delta l}{l_{zn}}, \quad (6.9)$$

де  $m$  – середнє значення знаменника масштабу на станції;

$\Delta l$  – абсолютна похибка вимірювання лінії на знімку.

Із наведеної формули видно, що чим коротші лінії, які



використовують при роботі, тим менш точніше можна визначити часткові масштаби.

У тому разі, коли необхідно перенести з плану на аерознімок чи з аерознімка на план окремі точки чи лінії, знаменник часткового масштабу визначають як відношення лінії, виміряної на плані, до відповідної лінії на аерознімку:

$$m = \frac{l_n M_n}{l_k}, \quad (6.10)$$

де  $l_n$  – довжина лінії виміряна на плані;

$M_n$  – знаменник масштабу плану.

Знаменники часткових масштабів одержують, як правило, некруглими, що ускладнює їх використання, тоді використовують клинові масштаби.

Зміщення точок на аерознімку за вплив кута нахилу й рельєфу місцевості призводить до спотворення ліній і як наслідок – до спотворення площ ділянок, обмежених цими лініями. При цьому окремий і незалежний вплив кута нахилу аерознімка та рельєфу місцевості на спотворення площ підсумовується.

Абсолютне спотворення площі на нетрансформованому аерознімку за вплив кута нахилу визначають за формулою:

$$\Delta p = p^0 \left[ \left( \cos \alpha_c - \frac{x_0}{f} \sin \alpha_c \right) - 1 \right] \quad (6.11)$$

Відносне спотворення площі можна встановити за формулою:

$$\frac{\Delta p}{p^0} = \left( \cos \alpha_c - \frac{x_0}{f} \sin \alpha_c \right)^3 - 1 \quad (6.12)$$

де  $\Delta p$  – спотворення площі на похилому аерознімку;

$p^0$  – площа контуру на горизонтальному знімку;

$x_0$  – абсциса центра тяжіння контуру;

$\alpha_c$  – сумарний кут нахилу аерознімка;

$F$  – фокусна відстань АФА.

З аналізу одержаної формули випливає, що відносна похибка визначення площі залежить від положення центра тяжіння ділянки ( $x$ ) і величини кута нахилу  $\alpha_c$ . У разі збігу центра тяжіння з головною точкою аерознімка при  $\alpha_c = 1,2^\circ$  або  $3^\circ$  відносна похибка визначення площ коливається від 1/3000 до 1/250, тобто дорівнює точності визначення площ

механічним способом. У разі збігу центру тяжіння з точкою нульових спотворень аерознімка градусів відносна похибка визначення площ дорівнює нулю. Тому площа всього аерознімка (сума площ контурів усього аерознімка) для планових аерознімків визначається з високою точністю. Але при інших значеннях  $x^0$  спотворення площ можуть бути значними. При  $\alpha=2^\circ$ ,  $x=50$  мм,  $f=100$  мм відносна похибка становить  $1/20$  величини площі.

Відомо, що навіть на горизонтальному знімку виникають спотворення за рельєфу, а це призводить до спотворення довжин ліній і площ.

Рельєф ділянки в кінцевому підсумку, визначається висотою фотографування понад середньою площиною. Відмітку середньої площини визначають або як середнє арифметичне з відміток множини точок ділянки, або як середнє з максимальної та мінімальної відміток ділянки.

Абсолютне спотворення площі на нетрансформованому аерознімку за вплив рельєфу визначають за формулою:

$$\Delta p_h = p^0 \frac{x^0}{f} \operatorname{tg} v \quad (6.13.)$$

- де  $\Delta p_h$  – спотворення площі за вплив рельєфу;  
 $p^0$  – площа неспотвореної за рельєф ділянки;  
 $x^0$  – абсциса центру тяжіння контуру;  
 $\operatorname{tg} v$  – кут нахилу ділянки місцевості;  
 $f$  – фокусна відстань АФА.

Відносне спотворення площі можна визначити за формулою:

$$\frac{\Delta p_h}{p^0} = \frac{x^0}{f} \operatorname{tg} v \quad (6.14.)$$

Сумісний вплив кута нахилу і рельєфу місцевості дорівнює алгебраїчній сумі спотворень площі за обидва фактори :

$$\Delta p_{ah} = \Delta p_\alpha + \Delta p_h. \quad (6.15)$$

У нинішній час матеріали дистанційного зондування, зокрема, матеріали аерофотознімання, опрацьовують за допомогою комп'ютерних технологій, які дають змогу визначити всі необхідні характеристики місцевості без виготовлення фотопланів. При цьому для опрацювання аерознімків кожен із них повинен бути забезпечений чотирма опорними точками, які можуть бути одержані або під час планової прив'язки

аерознімків, або в результаті фотограмметричного згущення знімального обґрунтування. Залежно від цього буде різною точність геодезичного орієнтування окремих аерознімків і як наслідок – точність визначення кількісних характеристик елементів місцевості.

Питання апріорної оцінки фотограмметричних побудов у суворій постановці досить складні й поки остаточно не розроблені.

Для орієнтованої оцінки точності побудови елементарної фотограмметричної ланки поодинокі моделі, побудованої з використанням пари знімків, можна скористатися формулами :

$$M = 0,60 M + (3,88 m + 2,51 m) t ; \quad (6.16)$$

$$M = 0,66 M + (2,0 m + 0,08 m \theta) .$$

де  $m$  – похибки виміру координат і паралаксів на знімках;  
 $M$  – похибки в положенні опорних точок, тобто похибки початкових даних;

$T$  – знаменник масштабу знімків.

Припустивши, що

$$m = m = 0.5 m ,$$

і переходячи до похибок у масштабі знімка, одержимо:

$$m=0,60m+5,31m; \quad m=0,66 m +2,10 m , \quad (6.17)$$

де  $m = M / t$ ;

$m = M / C$ ;

$t$  – масштабний коефіцієнт;

$C$  – паралактичний коефіцієнт.

У виразах (6.17) перші члени відповідають похибкам початкових даних. Виходячи з принципу однакового впливу обох факторів на точність визначення координат, і переходячи до похибок на знімках, одержимо:

$$m = 2,29 m; \quad m = 1,78 m .$$

Приймаючи реальні похибки виміру та ідентифікації координат планових точок

$$m = 0,02 \text{ мм},$$

а похибки виміру поздовжніх паралаксів та їхніх різниць

$$m = 0,01 \text{ мм},$$

одержимо, що похибки в положенні точок, які визначають на основі виміру геодезично орієнтованої поодинокі моделі, виражатимуться величинами  $m = 0,046 \text{ мм}$  і  $m = 0,018 \text{ мм}$  у масштабі знімка.

Для випадку розрідженої прив'язки з подальшим згущенням планового обґрунтування аналітичним методом скористуємося формулами апріорної оцінки точності очікуваних результатів:

$$m = 0,30 m n t,$$

$$m = 0,23 \frac{f}{b} m n t \quad (6.18)$$

де  $m$  – середню квадратична похибка планового положення точки;

$m$  – помилка виміру знімків;

$f$  – фокусна відстань аерокамери;

$b$  – базис фотографування;

$n$  – кількість знімків, що входять у побудову;

$t$  – масштаб аерознімків.

#### **6.4. Методика використання матеріалів дистанційного зондування землі**

##### *Створення планів і карт*

Перед проведенням аерофототопографічних робіт розробляють технологічну схему, що визначає порядок і взаємозв'язок окремих видів робіт. Особливості технологічної схеми визначаються: вибором масштабу й змісту планів, які складають; висотою перерізу рельєфу; строками виготовлення планів; фізико-географічними умовами району робіт; забезпеченістю інструментами та кадрами для дешифрування і фотограмметричного опрацювання матеріалів.

У подальшому технологічну схему використовують у процесі розробки проектів здійснення окремих видів робіт при складанні виробничо-фінансового плану й графіків виконання робіт.

Технологічні схеми в конкретних умовах можуть мати певні особливості. Але основою для їхньої розробки ряд типових технологічних схем. Розглянемо дві найпоширенішими технологічні схеми виготовлення (поновлення) контурних і топографічних планів.

Як геодезичну основу для планової прив'язки знімків використовують пункти державної геодезичної мережі, а за відсутності їх – пункти спеціально створеної мережі.

У підготовчі роботи входить збирання існуючих карт, довідників, географічних та інших матеріалів, у результаті вивчення яких визначаються параметри аерофотознімання й технологію виконання основних видів робіт.

При виготовленні контурних фотопланів масштаб аерофотознімків за, як правило, приймають у 3-5 разів менший від масштабу фотопланів. Фокусну відстань АФА в такому разі вибирають максимально найбільшу, що спрощує трансформування знімків і монтаж фотоплану. Польове маркірування точок здійснюють у районах знімання, які мають малу кількість чітко розпізнаваних точок місцевості. Щоб полегшити нанесення границь, на фотоплані маркірують також збережені поворотні пункти границь землекористувань.

Основними документами, і використовують при складанні проектів і графіків, є: договір із замовником; планово-картографічні матеріали (схеми геодезичної мережі, каталоги координат, існуючі топографічні карти, плани землекористувачів, матеріали аерофотознімки минулих років); аерознімки та репродукції накідного монтажу нового аерофотознімання; редакційні відмітки з оформлення планів.

Складання технологічного проекту доручають найкваліфікованішим спеціалістам. У проекті дають розрахунки затрат праці та визатрат коштів по кожному виду робіт і складають графіки виконання їх та строки. Графіки дають змогу встановити взаємозв'язок між польовими й камеральними роботами, раціонально розмістити спеціалістів, проконтролювати строки виконання робіт і видачу продукції замовникові.

Перевага вказаної схеми полягає в тому, що аерофотознімальні та польові роботи (прив'язка знімків, дешифрування) можна виконати за один польовий сезон і у тому ж самому календарному році розпочати випуск готової продукції. В цьому варіанті (від прив'язки й дешифрування знімків до підготовки карт і видачі замовникові) потрібно 4–6 місяців.

#### *Встановлення й поновлення меж землеволодінь і землекористувань*

При встановленні меж використовують раніше виконані й ув'язані геодезичні дані по межі землекористування теодолітом і мірною стрічкою визначають за цими даними в натурі положення втрачених межових знаків. При відновленні меж кути та лінії не повинні відрізнятися від заданих у межах допусків. Якщо в попередніх геодезичних даних були недопустимі похибки, виявлені у процесі відновлення меж, або в натурі збереглося мало межових знаків, то всі геодезичні роботи виконують заново.

Установити і поновити межі (особливо коли втрачено в натурі велику кількість пунктів) можна зі значно вищою у всіх відношеннях ефективністю аерофотогеодезичними методами.

На фотоплані чи аерознімку фотографічно відображають деталі місцевості з незначними похибками взаємного положення всіх об'єктів ситуації. Це дає можливість із точністю виконувати просто й швидко польове інструментальне дешифрування фотографічно незображених граничних пунктів та інших елементів місцевості.

Положення кожного дешифрувального граничного пункту одержують на фотозображенні незалежно один від одного, що дає змогу уникнути похибок, які обов'язково бувають при теодолітному ході. Крім того, положення кожного поворотного пункту границі в при його дешифруванні контролюється і він набирає найточнішого положення відносно навколишньої ситуації, а не пункту знімальної мережі.

Інструментальне дешифрування пунктів межі можна здійснювати на фотопланах й аерознімках. Особливо доцільно використовувати для цих цілей збільшені аерознімки, виготовлені відповідно до вимог технології, що передбачає високі коефіцієнти збільшення ( $K = 4-8$ ) у районах із достатньою контурністю вздовж меж. Тоді всі польові роботи з прив'язки аерознімків, дешифрування угідь і пунктів меж виконують на одному збільшеному до масштабу плану аерознімку, виготовленому на жорсткій основі. Віддешифрований аерознімок репродукують, а потім репродукцію трансформують. Тому всі віддешифровані візуально й інструментально у полі зору елементи місцевості одержують на аерознімку своє кінцеве положення і в подальшому фотографічно зображуються на фотоплані без перенесення чи переколювання вручну.

Використання збільшених аерознімків значно полегшує інструментальне дешифрування у зв'язку із більшим масштабом фотозображення і поліпшенням геометричних властивостей аерознімків, знятих із великої висоти.

При встановленні нової межі бажано роботу із закріплення її граничними знаками провести до аерознімання з тим, щоб частину її знаків установити на розпізнавальних елементах місцевості, а частину замаркіувати, що в подальшому зменшить і уточнить роботи з дешифрування, особливо у районах із малою контурністю.

У натурі втрачені пункти меж відновлюють за допомогою фотопланів чи аерознімків із нанесеною на них межею. Якщо з цією метою використовують фотоплани, то межу на них наносять по координатах, на аерознімки нового знімання пункти межі наносять лінійною засічкою від збережених загальних точок аерознімків або фотопланів попереднього знімання.

Перенесення за фотозображенням утраченого в натурі пункту можна виконати лінійною засічкою від близькорозташованих розпізнавальних

елементів ситуацій, відстань до яких визначають за фотозображенням чи шляхом вибору на місцевості найімовірнішого положення точки відносно навколишньої ситуації з її подальшим інструментальним дешифруванням. Якщо нанесена таким способом точка не збігається із заданою на фотозображенні, то вибрану точку на місцевості зміщують на величину незбіжності, виміряну за фотозображенням з урахуванням його масштабу. Для контролю й уточнення одержану нову точку місцевості знову дешифрують і, впевнившись у правильності її вибору, закріплюють у натурі. Це можна виконувати різними прийомами, залежно від навколишньої ситуації, причому в разі використання аерознімків із цією метою необхідно визначати часткові масштаби.

### *Коригування застарілих планово-картографічних матеріалів*

Плани землекористувань коригують геодезичним або фотограмметричним методом.

Геодезичний метод полягає у тому, що в полі порівнюють план землекористування з натурою і за допомогою простих геодезичних прийомів (лінійні проміри, створювані ходи, лінійні засічки), а при великій кількості змін – за допомогою геодезичних інструментів (теодоліту, далекоміру) наносять на план ситуацію відповідні виправлення. Цей метод забезпечує необхідну точність, але потребує значних затрат часу.

При фотограмметричному методі застарілий план землекористування камерально порівнюють із матеріалами нового аерофотознімання, виявляють і дешифрують зміни, а після польової перевірки наносять на план, який потрібно коригувати.

Технології коригування планів землекористувань фотограмметричним методом можуть бути різними. Їхній вибір і методика проведення робіт залежать від наявних фотограмметричних приладів й інструментів, наявності та якості матеріалів знімання попередніх років, рельєфу місцевості, кількісних змін у ситуації та інших факторів. Прикладом технологічної схеми може бути така. В стаціонарних підрозділах аерогеодезичного підприємства тільки виявляють і викреслюють зміни у ситуації на знімках нової аерофотозйомки за матеріалами підготовки й планах зйомок попередніх років. Віддешифровані знімки відправляють в райони, де виконують необхідні польові роботи, погоджують і підтверджують виявлені зміни й переносять їх на коригуючі плани та карти.

Кожний варіант організації робіт із коригування визначають після попереднього вивчення на об'єктах матеріалів знімання попередніх років, установлення змін, що відбулися, визначення кількості зон трансформування в межах робочої площі знімків. При виборі технологічної схеми головну увагу приділяють простоті й доступності

методу, який забезпечує точність, економічність і можливість оперативного виконання робіт.

Сучасні фотограмметричні прилади (цифрова фотограмметрична станція й, аналогові стереофотограмметричні прилади) спрощують роботи за коригуванням, дають змогу провести їх більш економічно та якісно.

Періодичність аерофотознімання встановлюють залежно від виду землепорядних робіт (складання проекту, облік земельного фонду) і ступеня старіння плану землекористування, що може бути визначений за даними реєстрації земельних фондів адміністративних одиниць.

Аерофотознімання здійснюють за допомогою гіростабілізуючої установки, фіксуючи значення радіовисотоміра й статоскопа. Поздовжній і поперечні перекриття можуть бути стандартними. Оптимальний час для виконання аерофотознімання робіт – пізня весна, раннє літо.

Параметри аерофотознімання встановлюють залежно від методу нанесення змін ситуації. При спрощених методах бажано підібрати параметри аерофотознімання таким, щоб у процесі роботи не враховувати зміщення за вплив кута нахилу аерофотознімання й рельєф місцевості.

При підготовчих роботах збирають і систематизують аерофотознімальні, геодезичні, картографічні, землепорядні та довідкові матеріали на території землекористування, плани якого коригують.

Зміни, що відбувалися, виявляють візуальним порівнянням старого фотоплану з матеріалами нового аерофотознімання. Одночасно виконують камеральне дешифрування змін, які сталися.

Координати опорних точок, необхідні для подальшого трансформування або стереофотограмметричного опрацювання окремих знімків, визначають, як правило, графічно – на старому плані й новому знімку розпізнають і наколюють відповідні точки фотозображення. Похибки розпізнавання їх повинні бути не більшими 0,1 мм на аерофотознімку й не більшими 0,2-0,3 мм на плані.

Положення на плані точок, вибраних як опорні, перевіряють за допомогою прозорівок напрямків. Для цього вибрані точки наколюють на план землекористування та знімок. Під знімок підкладають прозорівку і переколюють на неї опорні точки й головну точку знімка. З головної точки проводять напрямки на опорні точки. Одержану кальку центральних напрямків накладають на план землекористування. Якщо напрямки відходять від наколотих на плані точок на величину, яка не перевищує 0,5, мм то такі точки використовують як орієнтовані. При більших відхиленнях вибирають іншу комбінацію точок. Якщо це не вдається зробити, то положення опорної точки визначають за допомогою графічної фототріангуляційної вставки у вигляді обернених, прямих чи комбінованих засічок.

Точність фототріангуляційних засічок великою мірою залежить від похибок положення вихідних точок. Середня похибка у положенні



контурних точок на плані ставить 0,5–0,6 мм, а допустила – 1 мм. Тому в деяких випадках необхідно виконувати графічну ув'язку точок напрямків, добиваючись рівномірного розподілу нев'язок для всіх точок.

При значних змінах ситуації у межах робочої площі знімка використовують графічне трансформування. При цьому після виявлення і дешифрування змін, що відбулися, визначають у кутках робочої площі знімка чотири опорні (трансформаційні) точки. Положення їх на плані встановлюють фототріангуляційними та іншими вищезгаданими способами. До цього перевіряють можливість використання графічного трансформування, враховуючи передбачуване зміщення зображення точок за вплив рельєфу місцевості за формулою.

$$\delta_h = \frac{rH}{H-h} \quad (6.19)$$

Якщо величина  $\delta_h$  перевищує 0,5 мм, то знімок трансформують частинами. Суть його полягає в тому, що у межах робочої площі знімка і на коригувальному плані будують взаємно проектні сітки одним із способів – подібних фігур, пропорційно до поділок або центральних напрямків. Потім, використовуючи взаємно проектні сітки, візуально чи циркулем переносять потрібні елементи ситуації з дешифрованого знімка на план. Після перевірки точності перенесення план викреслюють відповідними умовними знаками.

#### *Способи перенесення в натуру проектів, складених на фото планах*

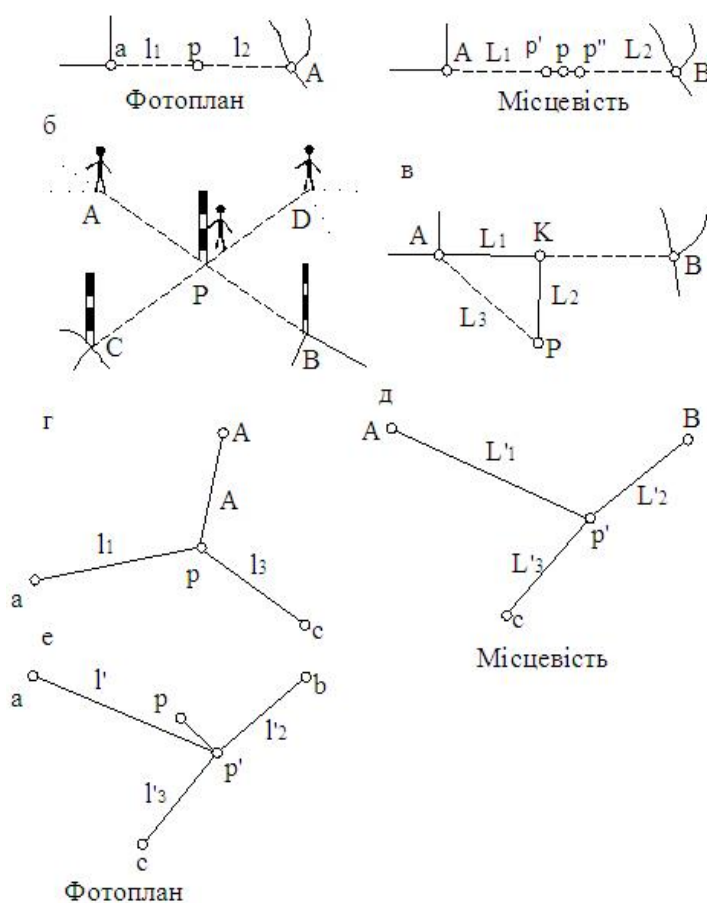
Проекти територіального землеустрою, планування сільських населених пунктів переносять у натуру, застосовуючи розбивочне креслення. При його складанні опорними точками слугують пункти триангуляції та полігонометрії, точки землекористувань, точки знімальної основи, а при відсутності – контурні точки топографічної основи або фотоплану, на які складають абриси. Для перенесення проекту в натуру за фотопланами використовують фотографічні зображення найчіткіших контурів і об'єктів місцевості, застосовуючи різні способи (рис 6.1 )

*Спосіб безпосереднього розпізнавання.* Відомо, що похибка розпізнавання точки неозброєним оком становить 0,1 мм на фотоплані. Тому, якщо точка збігається з фотографічно зображеною точкою, допустима похибка винесення цієї проектної точки в натуру також буде 0,1 мм у масштабі фотоплану. Цей спосіб найпрактичніший і найточніший, але можливості його застосування трапляються порівняно рідко.

*Спосіб створів* полягає в тому, що через проектну точку Р проводять (створ) лінію так, щоб вона обов'язково пройшла через точки, а і в, які чітко розпізнаються на фотоплані й місцевості. На точки а та в складають

абриси. Після цього вимірюють відстань на фотоплані  $aP$  і за знаменником масштабу фотоплану  $M$  – відстань  $AP$  на місцевості  $AP + MaP$ . На місцевості між точками  $A$  і  $B$  намічають створ. По цьому створу від точки  $A$  відкладають обчислену відстань  $AP$  і намічають точку  $P'$ . Аналогічні дії виконують у напрямку від точки  $B$  та намічають точку  $P''$ . Якщо розходження в двох визначеннях точки  $P$  (відстань  $P'P''$ ) по створу не перевищує  $0,3$  мм на фотоплані, то на місцевості закріплюють проектну точку  $P$  як середину відрізка  $P'P''$ .

Для підвищення продуктивності праці, як правило, використовують два створи. У такому разі на двох кінцевих точках створу встановлюють віхи, а на дві інші ставлять по робітнику, які виставляють третього робітника з віхою в шукану проектну точку  $P$ . У цьому випадку відстані на фотоплані й місцевості не вимірюють.



**Рис. 6.1. Способи перенесення проектів в натуру.**  
*a – одинарним створом; б – подвійним створом; в – способом перпендикулярів; г – лінійною засічкою; д – способом наближень*

**Спосіб перпендикулярів.** При застосуванні цього способу на створній лінії ( $ab$  – на фотоплані й  $AB$  – на місцевості ( $в$ )) вимірюють відрізки  $ak$  і  $kb$ . Використовуючи знаменник масштабу  $M$  фотоплану, знаходять

довжину лінії АК за створом АВ, тобто  $L_1 = l_1 M$ , і довжину перпендикуляра  $L_2 = l_2 M$ .

Після наведених розрахунків на місцевості вздовж лінії АВ відкладають відрізок  $L_1$  й одержують точку К. При точці К будують прямий кут, відкладають відрізок  $L_2$  і одержують точку Р. Контролем правильності її положення є результат вимірювання відстані  $L_3$  від точки А.

Розраховані й виміряні на місцевості довжини ліній не повинні розходитися більш як на 0,3 мм у масштабі плану.

*Спосіб лінійних засічок* полягає в тому, що проектна точка Р на місцевості визначається лінійними засічками з трьох точок, чітко розпізнаних на фотозображенні та місцевості. Вимірявши довжини ліній між проектною і опорними точками на фото плані, знаходять їхнє значення на місцевості. Якщо ці відстані невеликі, то їх відкладають на місцевості у вигляді дуг від відповідних точок. Перетини цих дуг визначають на місцевості положення проектної точки. Якщо сторони, утворені при цьому трикутнику похибок, не перевищують 0,3 мм у масштабі фотоплану, то за кінцеве приймають середнє положення.

При відстанях від опорної до проектної точки, більших одного відкладання вимірювального приладу, застосовують спосіб наближень.

При використанні фотоплану для перенесення проектів у натуру ще існують способи кутових і комбінованих засічок, проходження магістрального ходу та інші, але ці способи менш зручні.

### *Цифрові методи картографування за допомогою матеріалів дистанційного зондування*

Під *цифровим картографуванням* місцевості як частини топографо-геодезичного виробництва розуміють технологічний процес, що системно поєднує збирання і опрацювання цифрової топографічної інформації, формування цифрової моделі місцевості, зберігання, доповнення та оновлення їх за допомогою машинного банку даних, одержання за цією моделлю різних аналітичних і графічних матеріалів відповідно з поставлених вимог.

Розробка й використання автоматизованих систем збирання та опрацювання картографічної інформації за матеріалами аерофотозмагання, а також технологія робіт визначаються, передусім, наявністю технічних засобів і кваліфікацією виконавців.

При переході до сучасних цифрових або аналітичних методів опрацювання аеро- чи космічних знімків зі створенням цифрових моделей місцевості й формуванням баз даних усі необхідні перетворення здійснюються автоматизовано, зі значним скороченням обсягів рутинних

операцій. Реалізація таких технологій потребує розробки принципово нової фотограмметричної техніки, основаної на широкому використанні сучасних обчислювальних засобів і автоматики.

Провідні фірми ряду розвинутих країн (Канада, Німеччина, Франція, Швейцарія) випускають високопродуктивну опрацьовуючу апаратуру, яка дає змогу виконувати цифрове і аналітичне опрацювання знімків із формуванням інформаційної цифрової основи об'єкта знімання. Розроблені та використовуються з різною метою відповідні програмно-технологічні комплекси, що дають змогу можливість розв'язати на цій основі широке коло практичних завдань – від цифрового картографування і кадастрового знімання до моніторингу природних ресурсів та екологічних характеристик.

Проте через високу вартість нових технічних засобів, яка становить нині за світовими цінами 200–300 тис. дол., таке обладнання може ефективно використовуватися лише у структурних спеціалізованих організаціях.

Водночас в організаціях і підприємствах, що займаються картографуванням, є значна кількість фотограмметричного обладнання (вітчизняного й зарубіжного), що з успіхом може бути використане для збирання топографо–геодезичної інформації аерофотогеодезичним методом. Цьому сприяє також наявність у теперішній час на виробництві великої кількості комп'ютерної техніки класу IBM PC. Створення цифрових планів і карт за матеріалами дистанційного зондування потребує значно менших затрат часу та праці порівняно з наземними методами. Установка на носії апаратури ДЗ навігаційних супутникових систем (GPS), що дають змогу в польоті визначати лінійні елементи зовнішнього орієнтування знімків, ще більше підвищує ефективність дистанційних методів. Адже при цьому можна уникнути такого трудомісткого і дорогого процесу, як прив'язка аерознімків.

Створена за матеріалами дистанційного зондування цифрова модель місцевості забезпечує виконання практично всіх робіт, пов'язаних із вивченням земельних ресурсів.

Вище наведене не вичерпує всіх можливостей методів дистанційного зондування. За його матеріалами можуть бути проведені ґрунтові й геоботанічні обстеження; вивченні кількісні характеристики водної та вітрової ерозій; виконані будь-які роботи із землеустрою – підготовка технічної документації для приватизації земельних ділянок, схем землеустрою, складання проектів землевпорядкування і відведення земель та ін.

### ***6.5. Методи тематичного аналізу даних дистанційного зондування землі***

Методи тематичного опрацювання і тематичного аналізу даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) почали розробляти ще задовго до першого космічного знімання Землі. Головним чином, розробляли методи тематичного опрацювання й тематичного аналізу матеріалів фотознімання з авіаційних носіїв. Ці методи дістали назву тематичного дешифрування аерознімків. Тематичне дешифрування здійснювали як візуально, так і з застосуванням різної спеціалізованої апаратури (фототрансформатори, моно – і стереокомпаратори, мікрофотометри, мікроденситометри, багатозональні синтезуючі проектори та ін.).

Розглянемо дешифрувальні ознаки, які використовують при визначенні деградованих земель за космічними знімками, так звані природні ознаки. Необхідність такого розгляду зумовлена двома причинами. По-перше, застосування сучасних методів опрацювання й аналізу космічних знімків на персональних комп'ютерах (ПК) припускає їхнє попереднє візуальне дешифрування. По-друге, в методах комп'ютерного аналізу космічних знімків використовуються формалізовані природні ознаки відображення або штучні ознаки, сконструйовані на основі формалізованих природних ознак.

Попереднє візуальне дешифрування космічних знімків полягає у логічному аналізі зображень із використанням усього комплексу дешифрувальних ознак і залученням різної додаткової інформації. Остання включає результати раніше виконаного дешифрування, різну апріорну інформацію (картографічні, літературні, відомчі та інші матеріали), опорну інформацію (результати підсупутникових вимірювань досліджуваних показників).

Дешифрувальні ознаки поділяються на дві основні групи – спектральні й структурні. При візуальному дешифруванні фотографічних матеріалів до спектральних ознак належать фототон зображення (для чорно-білих знімків), характеристики кольору: кольоровий тон, насиченість кольору та “світлість” (для кольорових, спектральнозональних і синтезованих знімків). При дешифруванні цифрових зображень, візуалізованих на екрані дисплею, до спектральних ознак входять еквівалент яскравості зображення (для матеріалів панхроматичного знімання), еквіваленти зональних яскравостей (для матеріалів багатозональної зйомки), еквівалент питомої ефективної площі розсіювання (ПЕПР) (для радіолокаційних зображень). Якщо для візуалізації багатозональних зображень застосовують процедуру синтезу в умовних кольорах, то дешифрувальними ознаками також є характеристики

кольору. До структурних ознак відносять розміри і форми об'єктів, характер розподілу яскравості у межах об'єкта, текстуру зображення та ін.

Спектральні ознаки використовують як для ідентифікації об'єктів, що значно відрізняються за коефіцієнтами яскравості, так і для оцінки параметрів стану поверхні, яку зондують. Роль яскравіших ознак у процесі ідентифікації об'єктів посилюється у разі використання матеріалів із низькою просторовою здатністю.

Структурні ознаки використовують, головним чином, для ідентифікації об'єктів. Вони відіграють важливу роль при роботі з матеріалами високої просторової здатності. Часто деградовані об'єкти ідентифікують на основі сумісного використання спектральних і структурних ознак. Для різних типів джерел забруднення, вплив яких пов'язаний із зростанням концентрації важких речовин, головною загальною дешифрувальною ознакою є підвищена яскравість зображення акваторії навколо джерела. Додатковими дешифрувальними ознаками є текстура зображення, форми контурів та характер розподілу яскравості по площі акваторії. Структурні ознаки дають змогу також ідентифікувати різні типи джерел забруднення.

Структурні ознаки можна використовувати не тільки для ідентифікації об'єктів, але й для якісної оцінки їхнього стану. Наприклад, специфічні структури зображення відкритого ґрунту характерні для різних видів ерозії ґрунтів.

Природні спектральні ознаки не потребують спеціальної формалізації; при комп'ютерному опрацюванні знімків безпосередньо застосовують цифрові еквіваленти яскравості, зональної яскравості чи ПЕПР. Проте можливе конструювання штучних спектральних ознак. Так, можна перейти до нових спектральних ознак, виконавши певне лінійне або нелінійне перетворення; замість цифрових еквівалентів яскравості безпосередньо у точках зображення можна застосовувати середнє значення яскравості в колі цих точок чи медіану послідовності яскравостей елементів у оточенні точки. Як яскравіші ознаки об'єктів, що включають елементи зображення, можуть бути використані різні характеристики, які описують форму гістограми яскравості: середнє значення яскравості, дисперсія, коефіцієнт асиметрії, ексцес, ентропія та ін.

Для використання при комп'ютерному опрацюванні знімків структурних ознак потрібно застосовувати спеціальні процедури їхньої формалізації. В процесі формалізації ознаки характеру розподілу яскравості по площі об'єкта можна використовувати процедури розпаду

поля яскравості зображення у спектр просторових частот. Для цього необхідно опрацювати фрагмент зображення, що аналізується рухливим вікном заданої форми. При лінійному опрацюванні рухливим квадратним вікном яскравість перетвореного зображення визначається таким виразом:

$$f(i, j) = \sum_{i=i_0-w}^{i_0+w} \sum_{j=j_0-w}^{j_0+w} F(i, j)H(i-i_0+w+1, j-j_0+w+1), \quad (6.20)$$

де  $H$  – задана матриця розміру  $(2w+1) \times (2w+1)$ , яка називається маскою оператора лінійного перетворення;

$F$  – поле параметрів перетвореного зображення. Це перетворення являє собою операцію дискретного звертання зображення з маскою  $H$ .

Для розкладу поля зображення  $F(j, k)$  у спектр просторових частот застосовують різні процедури унітарних перетворень: Фур'є, Адамара, Хаара, похиле перетворення. В загальному випадку для рухливого вікна квадратної форми розмірів  $N \times N$  спектральні коефіцієнти  $f(u, v)$  визначаються виразом:

$$f(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(j, k)A(j, k, u, v), \quad (6.21)$$

де  $A(j, k, u, v)$  – ядро прямого перетворення. Наприклад, у разі застосування перетворення Фур'є

$$A(j, k, u, v) = \exp \left[ -\frac{2\pi i}{N} (uj + vk) \right]. \quad (6.22)$$

При використанні перетворення Адамара із симетричними матрицями порядку  $2^n$  ядро перетворення може бути зображено у вигляді:

$$A(j, k, u, v) = (-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} (u_i j_i + v_i k_i)}, \quad (6.23)$$

де  $u_i, v_i, j_i, k_i$  дорівнюють цифрам у подвійному представленні відповідно чисел  $u, v, j, k$ , наприклад, якщо  $u=15$ , то:

$$u_3 = u_2 = u_1 = u_0 = 1$$

Набір спектральних коефіцієнтів є ознакою, яка найповніше характеризує зміни яскравості по площі зображення. Для формалізації цієї ознаки можливі також спрощені підходи. Так, як характеристику даної ознаки можна використовувати значення градієнта яскравості. Для цього треба виконати процедуру просторового диференціювання фрагмента зображення, що аналізується, тобто визначити похідні  $\frac{\partial F}{\partial x}$  і  $\frac{\partial F}{\partial y}$  шляхом згортання зображення з градієнтними масками  $H_x$  і  $H_y$ . Наприклад, для рухливого вікна квадратної форми розміром 3x3 можливий такий варіант градієнтних масок Собела :

$$H_x = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad H_y = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix} \quad (6.24)$$

Як формалізовану ознаку можна використовувати безпосередньо значення матриці або значення модуля градієнта й тангенса кута його нахилу до осі Ox. У тому разі, якщо метою є тільки швидкість зміни поля яскравості, але не спрямована градієнта, для формалізації ознаки може бути використаний лапласіан поля F(j, k). Для обчислення лапласіана можна застосувати згортку зображення з одним із варіантів маски оператора Лапласа, наприклад:

$$H_1 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} \quad H_2 = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \quad H_3 = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix} \quad (6.25)$$

Якщо інтерес становить не тільки швидкість зміни поля яскравості, але й напрям градієнта, то для формалізації ознаки можна використати згортку зображення з курсовими градієнтними масками. Так, для рухливого вікна розміром 3x3 можна застосовувати набір із восьми курсових градієнтних масок:



$$\begin{aligned}
H_1 &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} & H_2 &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} & H_3 &= \begin{vmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \\
H_4 &= \begin{vmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} & H_5 &= \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} & H_6 &= \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 2 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \\
H_7 &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} & H_8 &= \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}
\end{aligned}
\tag{6.26}$$

Кожна з масок  $H_1 - H_8$  в дає максимальний відгук для одного із восьми курсів. Усі наведені маски операторів градієнта й Лапласа дають нульовий відгук в областях зображення з постійною яскравістю.

Найскладніша формалізація такої структурної ознаки, як текстура зображення. *Текстурою* називається ознака об'єкта, що характеризує форму, розмір і взаємне розміщення елементів, з яких складається об'єкт. Наприклад, текстура зображення лісового масиву створюється зображенням крон окремих дерев, текстура зображення відкритої ріллі формується зображенням орних борозен. у міру зменшення масштабу текстура створюється більшими елементами, Скажімо, окремими полями ріллі тощо. При візуальному дешифруванні текстура описується 1 – 2 прикметниками: ниткоподібна, губчаста, радіально-струменева тощо. Для текстури характерна просторова повторюваність локальної структури поля яскравості. Тому якісно текстуру можна характеризувати величиною періоду повторюваності. Більший період повторюваності відповідає великій текстурі, менший період – дрібній.

Для кількісного опису текстури пропонуються різні підходи. Один із них ґрунтується на аналізі спектру просторових частот. Великій текстурі відповідає спектра, енергія якого зосереджена на низьких просторових частотах; дрібній текстурі – на високих. Недоліком такого підходу є значне перекриття спектрів, що трапляється в ряді випадків для об'єктів із природною структурою.

Другий підхід до формалізації текстурних ознак, запропонований Резенфельдом і Троєм, оснований на аналізі просторової автокореляційної функції  $A$ , що вираховується у вікні розміром  $(2w+1) \times (2w+1)$  із центром в точці  $(j, k)$  при зміщенні

$$\varepsilon, \eta = 0; \pm 1; \pm 2 \dots \pm T :$$

$$A(\varepsilon, \eta, j, k) = \frac{\sum_{m=j-w}^{j+w} \sum_{n=k-w}^{k+w} F(m, n) * F(m - \varepsilon, n - \eta)}{\sum_{m=j-w}^{j+w} \sum_{n=k-w}^{k+w} [F(m, n)]^2} \quad (6.27)$$

При фіксованому зміщенні  $(\varepsilon, \eta)$  великозернистій текстурі відповідає більше значення автокореляційної функції, ніж дрібнозернистій. Отже, розмір зерна текстури повинен бути пропорційним до ширини автокореляційної функції, оцінити яку можна за значенням другого моменту автокореляції:

$$T(j, k) = \sum_{\varepsilon=-T}^T \sum_{\eta=-T}^T \varepsilon^2 \eta^2 A(\varepsilon, \eta; j, k). \quad (6.28)$$

Резенфельд і Трой запропонували також спрощений підхід до формалізації текстури, який ґрунтується на підрахунку кількості перепадів яскравості навколо точки зображення, що аналізується. Наприклад, при виборі місцевості у формі квадратного вікна розміром  $(2w+1) \times (2w+1)$  текстурна ознака розраховувалась, як:

$$T(j, k) = \sum_{m=j-w}^{j+w} \sum_{n=k-w}^{k+w} E(m, n) \quad , \quad (6.29)$$

де,  $E(m, n) = 1$ , якщо в точці виявлений перепад яскравості, й  $E(m, n) = 0$  – у протилежному випадку. Існує і багато інших підходів до формалізації текстури. Так, запропоновано ряд текстурних ознак, основаних на властивостях гістограми сумісних значень яскравості пари елементів зображення. Розмір зерна текстури за такого підходу визначається величиною розсіювання гістограми відносно головної діагоналі.



### Завдання для самостійної роботи.

1. Розкрийте поняття інформаційної основи як ефективного управління земельними ресурсами.
2. Перерахуйте методи створення та поновлення планів і карт за даними дистанційного зондування землі.
3. Укажіть засоби і методи опрацювання матеріалів дистанційного зондування землі.
4. Назвіть основні засади технології та методики використання матеріалів дистанційного зондування землі.
5. Перерахуйте методи, які застосовують при коригуванні планів і карт.
6. У чому полягає суть коригування застарілих планово-картографічних матеріалів?
7. Які є способи перенесення в натуру проектів, складених на фотопланах?
8. Назвіть методи тематичного аналізу даних дистанційного зондування землі.
9. Дайте визначення поняття цифрового картографування місцевості як частини топографо-геодезичного виробництва.
10. Які основні принципи встановлення та поновлення меж землеволодінь та землекористувань?

### *Навчальний тест:*

1. Основою інформаційної бази для ефективного управління земельними ресурсами, його вдосконалення з урахуванням переходу до ринкових методів господарювання є земельно-кадастрова інформація, яка включає:
  - 1) дані щодо реєстрації права власності на землю;
  - 2) облік кількості земель;
  - 3) геодезичні вимірювання;
  - 4) облік якості земель;
  - 5) бонітування ґрунтів;
  - 6) створення інформаційної бази;
  - 7) зонування територій населених пунктів;
  - 8) економічну оцінку земель;
  - 9) реєстрацію нерухомого майна;
  - 10) грошову оцінку земель.

2. Які вимоги ставляться до точності та детальності відображення кадастрових об'єктів, у містах районного підпорядкування та селищах?:

- 1) 0,0001 га;
- 2) 0,00025;
- 3) 0,010;
- 4) 0,0015.

3. Базовими масштабами для земельного кадастру для міст і селищ є:

- 1) 1:2000 – 1:500;
- 2) 1:10 000 – 1:5000;
- 3) 1:1 000 000 – 1:750 000;
- 4) 1:50 000.

4. Установіть відповідність:

1. Інформація	а) це кількісна міра його граничної можливості передавати інформацію для сприймаючої системи.
2. Канал зв'язку	б) сукупність відомостей про стан об'єктів земної поверхні, які необхідні для розв'язання тих чи інших завдань організації сільськогосподарського виробництва і які можуть бути відображені засобами картографії, фотографії тощо.
3. Інформаційна ємність аерофотознімка	в) матеріальний носій сигналів, що забезпечує їхнє розміщення і передачу закодованої інформації в часі від однієї системи до іншої (від передаючої до сприймаючої).
4. Інформаційна ємність картографічної інформації	г) основна інформаційна характеристика каналу зв'язку, його пропускна здатність. У разі картографічної інформації під інформаційною ємністю слід розуміти верхню межу допустимої кількості інформації, зафіксованої на карті, що може бути сприйнята фахівцем чи будь-якою іншою читаною системою.

5. Точність побудови елементарної фотограмметричної ланки моделі, створеної з використанням пари знімків, можна визначити за формулами:

- 1)  $M = 0,60 M + (3,88 m + 2,51m) t$  ;
- 2)  $m = 0,60 m + 5,31m$  ;  $m = 0,66 m + 2,10 m$
- 3)  $m = M / t$ ;
- 4)  $m = M / C$ .

6. Упишіть пропущені слова:

Як геодезичну основу для планової прив'язки знімків використовують пункти державної геодезичної мережі, а при відсутності \_\_\_\_\_

7. Похибка розпізнавання опорних точок на аерознімку становить не більше мм:

- 1) 0,2-0,3;
- 2) 0,1;
- 3) 0,05;
- 4) 0,06.

8. Під цифровим картографуванням місцевості розуміють:

1) технологічний процес, що системно поєднує збирання й опрацювання цифрової топографічної інформації, формування цифрової моделі місцевості, зберігання, доповнення та оновлення її за допомогою машинного банку даних, одержання за цією моделлю різних аналітичних і графічних матеріалів відповідно до встановлених вимог;

2) частину топографо-геодезичного виробництва;

3) збирання і опрацювання цифрової топографічної інформації, формування цифрової моделі місцевості;

4) моделювання різних аналітичних і графічних матеріалів згідно з поставленими вимогами.

9. На скільки груп розділяють дешифрувальні ознаки:

- 1) дві;
- 2) три;
- 3) чотири;
- 4) п'ять.

10. Виберіть способи перенесення в натуру проектів складених на фотопланах:

- 1) безпосереднього розпізнавання;
- 2) лінійності прокладання;
- 3) створів;
- 4) перпендикулярів;
- 5) лінійності;
- 6) лінійних засічок.

**Ключ до навчального тесту:**

**1 – 1, 2, 4, 5, 7, 8; 2 – 4; 3 – 1; 4–1б, 2в, 4г,3а; 5–1;**

**6-пункти спеціально створеної мережі; 7–2; 8–1; 9–2; 10–1, 3, 4, 6.**

**ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА**  
**автоматизованої системи ведення державного земельного**  
**кадастру**

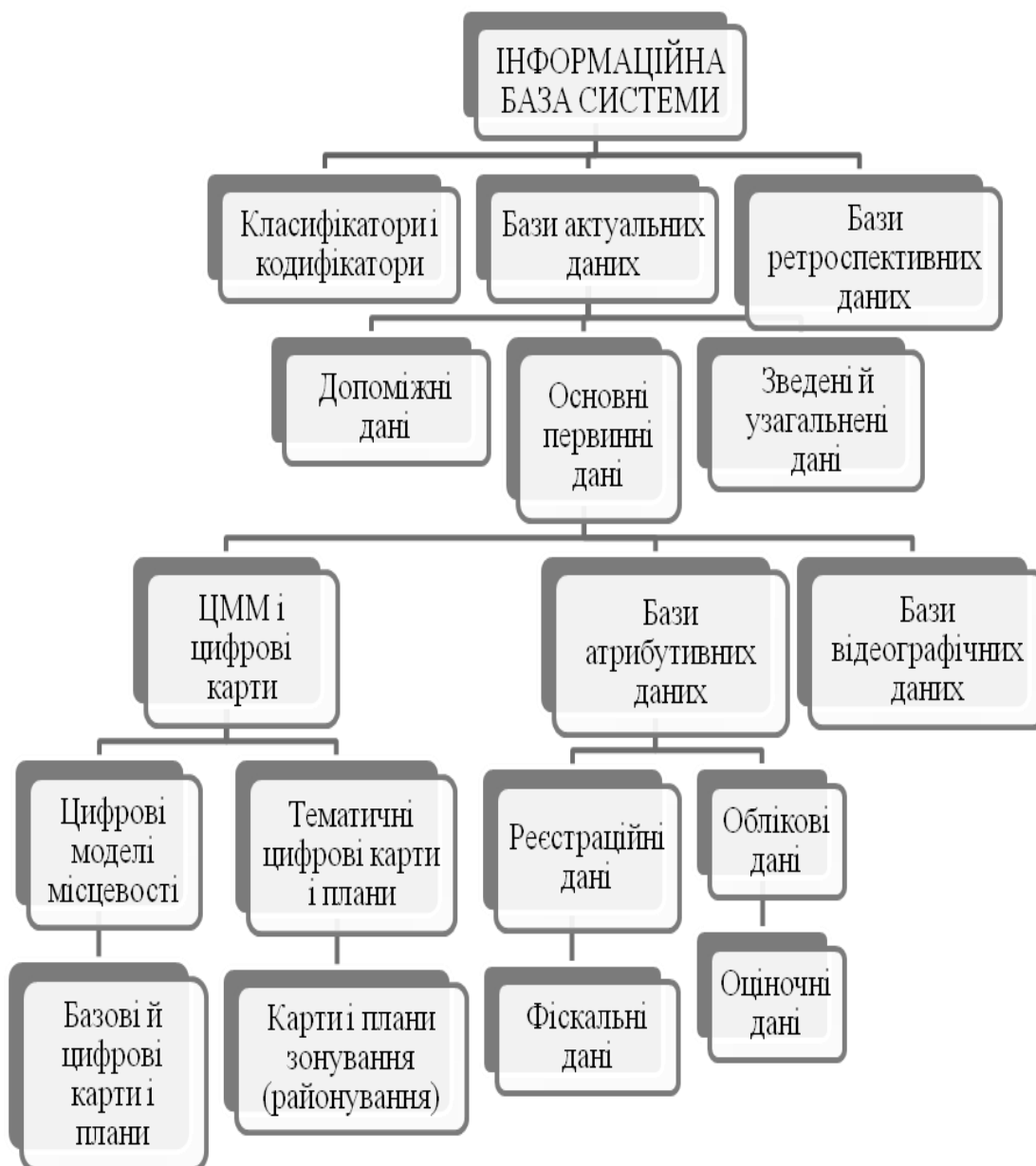
РІВЕНЬ	УСТАНОВА	ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ
1. Національний Державне агенство земельних ресурсів України	Національний центр державного земельного кадастру	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Управління системою й технічне адміністрування.</li> <li>— Ведення класифікаторів і кодифікаторів.</li> <li>— Організація забезпечення системи вихідними даними шляхом знімання, обстежень, інвентаризацій, оціночних робіт тощо.</li> <li>— Зведення й узагальнення даних обласного рівня.</li> <li>— Складання звітів про земельний фонд.</li> <li>— Земельно-кадастрове картографування.</li> <li>— Надання інформаційних продуктів і послуг.</li> <li>— Зв'язок з іншими системами (імпорт та експорт даних).</li> <li>— Сервісне обслуговування системи.</li> <li>— Розвиток системи.</li> <li>— Тестування і сертифікація програмних засобів та інформаційних технологій.</li> <li>— Підготовка й перепідготовка кадрів.</li> </ul>

<p>2. Обласний — Державний комітет АР Крим із земельних ресурсів і єдиного кадастру (1); — обласні управління земельних ресурсів (24)</p>	<p>Центри державного земельного кадастру АР Крим і областей</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Управління системою і технічне адміністрування.</li> <li>— Організація забезпечення системи вихідними даними шляхом знімання, обстежень, інвентаризацій, оціночних робіт тощо.</li> <li>— Зведення й узагальнення даних районного рівня.</li> <li>— Складання звітів про земельний фонд.</li> <li>— Земельно-кадастрове картографування.</li> <li>— Надання інформаційних продуктів і послуг.</li> <li>— Передача даних на національний рівень.</li> <li>— Зв'язок з іншими системами (імпорт та експорт даних).</li> <li>— Сервісне обслуговування системи.</li> <li>— Розвиток системи.</li> <li>— Підготовка й перепідготовка кадрів.</li> </ul>
---	---	--



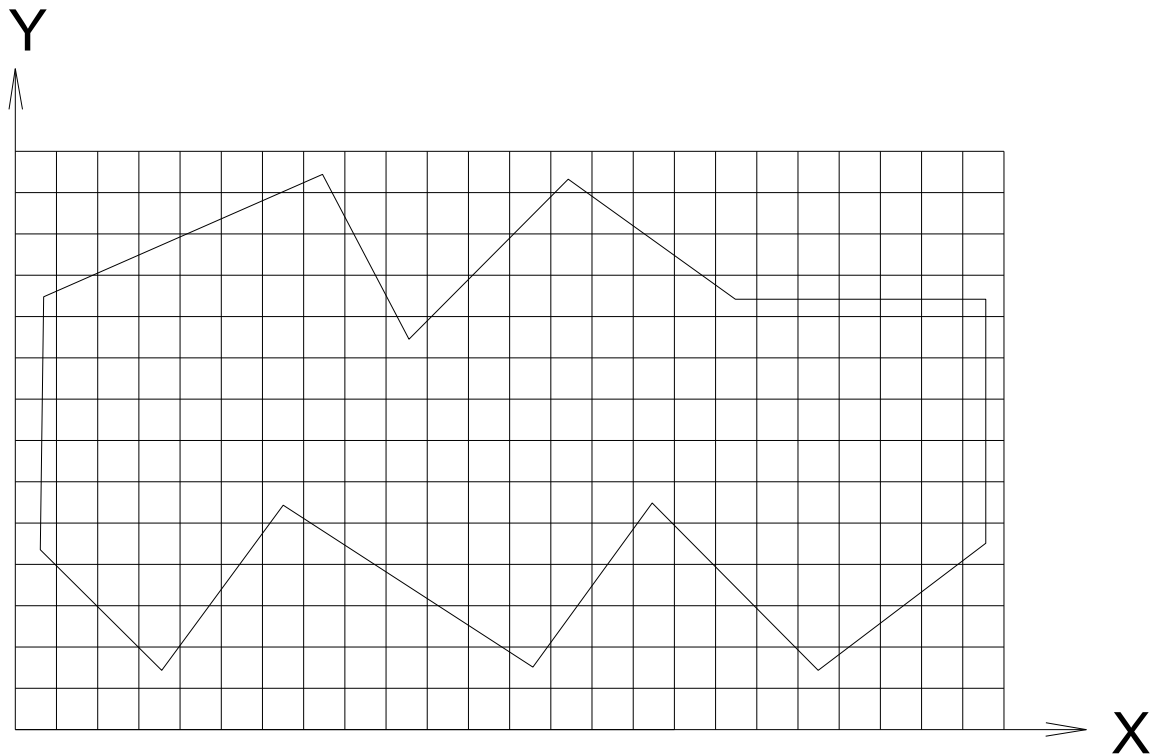
<p>3. Районний (міський) — Київське та Севастопольське міські управління земельних ресурсів (2); — районні відділи земельних ресурсів (490); — відділи земельних ресурсів міст республіканського підпорядкування АР Крим (11); — відділи (управління) земельних ресурсів міст обласного підпорядкування (154)</p>	<p>Центри державного земельного кадастру міст Києва та Севастополя, районів, міст республіканського (АР Крим) та обласного підпорядкування</p>	<p>— Технічне адміністрування. — Ведення земельно-реєстраційних даних. — Ведення баз інших первинних земельно-кадастрових даних. — Складання звітів про земельний фонд. — Земельно-кадастрове картографування. — Надання інформаційних продуктів і послуг. — Передача даних на обласний рівень. — Зв'язок з іншими системами (імпорт та експорт даних).</p>
<p>4. Місцевий Землевпорядник и міст районного підпорядкування, селищних і сільських рад</p>		<p>— Збирання вихідних даних для системи та передача їх на районний рівень. — Надання послуг користувачам системи.</p>

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ  
автоматизованої системи ведення державного земельного кадастру



КОДУВАННЯ РАСТРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

а) фрагмент вихідного бінарного растрового зображення  
(14 рядків по 24 пікселі в кожному)



б) цього фрагмента у вигляді списку довжин серій

I	L
0	7
1	1
0	5
1	1
0	10
0	5
1	3
0	4
1	3
0	9
0	2
1	6
0	3
1	5

I	L
0	8
1	9
0	2
1	13
1	24
1	24
1	24
1	24
1	24
1	6
0	2
1	7
0	1
1	8

I	L
0	1
1	4
0	4
1	5
0	3
1	5
0	2
0	2
1	2
0	7
1	2
0	5
1	3
0	3

I	L
0	3
1	1
0	8
1	1
0	6
1	1
0	4
0	24

Умовні позначення:

I – яскравість ( 0 – білі, 1 – чорні пікселі),

L – довжина серії (у пікселях).

Перша серія для кожного рядка зображення виділена жирним шрифтом.

в) межі області на растровому зображенні у вигляді ланцюгового коду Фрімена

N	D
1	2
2	1
3	1
4	1
5	0
6	7
7	7
8	0
9	7
10	7
11	2
12	1
13	1
14	1
15	7
16	7

N	D
17	7
18	7
19	1
20	1
21	1
22	0
23	2
24	2
25	2
26	2
27	2
28	2
29	4
30	4
31	4
32	4

N	D
33	4
34	4
35	4
36	3
37	3
38	3
39	5
40	5
41	6
42	5
43	4
44	3
45	3
46	2
47	2
48	5

N	D
49	4
50	5
51	4
52	4
53	5
54	4
55	6
56	6
57	6
58	6
59	6
60	6
61	7
62	7
63	7

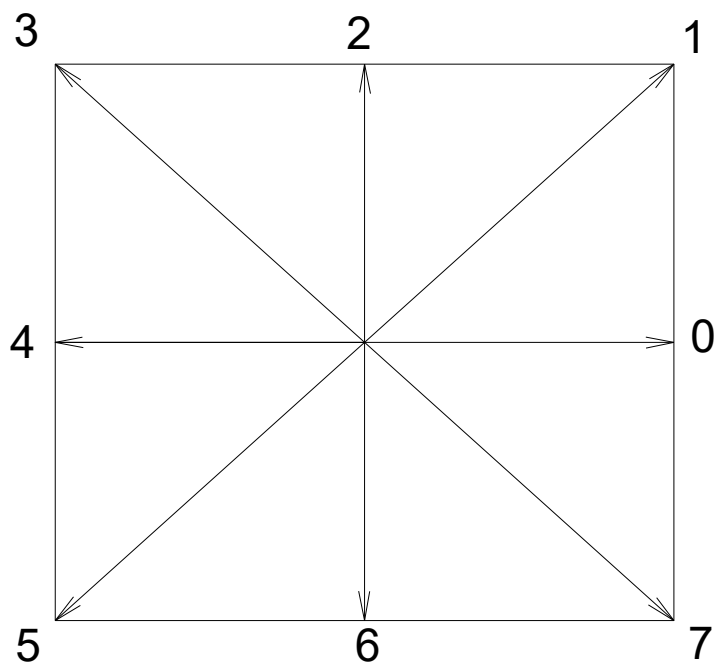
Умовні позначення:

N - номери інкрементів (елементарних відрізків),

D - коди напрямків інкрементів. Координати початкової точки контуру  $X = 4, Y = 2$ .

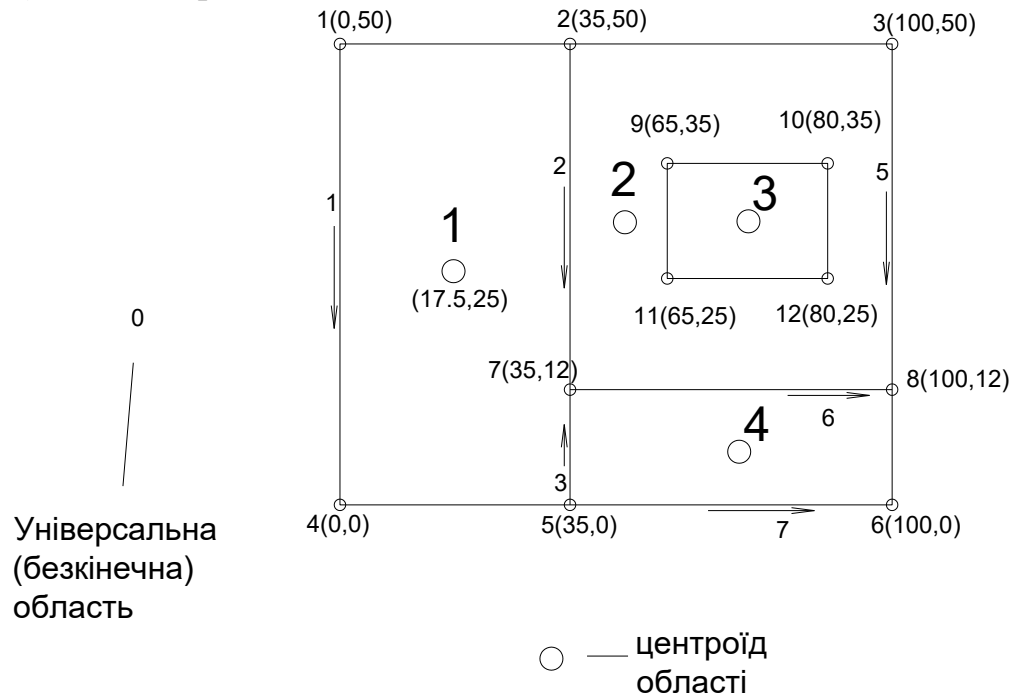
Напрямок обходу контуру – проти годинникової стрілки.

г) Коди напрямків інкрементів показано на рисунку:



ПРИКЛАД ТОПОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ДАНИХ

а) вихідне креслення



б) креслення у вигляді сукупності реляційних таблиць  
Вузли

Номер точки	Координати точки	
	X	Y
V		
2	35	50
5	35	0
7	35	12
8	100	12
11	65	25

Вершини ламаних

Номер вершини	Координати вершини	
	X	Y
M		
1	0	50
4	0	0
9	65	35
10	80	35
12	80	25
3	100	50
6	100	0

## Дуги

Номер дуги	Номери граничних вузлів		Номери суміжних дуг		Кількість проміжних вершин	Номер першої вершини	Номери суміжних областей	
	D	V1	V2	D1			D2	K
1	2	5	2	7	2	1	1	0
2	2	7	5	-3	-	-	2	1
3	5	7	-1	6	-	-	1	4
4	11	11	-4	4	3	9	2	3
5	2	8	1	-6	1	3	0	2
6	7	8	-2	-7	-	-	2	4
7	5	8	3	-5	1	6	4	0

## Області

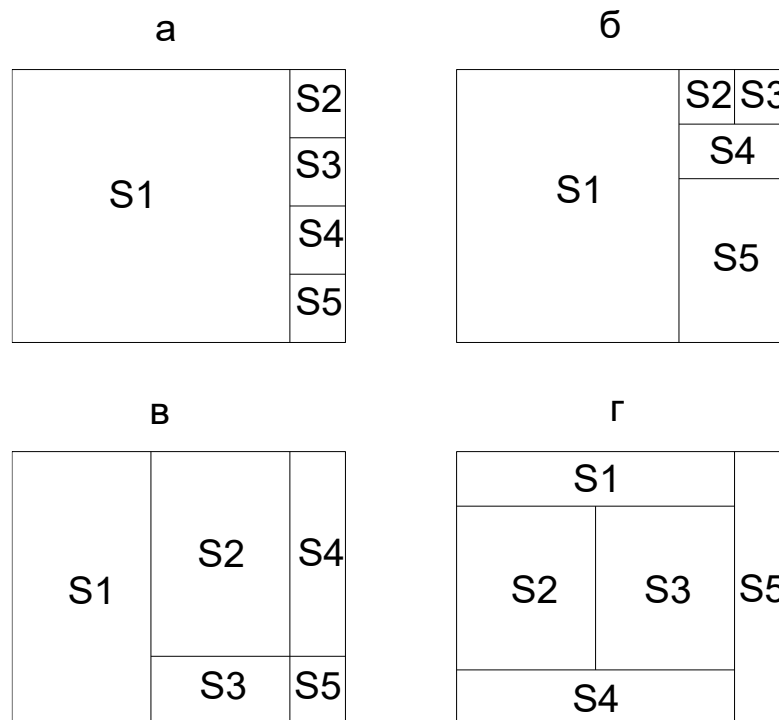
Номер області	Координати центроїда		Номер першої дуги контуру	Кількість вирізів	Номер першого вирізу
	P	X			
0	-	-	-	1	1
1	17.5	25	2	-	-
2	50	30	-2	1	2
3	72.5	30	4	-	-
4	67.5	6	5	-	-

## Вирізки (острови, анклави)

Номер вирізу	Номер першої дуги контуру
W	DS
1	1
2	-4

## ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ЕНТРОПІЇ

Значення ентропії використані для оцінки однорідності (рівномірності) чотирьох показаних на рисунку варіантів поділу умовного поля площею  $S=200$  га на п'ять ділянок з площами  $S_1, S_2, \dots, S_5$ .



Розрахунки показників ентропії  $H$  та  $H_1$  виконані за формулами (див. п. 5.3):

$$P_i = S_i/S,$$

$$H = -\sum P_i \ln(P_i),$$

$$H_1 = H/\ln(5),$$

де  $i = 1, 2, \dots, 5$ .

Вихідні дані й результати розрахунків наведено в таблиці:

Рисунок	Площа поля $S$	Площа ділянок					Показник однорідності	
		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$H$	$H_1$
а	200	160	10	10	10	10	0,778	0,483
б	200	120	10	10	20	40	1,158	0,720
в	200	80	60	20	30	10	1,392	0,865
г	200	40	40	40	40	40	1,609	1,000



## Термінологічний словник

**Автоматизація** – це система заходів, направлених на зміну частини праці людей роботою машин, на впровадження автоматичних засобів для реалізації тих чи інших технологічних або інформаційних процесів.

**Актуальність даних** – відомості про час створення, оновлення або перетворення даних, а також точність часових атрибутів і часових відношень об'єктів.

**Атрибут об'єкта** (*feature attribute*) – характеристика об'єкта.

**Атрибутивна (тематична) точність** – точність кількісних атрибутів, коректність не кількісних атрибутів і класифікації об'єктів та їхніх відношень.

**Атрибутивна компонента** – це бази геоданих з інформацією про кадастровий номер земельної ділянки, її межі, площу, цільове призначення, оцінку, про її правовий режим.

**База даних** – це інтегрована сукупність даних, організованих за визначеними правилами і призначених для багатофункціонального використання і модифікації одним або декількома користувачами.

**Базові набори геоданих** – загальногеографічні та інші просторові дані, що широко використовуються.

**Банк даних** – це комплекс засобів для централізованого зберігання, управління і колективного використання даних, який входить до складу тієї чи іншої автоматизованої системи.

**Генеральна схема планування території України** – містобудівна документація, що визначає концептуальні рішення планування та використання території України.

**Генеральний план населеного пункту** – містобудівна документація, що визначає принципові рішення розвитку, планування, забудови та іншого використання території населеного пункту.

**Географічна інформаційна система; геоінформаційна система** (*geographic information system*) – інформаційна система, що опрацьовує інформацію про об'єкти та явища, які пов'язані з певним місцеположенням відносно Землі.

**Географічна інформація** (*geographic information*) – інформація про об'єкти та явища, які безпосередньо або опосередковано пов'язані з певним місцеположенням відносно Землі.

**Геоінформаційна система** – інформаційна (автоматизована) система, що забезпечує збирання, оброблення, аналіз, моделювання та постачання геопросторових даних.

**Геоінформаційна система (ГІС)** – комплекс апаратних та програмних засобів, що забезпечують введення, обробку, відображення та аналіз географічних (просторово співвіднесених) даних.

**Геопортал містобудівного кадастру** – сукупність інтернет-засобів та сервісів геопросторових даних, що підтримують метадані про геоінформаційні ресурси містобудівного кадастру і забезпечують доступ до них та до публічних інформаційних ресурсів

**Геопросторовий об'єкт** – об'єкт реального світу, що характеризується певним місцеположенням на Землі і визначений у встановленій системі просторово-часових координат.

**Геопросторові дані** – набір даних про геопросторовий об'єкт.

**Графічна мова** (*graphical language*) – мова, синтаксис якої виражається в термінах графічних символів .

**Державна реєстрація земельної ділянки** – внесення до Державного земельного кадастру передбачених цим Законом відомостей про формування земельної ділянки та присвоєння їй кадастрового номера.

**Державний земельний кадастр** – єдина державна геоінформаційна система відомостей про землі, розташовані в межах державного кордону країни, їх цільове призначення, обмеження у їх використанні, а також дані про кількісну і якісну характеристику земель, їх оцінку, про розподіл земель між власниками і користувачами.

**Детальний план території** – містобудівна документація, що визначає планувальну організацію та розвиток території.

**Економічна оцінка земель** – це оцінка землі як природного ресурсу і засобу виробництва за показниками, що характеризують продуктивність земель, ефективність їх використання та дохідність з одиниці площі.

**Елемент якості даних** (*data quality element*) – кількісний компонент, що документально характеризує якість набору даних.

**Замовник** – фізична або юридична особа, яка має намір щодо забудови території (однієї чи декількох земельних ділянок) і подала в установленому законодавством порядку відповідну заяву.

**Земельні відносини** – це суспільні відносини щодо володіння, користування і розпорядження землею.

**ЗІС** – це географічна інформаційна система земельно-ресурсної і земельно-кадастрової спрямованості, основою якої є відомості про земельні ділянки й територіальні зони відповідно до складових частин Державного земельного кадастру.

**Індексна кадастрова карта (план)** – картографічний документ, що відображає місцезнаходження, межі і нумерацію кадастрових зон і кварталів та використовується для присвоєння кадастрових номерів земельним ділянкам і ведення кадастрової карти (плану).

**Інженерно-транспортна інфраструктура** – комплекс інженерних, транспортних споруд і комунікацій.

**Інтероперабельність** – здатність геоінформаційних ресурсів, технічних та програмних засобів інформаційної системи містобудівного

кадастру до функціональної та інформаційної взаємодії в середовищі геоінформаційних систем.

**Інформатизація** – це сукупність взаємопов'язаних організаційних, правових, політичних, соціально-економічних, науково-технічних, виробничих процесів, що спрямовані на створення умов для задоволення інформаційних потреб громадян та суспільства на основі створення, розвитку й використання інформаційних систем, мереж, ресурсів та інформаційних технологій, які побудовані на основі застосування сучасної обчислювальної та комунікаційної техніки.

**Інформаційна технологія** – це системно організована для вирішення завдань управління сукупність методів і засобів реалізації операцій збирання, реєстрації, передавання, нагромадження, пошуку, оброблення і захисту інформації на базі застосування програмного забезпечення, засобів обчислювальної техніки і зв'язку, а також способів, за допомогою яких інформація пропонується клієнтам.

**Інформаційні ресурси системи містобудівного кадастру** – затверджена містобудівна, проектна та планувальна документація, склад і зміст якої визначено законодавством України у сфері містобудівної діяльності та будівельними нормами, метадані про цю документацію та електронні копії містобудівної, проектної та планувальної документації, що вводяться і зберігаються в базах даних інформаційної системи містобудівного кадастру, бази геопросторових даних єдиної цифрової топографічної основи території, реєстри адрес, вулиць та інших поіменованих об'єктів, профільні набори геопросторових даних із земельного та інших видових (галузевих) кадастрів, містобудівні норми і регламенти, інші документи та масиви документів, що підлягають реєстрації та обліку в системі містобудівного кадастру відповідно до законодавства.

**Кадастрова довідка** – документ, що містить запитувані споживачем офіційні відомості містобудівного кадастру, що характеризують діючі на певній території містобудівні регламенти та інші умови провадження містобудівної діяльності, містобудівні умови та обмеження, а також (у разі наявності) вимоги та обмеження щодо використання земельних ділянок і розташованих на них об'єктів нерухомості, інші довідкові відомості з інформаційних ресурсів містобудівного кадастру.

**Кадастрова зона** – сукупність (об'єднання) кадастрових кварталів;

**Кадастрова карта (план)** – графічне зображення, що містить відомості про об'єкти Державного земельного кадастру.

**Кадастровий квартал** – компактна територія, що визначається з метою раціональної організації кадастрової нумерації та межі якої, як правило, збігаються з природними або штучними межами (річками,

струмками, каналами, лісосмугами, вулицями, шляхами, інженерними спорудами, огорожами, фасадами будівель, лінійними спорудами тощо).

**Кадастровий номер земельної ділянки** – індивідуальна, що не повторюється на всій території України, послідовність цифр та знаків, яка присвоюється земельній ділянці під час її державної реєстрації і зберігається за нею протягом усього часу існування.

**Каталог об'єктів** (*feature catalogue*) – каталог, що містить визначення та описи типів об'єктів, атрибутів об'єктів та відношень між об'єктами, які зустрічаються в одному або кількох наборах географічних даних, разом з будь-якими операціями об'єктів, які можуть бути застосовані.

**Комплексна автоматизація** – це така автоматизація, при якій весь комплекс технологічних операцій, з яких складається автоматизований процес, виконується за допомогою системи машин, об'єднаних загальною системою управління.

**Компоненти інформаційної системи містобудівного кадастру** – інформаційні ресурси містобудівного кадастру та інформаційні технології у складі технічних, програмних, лінгвістичних, правових, організаційних засобів, що забезпечують проведення перевірки інформаційних ресурсів, їх реєстрацію, облік, зберігання, актуалізацію та надання користувачам.

**Концептуальна модель** (*conceptual model*) – модель, що визначає поняття предметної сфери.

**Концептуальна схема** (*conceptual schema*) – формальний опис концептуальної моделі.

**Концептуальне моделювання** – одна з найважливіших складових сучасної методології розробки інформаційних систем, визначається як "формальне подання проблемної сфери на поняттєвому рівні"

**Концептуальний формалізм** (*conceptual formalism*) – сукупність понять моделювання, які використовують для концептуальної моделі.

**Лексична мова** (*lexical language*) – мова, синтаксис якої виражається в термінах символів, визначених як текстові рядки.

**Лінії регулювання забудови** – визначені в містобудівній документації межі розташування будинків і споруд відносно червоних ліній, меж окремих земельних ділянок, природних меж та інших територій.

**Логічна організація бази даних** – це погляд на організацію (склад і структуру) бази даних, який не пов'язаний з фізичним м даних на машинних носіях.

**Логічна узгодженість даних** – ступінь відповідності даних правилам цифрового опису векторних даних і цифрового опису рельєфу, вимогам топологічної узгодженості просторових моделей та відповідності значень атрибутів визначеним доменам.

**Метадані містобудівного кадастру** – довідкова інформація про інформаційні ресурси та про сервіси інформаційних систем містобудівного кадастру.

**Містобудівна документація** – затвержені текстові та графічні матеріали з питань регулювання планування, забудови та іншого використання територій.

**Містобудівний кадастр** – державна система зберігання та використання геопросторових даних про територію, адміністративно-територіальні одиниці, екологічні, інженерно-геологічні умови, інформаційних ресурсів будівельних норм, державних стандартів і правил для задоволення інформаційних потреб у плануванні територій та будівництві, формування галузевої складової державних геоінформаційних ресурсів.

**Містобудівні умови та обмеження забудови земельної ділянки (далі – містобудівні умови та обмеження)** – документ, що містить комплекс планувальних та архітектурних вимог до проектування і будівництва щодо поверховості та щільності забудови земельної ділянки, відступів будинків і споруд від червоних ліній, меж земельної ділянки, її благоустрою та озеленення, інші вимоги до об'єктів будівництва, встановлені законодавством та містобудівною документацією.

**Мова концептуальних схем (*conceptual schema language*)** – формальна мова, що ґрунтується на концептуальному формалізмі для концептуальних схем.

**Набір даних (*dataset*)** – ідентифікована сукупність даних.

**Об'єкт місцевості (*feature*)** – абстрактне уявлення об'єкта або явища реального світу.

**Об'єкт земельних відносин** – це землі в межах території України, земельні ділянки та права на них, у тому числі на земельні частки (паї).

**Обмінний файл** – це електронний документ уніфікованої форми для обмінну інформацією, яка використовується при веденні Поземельної книги та книги записів реєстрації державних актів на право власності на землю та на право постійного користування землею, договорів оренди землі в електронному вигляді, державного земельного кадастру і здійсненні топографо-геодезичних робіт, робіт із землеустрою.

**Оперативна база топографічних даних** – це сукупність засобів СКБД, ГІС та спеціалізованих програмних засобів і обладнання для ефективного керування процесами формування наборів топографічних даних у БТД, в т. ч. контроль вхідних даних, координатно-топологічне узгодження цифрових моделей топографічних об'єктів, формування метаданих для зареєстрованих об'єктів місцевості, забезпечення доступу до даних та їх надання для використання в ГІС АСК і накопичення інформації в сховищі БТД.

**Операція об'єкта** (*feature operation*) – операція (дія), яка може бути здійснена для кожного екземпляра об'єкта певного типу.

**Описовий елемент якості даних** (*data quality overview element*) – не кількісний компонент, що документально характеризує якість набору даних.

**Організація бази даних** – це сукупність методів і засобів відповідних даних на логічному і фізичному рівнях.

**Паспорт містобудівного об'єкта** – документ установленої форми, що містить відомості про містобудівні регламенти та довідкову інформацію про містобудівний об'єкт.

**План зонування території (зонінг)** – містобудівна документація, що визначає умови та обмеження використання території для містобудівних потреб у межах визначених зон.

**Повнота даних** – наявність чи відсутність об'єктів, їхніх атрибутів та відношень, які повинні бути зареєстровані як асоціації між об'єктами різних типів відповідно до вимог, вписаних в каталозі об'єктів.

**Позиційна точність даних** – точність положення топографічних об'єктів.

**Поточний земельний кадастр** – це виявлення і внесення в земельно-кадастрові документи змін, що відбулися у використанні земель після проведення основного земельного кадастру.

**Предметна сфера** (*universe of discourse*) – опис реального або гіпотетичного світу, який включає все, що становить інтерес.

**Прикладна задача** (*application*) – маніпулювання даними та їх обробка відповідно до вимог користувача.

**Прикладна схема** (*application schema*) – концептуальна схема даних, необхідних для однієї або кількох прикладних задач.

**Приміська зона** – територія, що забезпечує просторовий та соціально-економічний розвиток міста.

**Проектна документація** – затверджені текстові та графічні матеріали, якими визначаються містобудівні, об'ємно-планувальні, архітектурні, конструктивні, технічні, технологічні вирішення, а також кошториси об'єктів будівництва.

**Просторовий об'єкт** (*spatial object*) – екземпляр типу, визначеного в просторовій схемі.

**Просторові дані** – інформація про просторові об'єкти, яка містить посилання на їх локалізацію у просторі.

**Профіль** (*profile*) – набір з одного або кількох основних стандартів із зазначенням, за необхідності, обраних розділів, класів, варіантів та параметрів цих основних стандартів, які необхідні для виконання певної функції.

**Публічні інформаційні ресурси містобудівного кадастру** – відкрита електронна топографічна основа та частина відкритих інформаційних

ресурсів містобудівного кадастру, до якої відповідно до Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності" забезпечується загальна доступність шляхом розміщення на веб-сайтах органу місцевого самоврядування та у місцевих періодичних друкованих засобах масової інформації.

**Реєстрація документа в містобудівному кадастрі** – дія, у результаті здійснення якої документ або його частина включається в інформаційні ресурси містобудівного кадастру, а містобудівні регламенти, що реєструються та зберігаються в ньому, здобувають статус обов'язкових для дотримання усіма учасниками містобудівної діяльності, власниками та користувачами земельних ділянок і власниками розташованих на них об'єктів нерухомості.

**Реєстри** – це умовно виділені фрагменти бази геоданих, які являють собою сукупність реляційних відношень (таблиць) з інформацією про відповідні об'єкти обліку.

**Режимоутворюючий об'єкт** – об'єкт природного або штучного походження (водний об'єкт, об'єкт магістральних трубопроводів, енергетичний об'єкт, об'єкт культурної спадщини, військовий об'єкт, інший визначений законом об'єкт), під яким та /або навколо якого у зв'язку з його природними або набутими властивостями згідно із законом встановлюються обмеження у використанні земель.

**Рівень даних (*data level*)** – рівень, що містить дані, які описують конкретні характеристик.

**Розділена (децентралізована) база даних** – це сукупність окремих баз даних, фізично розподілених між взаємопов'язаними комп'ютерами обчислювальної мережі і доступних для сумісного використання.

**Сервіс (*service*)** – функціональна можливість, яка забезпечує доступ до об'єкту постачальника послуги для об'єкту користувача послуги через інтерфейс між цими об'єктами.

**Сервіс географічної інформації (*geographic information service*)** – сервіс, що перетворює, керує або надає географічну інформацію користувачам.

**Сервіси інформаційних систем** – програмно-технічні засоби, за допомогою яких надаються для використання дані містобудівного кадастру та здійснюються операції з їх оброблення.

**Сервісний інтерфейс (*service interface*)** – сукупність засобів взаємодії між автоматизованою системою або людиною та іншою автоматизованою системою або людиною.

**Система класифікації та кодування об'єктів містобудування** – система, що встановлює опис класів об'єктів та їх властивостей з визначенням їх кодів, що підлягають обліку в містобудівному кадастрі, а також правил цифрового опису геопросторових об'єктів у базі даних містобудівного кадастру.

**Система контролю якості даних** – це сукупність організаційно-технологічних заходів, методик та спеціального програмного забезпечення для контролю якості даних на всіх етапах уведення, оброблення та використання топографічних даних, що реєструються, накопичуються і оновлюються в БТД та експортуються у зовнішні системи як набори топографічних даних та/або цифрові й електронні карти, створені на основі вмісту БТД.

**Система отримання даних** – включає зовнішніх виконавців, що використовують різні засоби інформатизації з метою виготовлення вхідних наборів топографічних даних, які подаються на вхід БТД.

**Суб'єкт земельних відносин** – це громадяни, юридичні особи, органи місцевого самоврядування та органи державної влади.

**Схема (schema)** – формальний опис моделі.

**Схема метаданих (metadata schema)** – концептуальна схема, що описує метадані.

**Схема якості (quality schema)** – концептуальна схема, що визначає аспекти якості для географічних даних.

**Схеми планування території на регіональному рівні** – планувальна документація, яка розробляється у розвиток Генеральної схеми планування території України та визначає принципові вирішення розвитку, планування, забудови, використання територій адміністративно-територіальних одиниць та їх окремих частин.

**Сховище БТД** – це сукупність засобів СКБД, ГІС та спеціалізованих програмних засобів і обладнання для накопичення й тривалого зберігання наборів топографічних даних, цифрових і електронних карт, відповідних метаданих у визначених КС БТД логічній структурі, системі кодування та форматах зберігання. У складі сховища БТД виділяється основне сховище топографічних даних та сховище цифрових і електронних карт.

**Сховище карт** – це частина сховища даних, організована згідно з правилами картографічної моделі топографічних даних.

**Територія** – частина земної поверхні з повітряним простором та розташованими під нею надрами у визначених межах (кордонах), що має певне географічне положення, природні та створені в результаті діяльності людей умови і ресурси.

**Технологічна основа** – сервери геоданих, інформаційні мережі та послуги, що полегшують користувачам процеси пошуку, замовлення та одержання геоданих.

**Уніфікована система електронного документообігу для кадастрового обліку та обміну кадастровими даними** – сукупність нормативних документів, що містять формалізований опис структурованих електронних документів з об'єктами та відомостями, що підлягають реєстрації в базі даних інформаційної системи містобудівного кадастру, структурованих вихідних електронних документів, що формуються на



основі інформаційних ресурсів містобудівного кадастру та передаються в інші інформаційні системи або надаються користувачам, а також програмні засоби формування, ведення, контролю та оброблення електронних документів у інформаційній системі містобудівного кадастру.

**Фізична організація бази даних** – це сукупність методів і засобів відображення логічної організації бази даних та фізичне середовище (на конкретний машинний носій даних).

**Функціональний стандарт** (*functional standard*) – чинний стандарт географічної інформації, що активно використовується міжнародним співтовариством виробників та користувачів даних.

**Централізована база даних** – це база даних, вміст якої розміщено у вигляді єдиного інформаційного масиву на одному або декількох носіях одного комп'ютера.

**Червоні лінії** – визначені в містобудівній документації щодо пунктів геодезичної мережі межі існуючих та запроектованих вулиць, доріг, майданів, які розділяють території забудови та території іншого призначення.

**Якість** (*quality*) – сукупність характеристик продукту, що відображає його здатність задовольняти заявленому або припустимому призначенню.

**Arcinfo** – найпотужніший з настільних продуктів ArcCIS, призначений для ГІС-професіоналів, який забезпечує повну функціональність ГІС, у тому числі різноманітні інструменти геообробки.

**ArcMap** – основна програма, яка використовується для всіх картографічних завдань, включаючи створення карт, аналіз карт і редагування даних.

**ArcToolbox** – це додаток, що містить безліч інструментів обробки геоданих (конвертація, проектування, геообробка даних, оверлейний аналіз та ін.)

**XML** – текстовий формат, призначений для зберігання структурованих даних (замість існуючих файлів баз даних), для обміну інформацією між програмами, а також для створення на його основі більш спеціалізованих мов розмітки.

## Список скоротчень

АІС – автоматизована інформаційна система  
АКС – автоматизована картографічна система  
АРМ – автоматизоване робоче місце  
АСНД – автоматизована система наукових досліджень  
АСНТІ – автоматизована система науково-технічної інформації  
АСОД – автоматизована система опрацювання даних  
АСОУ – автоматизована система організаційного управління  
БД – база даних  
БнД – банк даних  
ГІС – географічна інформаційна система  
ЗІС – земельна інформаційна система  
ІПС – інформаційно-пошукова система  
КЗА – комплекс засобів автоматизації  
КТЗ – комплекс технічних засобів  
ММД – мова маніпулювання даними  
МОД – мова опису даних  
ОС – операційна система  
ПЕОП – персональна електронно-обчислювальний пристрій  
ПЗ – програмне забезпечення  
ПК – персональний комп'ютер  
ППП – пакет прикладних програм  
ППР – підтримка прийняття рішень  
ПТК – природно-територіальний комплекс  
РБнД – розподілений банк даних  
САПР – система автоматизованого проектування  
СУБД – система управління базами даних  
ТВК – територіально-виробничий комплекс  
УДК – універсальна десяткова класифікація  
ЦММ – цифрова модель місцевості  
ЦМП – цифрова модель поверхні  
ЦМР – цифрова модель рельєфу  
ЦМС – цифрова модель ситуації

## Список використаної літератури

1. Бутенко Є. В. Критерії економічної оптимізації сталого землекористування / Є. В. Бутенко, В. М. Кривов // Екологізація сталого розвитку агросфери і ноосферна перспектива інформаційного суспільства : Міжнар. наук. конф., 3–5 жовт. 2007 р. : тези доп. – Х., 2007. – С. 171.
2. Добряк Д. С. Автоматизація проектування в землеустрої: еколого-економічна та соціальна ефективність / Д. С. Добряк, А. Г. Тихонов, О. В. Гряник. – К. : Урожай. – 204 с.
3. Добряк Д. С. Еколого-економічні засади реформування землекористування в ринкових умовах / Д. С. Добряк, Д. І. Бабміндра. – К.: Урожай, 2006. – 336 с.
4. Добряк Д.С. Економічний оборот землі в Україні: теорія, методологія і практика / Д. С. Добряк, А. Г. Тихонов, Л. В. Паламарчук. – К.: Урожай, 2004. – 136 с.
5. Єршов В. П. Автоматизовані земельні інформаційні системи: навч. посіб. / В. П. Єршов, І. М. Гора; за ред. проф Д.С. Добряка.– К. : НАУ, 1999. – 196 с.
6. Карпінський Ю.О. Еталонна модель бази топографічних даних / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р.М. Рунець // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – №2. С. 28–36.
7. Карпінський Ю.О. Картографічна взаємодія в Internet та в довідкових ГІС на CD / Ю. О. Карпінський, А.А. Лященко, О. Г. Кібець // Матеріали ГІС – Форуму 2000. К: ГІС – Асоціація України, 2000. – С. 119–123.
8. Карпінський Ю.О. Структура процесу проектування цифрових карт місцевості / Ю. О. Карпінський // Вісник геодезії та картографії. – 1999. – №4. С.26–29.
9. Карпінський Ю.О. Сучасна інфраструктура просторових даних для геоінформаційного забезпечення містобудування. Науково-технічний збірник. Випуск 44 / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко // Інженерна геодезія. К.: КНУБА, 2000. – с. 126–139 .
10. Карпінський Ю.О. Технологічні моделі розподілених кадастрових ГІС в Internet – мережах / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко // Наук.– техн. збірник. Вип. 17: Містобудування та територіальне планування. К.: КНУБА, 2004. с. 106–113.
11. Карпінський Ю. О. Формування національної інфраструктури просторових даних – пріоритетний напрям розвитку геодезичної галузі / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко // Вісник геодезії та картографії. – 2001. – №3. – С. 65–74.
12. Кошкарев А.В. Инфраструктуры пространственных данных / А. В. Кошкарев // ГИС–обзорение. – 2000. – № 3–4. С. 5–10.

13. Курильців Р. М. Використання геоінформаційних технологій для ведення містобудівного кадастру / Р. М. Курильців, М. П. Ступень, Р. Б. Таратула // Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та лісовпорядкуванні : матеріали наук.-практ. конф. – Перечин: Всеукр. держ. вид. "Карпати", 2009. – С. 61–63.

14. Курильців Р. М. Використання геоінформаційних технологій для управління муніципальними утвореннями / Р. М. Курильців // Збірник наукових праць Харківського Національного Аграрного Університету ім. В. В. Докучаєва. – Харків, 2010. – С. 211–214 (Серія "Економічні науки").

15. Ладичук Д. О. Бази геоінформаційних даних: навч. посіб. / Д.О. Ладичук, В.І. Пічура; за ред. проф В.В. Морозова. – Херсон: Вид-во ХДУ, 2007. – 103 с.

16. Лященко А.А. Реляционные модели и пространственная индексация геоданных. Научно – технічний збірник. Випуск 43 / А. А. Лященко // Інженерна геодезія. К.: КНУБА, 2000. –с. 139–150.

17. Лященко А.А. Гіс + Internet: досягнення, перспективи і проблеми / А.А. Лященко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2003. – №2. С. 195–200.

18. Лященко А.А. Концептуальні моделі геопросторових даних / А. Лященко, С. Іванченко, В. Смирнов //Науково-технічний збірник – 2005 – №51. С. 57–86.

19. Лященко А.А. Дослідження спеціальних методів доступу до баз геопросторових даних / А. Лященко, В. Смирнов, О. Ціпенко // Зб. наук. Праць. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2004. – № 1. С. 313–221.

20. Лященко А. А. Сервіс-орієнтована архітектура кадастрової геоінформаційної системи та кадастрових геопорталів / А.А. Лященко, Ж.В. Форосенко, А.Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2011. – №1.– С. 35–43.

21. Мерзляк А.В. Інформаційне забезпечення державного управління земельними ресурсами України: монографія / А.В.Мерзляк, В.А.Боклаг. – Запоріжжя: КПУ, 2009. – 220 с.

22. Моисеенко А.А. Цифровые модели как средства описания рельефа и опыт их использования / А. А. Моисеенко, С. Н. Анасьев, Е. В. Дужик // ГИС-обозрение. – 2000. – № 3. – С. 10–16.

23. Новаківський І.І., Інформаційні системи у менеджменті: системний підхід : навч. посіб. І.І. Новаківський, І. І. Грибик. - Львів : Вид. Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2007. – 196 с.

24. Світличний О.О. Основи геоінформатики : навч. посіб. / Світличний О.О., Плотницький С.В.; за заг. ред. О. О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295с.

25. Ступень М. Г. Автоматизація нормативної грошової оцінки земель населених пунктів за допомогою ГІС / Ступень М. Г., Курильців Р.

М., Таратула Р.Б. // Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та лісовпорядкуванні : матеріали наук.-практ. конф. – Перечин : ТУРпрес, 2008. – С. 19–21.

26. Ступень М. Г. Застосування ГІС – технологій при виконанні грошової оцінки земель / М. Г. Ступень, Р. М. Курильців, Р. Б. Таратула // Землевпорядний вісник. – 2008. – С. 45–47.

27. Черін А.Г. Стандартизація геоінформаційних сервісів / А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2009. – № 4. – С. 34–39.

28. Черняга П.Г. Використання ГІС-технологій в землевпорядному проектуванні / П. Г. Черняга , С.В. Булакевич // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2005. – С.290–294.

29. Черняга П.Г. Організаційні та технологічні недоліки графічної частини АСВДЗКУ / П. Г. Черняга, Р. М. Янчук, К. Р. Третяк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: 2006. вип.2(12) – С.68–70.

30. Burrough P. European Geographic Information Infrastructures: opportunities and pitfalls/ P. Burrough , I. Masser . – Taylor&Francis: 1998. – 167 p.

31. Clinton William J. Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: the National Spatial Data Infrastructure. Executive Order 12906/ J. Clinton William. – Published in the April 13, 1994, edition of the FEDERAL Register, Volume 59, Number 71. – p. 176 – 176.

32. Content Standards for Digital Geospatial Metadata. Federal Geographic Data Committee. June 8, 1994. –54 pp., Ms.

33. Content Standards for Spatial Metadata. Federal Geographic Data Committee. Draft, November 3, 1992. –28 pp., Ms.

34. Enemark, S., Williamson, I. & Wallace, J. 2005, 'Building Modern Land Administration Systems in Developed Economies' Journal of Spatial Science, 2005, vol. 50, no. 2, pp. 51 – 68.

35. Geospatial data infrastructure: concepts, cases and good practice. Edited by R. Groot and J. Melaughlin. – Oxford university press. – 2000. – 286 pp.

36. Global Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook, Draft 1.0. Editor: Douglas D. Nebert, TWG Chair. March 6, 2000. – <http://www.gsdi.org>.

37. ISO/DIS 19101. Geographic information-Reference model – ISO TC 211 – 2000 – 04 – 27.

38. ISO/IEC 10746 – 1 : 1998, Information technology – Open Distributed Processing – Reference Model : Overview.

39. ISO/IEC 7498 : 1996, Information processing systems – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model [ITU-T Rec. X.200 (1994)].

40. Wilson C. GeoGratis: A Canadian Geospatial Data Infrastructure component that visualizes and delivers free geospatial data sets/ C. Wilson, R. A. O’Neil – Ottawa ICA/ACI 1999 Proceedings/Actes, 1999. 1CD – ROM.

## **НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ**

Навчальний посібник

**Дмитро Семенович Добряк**

доктора економічних наук, професор, членкор НААН України, завідувач кафедри управління земельними ресурсами НУБіП України

**Євген Володимирович Бутенко**

кандидат економічних наук, доцент кафедри управління земельними ресурсами НУБіП України

**Володимир Павлович Єршов**

кандидат технічних наук

**Іван Миколайович Гора**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри кафедра геодезії та картографії НУБіП України

## **ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЗЕМЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ**

Редактор *Н.М. Некрут*

Комп'ютерний набір *В.В. Ковбасинська, А.В. Тарасенко*

Обкладинка та фото *Р.М. Чорного*

Підп. до друку 14.05.2012 р. Формат 60\*84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Папір офсетний. Гарнітура «Таймс».  
Фіз. друк. арк. 15. Ум. друк. арк. 13,9.  
Обл.-вид. арк. 15,4. Зам. № 3060. Наклад 300.

МВЦ «Медінформ»

03179, м. Київ, вул. Котельникова, 95

Тел./факс (044) 501-35-69

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 1194 від 15.01.2003 р.