

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ

кафедра БУДІВНИЦТВА І ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
ГЕОІНФОЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОРОЖНЬОМУ
БУДІВНИЦТВІ
(скорочений курс)

для студентів спеціальності 7.060101105 та 8.06010105
«Автомобільні дороги і аеродроми»
(денна форма навчання)

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри Будівництва і експлуатації автомобільних доріг
Протокол №
від « » 2014р

Горлівка 2014 р.

Конспект лекцій з дисципліни «Геоінформаційні технології в дорожньому будівництві» (скорочений курс) для студентів спеціальності 7.06010105 та 8.06010105 «Автомобільні дороги і аеродроми» денної форми навчання. Шилін І.В., -2014р., -201стор.

ЗМІСТ

тема №1. ОСНОВНІ ЦІЛІ І ЗАДАЧІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІЙ.....

1.1. Становлення геоінформаційного забезпечення.....	7
1.2. Складові геоінформаційного забезпечення	8
1.3. Сучасний стан геоінформаційного забезпечення	9
1.4. Основні поняття геоінформаційного забезпечення	10
1.4.1. Геопространство	10
1.4.2. Геопространственная інформація	11
1.4.3. Просторові предмети.....	11
1.4.4. Геоінформаційні системи	12
1.5. Процес геоінформаційного забезпечення	14
1.5.1. Вивчення геопростору	14
1.5.2. Інформаційне відображення геопростору	17
1.5.3. Моделювання геопростору	18
1.5.4. Просторовий аналіз	19
1.5.5. Підготовка просторових рішень.....	20
1.6. Інформаційна структура геоінформаційного забезпечення	21
1.7. Облік динамічності при геоінформаційному забезпеченні	22
1.8. Відмінності геодезично-картографічного забезпечення від ГІЗ	23
1.9. ГеоІнформатИка	26
Питання винесені на проміжний контроль по темі №1:	30

тема №2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

2.1. Суть геоінформаційного простору	31
2.2. Відмінності геоінформаційних моделей і цифрових картографічних зображень	33
2.3. Геоінформаційні характеристики геоінформаційного простору	36
2.3.1. Геоінформаційні властивості	36
2.3.2. Геоінформаційні параметри	37
2.3.3. Геоінформаційна якість	39
2.3.4. Характеристики цифрових картографічних зображень	39
2.4. Склад і структура геоінформаційного простору	41
2.5. Цифрова карта	44
2.6. Електронна карта.....	45
2.7. Схожість і відмінність моделей геопростору	46
2.8. Принципи формування геоінформаційного простору	47

Питання винесені на проміжний контроль по темі №2:.....	51
<i>тема</i> №3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ І	
ВЕДЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ	52
3.1. Суть цифрового картографування місцевості	52
3.2. Інформаційне забезпечення геоінформаційного	
простору	53
3.2.1. Загальні поняття про системи переліки і кодування	54
3.2.2. Стандарти систем класифікації і кодування	57
3.2.3. Правила цифрового опису об'єктів	60
3.3. ОТРИМАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ	62
3.3.1. Цифрування картографічних матеріалів	62
3.3.2. Наземні зйомки	64
3.3.3. Дистанційне зондування Землі	66
3.4. Створення геоінформаційних моделей	68
3.5. Створення цифрових картографічних зображень	71
3.5.1. Інформаційні основи створення цифрових	
картографічних зображень	71
3.5.2. Перетворення геоінформаційних моделей в	
цифрові картографічні моделі	74
3.5.3. Створення цифрових картографічних моделей при	
цифруванні карт	75
3.5.4. Картографічна візуалізація	79
3.6. Ведення банку даних геоінформаційного простору	81
Питання винесені на проміжний контроль по темі №3:.....	84
<i>тема</i> №4. ОТРИМАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ	
СУПУТНИКОВИМ МЕТОДОМ	85
4.1. Загальна характеристика супутникового методу	
координування	85
4.2. Можливості GPS і ГЛОНАСС в програмах моніторингу	87
4.2.1. Методи супутникових спостережень	87
4.2.2. Абсолютний метод (точкове позиціонування)	87
4.2.3. Диференціальний метод	89
4.2.4. Відносний метод	91
4.3. Моніторинг із застосуванням GPS	93
4.3.1. Моніторинг земної поверхні	93
4.3.2. Моніторинг навколишнього середовища	100
4.3.3. Моніторинг об'єктів	100
4.3.3.1 Моніторинг стану об'єктів	100
4.3.3.2 Моніторинг положень об'єктів	103
4.3.3.3 Система контролю положень механізмів в	
гірничодобувній промисловості	103

4.3.3.4 Моніторинг об'єктів при об'єднанні з іншими засобами позиціонування.....	108
4.4. Застосування GPS в службах, заснованих на визначенні положення	111
Питання винесені на проміжний контроль по темі №4:	114
<i>тема</i> №5. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ	115
5.1. Суть і класифікація ГІС	115
5.2. Координатні дані.	119
5.3 Атрибутивні дані.	121
5.4 Поняття шару.....	122
5.5 Організація картографічної інформації.....	123
5.6 Що таке топологія	124
5.7. Базові функції інструментальних програмних засобів ГІС	124
5.7.1. Забезпечення взаємодії з користувачами	125
5.7.2. Збір геопросторових даних	125
5.7.3. Створення баз геопросторових даних і управління ними	127
5.7.4. Експорт/імпорт даних	128
5.7.5. Перетворення даних	128
5.7.6. Просторовий аналіз	129
5.7.7. Картографічна візуалізація	130
5.7.8. Формування кінцевого продукту ГІС-обробки.....	131
5.7.9. Забезпечення розробки ГІС-додатків	132
5.7.10. Адміністрування системи	132
5.8. Деталізація основних функцій ГІС	133
5.9. Математичне забезпечення ПЗ ГІС	139
5.9.1. Математичне забезпечення геометричної частини ПЗ ГІС.....	141
5.9.2. Математичне забезпечення атрибутивної частини ПЗ ГІС.....	145
5.9.3.Математичне забезпечення інтеграції геометричних і атрибутивних даних	146
5.10 Функціональна структура ГІС	150
5.11 Оцінка ГІС по цілях використання	152
Питання винесені на проміжний контроль по темі №5:	155
<i>тема</i> №6. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	156
6.1 Інструментальні засоби ГІС	156
6.2 Спеціалізована система MapInfo.....	158
6.3 Інструментальна система Arc/Info	159

6.4 Програмний продукт ArcView	160
6.5 Векторний редактор GeoDraw	161
6.6 ГІС кінцевого користувача GeoGraph (Географ) для Windows	162
Питання винесені на проміжний контроль по темі №6:	163
<i>тема №7. ДОСВІД СТВОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ</i>	164
7.1 Автоматизована технологія створення геоінформаційної основи земельного кадастру з використанням топографічних планів	164
7.2 Створення земельно-інформаційної системи	165
7.3 Технологія створення геоінформаційної моделі і цифрової карти міста	166
7.4 Система геомоніторинга автомобільних доріг	172
7.5 Автоматизована технологія паспортизації і інвентаризації автомобільних доріг	175
7.6 Технологія створення цифрових кадастрових ортофотопланов смуги відведення автомобільних доріг	177
7.7 ГІС для задач міського господарства	181
7.8 Автоматизована інформаційна система державного міського кадастру	182
7.9 Автоматизована інформаційна система земельного кадастру	182
7.9.1 Додатки в землекористуванні	184
7.9.2 Додатки в надрокористуванні	184
7.10 Автоматизована інформаційна система містобудівного кадастру	185
7.11 Геопространственный аналіз	186
Питання винесені на проміжний контроль по темі №7:	190
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	191
ПИТАННЯ ВИНЕСЕНІ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	199

тема №1. ОСНОВНІ ЦІЛІ І ЗАДАЧІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

1.1. СТАНОВЛЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Просторова інформація про території створюється і використовується в двох основних формах: дискретної (переривчастої) і аналогової (безперервної).

У *дискретній формі* - у вигляді координат окремих точок простору - інформація виходить методами геодезії - науки, що вивчає форму і розміри Землі і розробляє питання створення координатної планової і висотної основи для детального вивчення географічного простору з використанням засобів і методів топографії, фотограмметрії і картографії. Методи геодезії і фотограмметрії широко використовуються для вивчення не тільки географічного, але і підземного простору (у маркшейдерії), простору приміщень, дна водоймищ, для контролю просторового стану будівель, інженерних споруд і агрегатів, визначення траєкторії руху. Останніми роками координати окремих точок простору вимірюються супутниковими методами.

Інформація про простір в *аналоговій формі* створювалася спочатку у вигляді малюнків-схем, потім з'явилися картографічні матеріали: різного виду і призначення карти, атласи, глобуси і макети місцевості. Поступово розвивалася і формувалася картографія - область науки, техніки і виробництва, що охоплює вивчення, створення і використання картографічних матеріалів.

Результати визначення (з сумісним використанням астрономічних, гравіметричних і геодезичних вимірювань) розмірів і форми Землі у вигляді координатних систем, а також результати аерофотознімання, дистанційного зондування і топографічних зйомок використовуються в картографії як початкові матеріали і дані для складання, оновлення і видання загально-географічних (топографічних) карт. У свою чергу загально-географічні карти використовуються як географічна основа при створенні безлічі географічних, тематичних, галузевих і спеціального призначення картографічних матеріалів.

Вищевикладене складає в найзагальнішому вигляді зміст геодезичного і картографічного забезпечення (ГКЗ) народного господарства, що склалося до теперішнього часу.

До порівняно недавнього часу (початок 1980-х років) геодезична просторова інформація про території поставлялася споживачу і використовувалася у вигляді каталогів координат, а топографічна і картографічна - в графічному вигляді. Науково-технічний прогрес двох останніх десятиліть привів до створення і широкого розповсюдження персональних комп'ютерів, а також виникненню і бурхливому розвитку інформатики і їх революційному впливу на багато видів діяльності. У геодезично-картографічній області цей напрям науково-технічного прогресу спочатку використовувався для автоматизації технологічних процесів. Потім з'явилися нові види продукції: цифрові моделі місцевості, цифрові і електронні карти і атласи.

У області географічних наук, в першу чергу, в економічній географії, ландшафтоведенні і інших, застосування комп'ютерних технологій привело до створення і розвитку географічних інформаційних систем (ГІС) по аналізу картографічного зображення, а потім і моделей географічного простору.

При проникненні на початку 1990-х рр. ГІС на вітчизняний ринок фахівці багатьох галузей народного господарства швидко оцінили багаті можливості моделювання геопростору і підготовки просторових рішень, що надаються ними. Проте вони виявилися недостатньо підготовленими до використання можливостей обробки геопросторової інформації, що надається геоінформаційними технологіями. Під впливом прагнення до інтеграції виник синтетичний науковий напрямок під назвою "геоматіка", яку символізує тісна взаємодія гео-наук і інформатики [3].

В даний час на базі і в розвитку цих процесів спостерігається поява нових можливостей забезпечення споживачів інформацією про геопростір і нових потреб в її використуванні і доставки, зв'язаних, зокрема, з інтернет-технологіями. В рамках рішення задач територіального управління, включаючи прогнозування катастрофічних процесів, створюється геоінформаційне забезпечення на федеральному, регіональному, районному, муніципальному рівнях. Розробляються системи ведення земельного, лісового і містобудівного кадастрів, кадастрів підземних вод, надр і природних територій, що особливо охороняються [4]. На основі просторової інформації створюються системи управління промисловими підприємствами і транспортом, а також навігаційні системи. Просторова складова все ширше застосовується в засобах масової інформації і довідкових системах.

Все це свідчить про формування нового рівня геодезично-картографічної діяльності по забезпеченню потреб народного господарства і суспільства в цілому в інтегрованій інформації про навколишній простір в межах певних територій.

1.2. СКЛАДОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Будь-яка діяльність включає мету, об'єкт діяльності, засоби, результати і сам процес. Розглянемо ці складові стосовно поняття "геоінформаційне забезпечення територій (ГІЗ)".

Метою ГІЗ є задоволення економічних і суспільних потреб в інформації про геопростір, включаючи просторові рішення, на користь життєдіяльності і розвитку населення цього простору, інакше територій.

Об'єктом діяльності по ГІЗ є інформація про геопростір - геоінформація. Саме геоінформація збирається, перетворюється і використовується для отримання результату, потрібного споживачу.

Засобами ГІЗ (суб'єктом діяльності) є геоінформаційні системи (ГІС), а також сучасні засоби виробництва геодезичних і картографічних робіт, забезпечуючі отримання, збір, зберігання, обробку, моделювання, інтеграцію, доступ,

аналіз, використання, розповсюдження і візуалізацію геоінформації з використанням апаратнопрограмних чоловікомашинних комплексів.

Результатами ГІЗ є геоінформація, моделі геопростору і просторові рішення, а також їх картографічні зображення.

Процес ГІЗ полягає в зборі, отриманні, перетворенні і інтеграції геоінформації, моделюванні геопростору, просторовому аналізі, підготовці просторових рішень по функціонуванню суспільства або перетворенню геопростору, а також в наданні результатів по запитах користувачів.

Таким чином **геоінформаційне забезпечення** - це новий вид діяльності по задоволенню економічних і суспільних потреб в геоінформації для певної території, що розвивається на основі комп'ютерних технологій, шляхом її збору, моделювання геопростору, просторового аналізу, підготовки просторових рішень, інтеграції і розповсюдження з використанням геоінформаційних систем [5]. Використовуючи визначення Ф.С. Воройського [6] **геоінформаційне забезпечення** - це сукупність процесів по підготовці і наданню геоінформації для вирішення управлінських, наукових, технічних, виробничих, проектних і інших задач відповідно до етапів їх рішення.

1.3. СУЧАСНИЙ СТАН ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Сучасний стан ГІЗ характеризується наступним:

1. Недолік теоретичних розробок. Є незавершені дискусійні роботи по термінології, об'єкту дослідження геоінформатики. Розроблені методики простого моделювання просторових об'єктів і просторового аналізу. Є окремі методики просторових рішень.

2. Хороше геоінформаційне програмне забезпечення, що в основному задовольняє сучасні потреби розробки і експлуатації ГІС на етапах збору геоінформації, перетворення проекцій і систем координат, моделювання просторових об'єктів, просторового аналізу.

3. ГІС створюються, в основному, для вирішення конкретних галузевих задач, наприклад, земельний і містобудівний кадастри, транспортні задачі, підприємства нафтогазового комплексу і ін. Є окремі успішні приклади створення муніципальних ГІС. Проте ГІС ОДВ (органів державної влади), як і раніше, знаходяться на стадії пропозицій і проектів. Розробці територіальних міжгалузевих ГІС перешкоджають міжвідомчі розбіжності і відсутність теоретичної бази, що гарантує (забезпечує) значну тривалість життя і розвиток системи.

4. ГІЗ в свідомості більшості фахівців тісно зв'язане, з одного боку, з геодезично-картографічним забезпеченням територій [7] і, з другого боку, органічно входить як елемент інформаційного забезпечення всіх галузей народного господарства, здійснюючих свою діяльність на територіях (рис. 1.1).

Використовування теорії, програм і методик економічного аналізу не дає підстави для об'єднання всіх галузей в дисципліни економічного аналізу або бухгалтерського обліку. Так і використання ГІЗ в багатьох галузях не є підс-

тавою для їх об'єднання в єдину сферу діяльності і на основі однієї наукової дисципліни - геоінформатики.

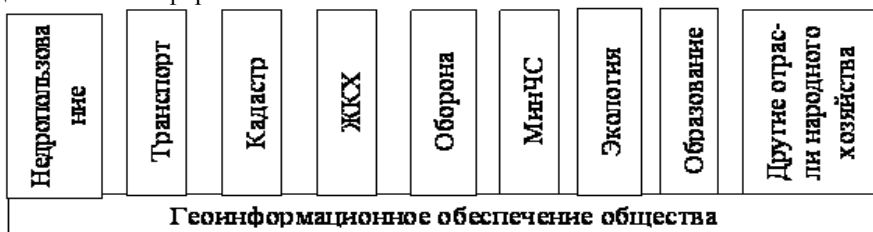


Рисунок 1.1 - Зв'язок ГІЗ з галузями народного господарства

1.4. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.4.1. Геопространство

Геопростір - географічна оболонка Землі, що підлягає вивченню, відображенню, моделюванню в межах обмеженої території, періоду часу, об'єктового складу, переліку і ступеня докладності його властивостей, вказаних споживачем геоінформації [3]. Простір мікросвіту і космічний простір не включаються в це поняття. Іншим критерієм, що обмежує включення просторів в поняття "географічного" і розглядається в справжньому дослідженні, є застосовність для їх вивчення і моделювання координатних систем: географічних і геодезичних.

Геопростір, як різновид простору, характеризується *протяжністю, динамічністю, структурою, безперервністю* [5].

Протяжність геопростору - характеризується територіальним обхватом - планети, півкулі, континентів або океанів, групи держав, країни, географічної провінції (наприклад, Західна Україна, Донбас), одиниці адміністративно-територіального розподілу, населеного пункту, його частини або іншим.

Динамічність геопростору - обумовлена його мінливістю і нерозривним зв'язком з часом. Це обставина, з одного боку, дозволяє повідомляти як про миттєвий стан даного простору, так і про майбутнє (у вигляді проекту, прогнозу) [7] але вимагає фіксації моменту вивчення геопростору або його складових.

Структура геопростору - виявляється в наявності і розташуванні об'єктів геопростору (зокрема предметів, явищ і проявів процесів), що містяться і відбуваються в геопросторі на кожен конкретний момент часу. Прикладами процесів, що відбуваються в геопросторі, є: повені, розповсюдження хвороб, забруднення навколишнього середовища, військові операції, демографічні процеси, розподіл температур і інше. Об'єкти геопростору можуть бути конкретні (наприклад, населені пункти) і абстрактні (густина населення), реальні (річкова мережа) і передбачувані (проектована мережа зрошування) [8].

Безперервність геопростору характеризується неодмінною наявністю в

кожній його точці якого-небудь об'єкту геопростору; не існує "порожнього" геопростору.

1.4.2. Геопространственная інформація

Виходячи з суті поняття "забезпечення", ГІЗ ґрунтується на базовому понятті геоінформації - одного з різновидів просторової інформації, затребуваної і споживаної суспільством.

Оточуючий нас простір - одна з форм (разом з часом) існування матерії, що нескінченно розвивається, співіснування матеріальних об'єктів і процесів, характеризує структурну і протяжність матеріальних систем. Час - форма і послідовні зміни станів об'єктів і процесів (характеризує тривалість їх буття). Простір і час мають об'єктивний характер, вони нерозривно пов'язані один з одним, нескінченні. Загальні властивості простору - протяжність, єдність переривчастої і безперервної. Простір може бути реальним або уявним (віртуальним).

Інформаційне забезпечення має на увазі надання необхідної інформації для вирішення конкретних задач. Тому геоінформаційне забезпечення у кожному окремому випадку займається інформацією про конкретно даний простір.

Даним простором в даний час є географічна оболонка Землі в цілому або частково, тобто географічний простір. Таким чином, *перша* особливість геоінформації - це інформація про конкретний географічний простір.

Друга особливість геоінформації - її уявлення в просторово-часовій координатній системі.

Третя особливість геоінформації - її цифрова форма, оскільки формується, зберігається, перетворюється і використовується вона комп'ютерним середовищем, а не людиною.

Таким чином, *геоінформація* - це координована інформація про геопростір і його об'єктах в цифровій комп'ютерно-сприйнятій формі, призначена як початковий матеріал для моделювання геопростору на користь конкретного споживача, що використовує геоінформаційні системи.

1.4.3. Просторові предмети

Об'єкти геопростору володіють нескінченно багатьма якостями. Згідно сучасним загальнонауковим уявленням, якість виражає "невіддільну від буття об'єкту його істотну визначеність, завдяки якій він є саме цим, а не іншим об'єктом. Якості відображають стійке взаємовідношення складових елементів об'єкту, яке характеризує його специфіку, що дає можливість відрізнити один об'єкт від інших. Саме завдяки якості кожен об'єкт існує і мислиться як щось відмежоване від інших об'єктів. Разом з тим, якість виражає і те загальне, що характеризує весь клас однорідних об'єктів" [9].

Якість виражається в сукупності властивостей об'єкту. "Під властивістю розуміється спосіб прояву певної сторони якості об'єкту по відношенню до інших об'єктів, з якими він вступає у взаємодію" [6]. "На початковому етапі пі-

знання об'єкт дослідження виступає перед суб'єктом, перш за все, якою-небудь окремою властивістю або рядом властивостей. У цих властивостях знаходять свій зовнішній прояв якості об'єктів, їх внутрішня визначеність, яка відображається у відчуттях. У сприйнятті ці властивості виступають як щось єдине, що дає цілісне уявлення про якість в його зовнішньому виразі" [9].

Всю безліч наук вивчення геопростору виконує для конкретного використання. Тому об'єкти геопростору і їх властивості вивчаються цілеспрямовано, в потрібному для користувача, обмеженому і релевантному об'ємі і переліку. Для позначення деякої цілісності, що виділяється з сукупності об'єктів в процесі людської діяльності і пізнання, в російській мові існує філософська категорія - предмет. "Основна відмінність предмету від об'єкту полягає у тому, що в предмет входять лише головні, найістотніші (з погляду даного дослідника) властивості і ознаки". [10]. Таким чином *просторовий географічний предмет* (або скорочено: просторовий предмет) – це об'єкт в геопросторі, який виділяється оператором, що володіє лише головними, найістотнішими, з погляду вирішуваної просторової задачі, властивостями [5]. З погляду геоінформатики, первинними, головними властивостями просторового предмету є його просторові (позиційні) властивості, які характеризують місцеположення і форму (зовнішні контури, контур, поверхня) на фіксований момент часу. Вивчення і повна характеристика просторових властивостей є обов'язковим при ГІЗ для всіх предметів даного простору. Ці властивості виражаються за допомогою координат репрезентативних точок просторового предмету.

Непросторові властивості просторового предмету вивчаються в наборі, мінімально необхідному для розрізнення предметів геопростору і рішення просторової задачі. Для різних просторових задач набір необхідних непросторових властивостей різний і не є вичерпним. Він може необмежено розширятися і доповнюватися, але вже за межами рішення даної просторової задачі.

Проілюструємо вищевикладене прикладом. Розглянемо просторовий об'єкт - лісовий масив. Для вирішення задачі створення топографічної основи при вивченні простору, займаного цим об'єктом, буде виділений контур одного топографічного предмету - "ліс природний високостовбурний" і його топографічні непросторові властивості: склад дерев, середня висота, середня товщина стовбурів, середня відстань між деревами. При лесотаксаційному вивченні простору лісового масиву в його межах будуть оконтурені предмети: квартальна мережа і наділи. Останні розрізняються по лесотаксаційним непросторовим властивостям: бонітету, запасам деревини і ін. При вивченні цієї ж території для цілей земельного кадастру в межах лісового масиву будуть виділені контури земельно-кадастрових предметів - земельних ділянок, що мають непросторові властивості: власник, призначення, обтяження, розрахункова вартість і ін.

1.4.4. Геоінформаційні системи

Ряд існуючих визначень ГІС, допускають подвійне тлумачення. З метою

усунення невизначеності далі розумітимемо ГІС, як спеціалізовану інформаційну людино-машинну систему, що функціонує в комп'ютерному середовищі і включає спеціальне прикладне - геоінформаційне - програмне забезпечення (ПЗ ГІС) і просторові дані. Під комп'ютерним середовищем розумітимемо локальний комп'ютер, оснащений системним і прикладним програмним забезпеченням і комп'ютерну мережу, що включає безліч комп'ютерів.

Не беручи до уваги визначення ГІС як програмного забезпечення, якнайповніше визначення ГІС дане в тлумачному словнику по геоінформатиці під редакцією А.М. Берлянта і А.В. Кошкарева: "*географічна інформаційна система* (geographic(al) information system, GIS, spatial information system) - інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і розповсюдження просторово-координованих даних (просторових даних). ГІС містить дані про просторові об'єкти у формі їх цифрових уявлень (векторних, растрових, квадротомічних і інших). Підтримується програмним, апаратним, інформаційним, нормативно-правовим, кадровим і організаційним забезпеченням" [11].

Єдина відмінність ГІС від інших ІАС полягає в специфіці даних, що утримується і оброблюються, - це просторово-координовані (просторові) дані. *Основною функцією* ГІС є просторовий аналіз геопростору. Для аналізу необхідні моделі геопростору, тому другою основною функцією є моделювання геопростору. Для моделювання необхідні початкові дані. Тому третьою по значущості основною функцією є збір і підготовка геоінформації. Нарешті, для контролю і сприйняття людиною результатів просторового аналізу необхідна четверта основна функція - візуалізація.

Всі сучасні ГІС оперують графічними об'єктами (векторними і/або растровими), які є моделями об'єктів геопростору. Об'єкти можуть відноситися до різних категорій і знаходитися між собою в складних співвідношеннях, наприклад, утворювати ієрархічні структури сопідлегливості. Наприклад, лінійні об'єкти можуть бути річками (елемент гідрографії), залізницями або автомобільними дорогами, центральними лініями вулиць (елементи транспортної мережі), лініями газопроводів і нафтопроводів (елементи трубопроводної мережі). Вони всі можуть бути далі підрозділені на безліч різних класів по різних їх ознаках і поєднаннях ознак. Залежно від ознак, об'єкти підрозділяються в логічно зв'язані структури - шари (теми, покриття). Організація шарів, що найчастіше зустрічається, має на увазі розділення об'єктів залежно від графічних примітивів (точки - точковий шар, лінії - лінійний шар, площадкові об'єкти - полігональний шар).

Шар (layer, theme, coverage, overlay) - сукупність однотипних (однієї мірності) просторових об'єктів, що відносяться до однієї теми (класу об'єктів) в межах деякої території і в системі координат, загальних для набору шарів [12]. Пошарове, або "шарувате" (layered), або багатшарове (multi-layered) уявлення є найпоширенішим способом організації просторових даних.

Враховуючи, що "дані - це інформація, представлена у формалізованому вигляді, що дозволяє сприймати її і обробляти на комп'ютері" [13], поняття про-

просторових даних включає і поняття "геоінформації". Одержані на її основі і існуючі тільки в комп'ютерному середовищі геоінформаційні моделі просторових предметів і цифрові картографічні моделі, призначені для сприйняття людиною, також входять в поняття "просторові дані".

1.5. ПРОЦЕС ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Процес ГІЗ в загальному випадку представлений на рис. 1.2.

У окремих випадках застосування сучасних вимірювальних засобів, забезпечених обчислювальними пристроями, дозволяють деякі процеси виконувати в режимі реального часу, забезпечуючи поєднання процесів.

1.5.1. Вивчення геопростору

Вивчення геопростору виконує оператор ГІС, керуючись переліком потрібних предметів і їх властивостей. Класичними прикладами такого переліку можуть служити "Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500" і "Класифікатор топографічної інформації (інформація, що відображається на картах і планах масштабів 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000)". У інших випадках перелік розробляється користувачем, виходячи з вирішуваної просторової задачі, і включається в редакційні вказівки, технічні завдання або проекти.

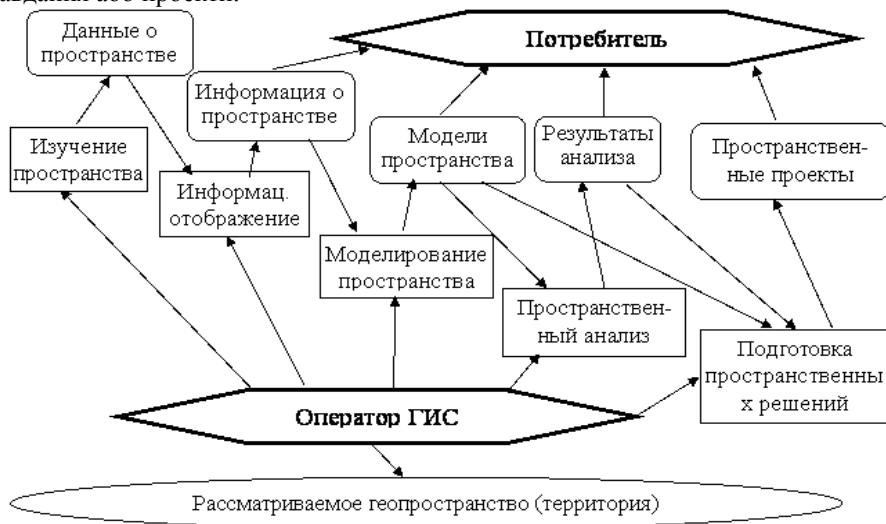


Рисунок 1.2 - Процесс геоинформационного обеспечения

Геопростір може вивчатися безпосередньо або опосередковано - з використанням його фіксованих зображень, картографічних матеріалів, літературних, довідкових, статистичних і інших джерел в текстовому, табличному вигляді.

ді або у вигляді бази даних. Процес безпосереднього вивчення геопростору включає: спостереження, вимірювання і визначення характеристик.

Спостереження починається з виділення потрібних предметів при аналізі даного простору. На першому етапі аналізу кваліфікований фахівець розпізнає різниці і характер розподілу кольорів (або фіксованої оптичної густини) електромагнітного випромінювання, відображеного або випускаємого об'єктами простору. Потім, в результаті думок і висновків, в просторі кольорів (оптичної густини) пізнаються (дешифруються) потрібні предмети простору з використанням правил виділення предметів. Автоматична система для аналізу простору кольорів (оптичної густини) пізнає (дешифрує) потрібні просторові предмети з використанням алгоритмів розпізнавання і виділення предметів [14]. Результатами цього етапу спостереження є виділені просторові предмети. Фіксація результатів виділення виробляється, як правило, на схематичному зображенні даного простору в графічному вигляді. Це може бути абрис, збільшений фотознімок, копія графічної або роздрук цифрової основи створюваної тематичної, галузевої і спеціального призначення карти або карти, що обновляється. Схематичне зображення відображає взаємне розташування предметів, будучи топологічними первинними даними.

Предметам, виділеним і зафіксованим на схематичному зображенні, привласнюються унікальні ідентифікатори. Таким чином, створюються ідентифікаційні первинні дані, які повинні забезпечувати однозначний зв'язок різних даних, що відносяться до одного предмету, незалежно від моменту, місця і джерела їх отримання. Вимірювання виконуються з метою отримання геометричних первинних даних, що відображають просторові властивості просторових предметів, виділених при спостереженні. На першому етапі вимірювання оператор вибирає в контурі або на поверхні предмету репрезентативні точки вимірювань в такій кількості і розташуванні, щоб вони із заданою подробицею представляли контур або поверхню предмету. Вибір точок вимірювання на поверхні, залежно від її геоморфологічного характеру, може здійснюватися по регулярній або нерегулярній сітці з доповненням крапок на орографічних або інших характерних лініях. На наступному етапі виробляються вимірювання фізичних величин, необхідних для визначення координат точок вимірювання із заданою точністю. Вимірювання виконуються геодезичними, фотограмметричними, лазерними або супутниковими методами, а також їх поєднанням. Результати вимірювань можуть бути піддані попередній обчислювальній обробці, що включає перехід від фізичних величин до відповідних геодезичних, фотограмметричних, або супутниковим величинам, а також введення різного роду поправок (за метеоумови, інструментальні погрішності, редукцію і т.п.). Результати вимірювань, у вигляді геометричних первинних даних, супроводжуються посиланнями на виділені предмети простору (у вигляді ідентифікаторів) і їх репрезентативні точки.

Визначення характеристик непросторових властивостей просторових предметів виконуються в межах заданого переліку властивостей конкретних ти-

пів предметів шляхом спостереження прямих і непрямих ознак властивостей, а також негеодезичних вимірювань (висоти, глибини, протяжності, ширини). Одержані і зафіксовані в текстовому або цифровому вигляді характеристики, в сукупності з ідентифікаторами предметів, утворюють семантичні первинні дані.

Сукупність одержаних при вивченні геопростору топологічних, ідентифікаційних, геометричних і семантичних даних утворює первинні дані про простір, інакше - геопросторові первинні дані, незалежно від форми їх уявлення.

Вищевикладене представлено на рис. 1.3. Наприклад, для вирішення задачі прогнозування рибних запасів великого замкнутого внутрішнього водоймища типу озера Чани або Каспійського моря, необхідні семантичні дані: оцінка рибних запасів, їх видовий склад, відомості про вилов і відтворення риби, дані про забруднення і температурний режим води, кліматичні, гідрологічні і інші дані за достатньо тривалий період часу. Геометричні дані повинні дозволяти визначити площі водної поверхні і мелководій, а також об'єми водної маси за вказаний період часу. Для отримання цієї інформації необхідні дані про рельєф дна і прибережної території, про рівень водної поверхні і контур берегової лінії.

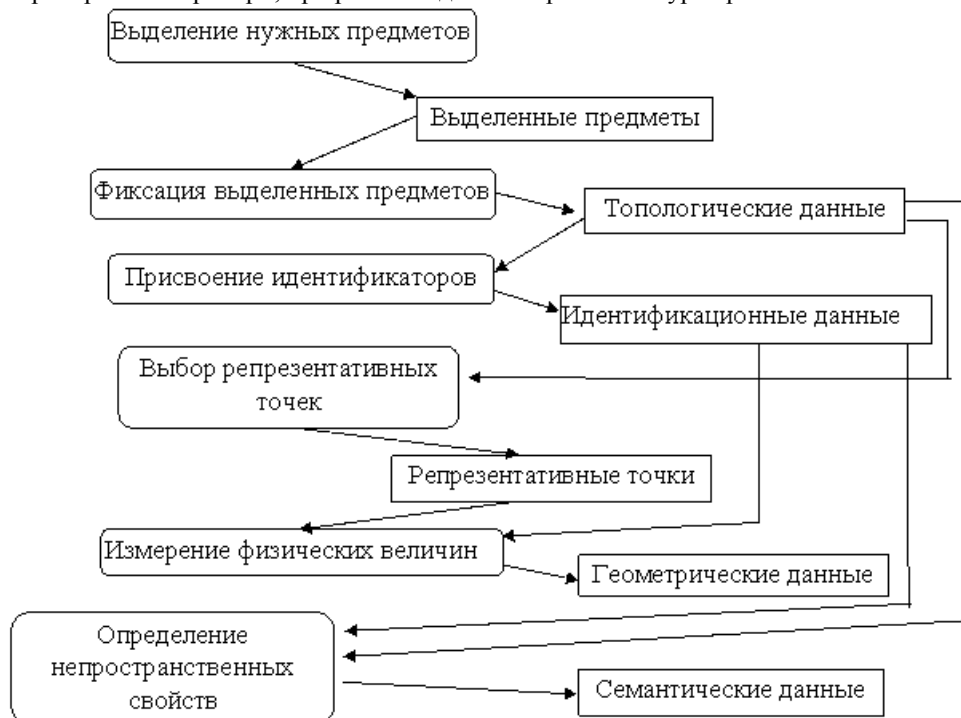


Рисунок 1.3 - Функціональна схема безпосереднього вивчення геопростору

Опосередковане вивчення геопростору може доповнювати результати безпосереднього вивчення, або використовуватися як самостійний, єдиний вид вивчення. У будь-якому випадку воно починається з виявлення і збору джерел геоінформаційних даних. При зборі відбираються найдостовірніші джерела.

За відсутності або недостатності наявних джерел геоінформаційних даних виробляється дистанційне зондування геопростору. Фіксуючи зображення простору в різних зонах електромагнітного випромінювання, можна виявити властивості, що вивчаються. Наприклад, розділити листяні і хвойні породи лісу, виділити ділянки пожеж, різної температури і вологості ґрунтів і т.п.

Залежно від виду джерела даних, подальші процеси вивчення геопростору виконуються за різними технологіями. Якщо джерела даних (бази даних, таблиці, довідники і т. п.) безпосередньо містять дані, то виробляється їх вибірка як доповнюючих результати безпосереднього вивчення, так і нових. При використуванні як джерела даних фіксованих зображень геопростору (космічних, повітряних або наземних електронних або фотографічних знімків) отримання геоінформаційних первинних даних також включає процеси спостереження, вимірювання і визначення семантики (рис. 1.2). При необхідності введення в комп'ютер фотографічних знімків для обробки, вони заздалегідь скануються з метою перетворення зображення в цифрову растрову форму.

Якщо не вдається одержати повний набір первинних даних про потрібні предмети по фіксованих зображеннях простору, то вивчення по знімках доповнюється і контролюється вибірково безпосереднім вивченням простору, а також вибіркою даних за всіма іншими можливими джерелами.

Картографічні твори є образно-знаковою моделлю геопростору і можуть використовуватися як або картографічна основа, або джерело геоінформаційних даних. У будь-якому випадку, введення в комп'ютер картографічного матеріалу в графічній формі можливе тільки після його попереднього сканування з метою перетворення зображення в цифрову растрову форму. Подальші процеси вивчення простору, в порівнянні з технологією безпосереднього вивчення, істотно спрощуються, оскільки просторові і непросторові властивості потрібних предметів вивчені і відображені в картографічній моделі простору.

Вивчення геопростору (збір даних) здійснюється, як правило, по групах предметів. Геопросторінні первинні дані повинні у обов'язковому порядку включати тимчасові відомості, що описують момент або період отримання тих або інших даних, а також відомості, що дозволяють судити про їх достовірність. Ці відомості можуть включати: метод вимірювання і точність - для геометричних даних; метод виявлення непросторових властивостей або характеристику джерела - для семантичних даних.

1.5.2. Інформаційне відображення геопростору

Розуміючи інформацію як осмислені і оброблені дані, геоінформацію одержують в процесі інформаційного відображення території, що вивчається, як

результат обробки первинних геопросторових даних.

Геометричні дані піддаються обчислювальній обробці, в ході якої обчислюються і зрівнюються координати і, при необхідності, висоти репрезентативних крапок. При цьому використовується початкова інформація у вигляді координат і висот опорних точок в заданій координатній системі і картографічній проекції. Таким чином, виходить координатна інформація.

Топологічні дані з схематичного зображення простору можуть перетворюватися в списки контурів і предметів. Топологічна інформація, сумісно з координатною інформацією, утворює просторову інформацію, яка повністю відображає просторові властивості предметів.

Обробка семантичних даних полягає в систематизації, класифікації і кодуванні характеристик непросторових властивостей предметів. В результаті обробки виходить атрибутивна інформація.

Ідентифікаційні дані, як правило, не обробляються і без зміни, як складова частина, входять в просторову і атрибутивну інформації, забезпечуючи їх однозначний зв'язок для кожного предмету.

Впорядкована сукупність координатної, топологічної і атрибутивної інформації про геопростір і його об'єктах утворює геоінформацію. Геоінформація рідко використовується як остаточний результат. Як приклад використання можна привести використання координат рухомого предмету. Звичайно в результаті обробки геоінформації виходять моделі простору і інші її модифікації.

1.5.3. Моделювання геопростору

Наявність геоінформації дозволяє моделювати геопростір і створювати його цифрову модель (місцевості, акваторії, території або іншого). Способів моделювання геопростору існує безліч. У ряді випадків моделювання поверхні Землі виділяють в окремий процес створення цифрової моделі рельєфу, а в результаті моделювання решти предметів простору отримуємо цифрову модель контурів (предметів). Рельєф - це теж просторовий предмет. Модель геопростору містить моделі предметів і їх відносин або, за класичною термінологією, просторові об'єкти. Таким чином, просторові об'єкти - це моделі просторових предметів.

Координатна і топологічна інформації використовуються для створення векторної (зокрема векторно-топологічної) моделі геопростору, яка будується на основі геометричних примітивів, тобто базових моделей предметів. Виділяють чотири типи геометричних примітивів простих просторових об'єктів: точкові (точки), лінійні (лінії), площадкові або полігональні (полігони), поверхні (рельєф). До останнього типу відносяться також тіла. Геометричні примітиви, відповідно, умовно розділяють по мірній простору: 0-, 1-, 2- і 3-мірні. Прості просторові об'єкти можуть об'єднуватися в складові просторові об'єкти.

У векторно-топологічних моделях простору додатково моделюються ві-

дносини просторових об'єктів з використанням топологічних примітивів: примикання, перетини, відповідності, вкладення і ін. Можлива обробка координатної і топологічної інформації з метою отримання центрів предметів і заміни ними ідентифікаційної інформації. Координатна інформація, одержувана в результаті вимірювань з певною точністю, не дозволяє створювати коректні моделі контурів і поверхонь. Тому в процесі моделювання виробляється зрівнювання координатної інформації з урахуванням геометричних умов: прямої лінії, прямокутника, кола, дуги, перпендикулярності, паралелі, гладкості, примикання, перетину і ін. Приклади умов: "контур споруди має форму прямокутника", "урізи води озера повинні мати одне значення", "контур резервуару для зберігання нафтопродуктів має форму кола".

Таке зрівнювання дозволяє, *по-перше*, виявити і усунути грубі погрішності вимірювань і, *по-друге*, створити коректну модель. При зрівнюванні зміщення контурів або поверхні виконується в межах погрішності вимірювань.

Атрибутивна інформація не утворює самостійну модель, а доповнює векторну (або векторно-топологічну) модель простору. При цьому вона може входити складовою частиною в опис кожного просторового об'єкту або міститися в атрибутивній базі даних, єдиній для всього даного простору. Однозначний зв'язок різних частин (контурної і змістовної) просторових об'єктів забезпечується за допомогою ідентифікаторів.

Модель геопростору, як правило, складається з тематичних шарів, в які групуються просторові об'єкти, що відносяться до однієї теми (класу об'єктів: рослинність, земельні ділянки і т. п.) або однієї міри. У окремий шар моделюється поверхня ("гладкий" рельєф). При цьому використовується сукупність висот або відміток глибин у вузлах регулярних ґрат (матриця висот), багатогранна поверхня на основі нерегулярної трикутної мережі (TIN) або сукупність записів ізоліній (горизонталей, ізобат, ізогіпс і ін.).

Візуальний контроль за процесом і результатом моделювання геопростору здійснюється за растровим уявленням векторної (або векторно-топологічної) моделі, одержаному в результаті векторно-растрового перетворення (растерізації). Картографічний твір, як основа в цифровій растровій формі, може доповнюватися векторною моделлю просторових об'єктів. Векторна модель, як остаточний результат, використовується в більшості ГІС, наприклад, в облікових кадастрових системах. Крім того, на основі векторної (або векторно-топологічної) моделі геопростору створюються і використовуються різні цифрові картографічні моделі (цифрові карти і розрізи), а для їх візуального сприйняття електронні (електронні карти і розрізи) і графічні копії (карти).

1.5.4. Просторовий аналіз

Векторні (або векторно-топологічні) моделі геопростору використовуються для просторового аналізу, виконаного за допомогою програмного забезпечення ГІС, яке реалізує ряд функцій. До них відносяться програми, що забез-

печують аналіз розміщення, зв'язків і інших просторових відносин просторових об'єктів, включаючи аналіз мереж, аналіз об'єктів в межах буферних зон, операції обчислювальної геометрії і оверлейні операції, обробку цифрових моделей рельєфу і ін.

Аналіз мереж - група просторово-аналітичних операцій, що мають на меті дослідження топологічних і геометричних властивостей лінійних просторових об'єктів, створюючих деревовидні або циклічні мережі (мережа гідрографії, мережі комунікацій і т. п.), відповідні графам, як правило, планарним. Аналіз об'єктів в межах буферних зон дозволяє вирішувати задачі оцінки зони впливу існуючої або проєктованої мережі транспортних комунікацій і ним подібні. Операції обчислювальної геометрії дозволяють обчислити площі і координати центрів полігонів, довжини ламаних і кривих ліній і ін.

Суть оверлейних операцій полягає в накладенні двох різноимених шарів з генерацією похідних об'єктів, що виникають при їх геометричному нашаруванні, із спадкоємством їх атрибутів. Обробка цифрових моделей рельєфу включає отримання морфометричних даних (кути нахилу і експозиції схилів), зон видимості/невидимості; побудова тривимірних зображень (зокрема блок-діаграм), подовжніх і поперечних профілів по заданих лініях (трасах), оцінку форми схилів, обчислення позитивних і негативних об'ємів, генерацію структурних ліній і особливих точок рельєфу, побудову ізоліній, аналітичне відмивання рельєфу при різному освітленні і ін.

Окрім цих стандартних функцій ПЗ ГІС для просторового аналізу, використовуються спеціальні програми на основі побудови і стохастичних моделей детерміністів, а також спеціальні програми ГІС-додатків по прогнозуванню ситуації. В результаті просторового аналізу модель простору доповнюється новими предметами, а також виробляється оцінка території в тому або іншому аспекті. Наприклад: комплексна оцінка використання територій, оцінка транспортної доступності, інженерного забезпечення, природно-екологічна, історико-культурна, інвестиційна, рекреаційна, забезпеченості документацією і ін.

1.5.5. Підготовка просторових рішень

Просторове рішення - це проєкт дії по просторовому перетворенню. Перетворювати можна або безпосередньо простір, або процеси, що відбуваються в просторі, інакше - управляти простором, територією.

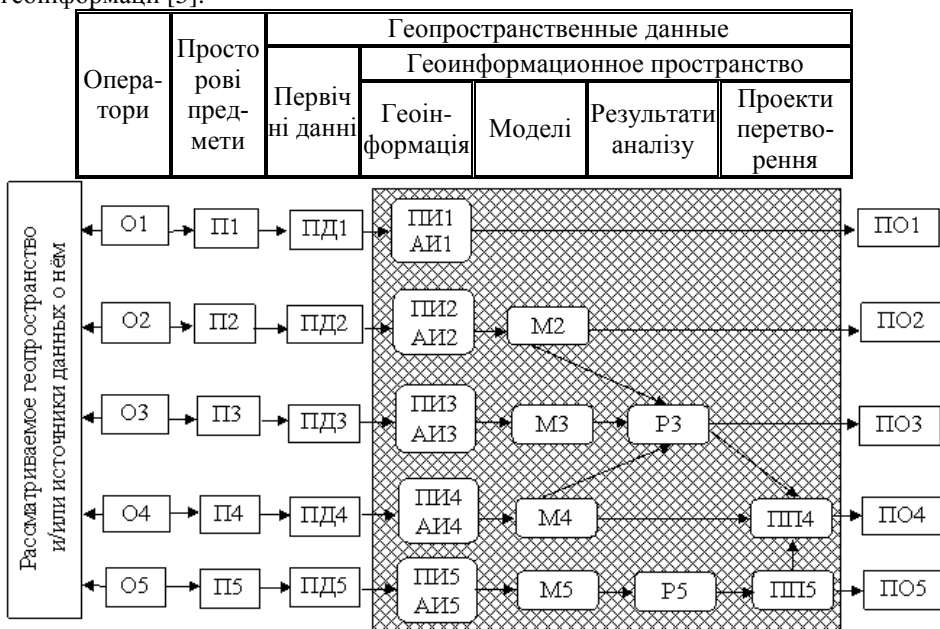
Просторове рішення ухвалюється на основі проєкту перетворення даної території. Проєкт перетворення - це модель даного простору з включенням в неї нових елементів, одержаних в результаті просторового аналізу, проєктування управління або перетворення простору. Як правило, створюється декілька моделей, необхідних для порівняння, обґрунтування і вибору оптимального рішення.

Під проєктуванням управління розуміються зміни організації функціонування систем життєзабезпечення. Найбільш затребувані моделі можливого розвитку катастрофічних і екологічних природних і техногенних процесів, експлу-

атації і розвитку інженерних мереж і комунікацій, організації транспортного обслуговування, пошуку і експлуатації родовищ корисної копалини, управління територіями на державному і муніципальному рівнях. Як правило, при розробці цих моделей використовуються функції і програмне забезпечення просторового аналізу, тобто традиційно ГІС-функції.

1.6. ІНФОРМАЦІЙНА СТРУКТУРА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Підводячи підсумки вищевикладеного, представимо на рис. 1.4 інформаційну структуру ГІЗ з основними варіантами використання і перетворення геоінформації [5].



- геоінформаційний простір

По кожному з п'яти показаних на рисунку варіантів ГІЗ властивості даного простору або джерела даних про нього вивчають відповідні фахівці - оператори (O_i), виділяючи на основі завдання користувача (PZ_i) і своїх знань безліч просторових предметів (P_i) і спеціалізовану (просторову PP_i і атрибутивну AI_i) геоінформацію, тобто призначену для вирішення певних задач і для певного круга споживачів. Ця геоінформація може безпосередньо споживатися ($i=1$). З використанням спеціалізованої геоінформації можуть створюватися спеціалізо-

вані моделі простору ($M_2 \dots M_4$), результати аналізу (P_3 і P_5) і проекти перетворення простору ($ПП_4$ і $ПП_5$).

Результати безлічі вивчень геопростору та/або джерел даних про нього у вигляді сукупності геоінформації, моделей геопростору, результатів просторового аналізу і просторових проектів утворюють зміст геоінформаційного простору (ГІП), в якійсь мірі що приблизно відображає модельовані властивості даного простору, необхідність і можливості його перетворення. Таким чином, ГІП слідує розглядати, як інформаційну координовану комп'ютерну сукупну модель геопростору. При проведенні просторового аналізу і підготовці просторових рішень, як правило, використовуються результати комплексних досліджень вивчення геопростору. Так при проектуванні забудови кварталу використовуються не тільки топографічна, інженерно-геологічна і інші моделі ділянки забудови, але і фрагменти генерального плану у вигляді проекту червоних ліній і ін.

Для забезпечення можливості сумісного використання результатів різних вивчень геопростору необхідне дотримання вимог до його єдності. Якщо забезпечити єдність: системи координат (і висот, і часу), системи ідентифікації просторових об'єктів, форматів геометричних даних, систем класифікації і кодування атрибутивної інформації, той такий геоінформаційний простір може бути назване єдиним геоінформаційним простором.

Концепція єдиного геоінформаційного простору (ЄГІП) відображає об'єктивну необхідність об'єднання результатів вивчення геопростору різними операторами, дозволяє всесторонньо і глибоко вивчати геопростір при оптимальних витратах і уникати суперечностей при ухваленні просторових рішень. Єдиний геоінформаційний простір за своєю суттю є деякою інтегрованою моделлю геопростору і основним засобом ГІЗ, разом з ПЗ ГІС. При цьому йдеться про створення, актуалізацію і використання ЄГІП, включаючого геоінформаційні простори різних однопрофільних ГІС, багатопрофільних ГІС, аж до утворення міжнародної геоінформаційної мережі.

1.7. ОБЛІК ДИНАМІЧНОСТІ ПРИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ

Вище розглянута функціональна структура ГІЗ в статичі. Фактично необхідно враховувати динамічність. Джерел динамічності два: об'єктивний і суб'єктивний.

Об'єктивним джерелом динамічності ГІЗ є мінливість розглядаємого геопростору. При цьому вірогідність і швидкість зміни різних просторових об'єктів різна. Тому модель геопростору, створена в деякий момент часу, в інший момент часу вже не відповідає тому, який вивчається, стає застарілою і менш надійною. Заходами підвищення надійності в цій ситуації є:

- вивчення геопростору безпосередньо перед рішенням задачі з подальшим створенням або оновленням його моделі;
- моніторинг вивчення геопростору і моделі по найзначущіших об'єктах.

Суб'єктивним джерелом динамічності ГІЗ є різноманіття задач і умов. З часом споживачі висувають нові задачі і умови їх рішення. Рішення кожним споживачем своєї задачі індивідуально в масштабі суспільства зв'язане із значними витратами. Існують два способи скорочення витрат:

- угруповання споживачів з однотипними або близькими по характеру інтересами і забезпечення їх уніфікованою моделлю геопростору, підтримуваною на сучасному рівні шляхом регулярного оновлення або моніторингом;
- створення інтегрованих геоінформаційних просторів (баз даних) і підтримка їх на сучасному рівні, шляхом ведення спеціалізованими споживачами.

1.8. ВІДМІННОСТІ ГЕОДЕЗИЧНО-КАРТОГРАФІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІД ГІЗ

В процесі розвитку нове не замінює повністю старе - багато його елементів продовжують функціонувати у видозміненому стані або практично без істотних змін. Елементи, що розвиваються, є вищим рівнем технології. З'являються нові елементи, які відсутні в старому. Саме вони визначають напрям подальшого розвитку. Так, на початку 1980-х років з початком епохи комп'ютеризації в рамках геодезично-картографічного забезпечення (ГКЗ) одержало розвиток цифрове великомасштабне картографування, направлене на задоволення потреб систем автоматизованого проектування (САПР). У СНД ГІС починали застосовуватися з середини 1980-х років з використання комп'ютера в географічних дослідженнях для просторового аналізу і просторових рішень. Одночасно для задоволення потреб ГІС в рамках ГКЗ розвивається цифрування топографічних карт і моделювання простору. У 1990-х роках рамки ГІС розширилися до вивчення простору за матеріалами космічних зйомок і з використанням цифрового великомасштабного картографування. У свою чергу, геоінформаційні технології починають використовуватися при створенні карт.

Таким чином, елементи геоінформаційного забезпечення у вигляді цифрових моделей місцевості, цифрових карт, географічних інформаційних систем виникли і розвивалися в рамках ГКЗ. Ряд робіт ГКЗ не зазнав змін у зв'язку з розвитком геоінформатики. До них можна віднести:

- визначення параметрів фігури Землі і зовнішнього гравітаційного поля в цих цілях;
- створення, розвиток і підтримка в робочому стані державних нівелірних і геодезичних мереж;
- дистанційне зондування Землі;
- геодинамічне дослідження;
- метрологічне забезпечення геодезичних, картографічних і топографічних і інших робіт.

Таблиця 1.1 - Основні відмінності ГІЗ від ГКЗ

Найменування характеристик	ГКО	ГІЗ	Відмінності ГІЗ
Мета - діяльність по задоволенню потреб суспільства	У геодезичній і картографічній продукції у вигляді карт і інших картографічних матеріалів, тобто картографічних моделей геопростору	У результатах використання геоінформації у вигляді моделей геопростору, результатів просторового аналізу і просторових рішень	Розширення сфери діяльності від підготовки моделей в ГКЗ до аналізу і підготовки просторових рішень в ГІЗ
Основні функції	Зйомки і збір інформації про місцевість; створення каталогів координат і картографічних матеріалів	Вивчення геопростору; інформаційне відображення; моделювання геопростору; просторовий аналіз; підготовка просторових проектів; забезпечення ЄГПІ; картографічна візуалізація	Аналогічно виконується тільки вивчення простору. Створення карт і атласів в ГІЗ тільки в цілях візуалізації моделей, результатів аналізу і просторових рішень
Обробка даних і матеріалів і їх використання	Людиною із застосуванням комп'ютера на окремих процесах	Комп'ютером з участю людини	ГІЗ орієнтована на комп'ютерну обробку і використання геоінформації
Форма оброблюваної геоінформації	Аналогова і, частково, цифрова	Цифрова і, тільки на виході, аналогова	У ГІЗ переважно цифрова
Вивчення простору	По групі споживачів	Орієнтовано на конкретного споживача	У ГІЗ зменшення інформаційного шуму і зниження витрат на забезпечення
Модель геопростору	Картографічна - набір стандартних карт, жорстко регламентованих, вимагаюча розвантаження і додавання	Цифрова модель простору - конкретна модель на основі геоінформації	Зниження витрат і гнучкість відображення в геоінформації і моделі змін простору; Підвищення ефективності аналізу і просторових проектів
Режим оновлення геоінформації	Періодично; По території (по групах об'єктів)	1. Моніторинг. 2. По окремих об'єктах	Підвищення рівня сучасності; Застосовність супутникових методів

Всі роботи, пов'язані з картографуванням, виходять на новий рівень геоінформаційних технологій. Принципово новими роботами останніх двох десятиліть є створення і ведення ГІС. Саме на базі цього напряму розвивається новий рівень ГКЗ - геоінформаційне забезпечення територій.

Таким чином, ГІЗ в даний час розвивається з ГКЗ і включає роботи, пов'язані з комп'ютерним картографуванням, геомоделюванням, а також із створенням і веденням ГІС.

Для ГКЗ в чистому вигляді, яким воно було двадцять років тому, кінцевим результатом була картографічна продукція, включаючи топографічні карти і плани всього масштабного ряду. Враховуючи сучасні потреби, здійснений перехід на цифрові топографічні карти і плани. Карти в поліграфічній і цифровій формах складають основу федерального і галузевих картографо-геодезичних фондів, які є частиною ГКЗ. Загальною областю ГКЗ і ГІЗ можна рахувати цифрову продукцію, але тільки ту, яку може "читати" комп'ютер. Тобто розрізняти і сприймати просторові предмети. Проте у будь-якому випадку використання геоінформації і моделей не входило у функції ГКЗ, але включається в основні функції ГІЗ.

Таким чином, основною відмінністю ГІЗ від ГКЗ є розширення діапазону виконання комплексу робіт від збору даних про геопростір до аналізу і вироблення проекту просторового рішення і передача функції обробки від людини - комп'ютеру з участю людини:

- у ГКЗ весь комплекс робіт від збору даних і підготовки картографічних матеріалів для аналізу і вироблення просторового рішення виконувався людиною, комп'ютер використовувався при виконанні окремих процесів;
- у ГІЗ повний комплекс робіт від збору даних і моделювання геопростору і потім аналізу і вироблення проекту просторового рішення виконується комп'ютером з участю людини; ухвалення рішення залишається за людиною.

Особливо слід зупинитися на розмежуванні цілей і функцій картографічної і геоінформаційної діяльності, оскільки часто відбувається їх зміщення. Метою і результатом картографічної діяльності є образно-знакова модель геопростору, тобто карта (картографічний матеріал), призначена для сприйняття і використання людиною. Карта може бути на твердому носії: паперу, пластиці або іншому, на екрані монітора - електронна карта, або в цифровому вигляді - цифрова карта. У будь-якому випадку вона залишається образно-знаковою моделлю. Цифровий вид карти не сприймається людиною, а тільки комп'ютером. Проте такий вигляд є проміжним результатом картографічної діяльності і використовується виключно для автоматизації процесів редагування, зберігання, перетворення і видання (розмноження) карт.

Метою і результатом геоінформаційної діяльності є отримання сукупності цифрових моделей геопростору, включаючи результати просторового аналі-

зу і проекти перетворення простору, призначені для сприйняття і використання комп'ютером. Для сприйняття людиною ці моделі необхідно перевести в образно-знакову форму, тобто у форму карти.

При геоінформаційній діяльності карта використовується для сприйняття людиною результатів роботи комп'ютера, а також може використовуватися як джерело даних про геопростір з урахуванням того, що вона значно бідніше за змістом просторових предметів і їх властивостей. Викладена вище схема розділення і взаємодії картографічної і геоінформаційної діяльності відображена на рис. 1.6.

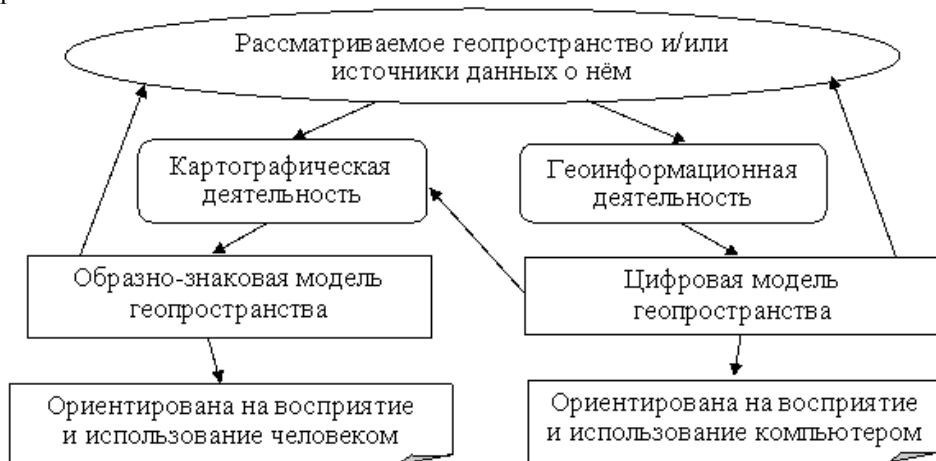


Рисунок 1.6 - Картографічна і геоінформаційна діяльність

1.9. ГЕОІНФОРМАТИКА

Наукове обґрунтування ГІЗ формується в рамках використання в геодезично-картографічній діяльності методів молодого наукового напрямку - геоінформатики. У зв'язку з важливістю цього поняття розглянемо сучасний стан визначення терміну "геоінформатика".

Більшість авторів при розгляді цього терміну звертає увагу на прагнення до інтеграції в сучасних наукових дослідженнях, що приводить до формування синтетичних наукових напрямків. Одне з них виникло під назвою "геоінформатика", яка складається з трьох коріннь: географії, інформації і автоматики [15] і відображає тісну взаємодію, з одного боку, наук про Землю (зокрема географія, геодезія, картографія), і інформатики, з другого боку. Основними областями науки, пов'язаними з геоінформатикою і використовуючі її методи, вважаються геодезія, картографія і дистанційне зондування. Крім того, підкреслюється, що геоінформатика тісно пов'язана з такими сферами діяльності як топографія, фотogramетрія, геологія, ґрунтознавство, біологія і безліч інших.

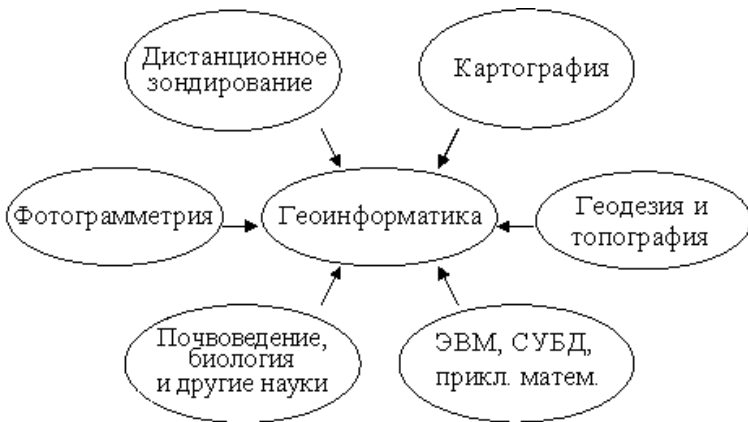


Рисунок 1.7 - Схема зв'язків геоінформатики з суміжними областями науки

Найчастіше звертається увага на зв'язки геоінформатики з геодезією і картографією, які виявляються в наступних аспектах:

- тематичні і топографічні карти - головне джерело просторово-часової інформації;
- системи географічних і прямокутних координат і картографічне розграфування служать основою для координатної прив'язки всієї інформації, що поступає і зберігається в геоінформаційних системах;
- геодезичні методи широко використовуються для координування об'єктів і геопросторового моніторингу території;
- картографічне зображення - доцільна, з погляду людського сприйняття, форма представлення інформації про навколишній простір;
- карти - основний засіб географічної інтерпретації і організації даних дистанційного зондування і іншої використовуваної в ГІС інформації;
- картографічний аналіз - один з найефективніших способів виявлення географічних закономірностей, зв'язків, залежностей.

Карта - одне з найважливіших джерел масових даних для формування позиційної і змістовної частини баз даних ГІС у вигляді цифрових карт-основ, створюючих єдину базу для позиціонування об'єктів, і набору тематичних шарів даних, сукупність яких утворює загальну інформаційну основу ГІС [16]. Позиційна частина бази даних описує геометричні (метричні) характеристики об'єктів місцевості, тоді як описова частина відповідає таблично-атрибутивним (семантичним) даним. Багато процедур обробки і аналізу даних в геоінформатиці засноване на методичному апараті, раніше розробленому в надрах окремих галузей геодезії і картографії. До них належать операції трансформації систем координат і картографічних проекцій, інші операції на еліпсоїді, що спираються на теорію і практику геодезії, математичній картографії і теорії картографічних проекцій, операції обчислювальної математики, дозволяючи здійснювати розра-

хунок площ, периметрів, показників форм геометричних об'єктів.

Наголошується важлива роль геодезичної прив'язки і карт в блоці моделювання ГІС. Іноді саме моделювання покликане забезпечити формування тематичного змісту карт різних сюжетів, а в складніших випадках виникає необхідність в залученні методів і засобів математико-картографічного моделювання. Наприклад, геоінформатика пов'язана з методами геодезії і топографії, в модулях обробки даних наземних топографо-геодезичних зйомок або з використанням глобальних навігаційних систем (GPS).

У більшості ГІС як один з основних елементів виступає блок візуалізації даних, де важливу роль займають графічні і картографічні побудови. Картографічний модуль ГІС забезпечує картографічне представлення початкових, похідних або результуючих даних у вигляді цифрових, комп'ютерних і електронних карт, будучи елементом інтерфейсу користувача і засобом документування підсумкових результатів. Проте задачі ГІС розширюють межі картографії, роблячи їх основою для інтеграції приватних географічних і інших наук при комплексних системних геонаукових дослідженнях.

Методичний апарат геоінформаційних технологій прямо або опосередковано пов'язаний з різними областями прикладної математики (обчислювальної геометрії, аналітичної і диференціальної геометрії, звідки запозичені алгоритмічні рішення багатьох аналітичних операцій ГІС-технологій), з машинною графікою, розпізнаванням образів, аналізом сцен, цифровою фільтрацією і автоматичною класифікацією в блоці обробки цифрових зображень растрових ГІС. Розвиток геоінформатики, як професійної виробничої діяльності, привів до диверсифікації єдиної раніше спеціальності "геоінформатика" з виділенням окремих професій і спеціалізацій: ГІС-менеджерів (управлінням ГІС), ГІС-розробників (системних аналітиків, програмістів, проектувальників) і ГІС-користувачів.

ГІС, в загальному випадку, не є продуктом, який споживає користувач, а по суті своїй представляє лише інструмент, що забезпечує "збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і розповсюдження просторово-координованих даних" [17]. В той же час дані - це інформація, представлена у вигляді, придатному для обробки автоматичними засобами" [17]. Крім того, якщо об'єктом "інформатики" є "інформація", то об'єктом "геоінформатики", як частини "інформатики", логічно розглядати "геоінформацію". Інше визначення: геоінформатика - це "область науки, що займається вивченням законів, методів і способів отримання, накопичення, обробки і передачі інформації про навколишній світ" [13], ототожнює "інформатику" і "геоінформатику".

Геоінформатика виникла як наукова дисципліна про географічну інформацію. При цьому із самого початку основна увага надавалася її просторовій складовій. Саме з просторовою складовою, в основному, працюють всі геоінформаційні програмні пакети, вона перетворюється з растрового у векторне уявлення, вона бере участь при конвертації форматів, є базою для прив'язки непросто-

рової, атрибутивної інформації, вона моделюється. Разом з визначенням "географічна" інформація, використовуються "просторова", "просторово-розподілена", "координована" і ін. Кажучи далі про геоінформації, матимемо її просторову суть. В даний час в геоінформатиці відбувається подальша концентрація уваги на просторовій інформації. Кожна наука вивчає свій аспект геопростору, використовуючи сукупність своїх методів і виділяючи свої специфічні просторові предмети. Загальним, об'єднуючим для всіх геонаук, є наявність у просторових предметів просторових властивостей. Ця об'єктивна обставина зумовила формування геоінформатики - наукової дисципліни, що вивчає геопростір з використанням просторових властивостей становлячих його просторових предметів. Іншою відмінною ознакою геоінформатики є моделювання геопростору, створення і аналіз просторових моделей.

Об'єктом вивчення геоінформатики, також як і інших геонаук - геології, географії, метеорології і інших - є геопростір. Предметом її вивчення є просторові властивості геопростору і просторових предметів, його складових. Методом геоінформатики є геоінформаційне моделювання. Таким чином, геоінформатика - наукова дисципліна, що вивчає просторові властивості геопростору і становлячих його просторових предметів методом геоінформаційного моделювання. Інакше: геоінформатика - наукова дисципліна про загальні властивості і структуру просторової інформації (традиційно - геоінформації), закономірностях її створення, перетворення, накопичення, передачі, зв'язку з непросторовою інформацією і використання. Геоінформатика починається з моделювання просторових предметів з використанням геоінформації, одержаної фахівцями різних наук і галузей народного господарства при вивченні одного і того ж геопростору. У геоінформаційних моделях просторових предметів моделюється тільки їх просторові властивості. Всі інші властивості використовуються для розмежування предметів по їх типах (групам, категоріям), тобто для їх класифікації, не моделюються і мають довідкове значення.

Облік тільки просторових властивостей дозволяє поміщати геоінформаційні моделі просторових предметів (просторові об'єкти) різних типів в один геоінформаційний простір і, спільно оперуючи ними, виявляти властивості простору, що виявляються тільки при розгляді просторових предметів різних наук, вивчаючи їх зв'язки і взаємодію, а також створювати нові, похідні геоінформаційні моделі. З прикладної точки зору геоінформатика - це сучасний могутній інструмент міжгалузевого (міждисциплінарного) дослідження просторових властивостей геопростору.

При цьому споживач, фахівець-галузовик, надає свою геоінформацію і ставить умови задачі: які просторові предмети і яких галузей досліджувати на просторове розташування, який виконати просторовий аналіз, які створити похідні моделі і в якому вигляді надати результати геоінформаційної обробки.

Фахівець з геоінформатики, відповідно до вимог поставленої задачі, збирає геоінформацію по заданих галузях і параметрах, моделює просторові об'єк-

ти за просторово-часовими даними, проводить просторовий аналіз, створює похідні просторові моделі, готує результати в необхідному вигляді і передає їх споживачу.

Аналізом і інтерпретацією результатів геоінформаційної обробки повинен займатися споживач, фахівець-галузевик, використовуючи атрибутивну інформацію.

Питання винесені на проміжний контроль по темі №1:

1. *Які форми створення просторової інформації Ви знаєте?*
2. *З яких складових складається поняття «геоінформаційне забезпечення»?*
3. *Який сучасний стан геоінформаційного забезпечення?*
4. *Що таке «геопростір»? Його характеристики?*
5. *Що таке «геопросторова інформація»? Її особливості?*
6. *Що включає поняття «просторовий географічний предмет»?*
7. *Що таке «геоінформаційна система»? Її особливості?*
8. *Приведіть функціональну схему вивчення геопростору.*
9. *У чому полягає інформаційне відображення геопростору?*
10. *У чому полягає моделювання геопростору?*
11. *У чому полягає просторовий аналіз?*
12. *У чому полягає підготовка просторових рішень?*
13. *У чому полягають особливості динамічної функціональної структури геоінформаційного забезпечення?*
14. *У чому полягає відмінність геодезико-картографічного забезпечення від геоінформаційного забезпечення?*
15. *Опишіть схему розділення і взаємодії картографічної і геоінформаційної діяльності.*
16. *Що включає поняття «геоінформатики»? Її зв'язки з суміжними областями науки?*

тема №2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Геоінформаційний простір формується з баз даних комп'ютерного середовища з використанням геоінформації і моделей вивчається геопростору на основі геодезичних і картографічних даних (рис. 1.4). Програмне забезпечення геоінформаційної системи (ПЗ ГІС) використовує геоінформаційний простір з метою моделювання, рішення просторових задач, вироблення просторових рішень і візуалізації. Результати функціонування ПЗ ГІС доповнюють і збагатять ГІП.

2.1. СУТЬ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Суттю, тобто внутрішнім змістом, суттю ГІП, є те, що воно є сукупність інформаційних координованих комп'ютерних моделей вивчається геопростору. ГІП властивий ряд принципових особливостей [18].

По-перше, ГІП є комплексною інформаційною моделлю вивчається геопростору. Воно містить інформацію про той, що вивчається геопросторі у впорядкованому вигляді: у вигляді геоінформації і безліч його моделей, що відображають основні, потрібні одному споживачу або безлічі споживачів, просторові предмети і їх властивості.

По-друге, на відміну від об'єктивної реальності геопростору, що вивчається, ГІП проектується і створюється людиною, тобто його властивості значною мірою приречені відповідно до вирішуваної задачі.

По-третє, на відміну від опису геопростору (наприклад, місто А розташований в 15 км на схід від міста Б), який також є інформаційною моделлю, інформація ГІП координована, тобто кожен її елемент (і його частина, навіть сама найдрібніша) має координатну прив'язку (просторові координати і час).

По-четверте, ГІП існує тільки в комп'ютерному середовищі. Тільки в ній ГІП функціонує: створюється, зберігається, перетворюється, оновлюється, використовується.

По-п'яте, ГІП призначений для комп'ютерного використання при рішенні просторових задач, виявленні територіально розподілених закономірностей, виробленні просторових рішень по управлінню життєзабезпечення, збереженню природного середовища, розвитку суспільного виробництва, при інформаційно-довідковому забезпеченні населення, як основа для створення і функціонування територіальних інформаційно-управлінських систем.

ГІП можна також використовувати для створення похідних цифрових картографічних зображень. Таким чином, ГІП є цифровим описом сукупності приватних представлень вивчається геопростору, створеною людиною в комп'ютерному середовищі і призначеним для комп'ютерного використання при рішенні просторових задач і виробленні просторових рішень. При цьому в комплекс вирішуваних просторових задач може включатися і створення картог-

рафічних творів.

Відповідно сформульованій суті, ГІП є комплексом трьох інформаційних масивів: геоінформації (ГІ), геоінформаційних моделей (ГІМ) і цифрових картографічних зображень (ЦКЗ) в різних тимчасових, тематичних, детальних або інших аспектах. При цьому базової, первинної є ГІ - впорядкована координована інформація про предмети геопростору в цифровій комп'ютерно-сприйманій формі, призначена як початковий матеріал для створення ГІМ і ЦКЗ на користь конкретного споживача або безлічі споживачів. Масив ГІ містить впорядковану за певними правилами просторову і непросторову інформацію про сукупність окремих просторових предметів геопростору. Становлячими елементами геопростору є просторові предмети. Відповідно, геоінформація про одиничний просторовий предмет (елементарна ГІ, яку позначимо ЕГІ) є становлячим елементом, цеглинкою геоінформації в цілому про геопросторі, тобто ГІ. Таким чином, всі дії (збір, розміщення, зберігання, вибірка) в масиві ГІ здійснюються на безлічі окремих ЕГІ.

На основі ГІ створюється ГІМ, суть якої полягає у тому, що це інформаційна координована комп'ютерна модель геопростору, що представляє сукупність просторових об'єктів. Якщо масив ГІ містить впорядковану інформацію про просторові предмети, то кожна ГІМ містить сукупність моделей цих предметів, тобто просторові об'єкти. У цьому полягає їх принципова відмінність. При цьому кожен просторовий об'єкт містить геометричний образ і атрибутивну інформацію про його непросторові властивості. Геометричні образи окремих просторових об'єктів пов'язані в єдиний геометричний образ геопростору, тобто в ГІМ. Для побудови кожній ГІМ може використовуватися не повністю вся безліч ГІ, а лише вибірка для деякої частини простору, що вивчається, або просторових предметів. Наприклад, на забудованій території вибираються тільки квартали і ігноруються споруди; або вибираються споруди і ігноруються прямі, крильця і ін. Для побудови контурної частини моделей вибраних просторових предметів використовується просторова інформація в повному об'ємі, а зі всього об'єму атрибутивної інформації для цих же предметів вибирається мінімально необхідна. Наприклад, для кварталів це може бути інформація про вогнестійкість, або про чисельність жителів, або середньої вартості земельних ділянок.

Таким чином, використовуючи вибірки за просторовою і атрибутивною інформацією з масиву ГІ, можна створити безліч первинних ГІМ. В цьому випадку, кожному просторовому об'єкту ГІМ відповідатиме (повна або неповна) геоінформація про просторовий предмет. В результаті просторового аналізу на безлічі первинних ГІМ, можна одержати похідні ГІМ. Безліч ГІМ, що утримується в ГІП, включає як первинні, так і похідні моделі, що є результатом виконаного аналізу.

У похідних ГІМ з'являються похідні просторові об'єкти, яким в масиві ГІ не відповідатимуть просторові предмети. При необхідності відповідні просторові предмети з усяквітаною похідною атрибутивною інформацією можна

створити і зберегти в ГІ.

На основі ГІМ створюються ЦКЗ, необхідні для сприйняття людиною результатів комп'ютерної обробки і є, по суті своїй, інформаційною координованою комп'ютерною моделлю картографічного зображення геопростору. При цьому кожному просторовому об'єкту ГІМ відповідає деяка безліч елементарних цифрових картографічних зображень. Картографічні зображення окремих просторових об'єктів пов'язані в єдине цифрове картографічне зображення геопростору, тобто в ЦКЗ.

2.2. ВІДМІННОСТІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ І ЦИФРОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Розглянемо принципи відмінності ГІМ і ЦКЗ, що украй важливе для подальшого дослідження.

Згідно Міжнародного багатомовного словника технічних термінів картографії у викладі [3], карта - це "зменшене, узагальнене зображення поверхні Землі, інших небесних тіл або небесної сфери, побудоване по математичному закону на площині і показуюче за допомогою умовних знаків розміщення і властивості об'єктів, пов'язаних з цими поверхнями". Помітимо, що терміну "об'єкти" в даному визначенні відповідає термін "просторові предмети" у вище висловленій термінологічній системі.

У визначенні карти позначені основні властивості картографічного зображення, що є основним елементом карти:

- зменшене зображення. Ступінь зменшення характеризується масштабом, тобто відношенням відрізків між ідентичними точками карти і що відображається геопростору;
- зображення побудоване по математичному закону проектування сферичної поверхні на площину, тобто з використанням картографічної проєкції;
- зображення показує розміщення і властивості просторових предметів за допомогою умовних позначень, тобто з використанням "особливої умовної мови картографічних символів" [3];
- особливим чином, з дотриманням ряду умов, узагальнене, тобто зображення, що генералізує.

Картографічне зображення, як фізичний об'єкт, що розташовується на одному або багатьох листах, має обмежені кінцеві розміри. З метою забезпечити огляд території, що відображається, здійснюється зменшення картографічного зображення. Різний ступінь зменшення досягається застосуванням карт масштабного ряду. Проте при зменшенні необхідно зберегти читаність картографічного зображення, тому вимушено виконуються відповідні відбір і узагальнення просторових предметів і їх властивостей, тобто зменшується детальна їх відображення. Крім того, пропорційно зменшується точність визначення по карті просторових властивостей предметів. Таким чином, масштаб є сукупним парамет-

ром картографічного зображення, об'єднуючим зміст, а також параметри детальної і точності відображення просторових предметів. Звернемо увагу на те, що зміст карти і детально, окрім масштабу, залежать і від призначення (проблемної орієнтації) картографічного зображення.

Поняття генералізує, як процес відбору і узагальнення просторових предметів геопростору, що відображаються в моделях, властиве і ГІМ, і картографічному зображенню. Проте ті, що генералізація геоінформації і картографії мають принципові відмінності. При уважному розгляді, в тому, що картографічну генералізацію можна виділити два види: генералізація змісту і генералізацію зображення. Той, що *генералізує зміст* полягає у відборі і узагальненні просторових предметів і їх властивостей відповідно до призначення карти, її тематики, масштабу і особливостей території, що вивчається. Цей вид генералізує властивості будь-якому вивченню геопростору, тобто процесу зйомки (геологічної, ґрунтової, топографічної і ін.) при створенні первинних карт. Той, що генералізує зміст також є невід'ємною частиною процесу картостворення, тобто створення похідних карт іншої тематики, призначення або масштабу, інакше - картографічних моделей геопростору.

Той, що *генералізує зображення* полягає у формуванні картографічного зображення, що найкращим чином передає споживачу при візуальному сприйнятті характерні властивості і особливості відображення геопростору, тобто її метою є забезпечення наочності, читаності карти. Переходячи від картографічної до того, що геоінформаційній генералізує, неважко помітити, що останній не властивий той, що генералізує зображення, оскільки ГІМ не володіє зображенням. Той, що генералізує геоінформацію зводиться тільки до того, що генералізує зміст і полягає у відборі і узагальненні просторових предметів вивчається геопростору і їх властивостей відповідно до призначення, тематики, детальної ГІМ і особливостей території, що вивчається. Той, що генералізує зміст також є невід'ємною частиною процесу створення похідних ГІМ (іншої тематики, призначення або детальної). Той, що генералізує зображення використовується тільки при необхідності на етапі створення ЦКЗ. Проте, якщо по просторовому об'єкту ГІМ можна однозначно відновити початкову ЕПІ про просторовий предмет, то по ЦКЗ неможливо відтворити початкову ГІМ. Основна причина - в тому, що картографічний генералізує і в значно більшій суб'єктивності картографічного зображення в порівнянні з ГІМ.

Відомо, що "картограф сам вибирає знаки і способи зображення, вирішує, що і як буде показано на карті. Одночасно він проводить відбір і узагальнення об'єктів, тобто визначає, що важливо для даної карти і обов'язково повинно бути на ній показано, а що не дуже істотно і може бути часткове або повністю виключене. При цьому укладач карти виходить не тільки з певних наукових принципів, правил і інструкцій, але і привертає свої знання, керується власним розумінням суті явища, що відображається, його генезису і значущості в тій геосистемі, що картографується. Багато рішень, які приймає картограф, індивіду-

альне в кожній конкретній ситуації і тому важко формалізується" [3].

Інші причини виникаючих геометричних спотворень полягають в зсувах умовних знаків менш значущих об'єктів, близько розташованих біля значущіших об'єктів. Семантичні спотворення обумовлені обмеженими можливостями картографічних умовних позначень по передачі всієї неосяжної безлічі непросторових властивостей просторових предметів (топографії, географії, геології, соціології, медицини, економіки, історії, військової справи, екології і ін.).

Як цифровий об'єкт, ГІМ принципово не має обмеження в розмірах. Фактичні обмеження обумовлені параметрами сучасних пристроїв, що запам'ятовують. В даний час ці обмеження обходяться методично. Враховуючи стрімкий розвиток машинної пам'яті, ці обмеження найближчими роками будуть зняті. Тому, при відображенні навіть найобширніших територій не виникає проблеми розділення його на частини (листи, трапедії) або зменшення. У ГІМ немає зображення, відповідно, немає властивості зменшення і його характеристики у вигляді числового масштабу. Масштаб ГІМ в цьому аспекті завжди 1:1. Проте, як для будь-якої моделі, для ГІМ необхідна характеристика ступеня подібності модельованого геопростору. Ступінь подібності просторових моделей можна характеризувати двома показниками: детальною і точністю. При цьому пріоритетним показником є детальна. Спочатку визначається необхідний ступінь докладності виявлення і відображення просторових і непросторових властивостей предметів, потім точність вимірювань вимірюваних властивостей. При традиційному картографуванні ці показники практично пов'язані і регламентуються масштабом. Точність вимірювань, перевищуюча графічну точність карти, не реалізовувана. Тому нікому не прийде в голову вимірювати планові координати контурів з дециметровою точністю при створенні карти в масштабі 1:10000, графічна точність якої відповідає 2 м.

Інша справа ГІМ. Наприклад, при інженерно-топографічній зйомці часто координують елементи капітальних споруд з вищою точністю, ніж решта контурів з чіткими контурами. При графічній формі представлення результатів цієї зйомки підвищена точність координованих контурів різко знижується і стає сумірній точності інших контурів з чіткими контурами. При представленні результатів в цифровій формі початкова точність координат зберігається, і елементи капітальних споруд можуть використовуватися як пункти знімального обґрунтування при коректурі інженерно-топографічних ГІМ і при винесенні в натуру проектних рішень.

Помітимо, що в ГІМ поняття масштабу при необхідності може бути пов'язано з детальною елементів, що відображаються, і точністю вимірювання окремих крапок. Проте робити це недоцільно тому, що точність координат контурних точок геопростору істотно розрізняється. По-перше, на будь-якій території можна виділити контури з чіткими і з розмитими, нечіткими контурами. Відповідно, точність їх різна. По-друге, координати контурних крапок визначаються з геодезичних побудов різного порядку і, відповідно, різної точності.

У ГІМ немає настійної необхідності переходу від сферичної поверхні на площину. Крім того, картографічному проектуванню властиві ті або інші спотворення (кутів, ліній, площ). Останніми роками у зв'язку із застосуванням супутникових методів визначення просторових координат в геодезії і при дистанційних методах зондування Землі все ширше використовується геоцентрична прямокутна система координат. Тому ця система координат є переважною для ГІМ, як найзагальніша. Проте, у зв'язку з широким використанням карт як початкові матеріали і створенням ЦКЗ, слід зберігати можливість використання картографічних проєкцій і алгоритмів переходу до геоцентричної прямокутної системи координат і назад.

Для цифрового опису просторових предметів і їх властивостей, застосовується система класифікації і кодування (СКК), заснована на природній національній мові. Для переходу до інших СКК можуть використовуватися засоби конвертації, а також засоби транслітерації географічних назв. І, нарешті, останнє, принципова відмінність - ГІ і ГІМ утримується просторові предмети, а в ЦКЗ утримується об'єкти карти - це "один або декілька умовних знаків або підпис, що відображаються на карті".

2.3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Для вирішення геоінформаційних задач використовуються ГІ і ГІМ, які є основними складовими ГПП і характеризуються рядом геоінформаційних властивостей і параметрів. Цей набір характеристик одержаний на основі аналізу вітчизняного досвіду створення і експлуатації ГІС. ЦКЗ не використовуються для вирішення геоінформаційних задач. Вони володіють, в основному, характеристиками картографічного зображення.

2.3.1. Геоінформаційні властивості

Розглянемо суть геоінформаційних властивостей:

1. проблемна орієнтація.
2. територіальний обхват.
3. зміст.
4. система координат.

Проблемна орієнтація. Залежно від круга споживачів і вирішуваних задач, ГПП, ГІМ і ГІ містять певний набір моделей і геоінформації про геопростір, будучи спеціальними (для вирішення спеціальних задач), галузевими (для вирішення галузевих задач), міжгалузевими (для вирішення міжгалузевих задач) або єдиними (для вирішення всього комплексу задач, що виникають на території). Особливо виділяються ГІМ і ГІ загальногеографічного змісту, призначені для використання як геоінформаційна основа при створенні всіх інших ГІМ.

Територіальний обхват. ГПП, ГІМ і ГІ обмежені межами вивчається геопростору і відображають деяку ділянку території: географічної або політико-

адміністративної одиниці (миру, півкулі, континенту, країни, реГІЗну, району, населеного пункту, його частини), виробничого комплексу або окремої споруди. Додатково можливе відображення, як правило, з меншим ступенем детальної оточуючого геопростору, розташованого за межами території, що вивчається. Територіальний обхват ГІ і ГІМ рівний або, як правило, менше територіального обхвату ГПП. Становлячі ГІМ просторові об'єкти обмежені своїми межами (контуром або поверхнею) в тому, що вивчається геопросторі, займаючи в ньому певне місцеположення.

Зміст. ГПП, ГІМ і ГІ містять в комп'ютерно-розпізнаваних формах цифровий опис деякого набору просторових предметів і їх властивостей, необхідних для просторового аналізу и/или картографічного відображення геопростору. Необхідний для вирішення задачі зміст визначається завданням списку (переліку, каталога, класифікатора) просторових предметів, що відображаються, і їх властивостей, тобто відповідає на питання: "що відображати і по яких властивостях". Зміст ГІМ звично менше змісту ГІ, оскільки використовується вибірка з ГІ по частині геопростору, переліку просторових предметів і їх властивості. Зміст ГПП відповідає змісту ГІ.

Система координат. ГПП і його складові характеризуються системою координат, що включає три просторових і одну тимчасову осі координат. Найбільш доцільне використання геоцентричної системи прямокутних просторових координат (X, Y, Z). Для невеликих локальних просторів можна використовувати геодезичні (B, L, H) або геодезичні прямокутні координати і висоти (X, Y, H), віднесені на референс-еліпсоїд. Географічні координати і картографічні проекції в координатній системі ГПП використовуються для відображення геопростору з обширним територіальним обхватом. Для відображення в одному ГПП геопростору з різним територіальним обхватом (населеного пункту, району, регіону, федерації, світу) застосовуються відповідні системи координат. При застосуванні ряду систем виникає додаткова задача перерахування координат.

Для вказівки тимчасової координати в Росії прийнято літочислення "від різдвя Христового" і декретний час. У інших країнах застосовуються інші системи. Просторово-часові системи координат ГІМ і ГІ, як правило, ідентичні системам координат відповідних територіальних розділів ГПП.

2.3.2. Геоінформаційні параметри

Основні складові ГПП характеризуються деякими кількісними величинами, які є параметрами. Параметри є характеристиками, що індивідуалізуються, ніж геоінформаційні властивості. Вони різняться для різних ГІМ, а для ГІ можуть різнитися по групах просторових об'єктів. Тому для характеристики ГПП в цілому або його розділів, що є сукупністю безлічі самих різних ГІ і ГІМ, параметри слід застосовувати як узагальнювальні показники з урахуванням їх значущості для вирішення конкретної задачі. В результаті виконаних досліджень пропонується наступний набір параметрів:

1. детальна.
2. повнота.
3. достовірність.
4. актуальність.
5. точність.
6. мірна.

Розглянемо суть вказаних параметрів.

Детальна - ступінь докладності відображення властивостей (просторових і непросторових) просторових предметів (для ГІ) або просторових об'єктів (для ГІМ). Детальна забезпечується завданням цензов відбору і узагальнення просторових предметів або об'єктів, а також їх властивостей, що відображаються, тобто відповідає на питання: "з яким ступенем докладності відображено геопростір"

Повнота - ступінь відповідності набору просторових предметів і їх властивостей (для ГІ) або об'єктів і їх властивостей (для ГІМ) умовам вирішуваної просторової задачі.

Достовірність - ступінь довіри, надійності вмісту, тобто відображення властивостей (просторових і непросторових) просторових предметів або об'єктів. Визначається достовірність вірогідністю появи неточної, помилкової ГІ або її частковою відсутністю по відношенню до об'єму всієї ГІ або по найзначущіших просторових предметах, наприклад, відсутністю даних по ряду метеорологічних постів або періоду спостережень. Достовірність ГІ може оцінюватися по метайнформації про походження, джерело ГІ і метод її отримання. Аналогічно характеризується і оцінюється достовірність ГІМ.

Актуальність - ступінь відповідності інформації і моделей стану геопростору, а також сучасним потребам суспільства. Актуальність є відносною величиною і виражає відношення кількості ГІ, задовольняючої сучасним потребам, до всієї кількості ГІ. Основні причини зниження актуальності:

- 1) збір недостовірної та/або неповної ГІ,
- 2) зміни просторових предметів вивчається, що відбуваються в часі, геопросторі
- 3) зміна вимог до ГІ з боку користувачів.

Геопростір мінливий, тому, із збільшенням періоду часу, що пройшов з моменту його вивчення і до використання ГІ, актуальність її, як правило, знижується. Для відновлення актуальності до прийнятного рівня проводиться або облік результатів моніторингу, або додатковий збір оновленої ГІ, або додаткове вивчення геопростору. Актуальність ГІМ відповідає актуальності ГІ, використаній для її побудови. З урахуванням нерівноцінної актуальності різних просторових об'єктів, актуальність ГІМ в цілому може оцінюватися по групах найзначущіших об'єктів як вірогідність, середньозважена, інтегральна величина або інакше.

Точність ГІ характеризується погрішностями (середніми або, рідше, се-

редніми квадратичними) відображення просторових, тимчасових і інших вимірюваних властивостей просторових предметів. Погрішності вимірюваних властивостей складаються з трьох основних джерел погрішностей. По-перше, це міра просторової невизначеності вимірюваної властивості. Наприклад, встановити місцеположення контура капітальної споруди можна з погрішністю порядку 5 - 10 см, контура лісу - 2 - 5 м, береговій лінії морити - десятків метрів. По-друге, погрішності власне вимірювання. По-третє, погрішності моделювання, які повинні бути, принаймні, удвічі менше значень найбільшого джерела: заходи невизначеності властивостей просторового предмету або погрішності вимірювань. Точність просторових об'єктів характеризується точністю ГІ, використаною для їх моделювання. Точність ГІМ в цілому, при необхідності, може оцінюватися по групах найзначущіших просторових об'єктів або їх вимірюваних властивостей як вірогідність, середньозважена, інтегральна величина або інакше.

Мірність визначається кількістю використовуваних координат при моделюванні (дві, три або чотири) і обмежується кількістю осей системи координат ГІ. Так, за тривимірною просторовою інформацією можна побудувати двух- або тривимірну ГІМ. У картографії різним значенням параметра "масштаб" відповідає різний ступінь ряду параметрів. Тому при характеристиці ГІ і ГІМ допустиме застосування терміну "масштаб" для позначення сукупності параметрів "детальна" і "точність" з неодмінним дотриманням умови "немає зображення - немає ступеня зменшення".

2.3.3. Геоінформаційна якість

Враховуючи, що ГІП проектується і створюється людиною, параметри його основних складових можуть бути проектні і фактичні. *Проектні* параметри встановлюються при створенні складових ГІП і, як правило, зберігаються незмінними тривалий час. *Фактичні* параметри оцінюються для поточного стану і сучасних потреб в геоінформації при рішенні конкретної задачі. Значення фактичних параметрів можуть бути вищими, рівнішими або нижче за значення проектних параметрів і, відповідно, характеризують приватну якість, тобто якість по кожному з параметрів. З урахуванням значущості параметрів для вирішення конкретної геоінформаційної задачі можна оцінити геоінформаційну якість в цілому для конкретної ситуації з використанням вагової функції.

Таким чином, можна сформулювати принцип: геоінформаційна якість основних складових ГІП оцінюється як співвідношення значень проектних і фактичних параметрів. Оскільки для вирішення конкретної геоінформаційної задачі потрібні не вся ГІ і не всі просторові об'єкти ГІМ, а тільки значущі для даної задачі, остільки кожен параметр встановлюється і оцінюється по цих значущих просторових об'єктах, вірніше, по їх групах.

2.3.4. Характеристики цифрових картографічних зображень

Цифрові картографічні зображення (ЦКЗ) є інформаційними координо-

ваними комп'ютерними моделями картографічного зображення і використовуються для відображення територіальних сукупностей предметів геопростору и/или просторових об'єктів, що утримується в ГІМ. ЦКЗ характеризуються картографічними і геоінформаційними властивостями і параметрами:

1. тематика.
2. територіальний обхват.
3. зміст.
4. математична основа.
5. масштаб.
6. повнота.
7. достовірність.
8. актуальність.
9. мірність.

Тематика ЦКЗ відповідає геоінформаційній властивості "Проблемна орієнтація" ГІМ. Особливо виділяються загальногеографічні ЦКЗ, використовувани як цифрові картографічні основи для створення спеціальних ЦКЗ.

Територіальний обхват ЦКЗ ідентичний однойменній властивості ГІМ і характеризує обмеження ділянки території, що відображається: географічної або політико-адміністративної одиниці (світу, півкулі, континенту, країни, регіону, району, населеного пункту, його частини), виробничого комплексу або окремої споруди. Додатково можливе відображення, як правило, з меншим ступенем детальної і оточуючого геопростору, розташованого за межами території, що вивчається.

Зміст. ЦКЗ містить цифровий опис картографічного зображення геопростору, включаючи умовні позначення сукупності просторових предметів, напису, сітки (географічна, координатна або об'єктна).

Математична основа побудови ЦКЗ характеризується:

- 1) параметрами просторового тіла (куля, еліпсоїд, геоїд), на яке проектується зображення поверхні Землі;
- 2) параметрами картографічного проектування (проекції) на площину зображення на просторовому тілі, зокрема:
 - головним масштабом;
 - параметрами системи координат;
 - параметрами розграфування і номенклатури листів багаточарового ЦКЗ.

Масштаб є інтегральним картографічним параметром, що характеризує як ступінь зменшення лінійних розмірів картографічного зображення по відношенню до зображення на просторовому тілі, так і детальну, і точність. Чим дрібніше масштаб, тим менше детальна і точність. Масштаб пов'язаний і з територіальним обхватом, як правило, чим більше територіальний обхват, тим дрібніше масштаб. Проте можливе створення карт масштабного ряду на одну і ту ж територію. Наприклад, на територію найбільшого міста можуть створюватися

топографічні карти і плани масштабів 1:25000, 1:10000, 1:5000, 1:2000 і 1:500.

Точність контурів ЦКЗ у векторній формі, одержаній по ГІМ, може зберігати характеристику точності ГІМ. Значення точності ЦКЗ, створених шляхом цифрування графічних карт, відповідають точності початкового картографічного матеріалу. Традиційно точність графічних карт характеризується відносною величиною - середньою погрішністю в плановому положенні об'єктів і контурів з чіткими контурами в масштабі карти. Для первинних топографічних карт масштабів 1:10000 - 1:100000 нормативне значення цієї погрішності знаходиться в межах 0,5 мм для рівнинної місцевості. Тому середня погрішність контурів карт різних масштабів різна: у масштабі 1:10000 допустима погрішність 5 м, а в масштабі 1:50000 - 25 м. Погрішність відображення рельєфу окремо характеризується абсолютною величиною - в метрах на місцевості, тому від масштабу залежить трохи.

Повнота - ступінь відповідності набору цифрових описів картографічних зображень предметів геопростору умовам вирішуваної просторової задачі.

Достовірність - ступінь довіри, надійності вмісту ЦКЗ, тобто цифрових описів картографічних зображень предметів геопростору. Визначається вірогідністю появи недостовірних, помилкових картографічних зображень або їх частковою відсутністю по відношенню до об'єму всього вмісту ЦКЗ або по найзначущіших просторових предметах. Достовірність також може оцінюватися по метаданим про походження, джерело ЦКЗ і метод його отримання.

Актуальність - ступінь відповідності вмісту ЦКЗ геопростору і сучасним потребам. Актуальність є відносною величиною і виражає відношення кількості картографічних зображень предметів геопростору, що задовольняють сучасним потребам, до всієї кількості зображень. Основні причини її зниження:

- 1) збір недостовірної та/або неповної ГІ,
- 2) зміни просторових предметів вивчається, що відбуваються в часі, геопростору і
- 3) зміна вимог до змісту ЦКЗ з боку користувачів.

Геопространство мінливе, тому, із збільшенням періоду часу, що пройшов з моменту його вивчення і до використання, актуальність ЦКЗ, як правило, знижується. Для відновлення актуальності до прийнятного рівня проводиться або облік результатів моніторингу, або додатковий збір "сучасної" ГІ (наприклад, за матеріалами дистанційного зондування) і моделювання. З урахуванням нерівноцінної актуальності різних предметів геопростору, ЦКЗ може оцінюватися по групах найзначущіших предметів як вірогідність, середньозважена, інтегральна величина або інакше.

Мірна. ЦКЗ завжди є плоским (двовірним) зображенням незалежно від мірної використовуваної ГІМ.

2.4. СКЛАД І СТРУКТУРА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Склад. ГІП складається з впорядкованих масивів геоінформації, геоінфо-

рмацийних моделей, а також моделей ділянок вивчається геопростору у вигляді ЦКЗ. Масив ГІ містить сукупність елементарної геоінформації (ЕГІ). ЕГІ містить взаємопов'язану просторову, атрибутивну і метаінформацію про окремі просторові предмети геопростору.

Кожна ГІМ складається з сукупності просторових об'єктів, об'єднаних в тематичні шари. Просторовий об'єкт складається з просторової (геометричної) моделі, атрибутивної інформації і метаінформації, що характеризує умови отримання інформації і створення моделі (виконавець, час, правові аспекти, технологія і ін.). Геометрична модель включає:

- 1) просторові координати або піксели, що характеризують місцезнаходження об'єкту і займаний геопростір;
- 2) топологічну інформацію, що характеризує внутрішню структуру і зовнішні просторові зв'язки об'єкту.

ЦКЗ складається з сукупності цифрових описів картографічних зображень предметів геопростору (у векторній, растровій або векторно-растровій формах), а також метаінформації (включаючої допоміжне оснащення карти, тобто зміст "зарамкового оформлення"), легенди (системи використаних умовних позначень і текстових пояснень до них), додаткових даних (географічний показник).

Структура. ГІП структурно може включати розділи, утворені за ієрархічним принципом "від загального до приватного" з використанням територіального обхвату. Кожен розділ включає ГІ, ГІМ і ЦКЗ відповідного рівня з однаковими або близькими властивостями територіального обхвату і системи координат. Наприклад, ГІП суб'єкта Федерації може включати розділи: 1) миру, 2) Федерації, 3) власне суб'єкта Федерації, 4) районів, 5) населених пунктів. Крім того, доцільна організація підрозділів по проблемній орієнтації, з виділенням в розділах кожного територіального рівня підрозділу загальногеографічної геоінформаційної основи, включаючого відповідні ГІ, ГІМ і ЦКЗ (рис. 2.1). Кожен масив ГІ відповідного розділу і підрозділу ГІП включає множину ЕГІ, розподілених за змістом" і "деталлями" (рис. 2.2). Структура кожної ГІМ включає тематичні шари, в які групуються просторові об'єкти, що відносяться до однієї теми (класу об'єктів: рослинність, земельні ділянки і т.п.), однієї міри або форми уявлення.

Векторні представлення просторових об'єктів реалізуються у вигляді реляційних та/або об'єктно-орієнтованих структур баз даних. Прості просторові об'єкти включають геометричні примітиви різної мірної. На основі простих створюються складові просторові об'єкти з відповідною геометрією.

Растрові представлення об'єктів реалізуються у вигляді матричних структур. Векторні і растрові представлення просторових об'єктів утворюють різні шари, а шари - групи. Шари, що містять загальногеографічні об'єкти, складають групу основи. Шари однієї ГІМ можуть розрізнятися по територіальному обхвату, галузевому змісту, включаючи просторові об'єкти різних властивостей

або об'єднуючи просторові об'єкти з однаковими властивостями. Векторне представлення просторових об'єктів може розпізнаватися безпосередньо комп'ютером, растрове представлення зображення територіальної сукупності об'єктів розпізнається за допомогою штучного або людського інтелекту.

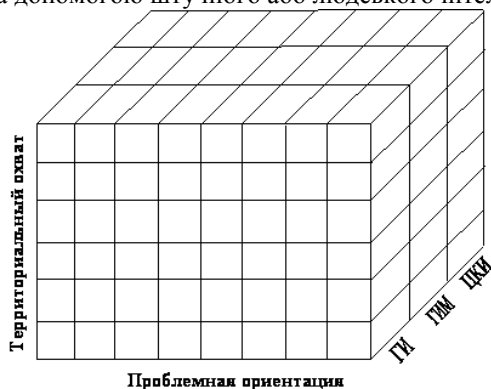


Рисунок 2.1 - Структура ГІП

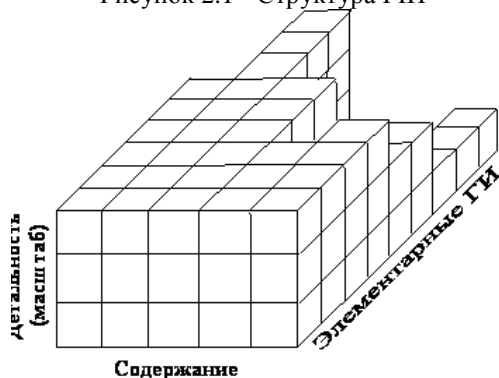


Рисунок 2.2 - Структура ГІ

Цифрові описи картографічних зображень предметів геопростору (у векторній, растровій або векторно-растровій формах) в ЦКЗ утворюють тематичні шари. Сукупність цифрових описів у векторній формі картографічних зображень предметів геопростору розділена на тематичні шари по групах предметів геопростору. Шари можуть відключатися, відповідно, зменшуючи зміст картографічного зображення. Повний зміст ЦКЗ відображається при включенні всіх шарів. Зображення кожного шару повинне бути узгоджене із зображеннями всього комплексу шарів ЦКЗ. Поняття ЦКЗ, використане при розгляді його характеристик, є узагальнювальним для двох принципово різних понять: "цифрової карти" і "електронної карти".

2.5. ЦИФРОВА КАРТА

Виходимо з того, що *цифрова карта* - це "цифрова модель карти" [11]. В даний час цифрова карта може бути одержана або картографічним перетворенням ГІМ, або шляхом картографічного складання з використанням початкових цифрових картографічних матеріалів, або в результаті цифрування (сканування і векторизації) графічної карти. У останньому випадку цифрова модель відображає початкову (існуючу) графічну карту. У двох перших - майбутню (віртуальну), створювану карту. Під "графічною картою" розумітимемо карту на паперовій, жорсткій (алюміній, фанера) або пластиковій основі; це може бути, видавничого або авторського оригінал упорядництва, тиражне відтиснення, викреслена на графічному пристрої або одержана на принтері копія карти.

Цифрова карта, як і інші види карти (електронна, графічна), є образно-знаковою (картографічною) моделлю геопростору. Основним її складовим елементом також є картографічне зображення. Картографічне зображення цифрової карти сформоване у векторному форматі, який безпосередньо не відтворюється на екрані дисплея, і тому цифрова карта, в цьому значенні, недоступна сприйняттю людиною. Цифрову карту "читає" комп'ютер з використанням програм типу "вьюер", розпізнавати при цьому окремі елементи картографічного зображення (ЕКІ). Для забезпечення сприйняття цифрової карти людиною векторний формат картографічного зображення "вьюер" автоматично перетворює шляхом растрезації в растровий формат, тобто у форму електронної карти. Незалежно від технології отримання, цифровій карті повною мірою властиві характеристики ЦКЗ, а також склад і структура. Цифрова карта, одержана по ГІМ, додатково до раніше розглянутих властивостей і параметрів, характеризується рівнем картографічного перетворення. При мінімальному рівні перетворення в цифрову карту передаються тільки просторові (геометричні) моделі, які утворюють контури просторових об'єктів ЦКЗ заданого масштабу.

На вищому рівні картографічного перетворення з використанням атрибутивної інформації просторових об'єктів формуються і розміщуються по контурах ЕКІ. При цьому звичайно не допускаються які-небудь їх зміщення щодо контура об'єкту. Тому близько розташовані ЕКІ можуть перекриватися, а написи - закривати деякі зображення. Формування ЕКІ можливе з використанням спрощених або нормованих (тобто із строгим дотриманням наказаних розмірів, форм, кольору) умовних позначень. На вищому рівні картографічного перетворення при неодмінній участі людини (а частково, за допомогою експертних систем) виконується той, що картографічна генералізує з метою забезпечити наочність, читаність всієї сукупності ЕКІ, тобто цифрової карти заданого масштабу. При цьому, як правило, змінюються форма і просторове положення ЕКІ.

Цифровий опис кожного ЕКІ (умовного знаку, напису) містить, як мінімум, дві частини:

1. Дані позиціонування у вигляді координат розміщення ЕКІ.
2. Семантичний код ЕКІ (умовного знаку, шрифту та/або графічних

атрибутів).

Цифрова карта, через свою цифрову природу, володіє рядом чудових можливостей, реалізовуваних автоматично. *По-перше*, вона може відображати без розділення на номенклатурні листи геопростору, значні по територіальному обхвату. *По-друге*, можливий швидкий переклад цифрової карти в іншу систему координат і картографічну проекцію. Помітимо, що переклад цифрової карти в іншу систему висот неможливий. Як і в графічній карті, можна змінити лише відмітки висот. Для внесення змін у відображення рельєфу, необхідно заздалегідь по "старих" горизонталях побудувати цифрову модель рельєфу, ввести в неї поправки за перехід в нову систему висот і створити "нові" горизонталі. *По-третє*, в широких межах можлива зміна масштабу зображення. Для забезпечення прийнятного рівня читаності при такій зміні в настройках цифрової карти указуються значення масштабів зображення, досягши яких автоматично включаються або відключаються відповідні шари картографічного зображення. При зміні масштабу зображення зберігаються незмінними масштаб цифрової карти і пов'язані з ним характеристики детальної і точності. При зміні масштабу зображення настройками цифрової карти можна задавати зміну масштабу груп векторних ЕКІ: пропорційно зміні масштабу зображення або, як правило, без зміни. *По-четверте*, забезпечується висока точність і, при необхідності, якість графічних копій картографічного зображення. *По-п'яте*, внесення змін в картографічне зображення і його редагування здійснюється з використанням засобів машинної графіки. *По-шосте*, заміна безлічі ЕКІ одного виду на інший здійснюється простою зміною одного знаку в бібліотеці умовних знаків.

Остання обставина важлива, оскільки навіть найконсервативніші - топографічні умовні знаки - поступово (з періодом 15 - 25 років) міняються.

2.6. ЕЛЕКТРОННА КАРТА

Електронна карта - це цифрове картографічне зображення в растровому форматі, що генерується комп'ютером і призначене для штатного висновку на комп'ютерних пристроях створення інформації (цифро-аналогових перетворювачах): екрані дисплея, принтері, растровому графічному пристрої. Термін "штатний" застосований для позначення можливості висновку з використанням програм проглядання зображень. Це не виключає можливості використовування могутніх спеціалізованих прикладних програм, призначених для роботи з растровими зображеннями.

По складу електронна карта є сукупністю елементів растрового зображення - пікселів. Структурно цифрове картографічне зображення електронної карти є прямокутною матрицею пікселів з характеристикою яскравості і кольору кожного пікселя. Растрове зображення характеризується дозволом (вимірюваною кількістю пікселів на дюйм), кількістю градацій кожного з основних кольорів (вимірюваною кількістю інформації, що виділяється для кольору) і іншими показниками.

Електронна карта може бути одержана шляхом растрезації цифрової карти або скануванням графічної карти. У першому випадку, можуть бути реалізовані точність і якість зображення цифрової карти. Можливе отримання растрових шарів, відповідних тематичним шарам цифрової карти або їх сукупностей. У другому випадку, точність і якість лімітуються відповідними показниками початкової графічної карти. Як правило, це зображення істотно нижчої якості, ніж одержане по цифровій карті.

Недоліком растрового зображення є більший об'єм пам'яті, ніж векторного зображення, і більший час, потрібне на його висновок. Тому розмір растрового зображення, що виводиться, звичайно не більше ніж в 2-3 рази перевищує розмір екрану дисплея. При відображенні великих територій електронна карта розрізає на листи. Внесення змін і редагування растрових зображень - трудомістка і далеко не тривіальна задача. Крім того, зміна масштабу (зменшенням або збільшенням) зображення електронної карти супроводжується значною втратою якості зображення.

Електронні карти, окрім висновку результатів моделювання, просторового аналізу і картографічного перетворення у формі, сприйманій людиною, широко використовуються для доведення до населення картографічних матеріалів, при створенні довідково-картографічних систем, включень на рекламній продукції і навігаційних систем. Крім того, електронні карти, одержані в результаті сканування, використовуються як початковий матеріал при створенні ГІ, ГІМ і цифрових карт. В результаті комбінації шарів цифрової і електронної карт одержують електронно-цифрову карту. В цьому випадку растровий шар служить опорним фоном, а зміни і додавання вносяться у векторне зображення. Сукупність спеціальним чином підібраних цифрових і електронних карт утворює електронно-цифрові атласи.

2.7. СХОЖІСТЬ І ВІДМІННІСТЬ МОДЕЛЕЙ ГЕОПРОСТОРУ

Докладний розгляд суті складових ГІП: ГІМ, цифрової і електронної карт - дозволяє більш обгрунтовано виявити їх схожість і відмінності між собою, а також з графічною картою. Це необхідно тому, що в науковій, нормативній і виробничій літературі все ще часто змішують ці поняття [20].

Загальним є те, що всі вони є моделями вивчається геопростору, тобто геопросторовими моделями. При цьому ГІМ, цифрова і електронна карти є інформаційними координованими комп'ютерними (цифровими) моделями, а графічна карта - аналоговою моделлю. Інші відмінності полягають у формі моделювання геоінформації, в змісті і способах опису семантики (атрибутивної інформації), в орієнтації на сприйняття і призначенні:

- у ГІМ (часто званою цифровою моделлю місцевості) утримується просторові об'єкти, що є геоінформаційними моделями просторових предметів;
- семантика представлена в цифровій формі кодами характеристик про-

сторових предметів. ГІМ орієнтована на сприйняття комп'ютером і призначена для просторового аналізу;

- у цифровій карті міститься цифрове картографічне зображення, що складається з елементарних картографічних зображень, в яких просторова інформація і семантика реалізовані графічними кодами у вигляді цифрової форми картографічних умовних позначень. Цифрова карта орієнтована на сприйняття комп'ютером і призначена для перетворення в електронну карту;
- у електронній карті міститься растрове картографічне зображення, що складається з пікселів з характеристикою яскравості і кольору кожного пікселя, семантика реалізована у вигляді піксельних зображень картографічних умовних позначень в псевдоаналоговій формі. Електронна карта орієнтована на сприйняття людиною і призначена для представлення графічного образу ГІМ або цифрової карти, перетворення в графічну карту і розповсюдження;
- у графічній карті міститься картографічне зображення в графічній формі, просторова інформація і семантика виражені графічними кодами в аналоговій формі - умовними картографічними позначеннями. Графічна карта орієнтована на сприйняття людиною і призначена для орієнтування в геопросторі і для його організації.

Таким чином, цифрові коди просторової інформації і семантики в ГІМ орієнтовані на комп'ютер і можуть бути їм оброблені, що забезпечує можливість комп'ютерного рішення комплексу просторових задач. Навпаки, графічні коди просторової інформації і семантики в електронній і графічній картах орієнтовані на людське сприйняття і як наслідок - на рішення просторових задач безпосередньо людиною. Тільки ГІМ містить сукупність моделей просторових предметів, придатних для просторового аналізу. Первинними є ГІМ, а картографічні моделі - вторинними. Вони створюються на основі геоінформаційних і в тих випадках, коли їх зміст необхідний донести до сприйняття людиною як наочний результат, при формуванні завдання на обробку або при контролі обробки.

Картографічне зображення містить елементарні картографічні зображення як просторових предметів, так і картографічних об'єктів (написів, горизонталей, бергштрихів, стрілець перебігу водотоків і багатьох інших), тому його використання для просторового аналізу утруднене, а часом неможливо.

2.8. ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Для кожної ГІС, незалежно від усвідомлення цього його творцями, формується ГІП і його складові: ГІ, ГІМ, цифрові (ЦК) і електронні (ЕК) карти - все те, що часто називають узагальненим терміном "просторові дані". Не дивлячись на окремі приклади успішної розробки ГІС муніципальних і виробничих територіальних комплексів, сучасний період формування ГІП характеризується сти-

хійністю, територіальною і галузевою роз'єднаністю, різноманітністю підходів і точок зору, відсутністю законодавчої і нормативної бази, організаційної і методичної регламентації. Основними причинами цього як і раніше залишаються: відомча роз'єднаність і відсутність зацікавленості в сумісному комплексному і ефективному господарюванні на території. Кожне відомство поки вирішує свою задачу і для об'єднання зусиль з іншими не має стимулів.

Загальновідомо, що збір, зберігання, підтримка в актуальному стані, тобто створення ГП вимагає значних трудових, фінансових і тимчасових витрат. Вся безліч створюваних ГП є сховищами різноманітної просторово прив'язаної інформації, об'єми якої з часом тільки збільшуватимуться, а значення її комплексного використання в житті суспільства - зростати. Тому безліч ГП є величезною національною цінністю, і від того, наскільки розумно будуть організовані ці капітальні вкладення з урахуванням перспектив, залежить ефективність їх віддачі на тривалий термін. Структура (рис. 2.1) дозволяє здійснити гнучку організацію ГП. Воно може бути сформоване:

- 1) у одному місці і однією організацією;
- 2) різними організаціями одного рангу, територіально роз'єднаними;
- 3) різними організаціями, територіально роз'єднаними, з виділенням організації-координатора;
- 4) різними організаціями ієрархічної структури по територіальній ознаці і по інших схемах. При цьому йдеться про організації, які для виконання своїх функцій і рішення своїх галузевих задач створюють (або збирають до фонду), використовують і зберігають масиви ГП. Позначимо їх як організації-постачальники.

Організації-постачальники в рамках галузевих ГП створюють (або збирають) галузеву ГП: геологічну, топографічну, земельно-кадастрову, екологічну або іншу. Галузь, виходячи з покладених або закріплених функцій, самостійно визначає перелік галузевих просторових предметів і їх властивостей (тобто ЕГП) по кожному рівню територіального обхвату (масштабу). Перелік оформляється і вводиться в дію як внутрішній нормативний документ.

При цьому найважливішою умовою надійного і ефективного ГП є неприпустимість перекриттів в переліках просторових предметів різних галузей, що повинне забезпечуватися чітким розділенням просторових предметів і досягатися в процесі взаємного узгодження.

По-перше, розділення необхідне по проблемній орієнтації (тематичному змісту). Строго кажучи, в різних проблемних (тематичних) розділах просторові предмети (на рівні ГП) і просторові об'єкти (на рівні ГІМ) не повинні повторюватися. Пояснимо це на прикладах:

1. Об'єкт геопростору "річка судноплавна" як топографічний предмет обмежується береговими лініями з відмітками урізань води і характе-

ризується рядом показників на окремих ділянках русла, а як предмет лоцманського забезпечення судноплавства (на річковій карті) показується положенням фарватеру річки, відмітками глибин, місцеположенням руслових і берегових знаків суднового ходу. При цьому берегові лінії відображаються схематично.

2. Об'єкт геопростору "будова" (або "будівля") як топографічний предмет відображається по контуру, утвореному проекцією стін на поверхню рельєфу, а як будівельний предмет відображається осями стін.
3. У земельно-кадастровому розділі земельні ділянки обмежені межею - узгодженою лінією розмежування суміжних земельних ділянок різного правового статусу. Межа може співпадати з чіткими (огорожа) або нечіткими (контур лісу, русло річки, канава) об'єктами місцевості і може не співпадати ні з одним топографічним предметом. Тому межа є предметом земельно-кадастрового розділу ГП, а топографічні предмети не повинні в ньому фігурувати.

По-друге, розділення доцільне і по територіальному обхвату (і функціонально пов'язаному з ним масштабу). Тільки на значних територіях з'являються такі просторові предмети, як міський квартал, річковий басейн, Уральські гори, суб'єкт Федерації і ін. Навпаки, на малих територіях з'являється можливість відобразити їх з більшою подробицею, яка при переході до великих територій повинна бути узагальнена. У галузевій ГІ можна виділити спеціалізовану частину, тобто ГІ, використовувану усередині галузі, і ГІ широкого застосування, передавану для використання в інших галузях або для вирішення комплексних задач. Як ГІ широкого застосування може використовуватися як частина спеціалізованої ГІ за принципом "використовував сам, передай іншому", так і спеціально переробленої, відібраної або узагальненої. При цьому галузь сама визначає і привласнює рівень конфіденційності елементам галузевої ГІ. Передаватися може як безпосередньо набір ЕГІ, так і ГІМ, ЦК або АЧ, сформовані за технічних умов споживача. Галузь повинна нести відповідальність за достовірність надаються ГІ і моделей від рівня "як є" до відшкодування заподіяного економічного збитку. У галузевих ГП, окрім власних, використовуються ГІ і моделі, передавані (запозичені) з ГП інших галузей. Перелік передаваних просторових предметів і їх властивостей також повинен бути чітко визначений і узгоджений. Крім того, узгоджуються вимоги до характеристик інформації, вид геоінформаційних моделей, терміни і порядок актуалізації, інші умови передачі і подальшої взаємодії.

Із зміною функцій і задач галузі переліки ("галузевий" і "передаваний") можуть розширяться, змінюватися і доповнюватися. Найчастіше затребуваною для галузевих ГП є топографічна інформація через її загальногеографічний характер. Вищевикладене покажемо на прикладі ГП для забезпечення МЧС великого міста [21]. Її основний територіальний рівень відповідає масштабу картографування 1:25000. Території потенційно небезпечних об'єктів і їх окремих ді-

лянок відображаються з детальною, відповідною масштабам 1:5000 - 1:500. На основному територіальному рівні перелік галузевих спеціалізованих просторових предметів підрозділений на розділи і підрозділи (шари):

- потенційно небезпечні об'єкти (хімічно, вибухо-, пожежо-, радіаційно-, біологічно небезпечні), включаючи виробництво, складування і транспортування;
- можливі зони надзвичайних ситуацій і розповсюдження небезпечних явищ (паводку, пожежі, хімічного, біологічного або радіаційного зараження);
- об'єкти життєзабезпечення населення (електроенергією, транспортом, водою, теплом, газом, каналізацією, продуктами харчування, медикаментами і т.п.);
- підрозділи і об'єкти МНС, а також інших служб (медичної, протипожежної, МВС і ін.) і місцевих органів влади, взаємодіючих на користь населення в умовах надзвичайних ситуацій;
- споруди і місця можливого масового скупчення людей (вокзали, видовищні приміщення, учбові заклади, установи, підприємства, стадіони і т.п.) з характеристикою максимально можливої чисельності;
- чисельність і структура населення для кожної багатоповерхової житлової будівлі і кварталу малоповерхової забудови.

Для відображення оперативної обстановки застосовується перелік просторових предметів типу аварій (транспортних, комунальних мереж, обвалення будівель, захоплення заручників, вибухів, пожеж і інших), місць розташування мобільних підрозділів, пунктів збору, живлення і евакуації населення, районів руйнувань, зараження і поразки, шляхів пересування рятувальних підрозділів і евакуації населення.

При створенні ГПІ МНС великого міста використовуються ГІ і геоінформаційні моделі, передавані (запозичені) з ГПІ інших галузей: містобудівного кадастру, топографічні, БТІ і ін. З містобудівного кадастру використовуються предмети: міська межа, адміністративні райони, селища і мікрорайони, адресний план і ін. Просторова складова "еменесівських" ЕГІ утворюється "прив'язкою" до топографічних предметів відповідних ГІМ або ЦКЗ. Таким чином, топографічні предмети не дублюються і не редагуються, а на їх основі "поверх" створюються "еменесівські" ЕГІ і далі шари ГІМ і ЦКЗ. При створенні ЦКЗ на основі запозичених ГІМ застосовуються умовні позначення, найкращим чином відповідні рішенням "еменесівських" задач. Дотримання умовних позначень галузей, з яких запозичені ГІМ, не є обов'язковим. Структура дозволяє наповнювати ГПІ поступово, в міру необхідності і можливості.

За наявності повноцінного ГПІ моніторинг змін геопростору доцільно здійснювати пооб'єктно і лише на рівні ГІ. Раніше створені геоінформаційні і картографічні моделі можуть зберігатися якийсь час і перескладатися тільки у разі зміни ЕГІ, використаних при їх створенні.

Виходячи з розгляду суті ГІП як сукупності ГІ і моделей геопростору, звернемо увагу на динаміку ГІП. *По-перше*, динаміка ГІП обумовлена мінливістю геопростору. *По-друге*, інформаційні моделі геопростору створюються для задоволення потреб суспільства, що змінюються. По-третє, створення навіть окремих складових ГІП є процесом трудомістким і розтягнутим за часом. По-четверте, обмеження по суспільних ресурсах не дозволяють створити "все і відразу". Крім того, ГІП створюється не на порожньому місці, будь-який геопростір має деяку картографічну інформацію і геовивченість.

Питання винесені на проміжний контроль по темі №2:

1. *Які особливості суті геоінформаційного простору Ви знаєте?*
2. *Що входить в поняття: «геоінформаційний простір», «геоінформація», «геоінформаційна модель»?*
3. *У чому полягають відмінності геоінформаційних моделей і цифрових картографічних зображень?*
4. *Які геоінформаційні властивості Ви знаєте?*
5. *Які геоінформаційні параметри Ви знаєте?*
6. *Що включає в себе поняття «геоінформаційна якість»?*
7. *Приведіть характеристики цифрових картографічних зображень? Розкрийте поняття.*
8. *Що входить до складу геоінформаційного простору?*
9. *Яка структура геоінформаційного простору?*
10. *Що таке «цифрова карта»? Опис, склад і характеристики?*
11. *Що таке «електронна карта»? Опис, склад і характеристики?*
12. *У чому схожість і відмінність моделей геопростору?*
13. *У чому полягає принцип формування геоінформаційного простору?*

тема №3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ І ВЕДЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

У "життєвому циклі" окремих розділів ГПП можна умовно виділити три основні етапи:

- 1) створення ГПП,
- 2) функціонування і розвиток,
- 3) підтримка в актуальному стані.

Два останні етапи можна об'єднати в поняття "ведення ГПП". Розглянемо принципи, суть, основні характеристики, зміст цих етапів на прикладі одного з галузевих, але наймасовіше затребуваного - топографічного ГПП. Звернемо увагу на те, що топографічне ГПП, на відміну від багатогалузевого, вивчає і відображає геопростір частково, з топографічної точки зору, і тому далі замість терміну "геопростір" застосовуватимемо рівнозначні терміни "місцевість" і "територія". Відповідно, замість терміну "просторові предмети геопростору" - термін "об'єкти місцевості".

3.1. СУТЬ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Термін "цифрове картографування місцевості" виник в результаті додавання терміну "цифрової", вказуючого на дискретну, цифрову форму представлення даних (що є основою сучасної комп'ютерної ідеології) до давно відомого і сталою в топографо-геодезичному виробництві терміну "картографування місцевості". За сталою традицією і по діючому ГОСТ 21887 терміном "картографування місцевості" позначається весь "комплекс заходів щодо створення карти", тобто картографічної моделі території.

Звідси, під цифровим картографуванням місцевості (ЦКМ) стали розширений розуміти комплекс технологічних процесів по створенню цифрових моделей місцевості (ЦММ). Наприклад, в роботі [22], на основі аналізу цілого ряду визначень суті ЦКМ, запропоноване наступне визначення: ЦКМ - це "технологічний процес, системно об'єднуючий збір і обробку цифрової топографічної інформації, формування на ЕОМ цифрової моделі місцевості, зберігання, доповнення і оновлення її за допомогою машинного банку даних, отримання по цій моделі різних аналітичних і графічних матеріалів відповідно до пред'явлених вимог". У сучасних умовах, коли головною метою ЦКМ стає створення і оновлення топографічного ГПП (причому ГПП розглядається як інформаційна база рішення за допомогою ГІС практично всього круга просторових задач), суть ЦКМ пропонується визначити наступним формулюванням: ЦКМ - це технологічний процес, системно об'єднуючий збір цифрових геопросторових даних, формування комп'ютерних просторових об'єктів, цифрових і електронних карт географічного простору, що вивчається, створення і ведення банку даних топографічного ГПП, його оновлення.

ЦКМ включає три укрупнені технологічні процеси:

- отримання геопросторових даних про місцезположення і про властивості (характеристиках) об'єктів території, тобто топографічної ГІ;
- формування просторових об'єктів (моделей топографічних об'єктів території), комп'ютерних картографічних моделей і заповнення баз даних ГПІ;
- оновлення ГПІ і забезпечення максимально можливої відповідності інформаційного змісту ГПІ стану території, тобто моніторинг.

3.2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Створення і ведення будь-якого галузевого ГПІ повинне здійснюватися на основі комплексу нормативно-технічних документів, що становлять його інформаційне забезпечення. Сучасний стан нормативної підтримки процесів геоінформатики і цифрового картографування в СНД характеризується відповідними розробками по лінії органу виконавчої влади по геодезії і картографії. Враховуючи спрямованість робіт і відповідальність цього відомства за створення державного фонду, нормативно-технічна документація розроблялася з орієнтацією на топографічні цифрові карти (ЦТК). При цьому одночасно була зроблена спроба додати ЦТК характеристики ЦММ, необхідні для забезпечення можливості їх використання в ГІС-індустрії.

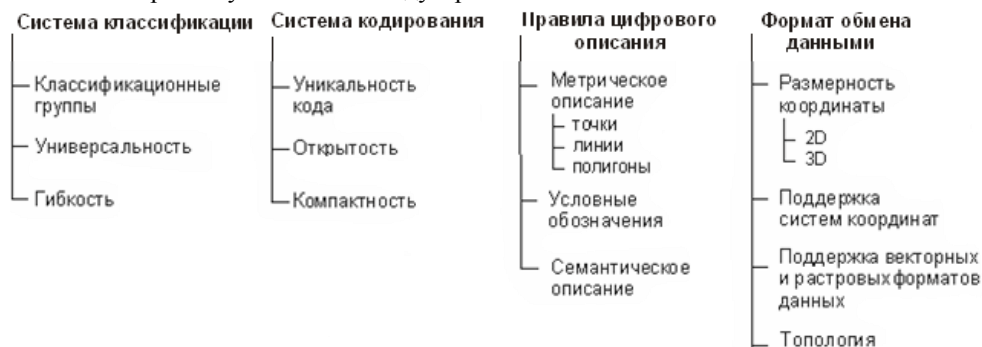


Рисунок 3.1 - Елементи ЦТК, що підлягають стандартизації

Основними нормативно-технічними документами при створенні ЦТК є діючі державні і галузеві стандарти [23], а також галузеві керівні технічні матеріали (КТМ). Стандарти встановлюють вимоги до основних компонентів ЦТК. Вимоги нормативних документів пред'являються до чотирьох основних елементів ЦММ: системі класифікації цифрової картографічної інформації, системі її кодування, правилам цифрового опису картографічної інформації, а також до обмінних форматів і форм уявлення ЦТК (рис. 3.1).

Умовні позначення повинні відповідати переліку і зображенням, використовуваним на графічних топографічних картах. Система умовних позначень,

що звичайно представляється у вигляді файлу-бібліотеки, повинна забезпечувати з використанням системи кодування автоматичне виведення ЦКЗ на пристрої відображення і отримання його копій на графічних пристроях висновку. Основними елементами нормування ЦКМ (що дотепер викликають розбіжності) є системи переліку і кодування.

3.2.1. Загальні поняття про системи переліку і кодування

Системи переліку і кодування геопросторової інформації призначені для використання в автоматизованих системах обробки картографічної інформації і в ГІС. Ці системи служать для компактного уявлення геопросторових даних про об'єкти місцевості з метою їх подальшого опису на деякій формалізованій мові. Головною функціональною задачею цих систем є однозначна ідентифікація кожного модельованого об'єкту і його атрибуту, забезпечуюча можливість ефективного пошуку необхідної інформації в масивах даних. Вони повинні відображати семантичну сторону об'єктів, яка є інформаційно-логічною одиницею, відповідною об'єктам місцевості і зберігаючою постійними значення всіх наявних якісних і кількісних характеристик. Для адекватного віддзеркалення в цифровому вигляді всім об'єктам привласнюються кодові позначення. Кодування геопросторової інформації полегшує пошук і скорочує об'єм даних, що зберігаються, оброблюваних і передаваних.

ЦКМ здійснюється на основі класифікаторів геопросторової інформації, реалізуючих розбиття всієї безлічі об'єктів місцевості на певні групи, відповідних угрупованню умовних знаків. При класифікації, об'єкту приймається як елемент місцевості природного або штучного походження, що має, окрім геометричних характеристик, тобто просторового розташування на місцевості, ще і смислові характеристики, що є інформацією про функціональні, технічні або природні якості об'єкту [24].

Об'єкти можуть відноситися до різних категорій і знаходитися між собою в складних співвідношеннях, наприклад, утворювати ієрархічні структури взаємозв'язку. Наприклад, об'єкти можуть бути річками (елемент гідрографії), залізницями, автомобільними дорогами, центральними лініями вулиць (елементи транспортної мережі) і т.п. Автомобільні дороги, у свою чергу, можуть бути підрозділені на безліч різних класів по різних ознаках і поєднаннях ознак (значення, ширина, число смуг руху, тип дорожнього покриття і т.п.). Таким чином, можна зробити висновок, що такі смислові підрозділи і угруповання об'єктів в різні категорії не можуть бути абсолютними для будь-яких задач, тому вибір тієї або іншої класифікації залежить від поставленої задачі. Це не виключає, проте, того, що для конкретних масових застосувань такі угруповання не можуть бути задані як стандартні або рекомендовані, тобто, допустимі стандартні класифікатори об'єктів.

На відміну від систем класифікації, каталоги і переліки не орієнтовані на розбиття безлічі об'єктів на угруповання і не встановлюють які-небудь зв'язко-

вих ознак. Це простіші і гнучкіші інформаційні структури. В цьому випадку кожен об'єкт виділяють по його характеристичній ознаці і ставлять йому у відповідність фіксований набір властивостей. Загальним принципом опису об'єктів в класифікаторах, каталогах і переліках є принцип жорсткого опису об'єкту, тобто кожен об'єкт описується конкретним набором властивостей, зміна яких неприпустимо, оскільки це буде вже інший об'єкт. Таким чином, з кожним об'єктом повинен бути пов'язаний його унікальний код, що має змістовний сенс і поза просторовою базою даних. Тому класифікатор, каталог або перелік повинен бути пов'язаний з системою кодування об'єктів.

В більшості випадків, код атрибутивної частини об'єкту місцевості зберігається окремо в базі даних і часто пов'язаний з контурною (геометричною) частиною ідентифікатором, формально привласнюваним йому програмою або уручну. Кодом об'єкту може бути і якесь унікальне нечислове ім'я - наприклад, унікальна назва, що не повторюється більш ніде в межах області, що вивчається, або тільки в тій її частині, в межах якої вимагається зберігати унікальність кодів об'єктів. У останньому випадку виходить дворівневий розподіл, і код другого рівня може розглядатися як складова частина загального коду об'єкту. У зв'язку з неоднозначністю встановлення кодів (кодування об'єктів), розглянемо основні недоліки приведених вище двох способів.

Використовування власних імен. Даний спосіб незручний тим, що власні імена об'єктів нерідко повторюються. Так, навіть на одному листі топографічної карти масштабу 1:100000 можна зустріти різні географічні об'єкти з одними і тими ж назвами. Наприклад, озеро і річка мають однакову назву, і в цьому випадку встановити, де і який об'єкт, скрутно (необхідно скористатися додатковими описовими характеристиками - атрибутами). Подальший розгляд цього способу не приводиться, оскільки він неприйнятний для ГІС-обробки.

Використовування номера по переліку. Даний спосіб є найприйнятнішим для використання в автоматизованих інформаційних системах, до яких відносяться ГІС, оскільки дозволяє уникнути "прив'язки" коду до власного імені об'єкту. Проте тут є декілька методів кодування. У першому методі, в код об'єкту включається інформація про номер об'єкту по якому-небудь переліку, номер тематичного шару, до якого відноситься об'єкт, а також його атрибути (описові характеристики). Кодування в цьому методі може бути організоване трьома способами:

- код з чітко фіксованою послідовністю характеристик об'єктів (однакова структура коду для будь-якого типу об'єктів). Визначаються всі можливі характеристики об'єктів, і кожній з них відводиться своє нормоване місце в послідовності, наприклад, об'єкт; довжина; ширина; висота; діаметр і т.п. Характеристики відділяються один від одного роздільниками. Якщо яка-небудь характеристика відсутня, то її заміняє спеціальний символ, або роздільники слідує один за одним (наприклад, будівля; 20м; 3м; 2,5м; цеглина і т.п.). Цей метод кодування достатньо простий, але не

ефективний, оскільки код матиме максимально встановлену довжину навіть для об'єкту з однією характеристикою (одна характеристика і багато роздільників). Другий недолік полягає у тому, що помилка хоча б з одним роздільником вплине на всі характеристики об'єкту, що залишилися;

- код з чітко фіксованою послідовністю характеристик для кожного типу об'єкту (різні типи об'єктів мають різну структуру коду). Цей спосіб кодування різко скорочує довжину кодового рядка. Проте залишається великий вплив помилки з роздільником. У даному способі необхідно також розпізнавати, що за об'єкт закодований в рядку, щоб застосувати правильний алгоритм декодування;
- послідовність характеристик довільна, проте, кожна характеристика має власний ідентифікатор. Даний спосіб ще більш укорочує кодовий рядок. Помилка в ідентифікаторі характеристики вплине тільки на одну характеристику. Проте потрібне розпізнавання за кодом кожної характеристики.

Другий метод заснований на інтеграції з геореляційною моделлю даних, тобто зберігання атрибутів об'єкту в таблиці, рядки якої відповідають набору значень атрибутів об'єкту, а колонки (поля) встановлюють тип атрибуту. В цьому випадку кодують тільки номер об'єкту по якому-небудь переліку (тип об'єкту), номер тематичного шару, до якого належить об'єкт, і при необхідності іншу інформацію. Решта атрибутів міститься в інших колонках (полях) цього ж запису (рядки таблиці). Цей спосіб переважний, оскільки більшість комерційних ГИС-продуктів заснована на геореляційній моделі даних.

Підводячи підсумок розглянутим загальним поняттям про системи переліки і кодування, можна укласти, що при розробці інформаційного забезпечення ГПІ слід прийняти систему каталогів (переліків) об'єктів і систему кодування, засновану на інтеграції з геореляційною моделлю. Крім того, надзвичайно важливо однозначно визначити: які об'єкти перераховуються і кодуються. На нашу думку, для формування масивів топографічних ГІ і ГІМ слід використовувати каталоги (переліки) об'єктів місцевості, а для масиву ЦКЗ - об'єктів ЦТК. У зв'язку з тим, що при нормуванні цифрового картографування часто недостатньо чітко описуються об'єкти ЦТК, виникають непорозуміння.

У свій час при цифруванні графічних карт практикувалася ретельна передача в цифровому виді всіх умовностей, прийнятих для традиційної картографії. Наприклад, при створенні ЦТК як їх елементи створювався цифровий опис окремих штрихів, якими на графічних картах зображаються болота, луки. В цьому випадку, ЦТК виявлялася міцно прив'язаною до графічної карти не тільки як до початкового матеріалу, але і як до зразка для наслідування. Очевидно, що вся цінність подібної інформації полягає лише в можливості створення за допомогою ЦТК видавничого оригіналу графічної карти. Ця інформація не може бути використана при рішенні аналітичних геоінформаційних задач. Тому деякі

автори як найважливіша вимога висувають наступне: ЦТК повинна бути максимально об'єктивною інформацією про земну поверхню, а не про картографічний матеріал, по якому виконується оцифровка [25].

Якщо планується використання ЦТК для просторового аналізу, то її створення повинне бути організоване так, щоб дотримувалися наступні вимоги:

- ЦТК не повинна містити що-небудь, окрім інформації про об'єкти місцевості;
- формат, правила цифрового опису, а також класифікатор ЦТК повинні бути максимально незалежні один від одного;
- стандарти повинні бути направлені не на встановлення єдиного інформаційного забезпечення (формату, класифікатора і т.п.), а на забезпечення можливості інформаційної взаємодії [23].

Помітимо, що ЦТК, в якій міститься тільки інформація про об'єкти місцевості, в поняттях ГП відповідає ЦММ.

3.2.2. Стандарти систем класифікації і кодування

В даний час в Росії діють державні стандарти ГОСТ Р 50828-95 і ГОСТ Р 51606-2000, що регламентує вимоги до розробки класифікаторів геопросторової інформації. При цьому необхідно враховувати, що ці документи розроблені Федеральним органом виконавчої влади по геодезії і картографії і відображають в значній мірі досвід робіт цього відомства у області цифрування топографічних карт і створення ЦТК. Відповідно до ГОСТ Р 50828-95, "система класифікації повинна відповідати наступним вимогам:

- вся сукупність відомостей про об'єкти місцевості повинна ділитися на окремі класифікаційні угруповання по одній ознаці або певному поєднанню ознак класифікації;
- всі об'єкти (явища) повинні розподілятися по класифікаційних угрупованнях на основі загальної ознаки, властивій одним об'єктам і відрізняючої їх від інших об'єктів;
- класифікаційні угруповання повинні бути незалежними один від одного;
- об'єкти і ознаки повинні однозначно визначатися по своїй приналежності відповідним класифікаційним угрупованням;
- система класифікації повинна бути універсальною і забезпечувати рішення картографічних і спеціальних (призначених для користувача) задач;
- система повинна бути гнучкою: включення нових класифікаційних угруповань і об'єктів або виключення існуючих повинне вироблятися без порушення структури системи;
- як характеризуючі ознаки повинні виділятися властивості, що визначають якість групи об'єктів або конкретного об'єкту.

Картографічна інформація про місцевість повинна розділятися на дві

зв'язані підмножини:

- інформація безпосередньо про елементи і об'єкти місцевості, що містить відомості про основні ознаки і постійні властивості, що однозначно визначають об'єкт в загальній системі класифікації;
- інформація про змінні властивості, що характеризують об'єкт і його відношення до інших об'єктів".

При цьому класифікація суті об'єктів виконується по ієрархічному методу, а їх характеристик - по фасетному методу. Вся інформація про об'єкти підрозділяється на класи, відповідні елементам змісту топографічних карт. Розвиток кожного класу в глибину і ширину залежить від ступеня взаємозв'язаної об'єктів і вибраних ознак класифікації. На нижньому ступені класифікації кожного елемента змісту знаходиться сукупність однотипних об'єктів, що є ЕГІ і що беруть участь в процесі обробки геоінформації.

Кожен об'єкт містить певний набір характеризуючих його ознак (кількісних і якісних). Число цих ознак і їх смислове значення різні і залежать від типу об'єкту. Разом з уявленням інформації про об'єкти місцевості, "окремим класом представляються відомості про підписи, що поміщаються на топографічних картах всього масштабного ряду. Класифікаційне угруповання "Підпису на карті" на вищому ступені ієрархії ділиться на чотири підкласи (класифікаційні угруповання нижнього рівня):

- підписи географічних назв;
- підписи якісних і кількісних характеристик;
- підписи пояснень;
- підписи зарамкового оформлення.

Вказані класифікаційні угруповання, за винятком угруповання "підпису зарамкового оформлення", розвитку в глибину не мають". ГОСТ Р 51606-2000 конкретизує і доповнює ці вимоги, зокрема:

1. "Систему класифікації об'єктів ЦТК розробляють з урахуванням принципів, використаних при формуванні змісту топографічних карт, включаючи їх математичну основу, умовні знаки і довідкову інформацію (зарамкове оформлення)".
2. "Об'єкти ЦТК, які відображають особливості топографічної карти, обумовлені графічним представленням картографічної інформації, можуть включатися в систему класифікації у вигляді окремих класифікаційних угруповань".
3. "Система класифікації повинна включати:
 - одиниці вимірювання і діапазон їх допустимих значень - для кожної кількісної характеристики;
 - вся безліч допустимих значень - для кожної якісної характеристики".
4. При розробці єдиного класифікатора об'єктів ЦТК повинна бути передбачена можливість внесення в його структуру ценово-нормативних

показників відбору об'єктів для автоматизованого складання ЦТК похідних (суміжних) масштабів.

Система кодування, по ГОСТ Р 51606-2000, повинна забезпечувати приписування смислового змісту об'єкту ЦТК відповідного йому унікального кодового позначення. Буквено-цифровий алфавіт кодів, використовуваних для кодування, включає арабські цифри від 0 до 9, букви латинського алфавіту від А до Z і крапку. Кожне класифікаційне угруповання повинне мати свій власний унікальний код. При застосуванні ієрархічного методу класифікації класифікаційні угруповання кодують з використанням послідовного методу кодування, при цьому старші розряди коду класифікаційного угруповання повинні описувати коди угруповань, в які вони входять. Кожному об'єкту повинне відповідати тільки одне кодове позначення. Структура коду кожного об'єкту ЦТК - складна багатопозиційна, в якій кожна позиція визначає відповідний рівень ієрархії. Довжина будь-якого коду, вживаного в процесі кодування в рамках одного класифікатора, повинна складатися з однакової кількості символів, не перевищуючого 10. Кожна кількісна і якісна характеристика повинна мати унікальний код, довжина якого може складатися із змінної кількості символів, не перевищуючого 10. Якщо якісна характеристика приймає безліч значень, то система кодування повинна передбачати для кожного значення свій унікальний код із змінної кількості символів, не перевищуючого 10.

В даний час єдиний (загальний) класифікатор не розроблений, і фактично для кожного виробничого об'єкту і споживача розробляється свій технологічний класифікатор - нормативний документ, що представляє систематизоване зведення найменувань і кодових позначень об'єктів ЦТК, їх ознак і значень ознак, класифікованих і кодованих відповідно до прийнятої системи класифікації і кодування. Для використання при створенні ЦММ призначений ОСТУ 68-3.7.1-03 "Цифрові моделі місцевості. Каталог об'єктів місцевості. Склад і зміст". Він встановлює "перелік об'єктів місцевості і їх властивостей, що підлягають відображенню в змісті ЦММ, зокрема ЦТК масштабів 1:10000 - 1:1000000 і цифрових топографічних планів масштабів 1:500 - 1:25000". Каталог призначений як основа для розробки конкретних технологічних класифікаторів.

Таким чином, як інформаційне забезпечення топографічного ГПП можна використовувати вищеперелічені діючі стандарти по класифікації і кодуванню, розроблені для ЦТК і ЦММ з урахуванням наступного:

- 1) до складу ГП і ЦММ не включаються картографічні елементи, а тільки об'єкти місцевості;
- 2) з переліку об'єктів місцевості і їх характеристик слід виключити тих, що не відносяться безумовно до топографії;
- 3) до кожного із створених масивів ГП і ЦММ повинні бути посилання на перелік або класифікатор об'єктів місцевості, використані при їх формуванні;
- 4) рельєф земної поверхні може відображатися в ЦММ або цифровим описом горизонталей, або у вигляді цифрової моделі рельєфу.

3.2.3. Правила цифрового опису об'єктів

Правила цифрового опису об'єктів є невід'ємною частиною інформаційного забезпечення ЦКМ і регламентуються ГОСТ Р 50828-95 і ГОСТ Р 51607-2000. Вони використовуються при всіх методах отримання геопросторових даних, в основному, для коректного опису геометрії об'єктів і включають правила опису:

- метрики об'єктів;
- об'єктів з умовно-лінійним характером локалізації;
- об'єктів з лінійним характером локалізації;
- об'єктів з площадковим характером локалізації;
- семантики об'єктів;
- підписи.

В цілому, правила цифрового опису об'єктів для ЦКМ повинні забезпечувати наступне:

- описание об'єкту повинне в максимальному ступені відповідати його положенню на місцевості;
- между умовним знаком і об'єктом Класифікатора топографічної інформації повинна встановлюватися однозначна відповідність за допомогою коду;
- цифровое опис об'єктів одного типу повинен бути ідентичним і не залежати від вживаних методів, технологій і технічних засобів.

Правила опису метрики об'єктів визначаються характером локалізації об'єкту і особливостями його картографічного відображення. По характеру локалізації об'єкти підрозділяються на декілька типів:

- с дискретним характером локалізації - об'єкт, що показується на топографічній карті внемасштабним постійно орієнтованим умовним знаком і описуваний в цифровій формі однією крапкою;
- с умовно-лінійним характером локалізації - об'єкт, що показується на топографічній карті внемасштабним довільно орієнтованим умовним знаком і описуваний в цифровій формі не менше ніж двома крапками;
- с лінійним характером локалізації - об'єкт, ширина якого не виражається в масштабі створюваної моделі і описуваний послідовністю координат точок осової лінії;
- с площадковим характером локалізації - об'єкт, що відображається в даному масштабі відповідно до своїх розмірів і описуваний послідовністю координат граничних крапок.

При цьому, для об'єктів з дискретним характером локалізації точки прив'язки, наприклад, при цифруванні карт, розташовуються:

- в геометричному центрі знаку - для знаків, що мають правильну геометричну форму (прямокутник, трикутник, круг, зірка і ін.);
- в середині підстави знаку - для знаків, що мають вид перспективного зображення об'єктів (заводські і фабричні труби, метеорологічні станції

і ін.);

- в вершині кута - для знаків у вигляді фігури з прямим кутом в підставі (бензоколонки і АЗС і ін.);

- в геометричному центрі нижньої фігури - для знаків у вигляді поєднань декількох фігур (нафтові і газові вежі, трансформаторні будки і ін.).

Аналогічним чином розв'язується питання про вибір точок прив'язки і для інших методів збору даних. Правила опису об'єктів з умовно-лінійним характером локалізації засновані на тому, що для об'єктів, використовуваних в поєднанні з іншими об'єктами (наприклад, моли і причали з береговою лінією), перша крапка вибирається в місці примикання описуваного об'єкту до головного (ведучому) (в даному випадку - до берегової лінії), друга крапка, що характеризує напрям розповсюдження описуваного об'єкту, - на протилежному кінці цього об'єкту. Для об'єктів типу "міст" перша і друга точки розташовуються на осі об'єкту або його знаку; послідовність нумерації крапок - довільна.

Для об'єктів, умовні знаки яких на карті мають правильну геометричну форму (окремий двір, скотомогильник і ін.), першої точки приймається як лівий нижній кут умовного знаку, другої точки - його правий верхній кут (кути поименовані щодо стандартного представлення об'єктів в таблицях умовних знаків). При інших методах отримання геоданих порядок обходу контура встановлюється по ходу (або проти) годинникової стрілки, а перша крапка вибирається довільно. Правила опису об'єктів з лінійним характером локалізації встановлюють наступні вимоги. Для об'єктів, послідовність координат поточних точок яких не має значення при використуванні інформації (дорогі, трубопроводи і т.п.), перша крапка вибирається довільно на одній з їх кінцевостей.

Об'єкти, що мають характерні особливості, описуються таким чином:

- об'єкти, особливості графічного зображення яких на карті пов'язані з відмінністю висот по їх сторонах (обриви, насипи, виїмки і т.п.), а також горизонталі описуються за правилом: "велика висота - зліва";

- об'єкти, відображення яких пов'язане з різними висотами кінцевих крапок, описуються за правилом: "перша крапка має велику висоту" (річка, лотки для спуску лісу і т.п.).

Правила опису об'єктів з площадковим характером локалізації полягають у тому, що всі об'єкти описуються послідовністю координат крапок за правилом: "об'єкт - зліва", тобто для зовнішнього контура об'єкту - в напрямку проти ходу годинникової стрілки, а для внутрішнього контура - в напрямку по ходу годинникової стрілки.

Переривання лінійного або площадкового об'єктів іншими об'єктами з лінійним характером локалізації не є підставою для формування цих фрагментів як самостійних об'єктів (наприклад, дорога не ділиться на частини мостом, через який вона проходить, автомагістраль не ділить лісовий масив на частини).

При цифрованні карт для площадного об'єкта, зображення якого виходить за межі сторони рамки листа карти, окремі частини об'єкта, явля-

ються його граничними лініями. Особенности описания семантики объектов являются общими для всех методов сбора данных. Для объектов с двумя и более однотипными характеристиками в описании формируются обобщенные значения этих характеристик. Например, для характеристик "глубина", "максимальная ширина", "относительная высота" в качестве обобщенной характеристики принимаются их максимальные значения. В качестве обобщенных характеристик "толщина деревьев" и "расстояние между деревьями" для лесов принимаются среднеарифметические значения соответствующих характеристик. В качестве обобщенных характеристик "ширина" и "ширина покрытия дороги" для автомобильных и грунтовых дорог принимаются их минимальные значения. Если характеристики данного растительного покрова свидетельствуют о наличии одновременно хвойной и лиственной растительности, то в качестве обобщенной характеристики принимается значение "смешанная растительность". Если у объектов дорожной сети наблюдается изменение значения характеристики материала покрытия, то тогда эта часть дороги выделяется как самостоятельный объект. Правила описання підписей використовуються тільки при цифруванні картографічних матеріалів і заключаються в наступному:

- стандартний підпис описується двома парами координат лівого нижнього та правого нижнього кутів габарітної рамки підпису;
- нестандартний підпис описується набором двох пар координат лівого нижнього та правого нижнього кутів для габарітних рамок кожного символу підпису.

3.3. ОТРИМАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Для формування масиву ГІ (або геопросторових даних) як основного, базового масиву ГПІ можуть застосовуватися всі технології збору і їх поєднання: цифрування картографічних матеріалів, автоматизовані методи наземних зйомок і дистанційного зондування. Крім того, можуть використовуватися ГІ, ГІМ або ЦКІ інших галузей або масштабів. Аналіз історичного розвитку технологій збору ГІ показує тенденцію все більш широкого використання методу сканування картографічних матеріалів, фотознімків і, нарешті, геопростору і автоматичного розпізнавання об'єктів по растровому зображенню.

3.3.1. Цифрування картографічних матеріалів

Одним з найпоширеніших методів отримання геопросторових даних є метод цифрування картографічних матеріалів. У багатьох країнах ГІМ, ЦК і ЕК створюються з використанням оцифрованих графічних оригіналів карт і планів, тиражних відтиснень, і видавничих оригіналів упорядкування. Інформаційне забезпечення цього процесу базується на трьох компонентах - форматі даних, правилах цифрового опису об'єктів і класифікаторах.

Найдинамічніший компонент - класифікатор, оскільки кожному споживачу необхідний свій власний набір об'єктів місцевості. Тому на основі стандар-

тизованих загальних правил виділення об'єктів і їх класифікації складаються конкретні технологічні класифікатори. Кожен користувач повинен мати класифікатор галузевих просторових предметів. Крім того, деталізує і уточнюється топографічний класифікатор, оскільки в цьому випадку від його повноти і правильності передачі інформації про місцевість залежить якість загально-географічної основи будь-якого ГПП. Що стосується специфічності формату, то необхідно відзначити, що виникаючі утруднення в конвертації при використуванні обмінних файлів часто обумовлені не форматом, а, в основному, дотриманням правил цифрового опису об'єктів.

Отримання геопросторових даних за картографічними матеріалами виконується в наступному порядку:

- редакційні роботи;
- підготовка початкових картографічних матеріалів до оцифрування;
- перетворення початкових матеріалів в цифрову форму;
- формування ГІ, ГІМ або ЦТК по номенклатурних листах або по інших масивах геоінформації.

При редакційно-підготовчих роботах виконуються збір, аналіз і систематизація картографічних і довідкових матеріалів. Як початкові картографічні матеріали можуть служити видавничі і упорядковані оригінали (копії) карт і планів, а також різні графічні матеріали, одержувані як інструментальним (у полі), так і фотограмметричним шляхом. Підготовка початкових картографічних матеріалів до оцифровки завершується складанням документів і вказівок, що регламентують роботу операторів при цифруванні метричній і семантичній інформації у вигляді класифікатора і редакційних вказівок. При цьому дотримується деяка черговість перетворення груп картографічних об'єктів з графічної в цифрову форму, наприклад, населені пункти, промислові споруди, рельєф, гідрографія, дорожня мережа і т.п.

Використовування різних копій з оригіналу топографічної карти значно полегшує процес цифрування об'єктів місцевості за рахунок формування геоінформації по окремих шарах або рівнях. Процес цифрування зводиться до прочитування, тобто до визначення координат графічних елементів, що формують картографічне зображення, і приведенню ліченого зображення в цифровий машинний код, а також до символного кодування семантичних характеристик цифруємих об'єктів, відображених на картографічному матеріалі.

Способи оцифровки і представлення картографічного зображення в цифровому вигляді можуть бути різними і залежать від характеру картографічного зображення і виду задач, на користь яких картографічне зображення перетворюється в цифровий вигляд. При оцифровці зображення об'єкту, те, що складається з крапок, ліній і площ, розглядається як безліч крапок, положення яких визначається координатами. Результати цифрування формуються в певну файлову структуру. Так, при використуванні програмного комплексу РАСТР-2 (2П) формується обмінний формат інтегрального файлу. Візуалізація геопросторових

даних у формі АЧ в процесі цифрування виконує роль інтерфейсу, що забезпечує оператору динамічна двостороння взаємодія з базою просторових даних.

3.3.2. Наземні зйомки

Для формування масиву геопросторових даних, особливо для невеликих територій, застосовується метод електронної тахеометрії, який дозволяє автоматизувати процеси збору, передачі і обробки даних вимірювань із застосуванням спеціалізованих програмних комплексів, метод супутникових визначень, а також новий, прогресивний метод лазерного сканування.

Метод електронної тахеометрії в даний час достатньо пропрацює і досліджений, має надзвичайно широке застосування, тому в даній монографії розглядатися не буде. Метод супутникових вимірювань, як глобальний, знаходить все більш широке застосування в різних областях діяльності людини, про що свідчать численні зарубіжні публікації, особливо для моніторингу об'єктів.

Беручи до уваги "молодість" методу лазерного сканування, зупинимось лише на особливостях і перспективах його застосування для отримання геопросторових даних. Системи лазерного сканування є розвитком технології, яка застосовується при вимірюванні відстаней в світлодальномерах. Окрім цього, дана технологія застосовувалася в лідарах - системах зондування атмосфери за допомогою лазерного променя. Дослідження у області використання напівпровідникових лазерів в лідарах забезпечили підготовку технічної бази для розробки перших лазерних сканерів.

З появою навігаційних комплексів авіаційного базування, здатних у реальному часі визначати точні просторові координати і орієнтацію авіаносія, відбувся активний розвиток технології повітряного сканування [26]. Наземні сканери діють за тим же принципом, що і сканери авіаційного базування. Поступаючись повітряному скануванню по продуктивності, наземні методи дозволяють виробляти детальнішу зйомку і зйомку усередині приміщень, точніше визначати координати. Тому для сканування щодо невеликих об'єктів або при невеликих об'ємах робіт оптимально застосовувати наземне сканування, яке до того ж на порядок дешевше за сканування з повітря. Принцип дії як повітряних, так і наземних сканерів заснований на безвідображальному вимірюванні відстані до мети за допомогою лазерного випромінювача, що працює в імпульсному режимі, і значення кута, що визначає направлення розповсюдження лазера. В результаті виходить точка з відомими координатами. Поле зору наземних лазерних сканерів складає від 40 - 40° до 180 - 360°. Точність реєстрації поверхні - від декількох міліметрів до 5 см, залежно від відстані, що відображає здібності поверхні і дозволу. Дальність дії сканерів - від 1 до 2 500 м [27] і залежить від особливостей конкретного приладу і установок, що задаються користувачем. Комплекс устаткування складається з власне лазерного сканера, портативного комп'ютера із спеціальним програмним забезпеченням, акумуляторів і зарядного пристрою.

Процес роботи на станції гранично простий. Виконавець встановлює прилад на штативі. Через персональний комп'ютер або (на деяких моделях) через контролер задається необхідне поле сканування, густина сканування (дозвіл) і запускається процес сканування. Час роботи на одній станції займає від 1 до 15 мін, залежно від заданих параметрів, при отриманні даних з швидкістю до 24 000 точок в секунду [28]. Для зменшення впливу зовнішніх чинників в зміряну відстань необхідно вводити поправку за температуру і тиск. В результаті сканування користувач одержує масив точок з просторовими координатами, так звана "хмара точок", що описує конфігурацію об'єктів скануючого геопростору. Вихідні дані містять в собі наступну інформацію для кожної точки:

- 1) просторові координати X, Y, Z ;
- 2) інтенсивність лазера;
- 3) інформацію про реальний колір мети (якщо дозволяє прилад).

Одержувана "хмара точок" видається на монітор безпосередньо в процесі вимірювання у реальному часі, у міру проходження лазерного променя по об'єкту. Тривимірне зображення, створюване масивом точок, можна проглядати, обертати і виконувати в ньому необхідні вимірювання. Для зручності візуалізації, за бажанням користувача, зображення може забарвлюватися в кольори, що показують інтенсивність лазера, видалення мети від приладу, або в реальний колір. Передача даних і управління функціями сканера здійснюються через паралельний порт або внутрішню мережу.

Обробка даних і управління функціями сканера здійснюються за допомогою спеціального програмного забезпечення. Слід помітити, що робота з великим об'ємом інформації приводить до високих вимог до конфігурації комп'ютера [28-32]. Прикладене програмне забезпечення дозволяє здійснювати візуалізацію тривимірних даних, як правило, в різних кольорних схемах (відстань, інтенсивність, реальний колір), злиття результатів вимірювань, виконаних з різних станцій, переклад даних в різні системи координат, моделювання поверхонь, створення тривимірних моделей, створення планів, експорт даних. При необхідності створення векторної моделі об'єктів, масив точок, одержуваний при скануванні, може бути легко експортований в різні програми моделювання. Точність моделювання об'єктів може складати до ± 2 мм [27]. Переваги нового методу полягають в швидкості отримання точної просторової інформації про об'єкт і високий ступінь наочності одержаних результатів. Оперативність отримання даних при лазерному скануванні аналогічна методам фотограмметрії, проте перевагою лазерного сканування є швидкість обробки одержаних результатів. Це забезпечується високим ступенем автоматизації процесу злиття результатів, одержаних з різних точок стояння (через спеціальні марки або через характерні точки), в загальну модель і процесу моделювання.

Наочність забезпечується, в першу чергу, наявністю в лазерних сканерах вбудованих цифрових камер, за допомогою яких робиться цифровий знімок сцени сканування. Даний знімок включається в результати вимірювань нарівні з

хмарою точок. Наочність забезпечується одержуваною хмарою точок, яка є тривимірним масивом точок, який можна переглядати безпосередньо в процесі сканування і виконувати різні операції (наближати, видаляти, повертати), уточнюючи безпосередньо на місці робіт якість одержуваних результатів і можливі об'єми додаткового сканування. У поєднанні із спеціалізованими програмними додатками все це дозволяє автоматизувати процес проведення багатьох видів геодезичних і інших робіт, таких, як дослідження, створення цифрових топографічних планів, обчислення об'ємів, зйомка тунелів, створення тривимірних моделей об'єктів і т.п. Важливою особливістю лазерного сканування є надмірність інформації, одержуваної в процесі зйомки. "Хмара точок", що описує об'єкт, може використовуватися як для проведення окремих вимірів без використання всього об'єму одержаної інформації, так і надалі для створення точної тривимірної моделі з деталізацією яких-небудь дрібних особливостей, що досягається використанням великого об'єму даних, одержаних під час сканування. Технологія тривимірного лазерного сканування має певні переваги перед традиційними способами створення тривимірних цифрових моделей. Перш за все, це висока якість результатів (точність, цифровий вигляд) і оперативність робіт. Крім того, можливість безконтактної зйомки особливо важлива при зйомці об'єктів в зонах з підвищеною небезпекою.

3.3.3. Дистанційне зондування Землі

Найефективнішим методом отримання геопросторових даних є дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), що включає аерокосмічну зйомку (зондування), дешифрування (розпізнавання) і фотограмметричну обробку (вимірювання і моделювання) результатів зондування.

Метод ДЗЗ використовують всі геонауки: метеорологія, геологія, географія, геодезія, картографія і ін., а також багато галузей народного господарства: сільське і лісове господарства, охорона навколишнього середовища, земельний кадастр і ін. Результати обробки матеріалів ДЗЗ у вигляді ГІМ і ЦКМ повинні концентруватися в галузевих ГПП. У основі ДЗЗ лежить здатність фізичних тіл (в даному випадку, земної поверхні) відображати і випускати електромагнітне випромінювання, окремі діапазони якого реєструються приймачами електромагнітного випромінювання, розташованими на авіаційних або космічних носіях. Приймачі можуть бути кадровими і скануючими. До останніх відноситься метод повітряного лазерного сканування, що розвивається. На відміну від наземного лазерного сканування, в повітряному варіанті розв'язується проблема фіксації з необхідною точністю елементів зовнішнього орієнтування випромінювача-приймача для кожного моменту сканування.

До кадрових (включаючи панорамні) відносяться фотоапарати (аерофотоз'ємні і космічні фотографуючі системи), реєструючи видимий діапазон електромагнітного випромінювання системою "світлофільтр - світлочутлива фотоплівка". Не вдаючись більш в обширну науково-практичну область ДЗЗ,

стисло розглянемо сучасний стан фотограмметричної обробки кадрових аероко-
смічних фотознімків з метою створення і оновлення топографічного ГП.

В даний час в Росії практично припинена аналогова фотограмметрична обробка фотознімків. Використовуються декілька десятків аналітичних стерео-
фотограмметричних приладів. Найширше поширення набули вітчизняні про-
грамні системи цифрової фотограмметричної обробки аерокосмічних фотознім-
ків: Цифрова фотограмметрична станція (ЦФС) ЦНІПАІК, фотомод і Талка. Ро-
зглянемо їх основні функції і можливості на прикладі ЦФС.

На ЦФС обробляються цифрові растрові знімки, одержані шляхом ска-
нування фотознімків центральної проєкції або нецентральної (панорамної, што-
рно-щілистої, сканера). ЦФС призначена для створення цифрових топографіч-
них планів і карт масштабів від 1:500 до 1:200000 по стереоскопічних знімках, а
також їх оновлення на основі обробки одиночних і стереоскопічних аероко-
смічних знімків [33]. Її програмне забезпечення дозволяє виконувати:

- фототріангуляцію в режимі реального часу з побудовою вільного блоку і зрівняного по опорних точках і центрах проєктування [34];
- створення цифрових ортофотопланів, фотопланів, фотокарт;
- стереоскопічне малювання рельєфу в ручному, автоматичному, інтерак-
тивному режимах і їх поєднанні. При цьому виконується побудова ре-
гулярної цифрової моделі рельєфу на основі кореляції ідентичних то-
чок стереопари, а також побудова основних і додаткових горизонталей
із заданою висотою перетину рельєфу;
- введення в базу даних станції координат точок і атрибутів об'єктів міс-
цевості, одержаних, наприклад, за допомогою електронних тахеометрів
або супутникових приймачів;
- збір геоінформації про віддешифрованих об'єкти місцевості і кодування
атрибутивної інформації відповідно до введеного інформаційного за-
безпечення станції (класифікатором, умовними позначеннями, прави-
лами опису об'єктів). При цьому виконується автоматична побудова
дуг і кіл, перпендикулярів, подвійних ліній, відновлення невидимого
кута будівлі, забезпечення умови ортогональності ліній, згладжування
кривих, визначення метричних характеристик об'єктів (ширини, глиби-
ни, висоти і т. п.). Передбачене конструювання контурів складних лі-
нійних і площадкових об'єктів, приєднання до раніше створеного кон-
туру, тобто побудова геометричної моделі геопростору. Збір
геоінформації виконується на ділянку, з якого згодом можна "вирізува-
ти" листи ЦТК;
- оновлення ЦТК по окремих листах при їх поєднанні (з урахуванням
впливу рельєфу) з растровим фотозображенням або геометричною мо-
деллю місцевості.

Одержана на ЦФС векторна інформація конвертується з внутрішнього
формату DMF в обмінний формат, DXF/DBF, MID/MIF, DGN, SXF Panorama і

ін. При конвертації атрибутивної інформації до ПЗ ГІС виникають труднощі, обумовлені відмінностями в інформаційному забезпеченні, навіть на рівні понять і назв об'єктів в різних класифікаторах [35]. Труднощі усуваються за рахунок інтерактивної і ручної доробки до ПЗ ГІС з використанням зафіксованих результатів дешифрування. Окрім цього, можливий інший шлях обробки даних дистанційного зондування, коли за матеріалами зйомки одержують зображення сканера знімків, яке переводять безпосередньо в задану картографічну проекцію [36, 37].

3.4. СТВОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Створення ГІМ за своєю суттю зводиться до формування просторових об'єктів - цифрових моделей просторових предметів геопростору, що задовольняють принципам побудови і вимогам ГІП. Термінологія найпоширеніших зарубіжних ПЗ ГІС (ArcView, MapInfo, WinGIS), а також вітчизняних (АЙСГК2, МАГІС, GeoDraw і ін.) під просторовим об'єктом також має на увазі математичне представлення (модель) безлічі точок земної поверхні, поставлене у відповідність деякому реальному або уявному об'єкту або явищу, що володіє набором властивостей, відображених в атрибутивній геоінформації [38].

Просторовий об'єкт складається з двох частин: *геометричної* (у цьому ж значенні застосовуються також терміни: просторової, позиційної, метричної, графічної) і *атрибутивної* (семантичної, непросторової, смислової). *Геометрична* частина просторового об'єкту задається одним або декількома геометричними примітивами (компонентами), які можуть бути чотирьох типів по їх просторовій локалізації: точковий, лінійний, площадковий і поверхневий:

- крапкові компоненти представляють геометричні частини об'єктів, для яких істотним є тільки розташування в просторі (наприклад, перехрестя, зупинки транспорту, відмітки висот);
- лінійні компоненти представляють геометричні частини об'єктів, що не мають площі або площа яких неістотна, але що мають довжину (наприклад, вулиці, маршрути, річки);
- площадкові компоненти представляють геометричні частини об'єктів, що мають площу (наприклад, райони, квартали, озера);
- поверхневі компоненти представляють геометричні частини об'єктів, що мають об'єм (наприклад, рельєф).

Деякі з відомих ГІС підтримують і інші типи компонент (наприклад, незамкнуті полігони, кола, дуги і т.п.), але ми детально не зупинятимемося на цих частковостях, відзначаючи лише загальні характерні риси цих систем. Геометрична частина задається масивом точок (пара координат) і їх з'єднанням.

У основі процесу формування просторових об'єктів лежить механізм зв'язування геометричних і атрибутивних геопросторових даних, накопичуваних в територіальному банку даних ГІП.

Територіальний банк даних, як правило, полягає з двох частин - з просто-

рового банку геометричних даних, в якому зберігається інформація про просторову прив'язку об'єктів геопростору, і атрибутивного банку даних, що містить атрибутивну інформацію про ці об'єкти [17, 39]. Це резонно, оскільки ПЗ ГІС надає істотно обмежені можливості роботи з атрибутивними даними, тоді як

СКБД, навпаки, не мають засобів роботи з геометричними структурами. Класи об'єктів першого банку зв'язуються з атрибутивними таблицями другого банку. Зв'язування класу з таблицею указує системі, що в даній таблиці зберігається інформація, пов'язана з просторовими об'єктами класу. Цей зв'язок можливо здійснити за допомогою унікального ідентифікаційного номера об'єкту в банку даних. До одного класу може бути прив'язано декілька атрибутивних таблиць [40, 41]. Так, наприклад, в земельному кадастрі для зв'язку з просторовими базами даних земельних ділянок і угідь доцільно використовувати як унікальний ідентифікатор кадастровий номер. Для зручності використання, оновлення і додавання атрибутивної інформації до об'єктів банку геометричних даних в системі повинен бути реалізований простий механізм Зв'язування об'єктів з їх атрибутивними таблицями. При цьому принциповими моментами даного механізму є спосіб підключення атрибутики, тип її прив'язки до об'єктів банку даних і спосіб програмної реалізації Зв'язування даних ПЗ ГІС з даними СКБД.

Спосіб підключення атрибутики залежить від типу її прив'язки до об'єктів банку даних. Можна виділити п'ять основних типів прив'язки:

- а) пряма прив'язка: кожному рядку атрибутивної таблиці відповідає ідентифікаційний номер об'єкту банку даних;
- б) непряма атрибутивна прив'язка: частина нових атрибутивних даних співпадає з атрибутивною інформацією, що є в банку даних, у свою чергу, вже пов'язаної з об'єктами банку;
- в) непряма геометрична прив'язка: частина нових атрибутивних даних задає просторове положення об'єкту банку;
- г) багаторівнева непряма прив'язка: разом з атрибутикою, що підключається, є якась класифікація об'єктів банку даних, відмінна від класифікації об'єктів усередині банку;
- д) відсутність прив'язки: з тих або інших причин в атрибутивній таблиці, що підключається, не можна виділити або алгоритмізувати який-небудь з видів зв'язку з об'єктовим складом банку даних.

Залежно від типу прив'язки, розрізняються і способи підключення атрибутики. Оскільки в практиці роботи зустрічаються всі перераховані типи прив'язки, в ГІМ повинні бути реалізовані механізми здійснення прив'язки атрибутивної інформації кожного з перерахованих типів. Таким чином, виявляється необхідним виконання ряду наступних вимог:

- а) кожен об'єкт в банку даних повинен мати унікальний ідентифікаційний номер, що автоматично заводиться при його створенні, який не змінюється до тих пір, поки об'єкт не буде видалений з банку даних. Саме по цьому номеру повинна здійснюватися прив'язка до об'єкту атрибутивної

інформації. У разі прямої прив'язки, коли в рядку атрибутивної таблиці, що підключається, є безпосередньо ідентифікаційний номер об'єкту банку даних, достатньо тільки вказати клас об'єктів системи, до якого відноситься ця таблиця. Тобто підключення можна повністю автоматизувати. Цей спосіб використовується при перенесенні атрибутивної інформації з однієї призначеної для користувача системи, що працює з початковим банком даних, на іншу призначену для користувача систему, підключену до цього ж банку даних;

- б) найпоширенішим типом прив'язки є непряма атрибутивна прив'язка. Для підключення до системи атрибутивної таблиці з непрямым атрибутивним типом прив'язки доцільно використовувати вбудовану до ПЗ ГІС мову програмування. Він дозволяє написати макроси підключення атрибуту як загального призначення, які можуть бути використані непідготовленим користувачем, так і складніші програми, залежні від складу конкретної атрибутивної таблиці, що підключається. Макроси загального призначення повинні дозволяти автоматично підключити до системи таблицю, у якій одне або декілька вказаних полів повністю співпадають з відповідними полями атрибутивної таблиці класу, що вже є в системі, і володіють унікальними значеннями (наприклад, адреса будинку), або коли між цими полями існує взаємно однозначна відповідність. У разі часткового збігу значень або відсутності збігу в деяких випадках (тобто, коли відповідність задана, але не є взаємно однозначним) повинен використовуватися інтерактивний метод, що дозволяє користувачу вибрати один із задовольняючих критерію відбору об'єктів. Окремо необхідно відзначити, що механізм посилань, як правило, дозволяє в більшості випадків (а саме при збігу рівно одного унікального по значенню поля початкової таблиці і тієї що підключається) обійтися без звернення до мови макросів;
- в) для підключення до системи атрибутивної таблиці з непрямым геометричним типом можна поступати аналогічно попередньому пункту, за винятком того, що критерієм відбору об'єктів є їх геометричні властивості;
- г) для підключення до системи атрибутивної таблиці, в якій об'єкти класифіковані іншим, відмінним від прийнятого в банку даних образом (наприклад, по таблиці геокодів), можливе тонше використання вбудованої мови програмування СКБД. За допомогою цієї мови користувач повинен спочатку або змінити структуру атрибутивної таблиці, що підключається, відповідно до класифікатора банку даних, або додати до атрибуту об'єктів, що вже є в банку даних, новий класифікатор, використовуючи методи прямої прив'язки, а потім підключити саму атрибуту;
- д) нарешті, для підключення до системи атрибутивної таблиці, що не має

ніякої просторової прив'язки, придатної для алгоритмізації, система повинна полегшити трудомісткий процес ручного набору ідентифікаційних ознак об'єктів, надаючи можливість інтерактивного завдання відповідності об'єктів класу записам атрибутивної таблиці, що підключається.

Важливим моментом реалізації механізму Зв'язування даних ПЗ ГІС з даними СКБД є математичне забезпечення і спосіб програмної реалізації Зв'язування. Помітимо, що найсучасніші засоби отримання геопросторових даних: аерофотограмметричний і лазерного сканування - забезпечують отримання тривимірних моделей геопростору, що в найбільшій мірі відповідає його природі. Володіючи властивістю тривимірності, ГІМ в якнайповнішій мірі реалізує ці можливості, які недоступні картографічному зображенню.

3.5. СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ КАРТОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

В даний час є три принципово різних способу створення ЦКІ.

Перший спосіб полягає в безпосередньому перетворенні ГІМ в ЦКІ шляхом перетворення геометричних і атрибутивних даних у відповідні картографічні атрибути. Цей спосіб найкращим чином відповідає загальній тенденції розвитку геоінформатики, орієнтованої на використання як початковий продукт ГІ і ГІМ. При створенні ЦКІ цим способом здійснюється послідовне інформаційне перетворення моделей від ГІМ до ЦК, потім від ЦК до АЧ і, нарешті, до графічної карти, одержуваної за допомогою пристроїв графічного висновку. Таким чином, шукється чітка система перетворення інформації, де на верхньому рівні знаходиться ГІМ, відповідна максимальній правдоподібності сукупності просторових предметів, на наступних рівнях - ЦКІ і графічна карта, що містять умовне картографічне зображення.

Другий спосіб полягає в паралельному отриманні ЦКІ в процесі створення ГІ і ГІМ. Він обумовлений тим, що при використуванні методу цифрування картографічних матеріалів є можливість формувати, разом з геометричною і атрибутивною геоінформацією про об'єкти геопростору, картографічні атрибути як самих об'єктів геопростору, так і додаткових картографічних об'єктів.

Третій спосіб полягає в безпосередньому отриманні ЦКІ при цифруванні картографічних матеріалів. При цьому формуються тільки картографічні атрибути. Останній випадок характерний для автоматизації процесів створення нових графічних карт і до формування ГІП відношення не має.

3.5.1. Інформаційні основи створення цифрових картографічних зображень

У основі різних способів створення ЦКІ лежать наступні загальні інформаційні уявлення, засновані на суті цифрового картографічного моделювання геопростору. У ГІП ідеологія побудови ЦКІ принципово відрізняється від традиційного підходу до побудови карт тим, що тут додатково присутня атрибути-

вна інформація, пов'язана з геометричною інформацією для кожного просторового об'єкту [42]. У ГІМ кожен тематичний шар (або шар об'єктів, а в деяких системах - клас об'єктів) - це безліч просторових об'єктів, що мають загальні атрибути (семантичні властивості), наприклад, дороги, будівлі, річки. При формуванні кожного просторового об'єкту, відповідно до класифікатора, був привласнений код, що відображає його властивості, що класифікуються. Ряд інших властивостей, які були виявлені при вивченні цього просторового предмету, зафіксований в атрибутивній частині ЕГІ, але не класифікований і тому не включений в модель, тобто просторовий об'єкт, позначимо терміном "індивідуальні властивості". Процес формування ЦКІ по кожному картографічному об'єкту складається з двох етапів:

- 1) з використанням геометричної частини просторового об'єкту будується його контур;
- 2) за кодом просторового об'єкту знаходиться в бібліотеках умовних позначень відповідне елементарне картографічне зображення і розміщується на контурі.

Бібліотеки умовних позначень (графічних атрибутів) можуть містити як готові растрові або векторні зображення умовних знаків, символів і заливок, так і програми по створенню цифрового опису їх графічного образу. Просторовому об'єкту іноді відповідає декілька елементарних картографічних зображень.

Вищевикладена ідеологія дозволяє здійснювати створення ЦКІ різного рівня. На мінімальному рівні при використуванні тільки геометричної частини ГІМ виходить ЦКІ контурів. Використовування мінімального набору картографічних об'єктів, наприклад, меж і однакового забарвлення площадкових об'єктів, дозволило одержати приклад, приведений на рис. 3.2.

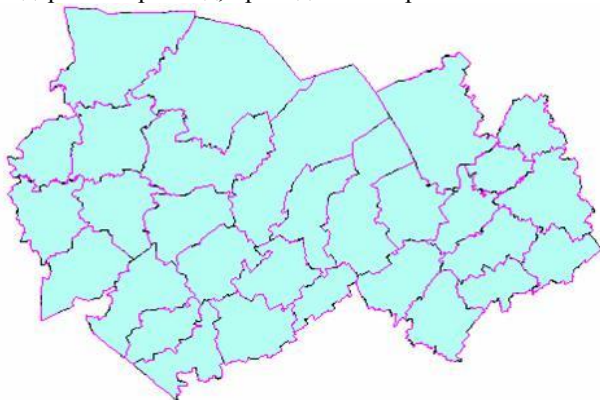


Рисунок 3.2 - Карта (контурна) адміністративного розподілу Новосибірської області

Можна представити випадок використування тільки атрибутивної інформації без геометричної. В результаті виходять всілякі графіки і діаграми, як

правило, через відсутність геометричної складової, що виносяться за рамки карти (мал. 3.3). У більшості сучасних СКБД (Access, Paradox, FoxPro і ін.) і програмних продуктах обробки електронних таблиць (Excel, Lotus і ін.) реалізовані функції побудови і параметризації цілого ряду різноманітних візуальних представлень вмісту атрибутивних баз даних. Тому для реалізації подібного випадку достатньо, щоб ПЗ ГІС підтримувало експорт семантичної інформації хоча б в одну з перерахованих систем.

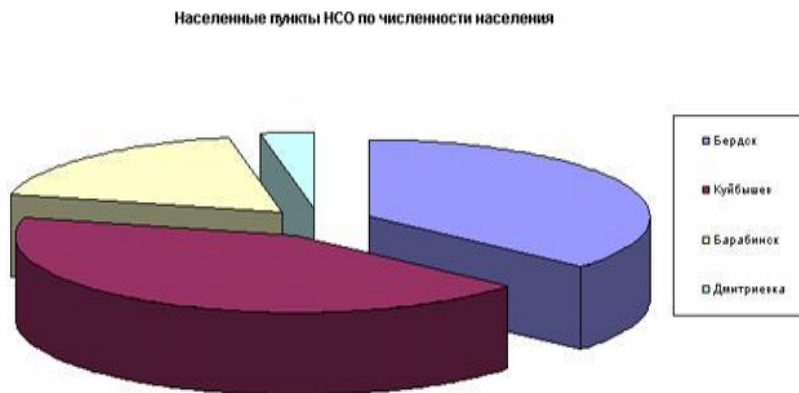


Рисунок 3.3 - Діаграма розподілу чисельності населення

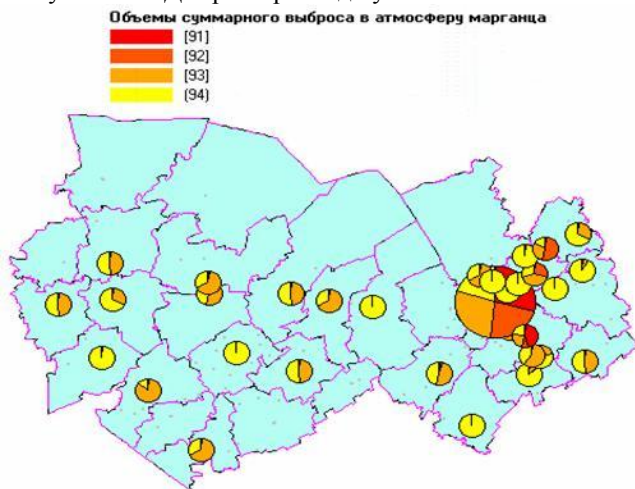


Рисунок 3.4 - Картограмма забруднення атмосфери викидами марганцю

При використуванні як геометричної, так і атрибутивної інформації про об'єкти, що відображаються, і спеціальних програм формування зображення

(графіки, кругові, стовбчаті і інші діаграми, розташовані в центральних або інших точках об'єктів карти і характеризуючі відповідний об'єкт) формуються ЦКІ, подібні приведені як приклад на рис. 3.4. До цієї ж групи ЦКІ відносяться тематичні розфарбовування об'єктів за якими-небудь даними (наприклад, колірне розбиття країн за чисельністю населення).



Рисунок 3.5 - Фрагмент цифрової топографічної карти масштабу 1:50000

При повному використуванні геометричної і атрибутивної інформації виходить повноцінне ЦКІ (рис. 3.5). Зберігаючи або встановлюючи зв'язки між елементами картографічного зображення і атрибутивними базами даних ГІМ і ГІ, можна забезпечити можливість отримання в текстовому виді додаткової класифікованої і індивідуальної інформації, не перенавантажуючи картографічне зображення.

3.5.2. Перетворення геоінформаційних моделей в цифрові картографічні моделі

Принципова схема створення ЦКМ при безпосередньому перетворенні ГІМ включає два укрупнені процеси:

- автоматичне формування графічних зображень за геометричними і атрибутивними даними і заданими параметрами умовних позначень з отриманням первинного, "сирого" ЦКІ;
- інтерактивна картографічна доробка первинного ЦКІ.

Типовим прикладом використання даного способу є технологія створення цифрових топографічних карт в Німеччині, в рамках національного проекту ATKIS [43-45]. У даній технології використовуються цифрові моделі ландшафту (місцевості) - DLM для створення цифрових топографічних карт DTK за допомогою програмних засобів фірм "SICAD Geomatics" і "LGN - Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen".

При складанні карт з моделі DLM повний зміст інформації про місцевість показати неможливо, бо воно містить більше інформації, ніж можна відобразити на карті. Крім того, мається на увазі можливість отримання повної інформації з бази даних. По цих двох міркуваннях для картографічного відображення береться основний зміст DLM. Для поліпшення читаності картографічно-

го зображення застосовуються розвантаження ситуації і нові підходи до оформлення карт на основі нових умовних знаків, які включені в каталог умовних знаків "ATKIS*-SK". Цей каталог є найважливішим складником при складанні карт і дає сучасний графічний опис місцевості. Звичні дрібні умовні знаки замінюються крупнішими, чіткішими, виробляється узгодження картографічних елементів. Замість умовних скорочень для характеристики функцій будівель використовуються символи, наприклад: лікарень, станцій пожежних команд, посадочних майданчиків вертольотів, автостоянок, багатоярусних стоянок, підземних гаражів і ін. Різними колірними гаммами виробляється диференціювання ділянок земної поверхні. Назви міст, селищ міського і сільського типу не розрізняються по вигляду шрифтів, а розрізняються тільки за розміром шрифту залежно від кількості населення відповідного пункту. Підписуються назви всіх вулиць. Початковими даними для створення топографічних карт є оновлені векторні дані (Basis-DLM/2), засновані на каталозі видів об'єктів (ATKIS*-OK). Весь процес збору і підготовки даних для виробництва топографічних карт автоматизований. Для цього всі початкові файли поміщені в один банк даних INFORMIX, який носить позначення відповідної номенклатури листу. У цьому банку декілька баз даних листу:

- даних Basis-DLM (dlm);
- будівель (atk);
- даних рельєфу (dgm);
- збереження сформованих картографічних даних і доданих елементів, таких, як тексти, умовні знаки і т.п. (dtk).

Процес виготовлення DTK складається з трьох самостійних підпроцесів:

1. Автоматичне представлення цифрових даних за допомогою SICAD-GLOBE-таблиць.
2. Керована автоматична процедура додаткової обробки недоліків уявлення VISU1.
3. Керована інтерактивна картографічна обробка з програмним забезпеченням SICAD.

Умовні знаки, що позначають площадкові об'єкти, можуть при необхідності на екрані зсувуватися. Відмітки висот, підписи горизонталей і відмітки урізання води встановлюються в потрібних місцях, виробляється укладання горизонталей. Обриви автоматично змінюють залежно від висоти своє умовне позначення. Їх можна зсувувати залежно від ситуації, при цьому автоматичною процедурою встановлюється мінімальна допустима відстань від лінійних об'єктів.

3.5.3. Створення цифрових картографічних моделей при цифруванні карт

У основі цього способу створення ЦКМ лежить можливість отримання цифрового опису не тільки просторових об'єктів, відповідних об'єктам геопрос-

тору (тобто зміст ГІМ), але і картографічних об'єктів - підписів і інших чисто картографічних об'єктів карти. Прикладом застосування цього способу можуть служити роботи із створення векторних ГІМ і ЦКМ кафедри інженерної геодезії і інформаційних систем Сибірської державної геодезичної академії (СДГА) [46].

Даний вид робіт був ініційований появою замовлень у області інвентаризації земель, а також приходом на російський ринок інструментальних ГІС. Протягом п'яти років невеликим колективом кафедри було оцифровано більше 600 номенклатурних листів топографічних планів крупних масштабів (1:2000 і 1:500). За наслідками векторизації створені ГІМ і ЦКМ для ГІС MapInfo і WINGIS. Основне призначення цифрових моделей і карт, створюваних в СДГА, - використання як цифрова основа для ведення земельного кадастру. У зв'язку з цим, вживана технологія включала етап, що забезпечує нанесення додаткової інформації на карту, наприклад, земельних ділянок. Крім того, оскільки карти призначені для обліку земель, виникла задача повного покриття карти площадковими об'єктами (ділянками, городами, ріллею, пустирями і т.п.).

Аналіз програмного забезпечення для векторизації растрів привів до вибору як основний робочий інструмент векторизатору MapEdit (АТ "Резидент", Росія). Векторизатор MapEdit володіє всіма необхідними функціями для вирішення поставленої задачі, а саме: інструменти коректування растру, розвинені засоби трасування від ручних до повністю автоматичних процедур, робота під управлінням операційних систем WINDOWS 3.x/95/98/NT, що важливе для гетерогенної комп'ютерної техніки СДГА. Крім того, MapEdit дозволяє здійснювати перевірку топологічної коректності створюваних карт в автоматичному і інтерактивному режимах. У якості ПЗ ГІС на вимогу замовників використовувалися програмні продукти WINGIS і MapInfo.

Розроблена технологія створення ЦКМ в загальному вигляді представлена на рис. 3.6.

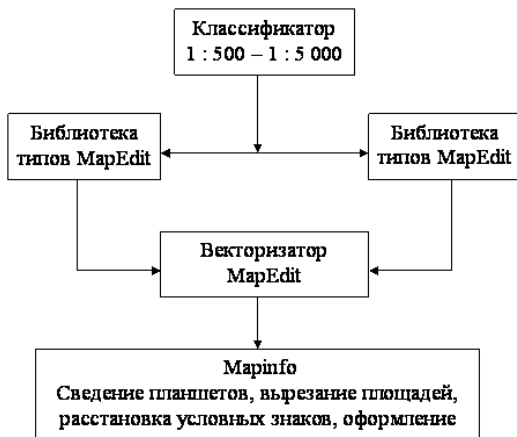


Рисунок 3.6 - Технологія створення ЦКМ

Технологія передбачає попланшетну векторизацію. Даний підхід дозволяє розділити об'єм робіт на декілька операторів, що працюють незалежно один від одного. Проте тут є недолік - зведення планшетів не на стадії векторизації, а на стадії оформлення. Така методика заснована також на відсутності програмного забезпечення, що виконує трансформацію растру і створення єдиного растрового поля. Проте векторизатор MapEdit трансформує вже векторну карту, що економить час обробки планшета і зменшує помилки, що виникають при скануванні. Слід зазначити, що така методика можлива, якщо растр в подальшому не використовується в ГІС, інакше його необхідно трансформувати. Перед початком векторизації розроблений класифікатор просторових об'єктів, що підлягають включенню в ГІМ і відображенню в ЦМК. З аналізу початкових карт встановлюються зв'язки між об'єктами карти, інструкцією на відображення умовних знаків, умовними знаками у файлі-бібліотеці, характером локалізації об'єктів, відносинами між об'єктами карти, правилами оцифровки об'єктів. Одержані таким чином відомості об'єднуються в один документ - класифікатор об'єктів місцевості і карти. У класифікаторі всі об'єкти упорядковуються по шарах, встановлюється ієрархія шарів. Крім того, в класифікатор додана спеціальна колонка, що містить унікальний номер типу об'єкту, який дозволяє автоматизувати процеси пошуку помилок векторизації, оформлення цифрової карти, спростити запити до бази даних при пошуку об'єктів певного типу.

В процесі векторизації неминуче виникають помилки. Для зменшення їх кількості необхідно дотримуватися спеціально розробленої методики векторизації (рис. 3.7).

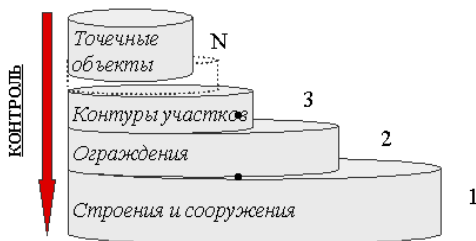


Рисунок 3.7 - Методика векторизації

Основна ідея методики полягає в послідовності векторизації об'єктів карти, розділених умовно на два ієрархічні рівні. Перший рівень - просторова локалізація (площадкові, лінійні, точкові), другий - "жорсткість" (наприклад, будова вогнестійка є "жорсткішою" по відношенню до прилеглої до нього прибудови). Етап векторизації закінчується контролем створених векторних карт, при якому виявляються всі допущені помилки, і у разі їх виявлення виконується повернення планшета на доробку.

Подальша обробка векторних карт здійснюється до ПЗ ГІС. При цьому виникають дві задачі, вимагаючи рішення: зведення меж планшетів з об'єднан-

ням їх в єдиний масив і розстановка умовних знаків. Рішення першої задачі вимагає значної кількості ручної роботи, оскільки автоматизувати її повністю і коректно практично неможливо. Друга задача достатньо успішно автоматизується (якщо ПЗ ГІС підтримує модулі розширення). У основу автоматизації встановлений кодовий рядок типів об'єктів. Для цих цілей розроблений спеціальний додаток на мові MapBasic, яке вже на етапі імпорту файлів обмінного формату mif/mid "розфарбовує" зображення відповідно до вибраної бібліотеки. В процесі роботи можна неодноразово міняти вид оформлення карти (чорно-біла, кольорова, масштаб 1:500 або 1:5 000 і т.п.).

Завершальним етапом створення ЦКІ є її контроль. Необхідно проконтролювати як графічну частину ЦКІ (наявність всіх об'єктів на карті, відсутність спотворень, правильність умовних знаків і т.п.), так і коректність бази даних. У базі даних не повинно бути незаповнених рядків, неправильних значень і т.п. Контроль здійснюється досвідченим виконавцем або керівником проекту. В процесі створення ЦКІ в СДГА були розроблені:

- класифікатор об'єктів місцевості і карти;
- методика векторизації кадастрових планів масштабу 1:500 - 1:2000;
- програма навчання операторів процесу векторизації;
- програми, що автоматизують процес створення ЦКІ;
- методика контролю ЦКІ;
- технологія створення ЦКІ з використанням програм MapEdit, MapInfo, WINGIS.

Відзначимо, що технологія СДГА реалізує другий спосіб створення ЦКІ на основі цифрування картографічних матеріалів з використанням зарубіжного ПЗ ГІС (рис. 3.8).

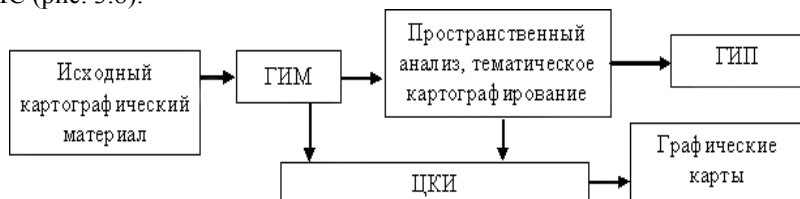


Рисунок 3.8 - Створення ЦКІ з використанням ПЗ ГІС

Аналогічним способом, але з використанням оригінального вітчизняного програмного забезпечення (РАСТР-2П, НЕВА, ПАНОРАМА), створюються державні цифрові топографічні карти і плани масштабного ряду від 1:10000 до 1:1000000. Одержувана ЦТК у вигляді поаркушевих файлів обмінного формату містить інформацію як про об'єкти місцевості, так і про картографічне їх зображення. Проте перед безпосереднім використанням до ПЗ ГІС інформація про об'єкти місцевості повинна бути конвертована, а картографічна інформація - виключена.

При створенні ЦКІ у формі видавничого оригіналу, призначеного для

видання, використовуються програмні продукти (CorelDraw, AdobeIllustrator, FreeHand і ін.), що володіють могутніми графічними засобами, - настільні видавничі системи. Схема обробки, відповідна третьому способу створення ЦКІ з використанням початкового картографічного матеріалу, представлена на рис. 3.9. В цьому випадку ЦКІ містить тільки цифровий опис картографічного зображення, в ньому відсутні описи просторових об'єктів і тому використання такої ЦКІ для просторового аналізу неможливо. При цьому не доводиться вирішувати проблеми конвертації (ГІС - видавничі системи), а також проблеми переоформлення і згладжування ліній [47].

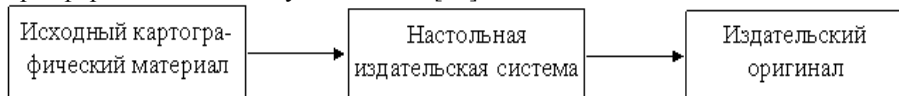


Рисунок 3.9 - Створення видавничого оригіналу без використання ПЗ ГІС

Використовування ПЗ ГІС дає можливість застосування інструментів тематичного картографування. Для цього необхідне створення ГІМ, що містять геометричні і атрибутивні дані. Проте при цьому виникають проблеми передачі інформації з ПЗ ГІС у видавничі системи. Проблеми торкаються передачі графічної інформації:

- проблема відсутності у видавничих системах примітиву "точка", що веде до необхідності додаткової обробки точкових умовних знаків;
- проблема ламаних ліній (для якості карти необхідно, щоб криві лінії на карті були плавними);
- проблема відображення нестандартного тексту, тобто тексту, розташованого уздовж кривих ліній.

Стандартні конвертори не дозволяють виконувати передачу інформації з ПЗ ГІС у видавничі системи із збереженням всієї початкової інформації (умовні знаки, підписи, кольори). Тому схему обробки з використанням спеціального конвертора можна представити в наступному вигляді (рис. 3.10).

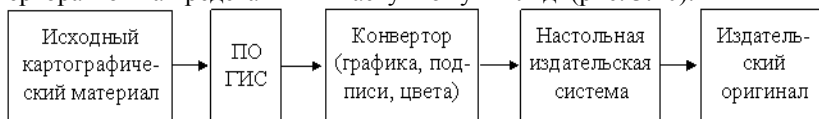


Рисунок 3.10 - Створення видавничого оригіналу з використанням ПЗ ГІС

3.5.4. Картографічна візуалізація

Як встановлено вище, формування ЦКІ відбувається на основі ГІМ. Причому це формування ЦКІ може виконуватися на різних рівнях, але на кожному рівні необхідна її візуалізація. Крім того, при інтерактивному формуванні ГІМ постійно виникає необхідність бачити її і результати просторового аналізу.

Можливість підключення відображення на всіх етапах геоінформаційного і картографічного моделювання означає, що ЦКІ може бути як остаточним,

так і проміжним продуктом ГІО. Так, в процесах ті, що генералізують або відновлення рельєфу можуть створюватися спрощені зображення, що ілюструють проміжний результат, одержуваний на черговому кроці рішення задачі.

Об'єкти ГІМ, як зазначено вище, в набагато меншому ступені, ніж об'єкти ЦКІ, пов'язані з масштабом і призначенням. На основі однієї ГІМ можуть бути створені ЦКІ різного масштабу, призначення і рівня картографічного відображення з використанням конкретних систем картографічних умовних позначень. Картографічне зображення не є механічним набором картографічних умовних позначень. Зображення окремих умовних позначень найтіснішим чином пов'язані один з одним, що відображає наявність складних взаємозв'язків об'єктів геопростору. Правила створення ЦКІ численні, різноманітні, варіативні, слабо формалізовані і тому важко програмуємі. Саме тому значна частина картографічних робіт як і раніше спирається на творчі рішення виконавця, і процес комп'ютерного створення карт має яскраво виражений ітеративний характер, оскільки остаточно їх якість досягається поступовим наближенням з внесенням коректур на кожному кроці [48-51]. Відповідно до вказаного характеру процесу створення ЦКІ, в ньому виділяються два підпроцеси: *автоматичного формування* і *інтерактивної графічної доробки* з метою виправлення помилок, узгодження елементів зображення і пов'язання в єдине ціле.

Автоматичне формування виконується в загальному випадку в два етапи. На першому етапі на основі ГІМ розраховується ЦК. На другому етапі формується цифрова модель зображення - ЕК (тобто віртуальне картографічне зображення). Одержана ЕК відображається на екрані графічного дисплея, реєструється на пристроях графічної реєстрації. Таким чином, віртуальна ЕК перетворюється на реальне картографічне зображення. Робота прикладних програм з пристроями графічного висновку на верхньому рівні описується на так званій мові протоколу взаємодії з ВГС. Функціональний набір ВГС є узагальненим, тобто охоплює всі можливі функції конкретних пристроїв. При цьому кожна окрема узагальнена функція в реальності відпрацьовується деяким програмним інтерпретатором. Мова цього протоколу, таким чином, є спільною (уніфікованим) мовою взаємодії всіх різних програм і всіх різних пристроїв графічного висновку.

На етапі доробки виконується внесення змін. Цей етап своїм кінцевим висновком має змінене картографічне зображення. Обидва етапи - формування і доробка - тісно пов'язані один з одним. При цьому етап формування є визначаючим, оскільки об'єм доробок напряму залежить від якості автоматично сформованої ЦКІ, використовуваного графічного програмного забезпечення і методів структуризації моделей в системах управління базами даних. Практичне формування ЦКІ реалізується програмними засобами, в яких виділяються наступні взаємодіючі головні компоненти (основні підсистеми): управління, інформаційного забезпечення, обробки і введення-висновку.

Підсистема управління (управляюча програма або монітор) системи веде діалог з оператором на проблемно-орієнтованій мові. Вона аналізує запити опе-

ратора, одержує від нього інформацію і організовує роботу решти підсистем на виконання необхідних дій і взаємний обмін інформацією. Проблемно-орієнтована мова управління по структурі є простим командною мовою, кожна директива якого викликає виконання певних функцій. Тому технологічний план виражатиметься через послідовність вказівок саме на цій мові, тобто він виступає як мова технологічних операцій картоскладання.

Організація інформації в сучасних програмних системах розв'язується шляхом централізації і концентрації її у формі баз даних і створення єдиних програмних засобів операції з цими даними - систем управління базами даних. Саме бази даних забезпечують ефективний інформаційний обмін при реалізації наборів задач, коли результати рішення одних задач служать початковими даними для вирішення інших, що повною мірою відноситься і до процесів картографічного відображення. Вищим ступенем організації даних є бази знань і експертні системи, що акумулюють не тільки дані, але і правила їх використовування, і що є наступним рівнем розвитку організації даних. Безпосереднє рішення прикладних задач здійснюється програмами підсистеми обробки. Основою початкової інформації для даної підсистеми є ГІМ. Саме в підсистемі обробки концентрується велика частина проблемної специфіки всієї програмної системи, і тому рішення, які закладаються в підсистему обробки, відображаються на загальній архітектурі всієї прикладної програмної системи.

Підсистема введення-висновку в плані потреб процесу створення картографічних зображень вирішує одну основну задачу - побудова зображення на графічному пристрої по створеній ЦКІ. При цьому, можливості сучасного графічного програмного арсеналу цілком достатні для вироблення спеціального картографічного протоколу взаємодії з віртуальним графічним середовищем і побудови оригіналів будь-яких карт.

3.6. ВЕДЕННЯ БАНКУ ДАНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Фізично всі складові ГПІ: ГІ, ГІМ і ЦКІ - розташовуються в територіальному банку геопросторових даних. У нього вони вкладаються, з нього витягуються для перетворення, оновлення і в нього ж повертаються назад. Розглянемо дві головні інформаційні компоненти - склад територіального банку даних і систему навігації, забезпечуючи доступність до геопросторових даних.

Аналіз практики роботи, що склалася, з цифровими топографічними і галузевими просторовими даними дозволив сформулювати вимоги до складу і змісту територіального банку даних [42]:

- а) для геоінформації і ГІМ, призначених для подальшої обробки до ПЗ ГІС, а також для векторної ЦКІ найприйнятнішою є об'єктова модель даних, у зв'язку з тим, що така модель дозволяє оновлювати частину об'єктів банку даних без перерахунку топології шару і зберігати при необхідності топологічно некоректну цифрову геометричну модель;

- б) банк даних повинен підтримувати не тільки векторний формат даних, але і растровий. Ця необхідність обумовлена наступним:
- можливість використання ортофотопланів;
 - вартість і трудомісткість створення електронних растрових картографічних зображень значно нижче, ніж векторних цифрових карт, і вони часто використовуються на початковому етапі формування ГПП, дозволяючи вирішувати деякі задачі. Наприклад, отримання твердої копії довільної ділянки території;
 - растрові картографічні зображення дозволяють візуально проводити зшивання листів і оцифровку по растру, а як підкладка до векторного - проводити контроль коректності і якості цифрування;
- в) ГІМ і ЦКІ кожного листу повинні бути доступні в банку даних. Це означає, що необхідно забезпечити можливість отримання з банку, поєднання з суміжними або заміни геоінформації на оновлену ділянку будь-якого листу. При цьому ідентифікація листів повинна відбуватися по номенклатурі або по координатах довільних або характерних точок;
- г) використовувана система координат для представлення геометрії об'єктів повинна бути єдиною для всіх геоінформаційних і картографічних моделей, що забезпечить геометричне узгодження моделей всього масштабного ряду;
- д) логічна структура банку повинна забезпечувати швидкий доступ і вибірку інформації як по окремих тематичних шарах, так і по окремих ділянках території довільної форми, включаючи вибірку по листах і окремих об'єктах території. При цьому визначення вибірки повинне здійснюватися як вказівкою місця локалізації об'єктів (об'єкту) по координатах, так і по значеннях семантичних ознак об'єктів або за метричних і логічних умов на значення характеристик об'єктів;
- е) у банку даних повинні знаходитися і бути доступними метадані про точність і достовірність (джерело інформації, що поставляється, дата зйомки, суб'єкт поставки і т.п.) зберігається і накопичуваної геоінформації в банку. При цьому, вказані метадані повинні відноситися як до окремих листів, так і до ділянок території.

Другим компонентом, що впливає на ефективність формування і використання геоінформації, є технологія навігації в ГПП.

Для забезпечення режиму навігації при збереженні цілісності даних і усунення проблем завантаженості екранного зображення пропонується [53] виробити інтеграцію в проєктовані програмні компоненти банку даних додатку, що виконує навігаційні функції. Основною метою цього додатку є прискорення позиціонування на необхідний фрагмент ГІМ і ЦКІ. Отже, територіальний банк даних повинен включати один або декілька навігаційних шарів, як які можуть бути використані, наприклад, шар розграфування по листах, шар класів об'єктів і інші шари з достатньо крупними об'єктами, що наочно представляють терито-

рію, що враховується. Навігація повинна здійснюватися як за допомогою карти-схеми дрібного масштабу, так і за допомогою схеми номенклатури листів. Враховуючи великий об'єм просторових даних, що зберігаються в банку даних, візуалізація і екранне масштабування ЦКІ повинні відбуватися з тим, що генералізує при переході по масштабних рівнях. Тут під тим, що генералізує розуміється виключення відображення об'єктів класів, починаючи з якогось масштабного рівня і вище, аж до припинення відображення всіх об'єктів всіх класів при вказівці певного масштабу. Інший підхід - обмежити діапазон переходу по масштабних рівнях, що зробить можливим бачити у будь-який момент тільки обмежену ділянку території, але з достатньо докладною деталлю. При переході до іншої ділянки території повинен використовуватися механізм вивантаження розглянутої ділянки і завантаження нового.

Для державних топографічних карт і інженерно-топографічних планів, що мають значний територіальний обхват, стандартною одиницею зберігання інформації є лист. Тому природною представляється поаркушева реалізація системи навігації для взаємодії в єдиному технологічному ланцюжку з системою збору, накопичення і оновлення початкової цифрової топографічної і галузевої геоінформації.

Фізично електронна растрова карта повинна бути набором растрових файлів в одному із стандартних форматів (BMP, TIFF, JPEG) по числу листів. Всі файли повинні обрізати по рамці листу і зведені між собою по всіх рамках. Кутам растрового образу повинні бути привласнені відповідні значення їх координат в прийнятій територіальній системі координат. Банк даних оперує растровим зображенням як єдиним логічним покриттям на всю територію в єдиній системі координат, при цьому одночасний обіг відбувається не більш, ніж до чотирьох зістикованих листів. Підготовка даних растрового плану або карти (обрізання по рамці планшета і зведення) з відсканованих планшетів може проводитися або уручну, з використанням стандартних засобів роботи з графічними файлами (типа FotoShop, FotoPaint і т.п.), або з використанням спеціалізованих засобів роботи з географічними растровими підкладками, наприклад, MicroStation Descartes, Image Transformer або GeoCad System. Підготовлені растрові файли повинні підключатися до ГПП завданням координат кутів їх листів в територіальній системі координат. Повинна бути реалізована можливість перегляду і друку одночасно растрового і накладеного на неї векторного картографічного зображення.

В процесі ведення банку даних оновлення інформації з використанням системи навігації здійснюється шляхом видачі листів (з метаданими), на яких знаходиться ділянка оновлення (у повному об'єктовому складі та/або по шарах), в систему, що дозволяє виробляти оновлення. Потім вони повертаються назад в банк даних. Інформація про проведене оновлення фіксується у вигляді метаданих листу для обліку і ведення банку.

Питання винесені на проміжний контроль по темі №3:

1. У чому полягає суть цифрового картографування місцевості
2. Що входить в систему переліки і кодування геопросторової інформації? Основні поняття?
3. Які вимоги пред'являються до системи класифікації і кодування геопросторової інформації?
4. У чому полягає правила цифрового опису об'єктів?
5. У чому полягає шифрування картографічних матеріалів?
6. Які види наземної зйомки Ви знаєте?
7. У чому полягає дистанційне зондування Землі?
8. У чому полягає створення геоінформаційних моделей?
9. Які типи прив'язки об'єктів з їх атрибутивними таблицями Ви знаєте? Вимоги до них?
10. у чому полягає створення цифрових картографічних зображень?
11. У чому полягає інформаційні основи створення цифрових картографічних зображень?
12. У чому полягає перетворення геоінформаційних моделей в цифрові картографічні моделі?
13. Як виконується створення цифрових моделей в процесі формування геоінформаційних моделей при цифруванні карт?
14. У чому полягає картографічна візуалізація?
15. Які вимоги пред'являються до складу і змісту територіального банку даних?

тема №4. ОТРИМАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ СУПУТНИКОВИМ МЕТОДОМ

Разом з розглянутими і вже стали класичними методами цифрування карт, аерофотогеодезії, дистанційного зондування, геодезичних зйомок, орієнтованими на суцільну зйомку місцевості, останніми роками стрімкими темпами розвивається супутниковий метод визначення координат. Цей метод дозволяє реалізувати пооб'єктне визначення координат і найкращим чином відповідає вимогам моніторингу ГПП, оскільки, як правило, змінюються окремі об'єкти. Крім того, він дозволяє координувати не тільки стаціонарно розташовані об'єкти, але і динамічні об'єкти, що у край важливе з позицій ГЮ. Враховуючи ці особливості супутникового методу і відносну новизну його використання в ГЮ, розглянемо можливості цього методу детальніше.

4.1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУПУТНИКОВОГО МЕТОДУ КООРДИНУВАННЯ

Супутникові технології, засновані на застосуванні радіонавігаційних систем GPS і ГЛОНАСС, міцно увійшли до геодезичного виробництва [54, 55]. В порівнянні з класичними геодезичними технологіями, вони володіють рядом переваг [56]:

- широкий діапазон точності практично в глобальному масштабі: від десятків метрів до одиниць міліметрів;
- висока продуктивність праці (у 5 - 10 разів вище, ніж в класичних технологіях);
- економічна ефективність, що з'являється через те, що не потрібно забезпечувати пряму видимість між спостережуваними пунктами і будувати високі знаки;
- незалежність від погодних умов;
- високий ступінь автоматизації;
- можливість виконання спостережень в русі і ін.

Ці переваги істотно перекивають недоліки супутникових технологій, з яких головними є висока вартість устаткування, залежність від перешкод поблизу антени, необхідність досить складних перетворень координат, серед яких на особливому місці знаходиться проблема отримання нормальних висот і ін.

Первинне призначення супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) - координатно-тимчасове забезпечення військових дій. Наявність загальнодоступного сигналу стандартного далекомірного коду дала могутній поштовх для розробки цивільного застосування СРНС. Ця область застосування істотно розширилася після того, як була розроблена теорія і апаратура для вимірювань фази несучої хвилі. Вже перші геодезичні вимірювання довели можливість досягнення точності міліметрового рівня на відстанях до декілька кілометрів. Роботи багатьох учених розширили діапазон відстаней і довели точність спостережень до

10-9 в глобальному масштабі. У табл. 4.1, узятій з роботи [57], указуються основні удосконалення в супутникових технологіях, що дозволили істотно підвищити точність спостережень.

Таблиця 4.1 - Підвищення точності визначення координат в супутникових технологіях і джерела помилок

Рік	Відносна помилка дальності між пунктами, b	Джерела поліпшення	Основні джерела помилок
1983	10-6	Геодезичні приймачі (вимірювання фази несучої)	Атмосферна рефракція, помилки орбіт
1986	10-7	Двохчастотні вимірювання фази	Тропосферна рефракція, помилки орбіт
1989	10-8	Глобальна мережа стеження (CIGNET)	Атмосферна рефракція, помилки орбіт
1992	5-10-9	Поліпшення глобального стеження за супутниками (МГС)	Помилки від тропосфери, орбіт, фазових центрів
1997	10-9	Підвищення точності орбіт, моделювання тропосфери і фазових центрів антен	Помилки глобальної системи відліку, специфічні помилки пунктів, атмосферні градієнти
Середня квадратична похибка в плані (мм): $MD = [(0.1 - 1.0 \text{ мм})^2 + (2 \cdot b \cdot D)^2]^{1/2}$, де D - відстань між пунктами			

З розвитком супутникових технологій стала неухильно розширятися область їх застосування. Якщо перші спостереження виконувалися виключно для побудови невеликих опорних геодезичних мереж (мережі згущування і інженерні мережі у середині 1980-х рр.), то, поступово доводячи перевагу нових технологій в точності, геодезисти перейшли до побудови державних мереж (типу відомої високоточної мережі HARN в США) і надточних геодинамічних мереж. З останніх найбільш відома глобальна мережа Міжнародної геодинамічної служби, початкуюча функціонувати з 1994 р. [57]. Ця служба не тільки відстежує динаміку тектонічних плит і спільно з Міжнародною службою обертання Землі (МСОЗ) підтримує загальноземні системи ITRF, але також забезпечує геодезистів даними вимірювань, одержаними на станціях світової мережі, точними ефемеридами і іншою інформацією, укрای необхідної при виконанні робіт найвищої точності. Однією з особливостей супутникового методу спостережень є його здатність визначати місцеположення як миттєво, так і протягом дуже тривалого періоду часу. Метод придатний як для моніторингу рухів тектонічних

плит, що мають швидкості декілька сантиметрів в рік, так і для моніторингу космічних об'єктів, що мають швидкості десятки кілометрів в секунду.

Недоліки GPS і ГЛОНАСС полягають, перш за все, в блокуванні сигналів перешкодами, примушують розробників об'єднувати супутникові приймачі з іншими видами апаратури, такими як інерціальні системи, псевдоліт і ін. Особливо це актуально в умовах крупних міст (міські "каньйони").

Великим поштовхом до розширення круга застосування GPS технологій послужила відміна режиму вибіркової доступності 1 травня 2000 р. Це істотно підвищило точність абсолютного позиціонування за С/А кодом (з 100 м до 15 м при вірогідності 95%), поліпшило ефективність статичного і кінематичного позиціонування диференціальними і відносними методами. Наступним значним кроком вперед у області GPS технологій повинна стати поява сигналу на третій частоті. Це приведе до подальшого підвищення точності вимірювань і зменшення тривалості спостережень, необхідних для досягнення потрібного рівня точності. Закладені принципи позиціонування і наявне апаратурно-програмне забезпечення привели до появи нового напрямку в навігації - так званій внутрішній навігації (indoor navigation), в якій управління засобами пересування здійснюється в закритих приміщеннях, де сигнали супутників не проходять, але їх замінюють сигнали від псевдольоту.

4.2. МОЖЛИВОСТІ GPS І ГЛОНАСС В ПРОГРАМАХ МОНІТОРИНГУ

4.2.1. Методи супутникових спостережень

У супутникових технологіях використовуються вимірювання двох видів величин: *псевдодальності* і *фази*. *Псевдодальність* - це відстань між супутником і приймачем A , одержуване при множенні значення швидкості світла z на зміряну за свідченнями годинника супутника і приймача тимчасову затримку в розповсюдженні сигналу. Ця затримка спотворена помилками в свідченнях годинника, впливом середовища розповсюдження, затримками в апаратурі супутника і приймача і іншими чинниками, які для простоти розгляду опустимо. Псевдодальності вимірюються по сигналах точного коду на частотах діапазонів L_1 і L_2 і по сигналах стандартного коду на діапазоні L_1 .

Геометрична дальність є істинною відстанню між супутником і приймачем. Координати можуть бути визначені абсолютним, диференціальним і відносним методами.

4.2.2. Абсолютний метод (точкове позиціонування)

Позиціонування по кодових псевдодальностям. Коли використовується єдиний приймач, має сенс виробляти тільки точкове позиціонування по кодових псевдодальностям. Концепція точкового позиціонування характеризується як космічна трілатерація. Для точкового позиціонування GPS забезпечує два рівні

послуг:

1. Стандартна служба позиціонування за C/A кодом (Standard Positioning Service, SPS) з відкритим доступом для цивільних користувачів;
2. Точна служба позиціонування (Precise Positioning Service, PPS) з доступом для авторизованих користувачів. Подібний підхід реалізований в системі ГЛОНАСС.

Для визначення координат пункту по зміряних псевдодальностях необхідно використовувати значення тропосферної і іоносферної затримок, а також значення поправки годинника супутника. Дані про іоносферну затримку для односторонніх приймачів даються в навігаційному повідомленні супутника. Там же є інформація про годинник супутника. Для SPS доступний тільки C/A код. З вимкненим режимом SA досяжна точність 22.5 м при вірогідності 95%. PPS дає доступ до обох кодів і може бути одержана точність метрового рівня, проте для російських користувачів ця служба недоступна.

Позиціонування по фазі несучих коливань. У даному способі невідомими є три координати пункту, початкова неоднозначність фази для кожного супутника і поправка годинника приймача для кожної епохи, тобто при зйомці в одну епоху матиме місце явний дефіцит рангу. З цього робиться висновок про те, що кінематичні спостереження в абсолютному режимі по фазі несучій неможливі або вимагають ініціалізації, яка дозволяла б дозволяти фазові неоднозначності. Після їх визначення система рівнянь спостережень може розв'язуватися так само, як по кодових псевдодальностях при числі супутників $n_s > 4$. Отже, абсолютний фазовий метод, на відміну від позиціонування по кодових псевдодальностях, не є моментальним.

Таблиця 4.2 - Характеристики точності абсолютного методу позиціонування за кодами і по фазі несучій

N п/п	Варіант абсолютного методу	Тривалість	Ср. квадратична помилка, м
1	по C/A кодовим псевдодальностям при режимі SA	Вмить	100
2	По C/A кодовим псевдодальностям без режиму SA	Вмить	15
3	По фазі несучої з бортовими ефемерідами	Одну добу	0.5
4	По фазі несучої з точними ефемерідами і точними поправками годинника супутників	Одну добу	0.01 - 0.02

Проте важливішою є не проблема конфігурації спостережень, а проблема точності ефемерід. Передаванні по радіо з супутника елементи орбіти дозволяють обчислювати положення супутника в просторі з помилкою не більш три метри. У такому разі доцільність фазових абсолютних спостережень взагалі стає сумнівною. Ученими Лабораторії реактивного руху при Каліфорнійському тех-

нологічному інституті (США) розроблений метод визначення положення пункту по фазі несучої з використанням точних ефемерід і поправок годинника, визначуваного Міжнародною геодинамічною службою [59]. Такі ефемериди характеризуються погрішністю близько 10 см, точність поправок годинника супутників 0.1 нс, дискретність ефемерід 30 хвилин. Метод був застосований для моніторингу пари води в атмосфері [60]. У іншому варіанті методу використовувалися тільки точні ефемериди, а поправки годинника супутників знаходилися в процесі обробки, тобто метод можна використовувати в умовах режиму зашумлення C/A [61]. Метод був випробуваний в статичному і кінематичному режимах. Недоліками методів позиціонування по точних ефемеридам є їх велика затримка - порядку двох тижнів.

4.2.3. Диференціальний метод

Зниження точності позиціонування точок при режимі SA привело до розробки диференціального методу (Differential GPS, DGPS). Цей метод заснований на використуванні двох (або більш) приймачів, з яких один стаціонарний (опорний або базовий) приймач розміщується на крапці з відомими координатами, а положення (переважно рухомого) видаленого приймача (ровера) повинне визначатися. На обох пунктах повинне спостерігатися, принаймні, чотири загальні супутники. Відоме положення опорного приймача використовується для обчислення поправок у виведені через GPS координати або в спостереження псевдодальності і фази. Ці поправки потім передаються за допомогою телеметрії (наприклад, по радіозв'язку) до рухомого приймача і дозволяють обчислювати положення мобільного приймача з набагато більшою точністю, ніж в режимі позиціонування окремої крапки. Альтернативою для режиму навігації є метод нагляду або інверсний диференціальний метод (IDGPS), в якому видалений приймач передає необроблені дані спостережень базової станції стеження, де обчислюється виправлене положення ровера. Режим нагляду має ту перевагу, що мобільному приймачу не потрібно виконувати великий об'єм обчислень [62].

Використовуються два методи диференціальної корекції. У першому методі опорний приймач з відомим положенням обчислює своє власне положення, використовуючи той же самий набір супутників, що і мобільний приймач. Різниця (цим пояснюється назва "differential" - різницевий) між відомим і обчисленим положеннями дає поправки в положення. Цей метод концептуально простий, але вимагає, щоб у обох приймачів використовувався для обчислень один і той же набір супутників. Другий метод заснований на поправках в псевдодальності, які виводяться з різниць між обчисленими відстанями і спостереженнями (кодovими або фазовими) псевдодальностями на опорному пункті. Окрім поправок у відстані, на опорному пункті також виводяться поправки в швидкості зміни відстаней. Спостереження мобільним приймачем псевдодальності можна виправити, застосувавши поправки в псевдодальності для опорної станції. Цей метод більш гнучкий, дає вищу точність і є найзагальнішим у використуванні.

Недоліком є те, що алгоритм обробки вимагає великого об'єму обчислень. Вища точність ґрунтується на тому, що джерела помилок GPS однакові на відстанях майже до 500 км, і тому фактично усуваються при відніманні.

Вимоги користувачів до точності GPS самі різні і змінюються від декількох сотень метрів до сантиметрового рівня. Дуже велика група користувачів зацікавлена в отриманні точності метрового рівня у реальному часі. Цю точність неможливо одержати при позиціонуванні з SPS, але цілком можна досягти, використовуючи DGPS. По C/A кодовим псевдодальностям можна досягати звичайної точності на рівні 1 - 5 м. Щоб одержувати сантиметровий рівень, можна використовувати кодові дальності, згладжені фазою або C/A кодові приймачі з вузькими кореляторами. Ще вищий рівень точності можна досягти по фазі несучій. Для відстаней аж до 20 км точності субдециметрового рівня можна одержувати у реальному часі. Щоб досягати такої точності, неоднозначності повинні бути дозволені в русі (on-the-fly), і тому, в загальному випадку, необхідні двохчастотні приймачі.

Розширенням DGPS (у значенні Локальних Local Area DGPS) є метод широкозонних Wide Area DGPS (WADGPS), який використовує мережу опорних GPS станцій. Як має на увазі назву, WADGPS охоплює великі території, що може забезпечувати єдина опорна станція. Одна з головних переваг WADGPS полягає у тому, що тут можна добиватися більш узгодженої точності в районі, підтримуваному мережею. У разі DGPS з однією опорною станцією точність знижується як функція відстані з швидкістю приблизно 1 см на 1 км. Іншими перевагами WADGPS є те, що можна охопити недоступні області, наприклад, великі водні акваторії, які у разі невдачі з однією опорною станцією підтримуватимуться мережею на порівняно високому рівні цілісності і надійності в порівнянні з індивідуальною опорною станцією DGPS.

Таблиця 4.3 - Характеристики точності диференціальних методів позиціонування

№ п/п	Варіант диференціального методу	Тривалість	Ср. квадрата помилка, м
1	По C/A кодовим псевдодальностям	Вмить	1 - 5
2	По C/A кодовим псевдодальностям в режимі статистики	3 - 5 мін	0.5 - 3
3	По фазі несучої двохчастотним приймачем на відстані до 20 км	Вмить	0.2
4	Широкозонний метод WADGPS по фазі несучій	Вмить	1 - 2

Окрім станцій моніторингу, мережа WADGPS включає, принаймні, одну головну станцію управління. Ця станція збирає поправки в дальності від станцій спостережень (моніторингу) і обробляє ці дані, щоб утворювати поправки, які передаються співтовариству користувачів, а також станціям спостережень. Ме-

режі можуть викликати невелику додаткову затримку, в порівнянні із звичними DGPS, через додаткові зв'язки, що виникають між станціями стеження і головною станцією [64]. Поправки WADGPS генеруються з використанням двох основних способів (підходів), а саме, підходу в просторі вимірювань і підходу з просторовим станом. У методі простору вимірювань поправки індивідуальних станцій спостережень зважуються, щоб утворити один набір поправок. Ця проста концепція має той недолік, що точність залежить від відстані користувача до найближчої станції спостережень. Підхід з просторовим станом представляє складнішу методику, по якій окремі помилки (орбітальні, тропосферні, іоносферні) моделюються і оцінюються в мережному рішенні. Грунтуючись на цих помилках, обчислюють поправки в псевдодальності для кожної опорної станції. Таким чином, точність узгоджується по всій мережі. Оскільки опорні станції мережі WADGPS можуть бути дуже віддаленими від положення користувача, була розроблена концепція Віртуальної базової станції (Virtual Reference Station, VRS) [65].

4.2.4. Відносний метод

Метою відносного позиціонування є визначення координат невідомої крапки по відношенню до відомої крапки, яка у багатьох випадках є стаціонарною. Іншими словами, відносне позиціонування націлене на визначення вектора між двома крапками, які часто називають вектором базової лінії або просто базовою лінією. Координати опорної точки повинні даватися в системі WGS-84, і для їх визначення часто використовують рішення по кодових дальностях.

Відносне позиціонування може виконуватися по кодових або фазових дальностях. Надалі ми розглядатимемо тільки рішення по фазах. Відносне позиціонування вимагає одночасних спостережень і на опорній, і на невідомій крапці. Це значить, що мітки часу спостережень повинні бути однаковими для цих двох точок. Припускаючи, що такі одночасні спостереження є на двох пунктах A і B на супутники і і j, можна утворити лінійні комбінації, які приводять до одинарних, подвійних і потрійних різниць. Віднімання можна виконувати трьома різними шляхами: по приймачах, по супутниках і за часом (Logsdon 1992: р. 96). Замість "по" часто говорять "між". Щоб уникнути дуже обтяжливих виразів, в тексті використовуватимуться короткі позначення з наступними значеннями: одинарні різниці відповідають різницям між приймачами, подвійні різниці відповідають різницям між приймачами і між супутниками, а потрійні різниці відповідають різницям між приймачем, між супутником і за часом. Більшість програм для постобробки використовує ці три способи, тому далі будуть показані їх основні математичні моделі.

Основні властивості різниць фаз:

- у одинарних різницях фаз відсутні помилки годинника супутників;
- у подвійних різницях фаз відсутні помилки годинника супутників і приймачів;

- у потрібних різницях фаз відсутні помилки годинника супутників і приймачів, а також цілочисельні початкові неоднозначності фаз.

В той же час видно, що чим вище порядок різниць фаз, тим більше в них стає шумова компоненту, тобто параметри спостережень стають грубішими, і, крім того, в подвійних і потрібних різницях фаз виникають корельовані помилки, що вносяться опорним супутником. Для визначення компонент базової лінії найчастіше використовується рівняння подвійної різниці.

Таблиця 4.4 - Характеристики точності деяких супутникових приймачів

Назва прий- мача	Фірма	Кількість каналів	Спосіб зйомки	Точність в плані	
				а, мм	б (10-6)
4000SSE	Trimble Navigation	9L1 і 9L2	Статика Кінематика	5 10	1 2
5700	Trimble Navigation	12 L1 і 12 L2	Статика Кінематика	5 10	0.5 1
4000SSi	Trimble Navigation	12 L1 і 12 L2	Статика Кінематика	5 10	1 2
4600LS	Trimble Navigation	8 L1	Статика Кінематика	5 10	1 - 2 1
Legacy	Javad (Topcon)	20 L1 і 20 L2	Статика Кінематика	3 10	1 1.5
Locus	Ashtech	8	Статика Кінематика	5 12	1 2.5
ProMark II	Thales	10 L1	Статика	10	2
SR510, (System 500)	Leica, Швейцарія	12 L1	Статика Кінематика	5 - 10 20	2 2

Даний метод звичайно використовується для обробки спостережень, виконаних одночастотними приймачами в режимах і статички, і кінематики. Як видно, для визначення невідомих необхідно одночасно спостерігати не менше чотирьох супутників в перебіг не менше ніж двох епох. Рівняння потрібних різниць фаз також можуть бути використані для визначення компонент вектора базової лінії, але звичайно вони використовуються для відновлення втрат рахунку циклів безперервної фази. Якщо приймач двохчастотний, то є можливість утворити комбінації фаз.

Для того, щоб виключати помилки годинника супутника і приймача і при цьому добиватися виключення впливу іоносфери, іоносферний вільна комбінація фаз утворюється по подвійних різницях фаз. Одержувані при цьому моделі спостережень приводяться в роботах [52, 59, 63]. Можливість майже повністю виключати вплив іоносфери дає двохчастотній апаратурі велику перевагу перед

одночастотною апаратурою. За допомогою двохчастотних приймачів можна вимірювати базові лінії в тисячі кілометрів, тоді як для одночастотних приймачів звичайно межею є базові лінії в 10 - 15 кілометрів. Точність визначення координат вектора базової лінії залежить від способу спостережень (статика, швидка статика, кінематика), характеристик апаратури (одно- або двохчастотна), вживаних алгоритмів, способів обліку і моделювання зовнішніх умов, довжини базових ліній і тривалості сеансів. Особливо слід зазначити такі чинники, як вплив многопутності і інтерференції сигналів, а, отже, і досвідченості спостерігача, який повинен правильно вибирати місце установки антени. Звично фірми, виробники супутникової апаратури, наводять паспортні дані у вигляді апріорних середніх квадратичних погрешностей в довжині базової лінії (погрешність в площині горизонту або погрешність положення в плані) і по висоті.

4.3. МОНІТОРИНГ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ GPS

Під моніторингом розуміється спостереження за навколишнім середовищем, що є динамічну, тобто систему, що постійно змінюється, з метою її контролю, вивчення, прогнозу і охорони [87]. Моніторинг може виконуватися за різними видами систем природного, техногенного, біологічного, соціального і іншого характеру. У даній роботі розглядатиметься тільки моніторинг систем, заснований на спостереженні геопросторового положення об'єктів ГП, тобто геомоніторинг. По рівню обхвату території розрізняють глобальний, регіональний і локальний геомоніторинг, по оперативності отримання результату - від часток секунди до декількох годин і навіть діб і більш. У першому випадку підходить тільки кінематика у реальному часі. У другому випадку можливі як статичні, так і кінематичні спостереження.

По необхідній точності спостережень для геомоніторингу може бути використаний весь спектр методів кодових і фазових спостережень. Очевидно, що для кожної задачі слід підбирати свій метод спостережень. У свою чергу, він може значно змінюватися залежно від необхідної деталізації явищ і їх динаміки і допустимої затримки.

4.3.1. Моніторинг земної поверхні

Серед різних видів моніторингу земної поверхні можна виділити [66]:

- моніторинг загальноземних координатних систем ITRF, що включає моніторинг тектонічних плит, параметрів обертання Землі, параметрів руху супутників GPS і ГЛОНАСС;
- регіональні геодинамічні мережі;
- локальний геодинамічний моніторинг земної поверхні;
- моніторинг рівня води, поверхні снігу або льоду, руху льодовиків.

Всі ці види моніторингу вимагають щонайвищої точності спостережень і виконуються в режимі статичної двохчастотною апаратурою.

Глобальний моніторинг земної поверхні засобами GPS виконує Міжна-

родна геодинамічна служба (МГС), роблячи при цьому значний внесок в систему відліку ITRF Міжнародної служби обертання Землі (МСОЗ). Результатом цієї роботи є точні геоцентричні декартові координати станцій і їх швидкості, а також параметри обертання Землі. МГС була встановлена в 1993 р. Міжнародною асоціацією геодезії (МАГ), щоб об'єднати світові постійні мережі стеження за супутниками GPS в єдину мережу. До неї увійшли дві найбільші глобальні мережі: Cooperative International GPS Network (CIGNET), керована Національною океанічною і атмосферною адміністрацією США (NOAA), і Fiducial Laboratories for an International Natural science Network (FLINN), керована Національним управлінням по аеронавтиці (NASA), об'єднані з декількома мережами континентального масштабу в Північній Америці, Західній Європі і Австралії. Успішний доказ концепції і пілотної фази ініціалізував в червні 1992 р., а формально операції почалися з січня 1994 р. [67].

Таблиця 4.5 - Зразкова точність продуктів діяльності МГС

№п/п	Вид інформації	Точність даних	Латенція	Частота оновлення
1	Ефемериди супутників GPS і поправки годинника супутників: передбачені (надшвидкі)	25 см/7 нс	реальний час	2 рази на добу
	швидкі	5 см/0.2 нс	17 годин	щодоби
	остаточні	< 5 см / 0.1 нс	>13 діб	щонеділі
2	Ефемериди супутників ГЛОНАСС (остаточні дані)	30 см	4 тижні	щонеділі
3	Параметри обертання Землі (хп., уп / LOD): швидкі дані	(0.2о/0.03s) Ч10-3	17 годин	щодоби
	остаточні дані	(0.1о/0.02s) Ч10-3	>13 діб	щодоби
4	Координати станцій в ITRF (у плані / по висоті);	3 мм / 6 мм	12 діб	щонеділі
	швидкості рухів в ITRF (у плані / по висоті)	2 / 3 мм за рік	12 діб	щонеділі
5	Тропосферна зенітна затримка на кожні дві години	4 мм	4 тижні	щонеділі

В даний час діє близько 50 основних станцій, що мають водневі стандарти частоти, і більше 200 фідуціальних станцій. Густина мережі нерівномірна. Найбільша густина - в Західній Європі, США. На території Росії є дві основні станції (Менделєєво і Іркутськ) і близько десятка фідуціальних станцій. МГС збирає результати спостережень із станцій мережі, розподіляє, аналізує і архівує

дані GPS геодезичної якості (двохчастотні фази і псевдодальності). Дані обмінюються і зберігаються у форматі RINEX. Обробка вимірювань виробляється науковими програмними комплексами. Широко відомі наукові програмні комплекси Bernese (Астрономічний інститут Бернського університету, Швейцарія), GIPSY OASIS (Лабораторія реактивного руху Каліфорнійського технологічного інституту, США), GAMIT/GLOBK (Массачусетський технологічний інститут, США) і ін. [57]. Основні продукти МГС включають високоточні орбіти GPS, інформацію про годинник супутників, ITRF-координати і швидкості станцій. Інформація про координати і ПВЗ передається МСВЗ.

Окрім станцій мережі, в МГС організаційно входять: три глобальні центри даних, п'ять оперативних або регіональних центрів даних, вісім центрів аналізу, Координатор центрів аналізу, Центральне бюро і Міжнародна керівна рада. Наявність глобальної мережі станцій, що підтримують систему ITRF, дозволяє оперативно визначати координати в будь-якому місці земної кулі.

З 1996 р. в СДГА проводяться систематичні спостереження двохчастотними фазовими приймачами (4000SST, 4000SSE, Legacy). Спостереження ведуться добовими сеансами 1 - 2 рази на рік кампаніями від одних діб до місяця. Обробка вимірювань проводиться комерційними програмами (GPSurvey, Trimble Geomatic Office), що мають нагоду враховувати місячно-сонячні приливи, з використанням точних ефемерід МГС. У координатах найближчих опорних станцій (Іркутськ, Менделєєво, Китаб, Красноярськ, Бішкек і ін.) враховувався рух тектонічної плити (рис. 4.1). Файли спостережень станцій МГС і точні ефемериди виходили з Глобального центру даних МГС через Інтернет. Ці роботи показують, що з добового сеансу можна одержувати координати з середніми квадратичними помилками 2 - 3 см в планових координатах і близько 5 см у висоті [68]. Після отримання серій координат, що відносяться до різних епох, були уточнені координати і обчислені швидкості руху тектонічної плити в районі Новосибірська (рис. 4.2 - 4.4). Середні квадратичні помилки визначення координат складають близько 2 см в планових координатах і близько 3 см у висоті (по внутрішній збіжності). Значення швидкостей, одержані із спостережень, узгоджуються з швидкостями для моделі руху тектонічних плит NNR NUVEL-1A в межах 0.5 см/рік в планових координатах і 1 см/рік у висоті [69].

Вимірювання на середніх відстанях (100 - 1000 км), характерних в регіональних мережах моніторингу, звичайно підпадають під одну з наступних характеристик.

Польові кампанії. Геодезична мережа спостерігається за обмежений період часу декількома рухомими приймачами по встановленому розкладу переміщень і спостережень. Щоб встановити деформації, мережа повинна спостерігатися періодично (наприклад, раз на рік). Ці зйомки можуть виконуватися статичним, кінематичним та/або динамічним методом. У загальному випадку, число станцій, що беруть участь в моніторингу, значно перевищує число приймачів.

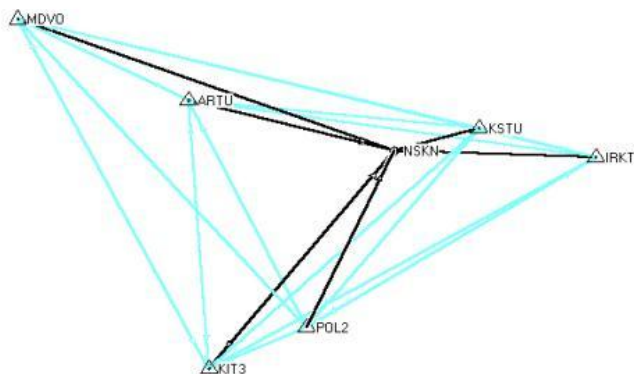


Рисунок 4.1 - Схема передачі координат на пункт "Новосибірськ"-NSKN до найближчих пунктів МГС

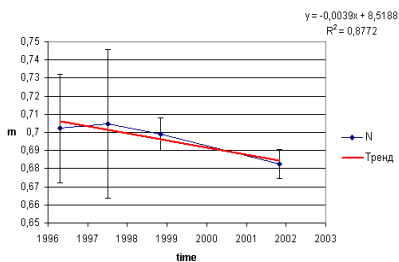


Рисунок 4.2 - Значення і тренд в координаті N станції "Новосибірськ"

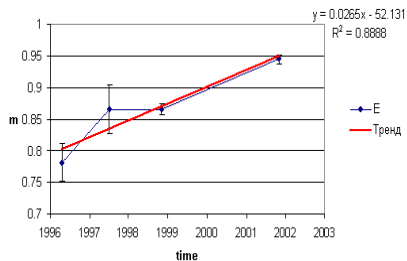


Рисунок 4.3 - Значення і тренд в координаті E станції "Новосибірськ"

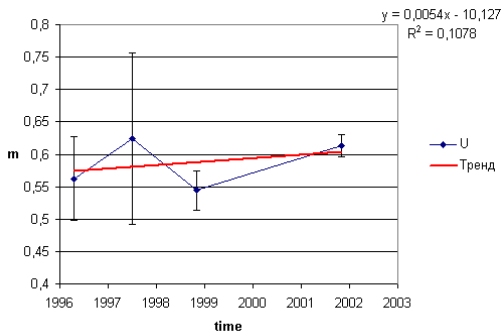


Рисунок 4.4 - Значення і тренд в координаті U станції "Новосибірськ"

Безперервно діючі масиви станцій. Мережу станцій GPS спостерігають безперервно тривалий період часу. У глобальному масштабі мережа GPS стан-

цій стеження, що розвивається, забезпечує доступ до загальноземної системи відліку, параметрам орієнтування Землі і до точних супутникових ефемерід. У регіональному масштабі безперервний моніторинг станцій GPS забезпечує базові вимірювання для польових зйомок і "абсолютні" зв'язки з глобальною системою відліку. Більш того, вони забезпечують посилений тимчасовий дозвіл і можливість краща характеризувати спектр помилок GPS, ніж польові кампанії. Як приклади безперервно працюючих мереж можна привести Permanent Geodetic GPS Array в Південній Каліфорнії (PGGA, нова назва - SCIGN - Південно-каліфорнійський масив постійно спостерігаючих станцій). Мережа включає 250 безперервно спостерігаючих пунктів (рис. 4.5) [70]. Безперервно працює національна геодинамічеськая мережа Японії GPS Earth Observation Network GEONET. Мережа полягає майже з 1000 пунктів з середніми відстанями до 30 км (рис. 4.6) [71]. Мережа менших розмірів безперервно спостерігається на заході Канади (Західно-канадський деформаційний масив, WCDA) [72].

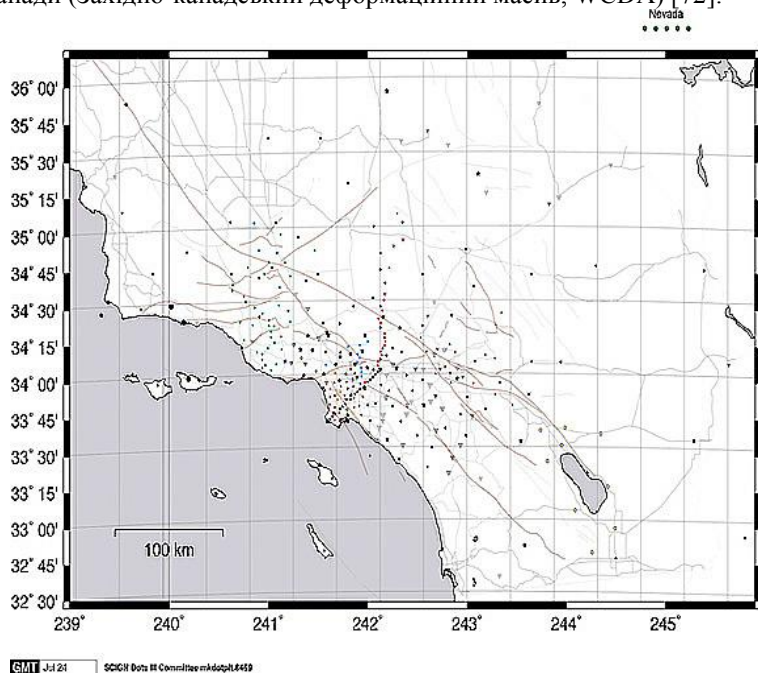


Рисунок 4.5 -Схема мережі Південно-каліфорнійського масиву постійно спостерігаючих станцій

Безперервність в спостереженнях складає одну велику перевагу в цьому підході, а усереднювання масивів щоденних рішень забезпечує поліпшене геодезичне виконання. Безперервні мережі дають можливість проводити додаткові

спостереження, зокрема, моніторинг атмосфери, що неможливе в наглядних кампаніях.

Багаторежимні (мультимодальні) зйомки. Масиви станцій з безперервними спостереженнями починалися, щоб різко змінити спосіб проведення польових зйомок. При стратегії мультимодальної окупації [96] польові приймачі позиціонують по відношенню до хребта безперервного масиву, який забезпечує базові дані і узгоджену систему відліку. В порівнянні з кампанією зйомок, тут необхідно розгортати мережу як з декількох, так і з одного приймача, і тут є більше гнучкості, що стосується сценаріїв спостережень і логістики. Іноді такий метод побудови мережі називають технологією MOST (Multimodal occupation strategy). Останніми роками стратегія MOST прийнята робочими групами Каліфорнії, в Центральних США, східному Середземномор'ї, Чилі, Аргентині і інших місцях. Вона стає добре встановленим третім класом геодезичної польової стратегії, яка доповнює інші підходи.

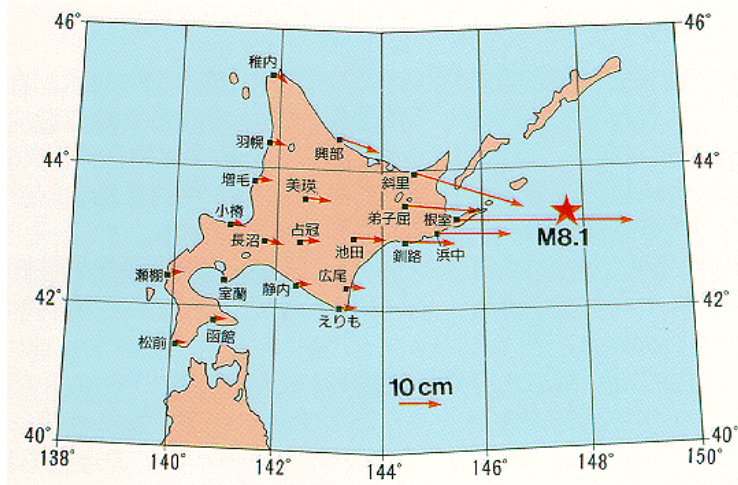


Рисунок 4.6 - Фрагмент Національної геодинамічної мережі Японії на о.Хоккайдо з вказівкою швидкостей руху станцій і магнітуди землетрусу

Локальні геодинамічні мережі будуються у великій кількості, в основному стратегією кампаній. Їх технології достатньо добре відпрацьовані, обробка спостережень може виконуватися на комерційному програмному забезпеченні, оскільки довжини базових ліній не перевищують декількох десятків кілометрів. Для підвищення надійності і точності таких мереж в проектах мереж передбачається велике число надмірних зв'язків, при обробці використовуються точні ефемериди МГС. Прикладом такої мережі може служити побудована силами СДГА мережа на Губкинському нафтовому родовищі. Призначення такої мережі - контроль деформацій земної поверхні в процесі експлуатації родовища. Ро-

змір мережі – 800 30 км, довжини ліній звично від 4 до 6 км (рис. 4.7). Мережа спостерігалася трьома приймачами Legacy (фірма Javad, США). При складанні розкладу сеансів спостережень зверталася увага на те, щоб базові лінії були незалежними і, по можливості, не містили корельованих помилок. Досягалося це тим, що при спостереженні деякої лінії двома приймачами третій або не брав участь в роботі (знаходився в русі), або працювали відразу три приймачі, але спостережувані лінії утворювали кут, близький до 90. При такій геометрії, згідно дослідженням, приведеним в статті [73], кореляційні залежності між лініями ослаблюються. Прив'язка локальних геодинамічних мереж до загальноземної системи відліку не обов'язкова, і якість такої прив'язки позначається на точності мережі як додатковий шум у вимірюваннях. Більш важлива тут точність взаємного положення пунктів. Оскільки точність положень по висоті звичайно в 2 - 3 рази нижча, ніж в плані, то в таких мережах GPS вимірювання доповнюють нівеляцією. На Губкинському родовищі була виконана нівеляція за програмою І класу.

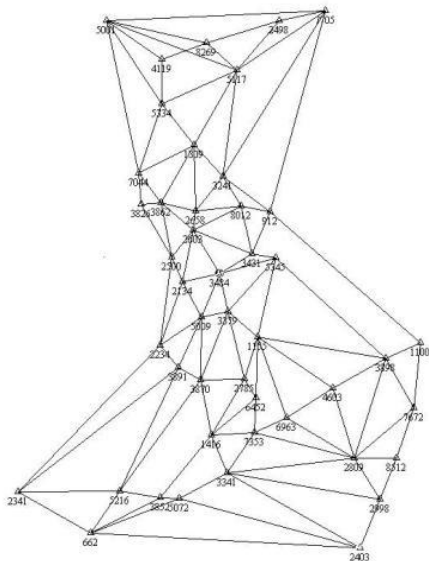


Рисунок 4.7 - Схема Губкинської геодинамічної GPS мережі

У ряді країн ведуться активні роботи по моніторингу вулканів і сейсмічно активних районів. Мережі GPS створені для спостережень за вулканами Килауеа на Гавайях (16 пунктів), Аренал в Коста-Ріці (два пункти), Попокатепетль в Мексиці (п'ять пунктів), Таал на Філіппінах (15 пунктів), Еребус в Антарктиді (три пункти). У Йелоустоунському національному парку 15 пунктів спостерігають безперервно і ще 160 пунктів - періодично [71].

4.3.2. Моніторинг навколишнього середовища

Моніторинг середовища (атмосфери) із застосуванням GPS може виконуватися в двох варіантах:

- супутниковий метод виступає тільки як засіб геодезичної прив'язки вимірювань параметрів середовища;
- сигнали від супутників GPS використовуються як носії інформації про середовище, через яку вони пройшли, тобто як засіб дистанційного зондування.

Прикладом першого методу використання GPS для моніторингу є система контролю забрудненості повітря в р. Брауншвейг (ФРН). З цією метою два міські автобуси обладнали аналізаторами повітря і DGPS приймачами з радіомодемами. Аналізатори перевіряють концентрацію двоокису азоту, пари бензину, сажі і озону. Автобуси скоюють рейси по маршрутах з найзабрудненішим повітрям і повідомляють інформацію в міське управління по навколишньому середовищу, де виробляються рекомендації для центру управління транспортними потоками. Система диференціального позиціонування доповнена інерційною системою і одометром, щоб запобігати втраті інформації при блокуванні сигналів GPS або при недостатній кількості супутників. Точність визначення положення без корекції 80 м, після виправлення диференціальними поправками - 5 м. Латенція системи 40 мкс. [105]. Як засіб зондування, GPS успішно застосовується для моніторингу стану іоносфери і для визначення облягаючої кількості пари води. Останній вид моніторингу зумовив появу GPS метеорології.

4.3.3. Моніторинг об'єктів

Як навігаційні системи, GPS і ГЛОНАСС створювалися для цілей навігації, тобто моніторингу пересування мобільних об'єктів. Тому вони швидко знайшли застосування і у військовій справі, і в багатьох інших областях. Моніторинг об'єктів, очевидно, можна розділити на дві категорії: моніторинг станів (наприклад, деформацій) і моніторинг положень. Моніторинг можна характеризувати по оперативності отримання результату: від часток секунди до декількох годин, діб і більш. У першому випадку підходить тільки кінематика у реальному часі. У другому випадку можливі як статичні, так і кінематичні спостереження.

4.3.3.1 МОНИТОРИНГ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ

Одна з перших робіт по моніторингу деформацій проводилася в 1986 - 1987 рр. в провінції Альберта (Канада). Тут були проведені роботи по моніторингу деформацій газопроводу. Для спостережень використовувався одночастотний п'ятиканальний фазовий GPS приймач 4000SX (фірма Trimble Navigation, США). Слід зазначити труднощі перших спостережень: навігаційна система ще не повністю розгорнена, недолік супутників дозволяє робити лише короткі сеанси (в межах однієї години). Через невпевненість в об'єктивності даних GPS

спостережень роботи були доповнені вимірюваннями напрямів, відстаней і перевищень класичними методами геодезії з використанням теодолітів, електронних далекомірів і нівелірів. Зрівнювання супутникової мережі продемонструвало точність в базових лініях $5.15 \cdot 10^{-6}$ мм. Точність звичних спостережень від 3 до 6 мм, а на тих же лініях для GPS - від 5 до 20 мм. Автори зробили висновок про те, що з використанням GPS досяжна точність 1 - 2 см, і цього цілком достатньо для моніторингу газопроводу [74]. Моніторинг деформацій інженерних споруд (мостів, башт, труб і т. д.) із застосуванням супутникових технологій стає звичним явищем. У США з'явилися компанії, що спеціалізуються на роботах по моніторингу споруд (наприклад, Orion Monitoring Systems в р. Солт-Лейк-Сіті, штат Юта, Condor Earth Technologies в р. Сонора, штат Каліфорнія), які застосовують ті або інші технології залежно від вибору замовника. Хоча точність супутникового методу (одиниці міліметрів) на невеликих відстанях (до 1 - 2 км) часто поступається класичним методам, головна перевага GPS моніторингу полягає в його безперервному характері, що можливе і в реальному масштабі часу, і з постобробкою. Це особливо важливо, коли альтернативою є ручна зйомка, виконувана з інтервалом в рік, півроку або щомісячно. Будучи високоточним засобом, що дає безперервні вимірювання і не вимагає частого калібрування, GPS забезпечує великий ступінь довіри до фактично одержаних деформацій, ніж будь-яка інша апаратура.

Коли проводиться довгостроковий і безперервний GPS моніторинг деформацій споруд, добові або сезонні ефекти легко виявляються як фоновий шум в числових діаграмах, таблицях і графіках, що показуються системою. Істинний рух розрізняється як відступ від цього фонового шуму. Проте, що в деяких випадках цікавить сигнал може бути замаскований великими шумовими значеннями. Сезонні ефекти, часто у формі термоеластичної деформації, можуть бути видалені методами спектрального аналізу. Залежно від типу споруди і ступені занепокоєння його власників компанії використовують безліч приймачів на досліджуваній споруді, а також безліч базових станцій. Безліч приймачів на наміченій споруді дають велику упевненість у тому, що вони точно контролюють його рух. Установка двох або більш базових станцій поза спорудою, а потім спостереження безлічі базових ліній до наміченої споруди, як і між базовими станціями, гарантує, що рух наміченої споруди буде виявлений.

Вельми важливим вважається темп запису даних. Для будівель темп (частота) спостережень повинен бути дуже високим (до 20 Герц), але для дамб він може бути набагато нижчим. Висока частота дає можливість зафіксувати початок динамічних деформацій у споруд типу високих будівель і мостів з довгими прольотами при їх тривалому моніторингу, тоді як низькі частоти застосовні для поволі або споруд, що імпульсно деформуються, типу гребель із земляним заповненням, і обвальних явищ [75].

Міст Цинь Ма в Гонконзі (рис. 4.8) відомий як щонайдовший в світі підвісний міст (довжина 1377 м). Міст несе автомобільні і залізничні. При різних

видах навантаження міст може випробовувати деформації від декількох сантиметрів до декількох метрів. Хоча ці деформації не створюють загрозу транспорту, але вони впливають на цілісність конструкції моста. Поряд з ним ще два підвісні мости: Тінь Кау (1177 м) і Кап Шуї Мун (820 м).

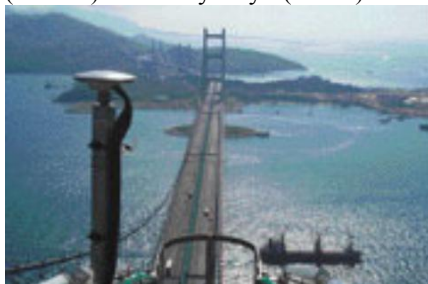


Рисунок 4.8 - Підвісний міст Цинь Ма з GPS антеною

Департамент автодоріг Особливого адміністративного району Гонконга розробив Систему моніторингу вітрової і структурної життєздатності (Wind and Structural Health Monitoring System - WASHMS) для цих трьох мостів. Зсуви конструкцій мостів служать ефективним індикатором умов їх експлуатаційних якостей. Для виявлення критичних структурних компонентів використовуються моделі кінцевих елементів (Finite Element Models - FEM), в яких як основа використовуються GPS вимірювання. На мостах встановлено 803 сенсори семи різних типів: анемометри, датчики температури, динамічні сенсори зважування в русі, акселерометри, датчики зсуву, станції рівневого контролю і струнні шкали. Інструментальна система спостережень у реальному часі за конструкціями за допомогою GPS складається з п'яти підсистем: самих GPS приймачів, систем збору локальних і глобальних даних, системи комп'ютерів і оптико-волоконної мережі. Розробка системи моніторингу була почата в 1992 р. У той час автори проекту відкинули разом з технікою вимірювання зсувів по інфрачервоному випромінюванню і лазером (вони вимагали постійно хорошої видимості) і техніку GPS, оскільки тоді вона не забезпечувала потрібний рівень точності. Після відміни режиму SA з 1 травня 2000 р. точність кінематики у реальному часі підвищилася до 10 мм в плані і до 20 мм по висоті. Цей прогрес, разом з такою важливою якістю GPS як незалежність від погоди, привів до рішення про включення супутникових вимірювань в систему моніторингу. Система контролю за допомогою кінематики у реальному часі відстежує рухи головних несучих кабелів полотен і опор мостів, що дозволяє визначити значення навантажень, діючих на різні компоненти споруди, а також працювати спільно з іншими системами моніторингу. Нормальні значення деформацій для найбільшого з мостів складають 65см по висоті і 25см в поперечному напрямку.

Мережа GPS приймачів включає дві базові станції і 27 (14+7+6) приймачів, жорстко встановлених на різних точках конструкцій трьох мостів. Приймачі

двохчастотні, 24-канальні, темп збору (частота фіксацій) даних 10 Герц (10 разів в секунду), час латенції положення рухомої антени 0.03 с. Обробка всієї інформації системи займає 2 с [76].

4.3.3.2 МОНІТОРИНГ ПОЛОЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ

Використовування GPS для моніторингу об'єктів звичайно пов'язують з контролем транспортних засобів в режимі реального часу. Метод застосовується в диспетчерських службах автопарків, інкасаторних службах і т.п. Поки діяв режим вибіркової доступності GPS (Selective Availability, SA), для досягнення необхідної точності визначення місцеположення застосовувався інверсний локальний або широкозонний диференціальний метод (LDGPS, WADGPS) [58]. У інверсному режимі результати вимірювань мобільного приймача, встановленого на транспортному засобі, посиляються через радіомодем на базову станцію, де виробляється обчислення положення і контроль. Після відміни режиму SA ті переваги в точність, яку давав диференціальний метод, виявилися зайвими, оскільки тепер точність визначення положення абсолютним методом стала близько 15 м при вірогідності 95%, а цього цілком достатньо для вказівки положення транспортного засобу. GPS моніторинг в біології. Італійські біологи, що вивчали популяцію морських левів на Фолклендських островах, використовували GPS для контролю переміщень тварин. В умовах складної погоди (сильний вітер, дощ і сніг), коли застосування фото- або телевізійної зйомки неможливо, вони відстежували переміщення тварин, що мешкають на довгих пляжах, і вивчали структуру стад, використовуючи 10-канальні диференціальні C/A-кодові приймачі [77]. У військовій справі GPS технології також послужили основою для розробки нових видів озброєнь і систем управління зброєю. З мініатюризацією, що збільшується, і удосконаленням GPS приймачів, всі менші і менші боєприпаси стають кандидатами на управління у польоті, стираючи грані між снарядами, великими і малими ракетами. Заміна лазерних систем наведення на GPS дає економію засобів, незалежність від погоди, хоча і не має повного захисту від радіоперешкод [78].

4.3.3.3 СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕНЬ МЕХАНІЗМІВ В ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Сьогодні багато відкритих розрізів і кар'єри використовують в повсякденних операціях технології, засновані на визначенні GPS положень, для зйомок, оконтурювання рудних тіл, диспетчерської служби і відстежування машин, точного позиціонування бурового устаткування, допомоги у реальному часі бульдозеристам для контролю ухилу. Для виїмки породи використовуються могутні механізми і машини. Вантажівки-самоскиди Caterpillar вантажопідйомністю до 360 т (рис. 4.9) мають поганий огляд з кабіни. Радіус "сліпої" зони навколо самоскида рівний 12 м, деякі близькі області взагалі недоступні огляду. Це призводить до аварій, нещасних випадків, матеріальних і людських втрат, деколи із

смертельним результатом.



Рисунок 4.9 - Самоскид вантажопідйомністю 360 тонн і діаграма огляду з кабіни

Для попередження цих аварій учені з Дослідницької лабораторії Spokane Національного інституту професійної безпеки і здоров'я (NIOSH, США) в кооперації з крупними виробниками GPS апаратури розробили систему попередження близької небезпеки для мідної копальні Фелпс Додж Майн в Моренси, штат Арізона (США) (Phelps Dodge Mine). Система складається з GPS приймачів, що працюють в диференціальному режимі і встановлюваних на всьому устаткуванні з обмеженим оглядом, на всіх малих засобах пересування, працюючих в кар'єрі, і на всіх піших працівниках. Положення всіх рухомих об'єктів повинні визначатися і обновлятися у реальному часі, і ця інформація повинна передаватися на всі найближчі механізми і устаткування, щоб їх оператори одержували уявлення про всі інші найближчі засоби пересування і працівників. На додаток до цього, в базі даних зберігається інформація про всі потенційні перешкоди, таких, як будівлі, стовпи, точки розвантаження і т.п. Для забезпечення візуального і звукового попередження потрібен інтерфейс тривоги, коли інший працівник, машина або перешкода з'являються в небезпечній зоні рухомого об'єкту. Переваги, які дає використання GPS:

- зроблений під замовника інтерфейс і конкретні небезпечні зони;
- зниження до нуля можливості появи помилкової тривоги;
- можливість використання існуючої інфраструктури GPS на багатьох копальнях;
- можливість точного визначення положень об'єктів системи і їх відстежування.

Прототип системи був продемонстрований в квітні 2002 р. У ньому використовувалися готові компоненти:

- мінікомп'ютери з міцними корпусами, вживані в диспетчерських і контрольних системах для збору, обробки і передачі даних, забезпечення відеогляду, а також - для запуску програми PWS (Proximity Warning System - Система попередження близької небезпеки);
- як базова станція використовувався або радіомаяк берегової охорони,

- або спеціальний двохчастотний GPS приймач;
- на рухомих засобах були встановлені 8-канальні одночастотні диференціальні GPS приймачі із зовнішніми антенами;
- для зв'язку між мінікомп'ютерами і приймачами використовувалася радіомерева карта PC MCIA і радіозв'язок на частоті 900 МГц, вживана в системах для сільського господарства і копалень.

На екранах комп'ютерів, встановлюваних на кожному рухомому засобі, відображаються всі інші механізми, піші працівники, небезпечні місця і перешкоди, і, крім того, коли в небезпечній близькості з'являється об'єкт, що представляє загрозу, або якому загрожує машина, програма PWS міняє колір небезпечного об'єкту на екрані і подає звуковий сигнал. Розміри зони небезпеки були підібрані залежно від розмірів сліпої зони у мобільного засобу. Ефективність моніторингової системи залежить не тільки від точності визначення координат (достатня точність визначена в 2 м), але також від часу очікування сигналу (встановлено, що затримка не повинна перевищувати 0.05 з). Випробування показали, що для повної безпеки однієї системи, що працює по сигналах GPS, недостатньо. Через можливе зменшення числа супутників і погіршення їх геометрії необхідно мати додаткові засоби сигналізації або позиціонування [79].

Система моніторингу портових кранів з точністю сантиметрового рівня визначення координат і тому з меншою латенцією, що зажадала розробку спеціального програмного забезпечення для визначення у реальному часі векторів базових ліній, була розроблена в Південній Кореї за допомогою учених з Університету Нового Брунсвіка (р. Фредеріктон, Канада). У міжнародному термінальному порту Куанянь (Корея) розвантаження контейнерів з морських судів виробляється причальними кранами, що пересуваються по рейках, а переміщення контейнерів по терміналу і їх складування виробляються гігантськими кранами на гумових шинах (рис. 4.11, 4.12, 4.13).

Рухом цих кранів управляє система контролю, що складається з системи попередження розгойдування, яка допомагає операторам ретельно позиціонувати захоплення кранів; системи визначення положення, використовуваної для ідентифікації і перехресного контролю положень завантажуваних і розвантажуваних контейнерів, і системи автоматичного управління, яка утримує колеса кранів, рухомих уздовж направляючої лінії, відміченої фарбою або електричним направляючим дротом, і оберігає їх від зіткнень з контейнерами або іншими кранами на тісному майданчику. З цією метою система управління повинна постійно розпізнавати лінію маркіровки і обчислювати відповідні відхилення передніх і задніх коліс крана. Найефективніший і надійніший спосіб для виконання цього - використання GPS кінематики у реальному часі.

У системі автоматичного управління кранами центральною частиною є програмований логічний контролер, що складається з групи електронних приладів і устаткування. В процесі роботи контролер безперервно відстежує стан крана через сигнали від приладів введення. Ґрунтуючись на логіці, закладеній в

програмі, контролер визначає, які дії повинні виконати вихідні прилади. У системі автоматичного управління краном, обчислювані відхилення передніх і задніх коліс поступають на контролер, щоб він міг вирівнювати швидкість передніх і задніх коліс для утримання крана в потрібному положенні на координатній лінії. Оператори повертають колеса крана тільки для того, щоб змінювати напрям руху на 90 і лише тоді, коли кран знаходиться в стаціонарному стані на спеціальному поворотному майданчику з малим тертям.



Рисунок 4.11 - Портовий термінал



Рисунок 4.12 - Колеса крана і направляюча смуга



Рисунок 4.13 - GPS антени

Раніше для ідентифікації маркіруючої лінії використовувалося декілька методів, таких, як ланцюг індуктивності, імпульсні приймачі-передавач, прилади з двохзарядними камерами. Ці методи в різному ступені залежать від навколишнього середовища, але їх основний недолік полягав у тому, що вони вимагали безперервного догляду за маркіруючими лініями, що забезпечують безперервність роботи системи автоматичного управління. У методі, заснованому на GPS, автоматична система контролю управління не залежить від навколишніх чинників, і використовує технологію, засновану на електронній карті з віртуальними лініями і GPS приймачем для точного визначення положення кранів на карті. Система контролю порівнює положення крана, одержане GPS приймачем,

з віртуальними лініями і відповідно управляє краном. Ця система управління складається з трьох головних компонент: GPS апаратури (двохчастотні приймачі NCT2000D фірми NavCom з антенами), процесорів для обробки в режимі реального часу (комп'ютери з індустріальною панеллю і програмним забезпеченням для RTK) і локальної площадкової радімережі (LAN) на частоті 2.4 ГГц, що складається з базового блоку, точок доступу і станційних адаптерів. Вона включає один блок GPS апаратури для базової станції і по два комплекти GPS апаратури на кожному крані.

Повністю діюча і безпечна система автоматичного управління кранами RTGC зажадала розробку спеціального програмного забезпечення для RTK з високими рівнями точності, цілісності, безперервності, доступності і обчислювальної ефективності. Така обчислювальна програма була розроблена групою дослідників з Університету Нового Брунсуіка (Канада). Програма забезпечує визначення положення у реальному часі з темпом оновлення рішення 10 Гц при точності в плані краще, ніж 2 см з вірогідністю 100%. Сукупна затримка системи при обліку всіх чинників складає не більш 60 мс. Застосування GPS для телебачення продемонструвала приватна компанія Sportvision (р. Нью-Йорк, США), яка розробляє технології телевізійних зйомок для Інтернету, спортивного телебачення і нових платформ засобів інформації. Серед її найсучасніших новин - система RaceFX, яка включає GPS і інші технології, щоб відстежувати і показувати в реальному масштабі часу автомобільні гонки. Для цього в системі RaceFX використовуються компактні, швидкодіючі GPS приймачі, що забезпечують визначення положень гоночних машин. Разом з іншими вхідними даними система справляє графічні враження, відповідні поточному виду камери гоночної машини, безпосередньо зв'язуючи положення транспортного засобу в реальному масштабі часу із зображеннями в телепередачі. Виконання цього вимагає точної інформації об положення вибраного автомобіля.

Такий напрям роботи системи RaceFX визначив набір складних вимог до її розробників. Точні положення транспортного засобу необхідно було одержувати і передавати в умовах високо динамічних дій гоночних станів, в яких сигнали супутників GPS часто блокуються або спотворюються багатопутністю. Одержані положення тоді повинні інтерполюватися і зв'язуватися із зображеннями на екрані транспортних засобів і пов'язаною з ними графікою в реальному масштабі часу. Компанія застосувала диференціальний метод GPS по псевдодальностям і фазі, в якому забезпечується точність в 50 см (1 sigma). Телеметрична система передавала диференціальні поправки від базових станцій GPS до гоночних машин з частотою 0.5 Гц, а інформацію від машин до відеопідсистеми - з частотою 5 Гц [80]. У роботі [81] повідомляється про розробку Станфордського університету США по використуванню GPS вимірювань для управління трактором, що буксирує сільськогосподарське знаряддя. Трактор переміщається по кривих траєкторіях, схилах, або контурах, де положення знаряддя і трактора можуть відрізнитися. Додатково, деякі важкі знаряддя "тягнутимуть" на одну

сторону, створюючи зсув в положенні. Було ухвалене рішення управляти дійсним положенням знаряддя, а не положенням трактора в цих різних обставинах. Розроблена проста аналітична модель для об'єднання управління комбінацією трактора і знаряддя, підтверджена експериментальними даними з використанням диференціального методу GPS позиціонування по фазі несучої на тракторі, а також на знарядді. Потім був розроблений контролер і застосований на експериментальній системі, щоб управляти положенням знаряддя на заданому шляху уздовж поля. Експериментальні дані показують можливості по управлінню положенням знаряддя в межах 10 см від проектного шляху. Пізніше надійність цієї розробки була значно підвищена шляхом доповнення інерційної системи [82].

Подібна розробка цього ж університету для управління автоматизованими катками для підготовки снігу на гірськолижних курортах Західної Європи описується в роботі [83]. Догляд за снігом завжди виконується увечері або вночі, коли траси вільні від лижників. Автоматизовані (робототехнічні) катки для снігу мають велике майбутнє, оскільки скорочують поточні експлуатаційні витрати на оплату роботи операторів. Крім того, автоматизований транспортний засіб можна охочіше використовувати в лавинонебезпечній області. З погляду виробника, автономний сніговий каток не має ніякої потреби в кабіні оператора. Видалення кабінки економить вагу і робить каток нижчим і стійкішим. Були проведені випробування GPS автопілоту катка для снігу Bombardier MP Plus. Повні помилки системи лежать в діапазоні 10 см.

4.3.3.4 МОНІТОРИНГ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ОБ'ЄДНАННІ З ІНШИМИ ЗАСОБАМИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ

При всій своїй привабливості GPS технології мають ряд недоліків, які обмежують їх застосування в задачах моніторингу. Перш за все, це падіння точності через зменшення числа супутників або через їх несприятливу геометрію. Зменшення кількості доступних супутників найчастіше відбувається через блокування сигналів різними перешкодами. В деяких випадках може відбуватися втрата захоплення через іоносферні обурення. Якщо число спостережуваних супутників стає рівним трьом або менше, то визначення координат стає неможливим. Це виражається в збільшенні різних геометричних чинників DOP. Для моніторингу об'єктів з низькою динамікою, коли спостереження ведуться статичним методом сеансами в декілька годин або діб, короткочасне погіршення геометрії не приводить до різкого погіршення якості спостережень [58]. Проте, при коротких сеансах або при спостереженні кінематичним методом можливе отримання різких спотворень в характері руху спостережуваних об'єктів. Інший недолік GPS вимірювань полягає у тому, що на малих відстанях (менше 1 км) точність супутникових вимірювань виявляється недостатньою. З цієї причини багато авторів указують, що GPS не є міліметровим засобом вимірювання відстаней. Поліпшення геометрії взаємного розташування спостерігача і сузір'я супутників може бути досягнуте за рахунок збільшення числа супутників, що мо-

жна зробити, об'єднавши в одному приймачі можливості спостережень супутників GPS і ГЛОНАСС. Двосистемні навігаційні приймачі випускаються рядом російських виробників. Геодезичні двохсистемні приймачі випускає фірма Javad (США). Об'єднання супутникової апаратури з інерційною апаратурою (гіроскопами) дає можливість підтримувати позиціонування в тих ситуаціях, коли сигнали супутників стають недоступними, або падає якість геометрії. Інерційна навігаційна апаратура безперервно вимірює три взаємно ортогональних компоненти прискорення, виробляє чисельну інтеграцію цих прискорень, щоб одержувати миттєві швидкості, а потім інтегрує одержані швидкості, щоб одержати точне положення судна. Інерційні системи володіють рядом переваг. Вони мають малий розмір, можуть видавати результати вимірювань у високому темпі, переносять важкі умови експлуатації. Недоліком їх є швидке зростання помилок з часом. Об'єднання GPS приймача і гіроскопа дає ряд переваг. Перш за все, це велика надійність, поліпшення точності визначення місцеположення, можливість для роботи в скрутніших умовах. Інерційна система допомагає супутниковій системі забезпечувати точні початкові оцінки положення і швидкості, зменшуючи час, необхідний для захоплення сигналів, що йдуть від супутників. Якщо сигнали декількох супутників пропадають з якої-небудь причини, то інерційна система дозволяє швидко і ефективно виконувати захоплення сигналів. Безперервні вимірювання швидкості, що даються інерційною системою, допомагають GPS приймачу швидко оцінити величину доплерівського зрушення сигналу, щоб можна було швидко звузити ширину смуги пропускання сигналу для його ланцюгів стеження. Це покращує динаміку операцій об'єднаної системи і підвищує несприйнятливість до перешкод.

Інший спосіб посилення можливостей GPS спостережень - це їх об'єднання з псевдодальотом (псевдосупутниками), що є передавачами, встановленими на Землі в точках з відомими координатами. Вони передають сигнали, схожі на ті, що транслують супутники GPS. Псевдоліт може значно підвищувати точність позиціонування, особливо по висоті. Для прийому сигналів псевдодальоту повинен використовуватися спеціальний GPS приймач з відповідними модулями електроніки і програмного забезпечення. Псевдоліт допускає позиціонування за кодом (аналогія з абсолютним методом GPS), за кодом і фазою диференціальним методом і по фазі несучої хвилі відносним методом. У останньому випадку можливе досягнення точності сантиметрового рівня [84]. Об'єднання супутникової і інерційної апаратури для цілей моніторингу є поширеним явищем, про що свідчать часті публікації на сторінках журналів "Navigation", "GPS World", "GPS Solutions".

Фірма Honeywell Sensor and Guidance Products повідомляє про розробку об'єднаної навігаційної системи, що включає кінематичний GPS приймач, що працює в реальному масштабі часу і забезпечує точність 2 см, і шестіосну інерційну вимірювальну систему. Призначення цієї системи - автономна навігація наземного транспортного засобу, керівництво і управління [85].

Каліфорнійський університет (р. Ріверсайд, США) представляє результати використання і експериментів з одностотною в реальному масштабі часу, диференціальної GPS (DGPS), доповненою дешевою інерційною навігаційною системою (INS). Використовуються декілька оригінальних алгоритмів, тип фільтру Калмана з п'ятнадцятьма станами, фаза, згладжена кодом, і доплерівські поправки, щоб здійснити DGPS/INS. У інерційній системі використовуються недорогі монолітні гіроскопи, що працюють з частотою 150 Гц і об'єднані з одностотними диференціальними фазами GPS, згладжені кодом, і доплерівські вимірювання через додатковий фільтр в 1 Гц. У реальному масштабі часу оцінки стану (положення, швидкість і орієнтування) з частотою 150 Гц досягають дециметрової точності в положення і сантиметрової точності в швидкості. Через її дешевизну, роботи в реальному масштабі часу і високої частоти знімання даних такі навігаційні системи мають багато прикладних можливостей (наприклад, авіація, автоматична гірська промисловість, сільське господарство, землеробські роботи, управління автомобілем або іншим транспортом та інш.)

У геодезичній лабораторії Швейцарського федерального інституту технологій розроблений модуль навігації пішохода (Pedestrian Navigation Module, PNM), який може працювати в закритому приміщенні або на тротуарах, затієних високими будівлями. PNM складається з швидкодійного комерційного GPS приймача, цифрового магнітного компаса з вбудованими алгоритмами навігації і барометра-висотоміра. Маса приладу - 150 р. Призначення - навігація для сліпих, для чого є інтерфейс з модулем Брайля. Можлива також видача повідомлень голосом. Інша область застосування - координування рятувальних груп або індивідуумів при рятувальних роботах, коли необхідно знати положення кожного члена команди. Прилад забезпечує точність порядку 10 м.

Значно вища точність при об'єднанні GPS апаратури і інерційної системи була досягнута в Дорожньому центрі Сибірського державного університету шляхів сполучення (СДУПС, р. Новосибірськ). Тут для моніторингу залізничної колії створений апаратно-програмний комплекс (АПК), в якому супутникова апаратура доповнена прецизійною інерційною системою. Недоліком інерційної апаратури є нелінійний зсув нуль-пункту. Так, для курсу креноуказника (ККУ), зсув доходить до $6''$ за годину. На малих відстанях зсуву нуль-пункту практично не впливають. Проте на великих відстанях відхід стає неприпустимим, і інерційні системи потрібно калібрувати, що з успіхом виконує супутникова система з пари двохчастотних GPS приймачів, що працюють в режимі кінематики. Один з приймачів встановлюється на платформі, несучій гіроскоп ККУ, інший приймач розташовується на опорній точці, видалення якої може досягати 10 - 15 км. Робота GPS приймачів і гіроскопічної системи синхронізується. Знімання координат з ККУ виробляється через кожні 2 см шляху. Геометричні параметри шляху визначаються з точністю 1 - 2 мм, а координати осі залізничної колії визначаються з точністю 5 - 10 мм, що перевищує точність звичного кінематичного позиціонування двохчастотною апаратурою. Висока точність визначення ко-

ординат досягається за рахунок сумісної обробки координат, одержаних супутниковим приймачем і гіроскопічною системою, які мають різну частотну складову зміни погрішності. Створені прилади на базі цього способу можуть застосовуватися для зйомки станцій, гір, паспортизації, при калібруванні вагонів-вимірювачів, при проведенні проектно-дослідницьких робіт під капітальний ремонт, на капітальному ремонті, при створенні реперної мережі, при діагностиці пучиноутворення. АПК упроваджується по всій мережі залізниць Росії. Досвід роботи з АПК показав, що необхідно мати декілька модифікацій, призначених для проектувальників, майстрів шляху, ремонтників шляху [86].

У 1999 р. лабораторія GPS Сеульського Національного Університету розробила систему внутрішньої навігації установки сантиметрової точності, використовуючи асинхронний псевдоліт. Система була розширена в подальшому році, щоб включити відновлення втрат рахунку циклів фази несучої і функції автоматичного дозволу неоднозначності фази. При використуванні цієї системи як датчик положення і орієнтації лабораторія створила систему контролю автомобілів (судів і інших засобів пересування) і одержала помилки положення в 1 - 2 сантиметри. Ці результати довели, що при використуванні псевдодальоти можлива навігація усередині приміщень (велика фабрика, лунапарк) або там, де GPS сигнали блоковані [Changdon Kee].

Відомі технології об'єднання GPS з іншими системами моніторингу, наприклад, мікрохвильовими системами дистанційного зондування (типу синтезованого апертурного радара SAR), мікрохвильовими і лазерними альтиметрами і ін. Одним з прикладів такого роду робіт є дослідження Гренландського крижаного щита, що проводяться Національною зйомкою і Кадастром Данії сумісно з Університетом Копенгагена, Технічним університетом Данії, Данським центром дистанційного зондування і Лабораторією реактивного руху США [87].

4.4. ЗАСТОСУВАННЯ GPS В СЛУЖБАХ, ЗАСНОВАНИХ НА ВИЗНАЧЕННІ ПОЛОЖЕННЯ

За останні три роки в США, Європі, Австралії, Південній Азії з'явилися служби, засновані на визначенні положення - Location-based services (LBS). З'явилися LBS-послуги в Москві. Ці служби забезпечують користувачів специфічною, цілеспрямованою інформацією, заснованою на місцеположенні кожного певного користувача у будь-який час. У разі запитів в надзвичайних ситуаціях очевидно, що, якщо респонденти мають інформацію щодо місцеположення людей, що роблять запит, то час відповіді може бути зменшене. Отже, безпека і збереження - важливі міркування (чинники). Другий тип застосування - це інформація про те, що є поблизу від мобільного пристрою, або від місцеположення користувача, і що розшукується. Необхідна інформація може бути пов'язана з такими точками інтересу, як лікарні, ресторани, автостанції і так далі. Таке обслуговування може забезпечувати інформацію щодо крапки, що цікавить користувача, або маршруту супроводу, щоб знайти цей об'єкт. Наприклад, у разі ви-

клику аварійної служби на місце поломки газопроводу, працівник повинен увійти до області аварії і швидко знайти місцеположення порушеної труби, інформацію про господарів довколишніх володінь і т.д. Мобільний пристрій з можливістю позиціонування може використовуватися для того, щоб зробити запит в базу даних ГІС про засувки, які дозволили б ізолювати поставку газу у відповідне місце. Служба LBS, що є системою бездротового зв'язку, складається з трьох головних компонентів: мобільних центрів перемикання (MSC) або устаткування центральної обробки, базових станцій і телефонних трубок користувачів. MSC відповідає за взаємодію з великим числом базових станцій, управління обробкою запиту і складання рахунків (мал. 4.14). Вони використовують деякі бази даних, типа Home Location Register (Регістр Місцеположень Будинків, HLR) і Visiting Location Register (Регістр Місцеположень Відвідин, VLR). Базові станції є "лініями зв'язку" між MSC і телефонними трубками. Базова станція управляє стільниковим осередком в межах бездротової телефонної мережі, що містить багато мобільних телефонних трубок. Базова станція типово включає блок управління, радіоустаткування базової станції і антену. Мобільні телефонні трубки можуть бути стільниковими телефонами або малими ручними обчислювальними пристроями, відомими як Персональні Цифрові Асистенти (PDA). У Росії їх називають КПК - командними персональними комп'ютерами. Мобільна телефонна трубка складається з блоку контролю, інтерфейсу, приймача-передавач і антенної системи.

Коли користувач (зухвала сторона) робить запит з свого стільникового телефону, базова станція, що викликається, приймає запит і передає його запрошуваному MSC. Викликаний MSC обробляє запит, встановлює профіль запиту від бази даних і робить відповідну інформацію доступної MSC. Зухвала сторона одержує запит через викликану базову станцію. Зв'язок між MSC виконується через встановлену телефонну систему.

Найзагальніший спосіб для мобільного позиціонування без використання GPS рішення - по стільниковому осередку почала, за часом прибуття (сигналу), по куту прибуття (сигналу), і поліпшеної різниці часу спостереження. Всі методи використовують бездротову телекомунікаційну систему безпосередньо. Метод Cell of Origin (COO) - найпряміше рішення і використовує інформацію про ідентифікацію осередку в межах мобільний телефонній мережі, щоб ідентифікувати наближене місцеположення абонента. Проте, цей метод часто не дуже корисний через низьку точність позиціонування. Метод Time of Arrival (за часом прибуття, TOA) - звичайно використовує мережне рішення за визначенням положення мобільних абонентів. Тут для обчислення місцеположення пристрою використовується відмінність в часі прибуття сигналу від мобільного пристрою користувача до, принаймні, трьох базових станцій. Метод Angle of Arrival (по куту прибуття, AOA) визначає місцеположення мобільного пристрою по куту, під яким сигнали, передані від цього пристрою, досягають базових станцій. У методі поліпшеної спостережуваної різниці в часі (Enhanced

Observed Time Difference, E-OTD) місцеположення мобільного пристрою визначається по положеннях приймачів, які географічно розподілені на обширній площі. Це так звані Блоки Вимірювання Місцеположення (Location Measurement Units, LMU), кожний з них має точний годинник (джерело точного часу). Коли це можливо для E-OTD, мобільні пристрої і LMU приймають сигнали, принаймні, від трьох базових станцій, по яких обчислюється різниця в часі прибуття сигналу від кожної базової станції основи на телефонну трубку і в LMU. Оцінене місцеположення телефонної трубки розраховується по методу відмінності в часі через гіперболічну зарубку. Метод E-OTD пропонує рівень точності від 50 до 125 м.

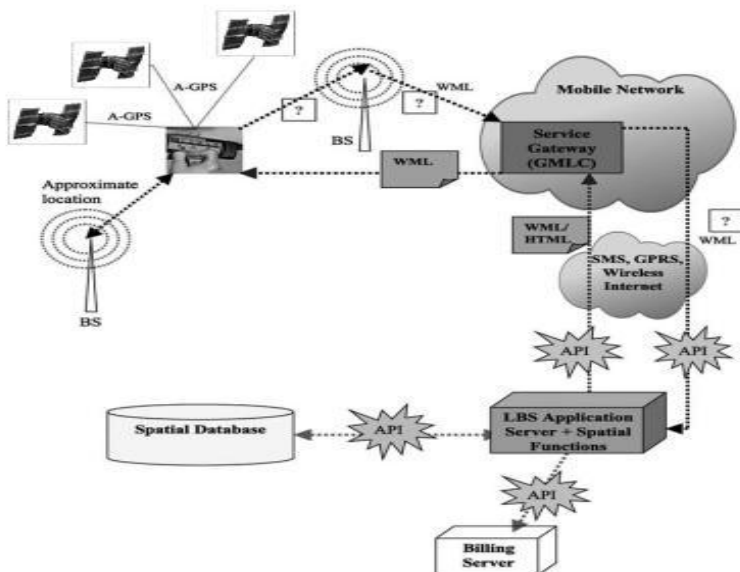


Рисунок 4.14 - Елементи служби, заснованої на визначенні місцеположень (LBS): - мобільний телефон; - AGPS - Assisted GPS - система GPS, якою виявляється допомога; - BS - Base Station - базова станція, що визначає наближене положення (Approximate location); - Mobile Network - мобільна мережа; - Service Gateway - служба доступу; - GMLC - Gateway Mobile Location Center - центр доступу до мобільного позиціонування; - SMS - Short Message Service - служба коротких повідомлень; - GPRS - General Packet Radio System - система загального пакетного радіозв'язку; - Wireless Internet - бездротовий (радіо) Інтернет; - WML - Wireless Markup Language - мова для бездротових (радіо) вказівок; - HTML - Hyper Text Markup Language - гіпертекстова мова вказівок; - Application Server - сервер додатків; - Spatial Database - просторова база даних; - API - Application Program Interface - інтерфейс програмних додатків; - Billing Server - сервер для складання рахунків

Друга група методів визначення положення абонентів заснована на використуванні супутникової радіонавігаційної системи GPS. З її допомогою можна досягти порівняно високої точності, коли експлуатаційні умови сприятливі. У разі позиціонування поза приміщеннями, коли сигнали від сузір'я супутників GPS не блокуються перешкодами, гарантується субдециметровая точність планового положення ($< 10\text{ m}$). GPS - відносно зріла технологія, і сучасні апаратні засоби (приймачі) стають все менше, легше, дешевшими і споживають менше енергії, ніж устаткування ранішніх поколінь. GPS, проте, має деякі серйозні обмеження через сильне ослаблення супутникових сигналів будівлями, листям і т.п. Тому GPS працює погано (або взагалі не працює) в умовах тісних міських вулиць або усередині будівель. В той же час, це часто ті самі області, де попит на послуги, засновані на визначенні місцеположення, найвищий. Для подолання цих незручностей з'явилися технології позиціонування, звані Assisted-GPS або A-GPS, тобто GPS, для роботи якої виявляється деяка допомога. Assisted GPS (A-GPS) відносять до методу GPS позиціонування, коли є допоміжні дані, забезпечувані спеціальною GPS серверною або базовою станцією мобільної телефонної мережі. A-GPS дозволяє GPS позиціонування навіть в міських умовах і усередині приміщень, де сигнал дуже слабкий для прийому стандартною процедурою відстежування в приймачі. Наприклад, одержана методом COO інформація про наближене місцеположення телефонної трубки, забезпеченої GPS, допомагає дослідженню супутникових сигналів, а дані ефемерид, передані на мобільний прилад від GPS приймача базової станції, можуть дозволяти швидко обчислення положення навіть при так званому холодному старті.

Питання винесені на проміжний контроль по темі №4:

- 1. Дайте загальну характеристику супутникового методу координування?*
- 2. У чому полягає абсолютний метод визначення координат?*
- 3. У чому полягає диференціальний метод визначення координат?*
- 4. У чому полягає відносний метод визначення координат?*
- 5. У чому полягає моніторинг земної поверхні із застосуванням GPS?*
- 6. У чому полягає моніторинг навколишнього середовища із застосуванням GPS?*
- 7. У чому полягає моніторинг стану інженерних об'єктів із застосуванням GPS?*
- 8. У чому полягає моніторинг положення об'єктів із застосуванням GPS?*
- 9. У чому полягає моніторинг об'єктів при об'єднанні з іншими засобами позиціонування із застосуванням GPS?*
- 10. У чому полягає застосування GPS в службах, які основані на визначенні положення об'єкту?*

тема №5. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

У комплексі процесів геоінформаційного забезпечення територій особлива роль належить використуванню ГІС-технологій для обробки просторових даних, зібраних і систематизованих в ГІП. Ця область ГІО має на меті рішення просторових задач, що виникають в суспільстві в процесі його функціонування і розвитку. Для системного уявлення про цей розділ ГІО необхідно розглянути суть і основні поняття геоінформаційних систем і технологій, сукупність базових функцій і принципи функціонування ГІС, функціональну структуру ГІС, зміст і спрямованість основних процесів ГІС-обробки, використання ГІС для оцінки стану території, моделювання і прогнозування ситуацій, параметри і підходи до оцінки ефективності функціонування ГІС.

5.1. СУТЬ І КЛАСИФІКАЦІЯ ГІС

Мінімальний набір критеріїв, що дозволяють ідентифікувати кожну конкретну ГІС, утворює "систему координат", осями якої є: територіальний обхват, пов'язаний з ним функціонально масштаб (або просторовий дозвіл), наочна область геоінформаційного моделювання і проблема орієнтація.

При всьому різноманітті операцій, цілей, областей геоінформаційного моделювання, проблемної орієнтації і т. п., ГІС вирішують чотири типи укрупнених задач:

- 1) збір даних,
- 2) обробку даних,
- 3) моделювання, інтерпретацію і аналіз,
- 4) вироблення проектів просторових рішень.

Кожен об'єкт реального миру, що відображається в ГІС, можна розглядати в наступних вимірюваннях:

- просторовому (місце);
- тимчасовому (час);
- тематичному (предмет).

Просторове вимірювання пов'язане з визначенням місцеположення об'єкту. *Тимчасове вимірювання* характеризує зміну об'єкту з часом, зокрема від одного тимчасового зрізу до іншого. Прикладом тимчасових даних служать результати перепису населення. *Тематичне вимірювання* пов'язане з виділенням певних ознак (характеристик) об'єкту, необхідних для його опису.

У більшості технологій ГІС для визначення місця використовують клас даних - *координати*, для визначення параметрів часу і тематичної спрямованості – інший клас даних - *атрибути*. У історичному аспекті наростання функціональних можливостей ГІС і, відповідно, ускладнення їх структури походило від інвентаризації, через аналіз і моделювання, до управління з урахуванням динамічності геопростору. У зв'язку з цим намітилося декілька напрямів класи-

фікацій ГІС, причому швидка мінливість і множинність варіантів вирішуваних проблем вимагає введення нових класифікацій, що враховують структуру і архітектуру. В даний час існує декілька видів систем, що працюють з просторово розподіленою інформацією [126]: автоматизованого проектування (CAD), автоматизованого картографування (AM), управління мережами (FM) і ГІС (GIS) (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 - Системи обробки просторово-часової інформації

CAD-системи - це системи для автоматизованого проектування за допомогою засобів машинної графіки. Спочатку такого роду системи розроблялися для автоматизації конструкторських робіт і проектування і призначені для розробки конструкторської і проектної документації. Вони використовують декартову систему координат для опису і створення тривимірної конструкції. Вони маніпулюють з елементами конструкцій, сформованими в довідниках, в яких описані їх просторові властивості, а також функції, матеріал, технічні і економічні характеристики, умовні позначення.

Останніми роками на ринок комерційних продуктів вийшли видозмінені широко відомі CAD-системи, в які інтегрований ряд функцій ГІС. Прикладом можуть служити програмні продукти фірм AutoDesk Ltd., Intergraph, а також MicroStation і ін. Перевагою такого підходу є використання могутнього графічного ядра CAD, що дозволяє обробляти величезну кількість стандартної геометричної інформації і виконувати різні маніпуляції над геометричними об'єктами. З використанням видозмінених CAD стало можливим створювати модель місцевості, яку належало перетворювати і розміщувати на ній проєктовані об'єкти. Проте суть їх не змінилася. Основне призначення цих систем - конструювання і проектування всього, що можна конструювати і проектувати: машин, механізмів, пристроїв, будівель, споруд, виробів і ін.

AM-системи - програмні продукти, спеціально призначені для професійного виробництва картографічної продукції високої якості. Професійні AM-системи дозволяють зрештою одержати цифрові видавничі оригінали карт, якість яких відповідає найвищим вимогам поліграфічного виробництва. Викор-

ристовуючи як початкові раніше створені картографічні матеріали, вони маніпулюють елементами картографічного зображення, що відображають об'єкти геопростору, але не моделями самих об'єктів. Вони не призначені для управління даними, позбавлені засобів аналізу.

FM-системи - системи управління інженерними мережами (водопровід, трубопровід, енергетичні і телефонні мережі і т.п.). FM-системи управляють просторово розподіленими мережними об'єктами (представленими у вигляді графів), з кожним з яких пов'язана змістовна інформація. Для вирішення більшості задач мережного управління зовсім не важлива метрична точність, дійсне положення об'єктів в просторі. Проте останнім часом, окрім функцій управління, FM-системи мають функції аналізу, проектування і експлуатації, що привело до необхідності точної координатної прив'язки елементів мереж для обліку їх взаємного впливу.

Геоінформаційні системи. За визначенням А.М. Берлянта і А.В. Кошкарева, це "інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і розповсюдження просторово-координованих даних (просторових даних)". Під це загальне визначення підходять всі перераховані системи, оскільки в ньому приведені стандартні функції будь-якої інформаційної системи і під "просторово-координованими даними" можна розуміти представлені в цифровому вигляді і проект гідротехнічної споруди, і карту, і схему інженерної мережі, і модель геопростору. Відмінним від AM і FM і загальним для CAD і ГІС є створення цифрової моделі геопростору і робота з нею. Причому для CAD це приватна функція, а для ГІС - основна. CAD використовує модель реального геопростору одноразово як основу для розробки проекту його перетворення, інакше: для конструювання віртуального геопростору (синтезу проєктованих об'єктів і проєктованих властивостей в новий геопростір). Після реалізації проекту простір зміниться, він не відповідатиме використаній моделі, яка знеціниться, і для подальшого перетворення потрібно нова модель. ГІС на основі геоінформації створює різноманітні моделі геопростору і використовує їх для вивчення і аналізу геопростору та управління процесами, що відбуваються в ньому. Для управління потрібні, по-перше, збереження раніше створених моделей, які в результаті порівняння з подальшими дозволяють виявляти тенденції процесів, по-друге, модель, адекватна сучасному стану геопростору, яка виходить в результаті його моніторингу, і, по-третє, моделі можливого прогнозованого стану геопростору. Таким чином, для ГІС всі створені моделі геопростору значущі, повинні зберігатися в ГІП, актуалізуватися і удосконалюватися.

На основі вищевикладеного можна уточнити визначення ГІС - це інформаційна система, призначена для аналізу геопростору і управління його розвитком на основі створюваних і зберігаються геоінформаційних моделей з урахуванням просторово-часових чинників. Інформаційна база ГІС містить дані про просторові об'єкти, ПО ГІС включає відповідний задачам набір функціональних можливостей, в яких реалізуються операції геоінформаційних технологій.

ГІС можуть бути класифіковані за наступними ознаками:

- за призначенням - залежно від цільового використання і характеру вирішуваних задач;
- по проблемно-тематичній орієнтації - залежно від області застосування;
- по територіальному обхвату - залежно від розміру геопростору і у зв'язку з масштабним рядом цифрових картографічних матеріалів, використовуваних для формування бази даних ГІС;
- за способом організації геопросторових даних;
- по розширюваності функціональних можливостей - залежно від використання вбудованих або зовнішніх засобів програмування.

За призначенням можливе виділення наступних видів ГІС:

- багатоцільові;
- інформаційно-довідкові;
- моніторингові і інвентаризаційні;
- дослідницькі;
- ухвалення рішень;
- учбові;
- видавничі і іншого призначення.

По проблемно-тематичній орієнтації можна виділити наступні види ГІС:

- екологічні і природоспоживчі;
- соціально-економічні;
- земельно-кадастрові;
- геологічні;
- муніципальні;
- надзвичайних ситуацій;
- навігаційні;
- транспортні;
- торгово-маркетингові;
- археологічні і іншої орієнтації.

По територіальному обхвату встановлюють наступні види ГІС:

- глобальні (відповідають масштабам 1:4500000 і менш);
- загальнонаціональні (відповідають масштабам 1:2500000 - 1:20000000);
- регіональні (відповідають масштабам 1:500000 - 1:4000000);
- локальні (відповідають масштабам 1:50000 - 1:1000000);
- муніципальні (відповідають масштабу 1:50000 і крупніше).

За способом організації географічних даних є наступні види ГІС:

- векторні;
- растрові;
- векторно-растрові;
- тривимірні.

По розширюваності функціональних можливостей:

- "відкриті" - вбудовані (макромови) або підтримуючі зовнішні засоби розробки додатків (мови високого рівня), що мають, для конкретної ГІС;
- "закриті" - функції розширення функціональних можливостей відсутні.

5.2. КООРДИНАТНІ ДАНІ.

У системах ГІС використовуються різні системи координат:

- плоскі декартові координати;
- плоскі полярні координати;
- геоцентричні;
- топоцентричні;
- і ін.

У липні 2000 року вийшла ухвала Уряду Російської Федерації "Про встановлення єдиних державних систем координат". Відповідно до цього документа з 1 липня 2002 року для використання при здійсненні геодезичних і картографічних робіт встановлюється система геодезичних координат СК-95, а для використання в цілях геодезичного забезпечення орбітальних польотів і рішення навігаційних задач - геоцентрична система координат "Параметри Землі 1990 року" (ПЗ-90). Основна перевага, яку дає нова система геодезичних координат 1995 року (СК-95) - це підвищення точності координат пунктів державної геодезичної мережі, що є початковими при виконанні геодезичних, топографічних і картографічних робіт всіх рівнів.

У ГІС застосовують набір базових геометричних типів моделей, з яких створюють всі інші, складніші. З урахуванням наочної області карт обмежуються лише описом таких типів (структур географічних даних), які відносяться до представлення топографії і до тематичного впорядкування.

У ГІС включають наступні типи координатних даних:

- точка;
- лінія незамкнута;
- контур (замкнута лінія);
- полігон (ареал, район) – групи, що примикають один до одного замкнутих ділянок.

У реальних ГІС для побудови об'єктів використовують більше число координатних моделей. Наприклад, в деяких системах в набір даних входять такі елементи як дуга, вершина вузол і т.п.

Точкові об'єкти. Точками відображаються ті елементи карти, які не видно на даному масштабі. Наприклад, селища на карті Росії. Площа селища не може бути відображена на карті і тому відображається умовним знаком, тобто точкою певного малювання. Тобто, вибір об'єктів, що представляються у вигляді точок, залежить від масштабу карти або дослідження. На великомасштабній карті Точками показуються окремі будови, а на дрібномасштабній карті – міста.

Особливість точкових об'єктів полягає у тому, що вони зберігаються і у вигляді графічних файлів, як і інші просторові об'єкти, і у вигляді таблиць, як атрибути. Останнє обумовлене тим, що координати кожної точки описуються як два додаткові атрибути. У таблицях кожен рядок відповідає точці – в ній зібрана вся інформація про дану точку.

Лінійні об'єкти. Лініями відображаються об'єкти, які в масштабі карти не мають площі але мають протяжність. Наприклад, карта залізниць Росії. Звичайно, ширина дороги не може бути відображена. Але дорога Москва-Владивосток має протяжність видиму на карті.

Лінії широко застосовуються і для опису мереж, для яких на відміну від точкових об'єктів характерна присутність топологічних ознак. Будь-яка мережа складається з вузлів (вершин) – з'єднань, кінців відособлених ліній і ланок (дуг) – ланцюгів в моделі бази даних. Для кожного вузла існує спеціальна характеристика, звана валентністю, визначувана кількістю ланок в ньому.

Лінійні об'єкти, як і точкові, мають свої атрибути, причому різні для дуг і вузлів. Наприклад, атрибутами для дуг можуть бути:

- напрямок руху, інтенсивність руху, протяжність (для доріг);
- напруга в ЛЕП, висота опор (для лінії електропередач);
- діаметр труби, напрям руху газу (газопровід);
- і ін.

Наприклад, атрибутами для вузла можуть бути:

- наявність переходу, назви пересічних вулиць;
- характеристики трансформаторів ЛЕП;
- потужність компресора;
- і ін.

Деякі атрибути (наприклад, назви пересічних вулиць) служать для зв'язку одного типу об'єктів з іншими (вузли з ланками).

Ареали. В даний час в ГІС може бути представлено декілька типів ареалів: зони в додатку до навколишнього середовища або природних ресурсів, соціально-економічні зони, дані про угіддя і ін.

Взаємозв'язки між координатними даними. Між координатними даними можуть бути різноманітні зв'язки, які існують між об'єктами одного або різного типу. Розглянемо основні з них.

Перший тип зв'язку використовується для побудови складних об'єктів з простих елементів. Наприклад, взаємозв'язки між дугою і впорядкованим набором визначальних її вершин, взаємозв'язку між полігоном і впорядкованим набором визначальних його ліній.

Другий тип – взаємозв'язки, які можна обчислити по координатах об'єктів. Наприклад, координати точки перетину двох ліній визначають взаємозв'язок типу «схрещується» і наявність чотиривалентного вузла. Табличні координати окремої крапки і дані про межі полігонів дозволяють знайти полігон, що включає дану крапку. Цим визначається взаємозв'язок типу «міститься в». Викорис-

товуючи дані про межі полігонів, можна з'ясувати, чи перехрещуються полігони, і тим самим встановить зв'язок типу «перекривають». Іншими словами, цей тип зв'язку міститься в атрибутивних даних в неявному вигляді.

Третій тип - «інтелектуальний». Ці взаємозв'язки не можна обчислити по координатах, вони повинні одержувати спеціальний опис в семантику при введенні даних. Наприклад, можна обчислити перетин двох ліній, але якщо цими лініями є автодороги, то не можна сказати, перетинаються вони або в цьому місці знаходиться розв'язка автодоріг. Отже, для вирішення додаткових задач необхідна інформація для зв'язку. Облік зв'язків відбувається при кодуванні даних, тобто в підсистемах семантичного моделювання.

5.3 АТРИБУТИВНІ ДАНІ.

Для визначення параметрів часу і тематичної спрямованості використовують *атрибути*. Атрибутами можуть бути: символи (назви); числа (коди, числова інформація); графічні ознаки (колір, малюнок, заповнення контурів). Основною формою представлення атрибутивних даних в базах даних є таблиця. Атрибути, відповідні тематичній формі даних і визначальні різні ознаки об'єктів, також зберігаються в таблицях. Кожному об'єкту відповідає рядок таблиці (запис), кожній тематичній ознаці (атрибуту) – стовпець таблиці. Кожна клітка таблиці відображає значення певної ознаки для певного об'єкту.

Тимчасова характеристика може відображатися декількома способами:

- шляхом вказівки тимчасового періоду існування об'єкту;
- шляхом співвідношення інформації з певними моментами часу;
- шляхом вказівки швидкості руху об'єктів.

Залежно від способу віддзеркалення тимчасової характеристики вона може розміщуватися в одній таблиці або в декількох таблицях атрибутів даного об'єкту для різних тимчасових етапів.

Застосування атрибутів дозволяє здійснювати аналіз об'єктів бази даних з використанням стандартних форм запитів і різного роду фільтрів, а також виразів математичної логіки.

Існують різні методи зберігання атрибутивної інформації в ГІС:

- зберігання для всіх об'єктів системи 1-2 стандартних атрибутів;
- зберігання таблиці атрибутів, пов'язаних з просторовими об'єктами, і інформації про реляції;
- зберігання посилань на елементи даних ієрархічної або мережної БД;
- зберігання атрибутивної інформації може взагалі не застосовуватися, якщо система спирається на класифікатор.

Атрибутивний опис доповнює координатний, спільно з ним створює повний опис моделей ГІС і вирішує задачі типізації початкових даних, що спрощує процеси класифікації і обробки. Між атрибутивним і координатним описом існує взаємозв'язок, який може бути організована по-різному.

Дані, що зберігаються в атрибутах, належать до цілих, речовинних або

символьних типів, наприклад, атрибути для встановлення типу дороги можна задати таким чином.

Таблиця 5.1 - Завдання значень атрибутів

Атрибут	Значення
Тип дороги	1 - автострада; 2 - головна дорога; 3 - допоміжна дорога; 4 - ремонтвана дорога ; 5 - дорога, що будується
Матеріал покриття	1 – бетон; 2 – асфальт; 3 – ґрунт
Ширина	Величина в метрах
Число смуг	Кількість смуг
Ім'я	Назва дороги

Сукупність атрибутів і примітивів утворює простий об'єкт. Сукупність простих об'єктів утворює складний або складовий об'єкт. Ієрархія об'єктів дуже зручна, оскільки дозволяє уникнути дублювання інформації і забезпечує спадкоємство: зміну об'єкту або атрибуту породжують зміни у всіх областях, частиною яких він є. Не всі ГІС допускають звернення до складного об'єкту, що складається з декількох примітивів або об'єктів, як до цілого. Деякі системи, наприклад, ARC/INFO розрізняють тільки точкові, лінійні і площадкові об'єкти, спадковість в них відсутня. Всі об'єкти і примітиви повинні мати свій номер або ідентифікатор, за допомогою якого можна прив'язати до графічної інформації тематичну. Використовування ідентифікатора відкриває широкі можливості для перегляду і аналізу. Користувач може вказати на об'єкт, наприклад курсором, і система визначить його ідентифікатор, по якому знайде тих, що відносяться до об'єкту одну або декілька баз даних, і навпаки, за інформацією в базі можна визначити графічний об'єкт.

5.4 ПОНЯТТЯ ШАРУ

Одним із загальноприйнятих принципів організації просторової інформації є *пошаровий принцип*. Суть його полягає у тому, що багатоманітна інформація про якусь територію організовується у вигляді серії тематичних шарів, що відповідають конкретним потребам. Кожен шар може містити інформацію відноситься до одній або декількох тем. Наприклад, для цілей вивчення природних ресурсів такими темами можуть виступати дані по геології корінних порід, ґрунтам, типам землекористування, висотам рельєфу, транспортної мережі. Для задач планування розвитку міста такий набір може включати дані по вулицях, міських інженерних мережах, об'єктах транспортної інфраструктури, землеволодіння і нерухомість.

Такий підрозділ на шари інтуїтивно зрозумілий і звичний. І легко співвідноситься із загальноприйнятими принципами використання прозорих калік-накладок при роботі з паперовими картами. Пошарова організація даних припускає, що шари в просторі не мають розривів, і що скрізь ми маємо якусь інформацію – хоча б «відсутність об'єкту» чи ні даних про наявність або відсутність об'єкту». Проте шари не повинні в точності відповідати тематичному роз-

поділу. Наприклад, декілька різних шарів може бути присвячено одній і тій же темі, - геологічній будові на різних рівнях зрізів по глибині. Інший приклад – окремі шари для поетажних планів кожного поверху будівель – тематика одна і та ж, але у багатьох відношеннях таке розділення очевидно зручне. Уявлення окремими шарами можуть відноситися до різних періодів в тимчасовій шкалі.

Фізично графічні примітиви записуються як послідовність пар координат. Точці відповідає пара координат – x, y . Коло і криві показуються ламаними лініями. Пряма задається двома парами координат, а площа записується як серія пар, яка утворює замкнутий контур, для чого його остання точка повинна мати ті ж координати, що і перша, інакше контур не буде замкнутий. Карта логічно організована як набір шарів інформації. Шар складає об'єкти, об'єднані однією темою., наприклад, вся гідрографія. У традиційній картографії цьому приблизно відповідають кольорові шари карти, можуть існувати шари доріг, споруд і т.п. У деяких ГІС в шарі можуть міститися об'єкти одного типу, а не однієї теми: шари точок, шари ліній, шари площ. Іноді в шарі можуть бути об'єкти, різні і по типу і по темі, але найчастіше зустрічаються логічне розбиття на шари.

5.5 ОРГАНІЗАЦІЯ КАРТОГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Дотепер ми бачили, як географічні дані зберігаються у вигляді послідовності пар координат x, y , що представляють точки, лінії і полігони. Ми бачили також як за допомогою топології явно визначаються зв'язки між об'єктами. Тепер розглянемо, як організовується ця інформація. Картографічні об'єкти логічно організовуються в набори шарів або тем інформації. Базова карта може бути представлена шарами гідрографії, ґрунтів, свердловин і адміністративних меж. Крім того, дрібніші території, звичайно відповідні листам карти, часто можуть комбінуватися в крупніші одиниці або «досліджувані області».

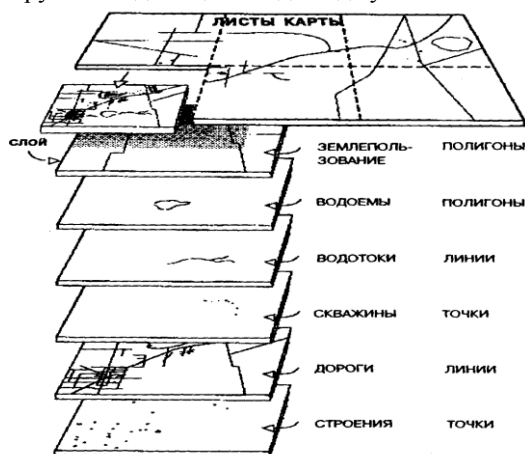


Рисунок 5.2 - Організація картографічної інформації

5.6 ЩО ТАКЕ ТОПОЛОГІЯ

Дотепер ми вивчали, як об'єкти карти можуть бути представлені точками, лініями і полігонами. Додаткову інформацію, що стосується просторових зв'язків між об'єктами, інтерпретуємо в думках. Наприклад, по карті міських вулиць можна знайти маршрут від аеропорту до готелю. Можна розпізнати дві суміжні земельні ділянки і вулицю, на якій вони розташовані.

На цифрових картах такі зв'язки описуються за допомогою топології. *Топологія* – це математична дисципліна, що займається визначенням просторових зв'язків. Стосовно карт, топологія визначає зв'язки між об'єктами, встановлює сусідство полігонів і представляє один об'єкт, наприклад, ділянка у вигляді набору інших об'єктів (наприклад, ліній).

Створення і зберігання топологічних зв'язків має ряд переваг. При використуванні топології дані зберігаються ефективніше. Тому обробка даних швидшає, і стає можливим обробляти набори даних великих розмірів. За наявності топології можливо виконувати різні операції аналізу, зокрема, моделювання потоків за допомогою скріплення ліній в мережу, об'єднання суміжних полігонів з однаковими характеристиками і накладення географічних об'єктів.

5.7. БАЗОВІ ФУНКЦІЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ГІС

Одним з напрямків усвідомлення суті ГІС є вивчення і формування системи функціональних можливостей ГІС, забезпечуваних інструментальними програмними засобами. У сучасній технічній літературі це питання пропрацює недостатньо. Більшість функцій описана не формалізований, часто функції згруповані в рамках їх реалізації в конкретних програмних пакетах, а не по їх функціональній спільності. Формування системи функцій ГІС доцільно базувати на представленні програмних засобів ГІС як системи окремих, але зв'язаних між собою програмних блоків, що забезпечують реалізацію ГІС-технології. Такий підхід відображає структурну і модульну програмного забезпечення ГІС, в якому окремі програмні компоненти реалізують окремі укрупнені технологічні процеси ГІС, які можуть виконуватися роздільно в часі.

Відповідно до блокового представлення програмних засобів ГІС і за наслідками аналізу технічної літератури, представимо на справжній момент все можливе різноманіття функцій цих програмних засобів системою 10 функціональних блоків [88]:

- забезпечення взаємодії з користувачами;
- збір просторових даних;
- створення і управління базами просторових даних;
- експорт/імпорт даних;
- перетворення даних;
- просторовий аналіз;

- картографічне відображення інформації;
- формування кінцевого продукту ГІС-обробки;
- забезпечення розробки ;
- адміністрування системи.

5.7.1. Забезпечення взаємодії з користувачами

Дана група функцій призначена для забезпечення взаємодії користувача з ПЗ ГІС за допомогою інтерфейсу. При цьому функції інтерфейсу складають дві групи:

- 1) функції службового інтерфейсу для здійснення дій системного адміністратора ГІС по забезпеченню працездатності системи;
- 2) функції інтерфейсу кінцевого користувача.

Конкретні функції цієї групи є загальнотехнічними і застосовуються в багатьох програмних комплексах. Основними з них є наступні функції:

- 1) використання російськомовних термінів наочної області ГІС;
- 2) настройка елементів інтерфейсу під вимоги користувача;
- 3) розмежування доступу до операцій залежно від прав користувача, доступ по пароллю;
- 4) використання спадаючих і спливаючих меню, гарячих клавіш;
- 5) вибір команд з підказками або без підказок;
- 6) отримання відповідей за умовчанням;
- 7) видача повідомлень про стан виконання операцій (виконання, тривалість операції, збій, завершення);
- 8) виведення застережливих повідомлень перед виконанням відповідальних операцій;
- 9) захист від некоректного використання операцій;
- 10) відміна виконуваної команди із збереженням попереднього стану;
- 11) повернення після виконання команди до початкового стану до виконання цієї команди;
- 12) видача користувачу дружніх повідомлень про помилки;
- 13) відновлення після програмної помилки;
- 14) доступ до контекстної гіпертекстової довідкової системи (Help);
- 15) доступ до машинного керівництва користувача.

5.7.2. Збір геопросторових даних

Термін "збір" в геоінформації трактуючи надзвичайно широко. У розширеному вигляді це визначення може виглядати так: "збирається все, що моделюється, вивчається і використовується при прогнозуванні геопростору". Проте формулювання не відповідає на питання: "Чи входять технології збору всього вищезгаданого в ГІС-технологію?" Якщо ігнорувати це питання, то в ГІС-технологію можна включити, наприклад, технологію перепису населення або рідкісних і зникаючих представників тваринного світу, оскільки статистичні

дані про них використовуються при аналізі їх територіального розподілу.

Всі галузеві (і міжгалузеві) технології збору просторової інформації існували задовго до виникнення ГІС і геоінформатики, наприклад, геологічні, геофізичні, геодезичні, топографічні, фотограмметричні, ґрунтово-ботанічні, дистанційного зондування і велика кількість інших технологій вивчення геопростору. Частину своїх результатів ці технології представляли у вигляді картографічних матеріалів. При цьому ніхто не включав в картографічну технологію всю безліч галузевих технологій вивчення геопростору. З виникненням геоінформатики ці галузеві технології стали представляти частину своїх результатів у вигляді геоінформаційних моделей (ГІМ) і використовувати їх при просторовому аналізі, тим більше що на основі ГІМ можна достатньо легко створити картографічне зображення.

Таким чином, збір геопросторових даних, як функціональний блок ГІС-технології, повинен забезпечувати безпосереднє отримання даних або відбір з галузевих баз даних потрібної для формування моделей і рішення задач геоінформації. Відбір даних супроводжується конвертацією даних. Просторове визначення галузевих даних може виконуватися як координатним методом, так і прив'язкою до контурів карти, найчастіше, топографічної або географічної.

Тому в програмних пакетах ГІС реалізуються тільки функції одного методу збору просторових даних - картографічного. Функції цієї групи утворюють 6 функціональних підгруп, об'єднуючих однотипні функції з різними режимами виконання:

Векторизація по растру:

- 1) ручне оцифрування точок і контурів;
- 2) напівавтоматичне оцифрування точок і контурів;
- 3) автоматичне оцифрування точок і контурів.

Кодування і ідентифікація об'єктів:

- 1) кодування об'єктів по їх характеристичній властивості введенням з клавіатури;
- 2) вибір кодів об'єктів по їх характеристичній властивості з меню текстових значень;
- 3) завдання кодів за умовчанням і дублюванню попередніх значень;
- 4) привласнення об'єктам ідентифікаторів уручну;
- 5) автоматичне привласнення ідентифікаторів об'єктам.

Завдання топології:

- 1) встановлення вузлів автоматично або уручну;
- 2) встановлення дуг (ребер) автоматично або уручну;
- 3) завдання полігонів з дуг автоматично або уручну;
- 4) автоматичне замикання полігонів;
- 5) притягання кінцевих точок ліній з вузлами автоматично або уручну;
- 6) скріплення складних полігонів з одним або більш внутрішніми областями автоматично або уручну;

7) визначення центра полігону автоматично або уручну.

Завдання атрибутів:

- 1) скріплення атрибутів з просторовими об'єктами по ідентифікатору або центру;
- 2) введення атрибутів в інтерактивному режимі з клавіатури або з ме-
ню;
- 3) введення атрибутів в пакетному режимі з прив'язкою по ідентифіка-
тору або центру.

Виявлення і усунення помилок, редагування моделі:

- 1) контроль якості растру (деформація оригіналу, дозвіл, наявність ви-
падкових зображень) і його виправлення;
- 2) контроль якості векторизації (перехлест або недоводка лінії при
примиканні до лінії, що перетинається, замикання полігонів) і ко-
рекція геометричної моделі в інтерактивному або автоматичному
режимах;
- 3) контроль формату і коректності координат точок в інтерактивному
або автоматичному режимах;
- 4) контроль коректності топології і корекція геометричної моделі в ін-
терактивному або автоматичному режимах;
- 5) переміщення, зміна, додавання векторних об'єктів в інтерактивному
режимі;
- 6) контроль коректності, зміна і додавання ідентифікаторів об'єктів в
інтерактивному режимі;
- 7) контроль правильності і повноти завдання, зміна і додавання кодів
об'єктів в інтерактивному режимі.

5.7.3. Створення баз геопросторових даних і управління ними

Функції цієї групи в своїй більшості є загальнотехнічними і застосову-
ються при створенні будь-яких баз даних і управлінні ними. Специфіка функцій
цієї групи виявляється в організації даних позиціонування з урахуванням коор-
динатних систем, просторових моделей і масштабів картографування території.
Найважливішими є наступні функції:

- 1) завдання внутрішньої для ГІС моделі даних, забезпечуючої опис об'єк-
тів довільного типу;
- 2) забезпечення багаторівневого (по масштабах) представлення території з
узгодженням координатних систем;
- 3) введення даних про якість інформації, включаючих походження, точ-
ність даних, детальну і повноту (зокрема пооб'єктно);
- 4) введення і організація растрових даних (фільтрація, зшивання) по лис-
тах або по ділянках території;
- 5) введення і організація векторних даних (зведення, звірка, зшивання -
інтерактивне або автоматичне з'єднання геометрично суміжних об'єк-

- тів, що перекриваються або розділених, кліпінгів, додавання та/або видалення точок) по листах або по ділянках території;
- 6) введення і зміна атрибутивних даних (зміна ідентифікаторів, об'єднання кодів);
 - 7) забезпечення організації масивів даних по типу локалізації, темі, класам об'єктів;
 - 8) підтримка проектів баз даних (сукупності даних на певну територію для вирішення конкретної просторової задачі);
 - 9) підтримка послідовного, прямого і по ключу доступу до даних;
 - 10) управління зв'язками атрибутивних даних і даних позиціонування;
 - 11) забезпечення оновлення даних (додавання, видалення, модифікації);
 - 12) можливість відстежування транзакцій баз даних;
 - 13) можливість встановлювати повноваження на читання/запис в базах даних;
 - 14) переглядання баз даних;
 - 15) можливість відновлення баз даних після аварійних ситуацій.

5.7.4. Експорт/імпорт даних

Функції експорту і імпорту даних покликані забезпечити взаємодію ГІС з іншими інформаційними системами. Практично ця група містить три базові функції:

- 1) конвертація з ряду зовнішніх даних у форматах інших систем у внутрішній формат ГІС (експорт даних);
- 2) конвертація даних з внутрішнього формату ГІС в дані у форматах інших систем (імпорт даних);
- 3) підтримка поширених (практично стандартних по факту) міжнародних обмінних форматів.

5.7.5. Перетворення даних

Функції даної групи направлені на отримання з баз даних і перетворення просторових даних з метою їх підготовки для просторового аналізу і картографічного відображення. У їх сукупності можна виділити декілька підгруп функцій.

Пошук і відбір даних:

- 1) відбір просторових даних (атрибутивних, позиціонування) по заданій області у вигляді прямокутника, круга або багатокутника на екрані монітора;
- 2) відбір просторових даних (атрибутивних, позиціонування) по заданій області, відповідній просторовому об'єкту площадкового типу;
- 3) відбір просторових даних (атрибутивних, позиціонування) по вказівці курсором на графічному зображенні;
- 4) відбір просторових даних (атрибутивних, позиціонування) по іденти-

- фікатору або сукупності ідентифікаторів об'єктів;
5) відбір просторових даних позиціонування по заданих атрибутах.

Реструктуризація даних:

- 1) перетворення даних з векторного уявлення в растрове (растерізація);
- 2) стиснення (архівація) або розархівування растрових даних;
- 3) зміна розміру растрового осередку (дозволи растру);
- 4) виключення зайвих точок прямолінійних контурів;
- 5) згладжування контурів із збереженням кривизни і форми.

Трансформація даних:

- 1) перетворення даних з одних систем координат в інші (ротація, зрушення, масштабування);
- 2) математичне узгодження векторних і растрових даних методами трансформації;
- 3) трансформація карт з одних проекцій в інші при відомих параметрах проекцій;
- 4) трансформація карт з одних проекцій в інші при невідомих параметрах проекцій;
- 5) узгодження даних різних проектів на одну територію при інтеграції даних з різних джерел з різною математичною основою.

5.7.6. Просторовий аналіз

Функції цієї групи охоплюють всю аналітичну і моделюючу область функціонування ГІС і забезпечують рішення специфічних просторових задач, тобто ті дії, ради яких власне і створюються ГІС. Це найважливіші функції ГІС, і від їх ефективності наряду залежить ефективність і корисність самих ГІС. Вся безліч базових функцій просторового аналізу можна представити у вигляді сукупності 8 підгруп.

Визначення геометричних характеристик геопростору (вимірювальні операції):

- 1) довжина прямої між двома заданими Точками;
- 2) довжина кривої між двома заданими Точками;
- 3) периметр полігону;
- 4) площа полігону;
- 5) найкоротша відстань від заданої точки до полігону;
- 6) найкоротша відстань між полігонами.

Визначення топологічних характеристик геопростору (просторових відносин об'єктів):

- 1) перетин;
- 2) примикання;
- 3) зміст;
- 4) включення;
- 5) сусідство.

Виконання булевих операцій над об'єктами:

- 1) об'єднання;
- 2) перетин;
- 3) різниця.

Побудова буферних зон - *буферна зона*, як область, обмежена еквідистантними лініями, може бути побудована при постійному значенні впливу різних чинників (буферизація без зважування) або, залежно від впливу якого-небудь чинника (буферизація із зважуванням), навколо об'єктів різної просторової локалізації:

- 1) навколо точкового об'єкту (об'єктів);
- 2) навколо лінійного об'єкту (об'єктів);
- 3) навколо площадкового об'єкту (об'єктів).

Оверлей - топологічне накладення шарів:

- 1) точки - на точки, на лінії, на полігони;
- 2) лінії - на точки, на лінії, на полігони;
- 3) полігони - на точки, на лінії, на полігони.

Аналіз мереж:

- 1) пошук найкоротшого шляху між двома точками мережі (по якомусь чиннику - по відстані, за часом);
- 2) вибір оптимального (по різних чинниках) маршруту на безлічі точок мережі (задача комівояжера);
- 3) розподіл ресурсів і розміщення центрів мережі;
- 4) пошук найближчого сусіда.

Аналіз поверхонь:

- 1) обчислення кутів нахилу, визначення ліній стоку;
- 2) визначення експозиції схилів;
- 3) побудова ізоліній і генерація профілів заданих перетинів;
- 4) інтерполяція висот;
- 5) визначення меж зон видимості/невидимості;
- 6) моделювання мережі тальвегов і вододілів;
- 7) обчислення об'ємів щодо заданої площини по моделі рельєфу;
- 8) оконтурювання водозбірних басейнів;
- 9) генерація тривимірних зображень;
- 10) поєднання тривимірних і двомірних зображень.

Аналіз просторового розподілу об'єктів:

- 1) розстановка;
- 2) порядок;
- 3) концентрація або розосередженість;
- 4) зв'язність або незв'язність.

5.7.7. Картографічна візуалізація

Дана група базових функцій ГІС забезпечує картографічну візуалізацію

результатів моделювання і запропонованих просторових рішень:

- 1) створення, редагування, ведення, використання бібліотеки умовних позначень (графічних атрибутів);
- 2) призначення, побудова і редагування умовних позначень до класів об'єктів для всіх типів локалізації (точкових, лінійних, площадкових);
- 3) побудова умовних позначень в растровому та/або векторному форматах;
- 4) підтримка стандартних картографічних умовних позначень;
- 5) створення, редагування, ведення і використання бібліотеки тематичних шарів;
- 6) накладення, комбінування, виключення і додавання об'єктів в тематичних шарах в довільному порядку;
- 7) накладення, комбінування, виключення і додавання тематичних шарів в довільному порядку і в заданому режимі відображення (із зафарбовуванням фону, з просвічуванням фону);
- 8) масштабування зображення довільне або із заданим коефіцієнтом масштабування;
- 9) переміщення зображення у вікні із завданням кроку переміщення по горизонталі і вертикалі, центровки зображення по вказівці курсором його центру або за завданням об'єкту атрибутами;
- 10) повернення до попередніх зображень;
- 11) сумісне використання растрової підкладки і векторного зображення;
- 12) встановлення і зняття умови невидимості або видимості об'єктів;
- 13) висновок написів до заданого класу об'єктів, зняття невидимості і показ раніше невидимих написів;
- 14) висновок зарамкового оформлення і легенди листу ЦКІ;
- 15) виділення одного або декількох об'єктів на ЦКІ (курсором, завданням семантики, за запитом на відбір об'єктів по території, по топологічних характеристиках, за логічних умов на атрибутивні дані);
- 16) висновок різних картографічних зображень на одну ділянку території в декількох вікнах і здійснення їх взаємного узгодження при переміщеннях;
- 17) відображення вкладених графічних (карт, фотографій) і текстових файлів до окремих об'єктів ЦКІ;
- 18) отримання картограм за статистичними показниками і їх відображення.

5.7.8. Формування кінцевого продукту ГІС-обробки

Ця група функцій орієнтована на створення вихідних документів, що генеруються за наслідками ГІС-обробки:

- 1) формування текстових звітів (і таблиць) відповідно до заданої струк-

- тури і форми уявлення;
- 2) формування і висновки графічних зображень на графічні термінальні пристрої (плоттери і т.п.);
 - 3) формування і висновки ЦКІ, розмір яких перевищує розмір робочого поля термінального пристрою;
 - 4) формування і висновки картограм;
 - 5) формування цифрової картографічної продукції (цифрових і електронних карт і атласів);
 - 6) формування цифрової довідково-картографічної мультимедійної продукції.

5.7.9. Забезпечення розробки ГІС-додатків

Дана група функцій призначена для розробки ГІС-додатків, що відображають специфічні задачі і зміст конкретної наочної області, і включає наступні функції:

- 1) використання спеціалізованої вбудованої мови програмування і середовища розробки;
- 2) використання функцій і операцій системи для розробки додатків на мові програмування;
- 3) використання бібліотек процедур і функцій системи для зовнішньої мови програмування;
- 4) створення і розширення бібліотек функцій і операцій системи;
- 5) використання технологій динамічного обміну даними між оболонкою і додатком.

5.7.10. Адміністрування системи

Функції, що становлять дану групу, покликані забезпечити управління системою і її працездатність:

- 1) використання інсталяційної програми установки системи з контрольним прикладом;
- 2) реєстрація користувачів і їх прав доступу;
- 3) настройка системи на конкретний проект ГІС;
- 4) захист системи від несанкціонованого доступу і аварійних ситуацій;
- 5) відновлення працездатності системи після аварійних ситуацій;
- 6) використання керівництва користувача, системи допомоги і повчальної програми;
- 7) ведення статистики роботи системи.

Розроблена система функцій може застосовуватися для цілей оцінки можливостей конкретного програмного пакету, порівняння різних програмних пакетів ГІС, розробки технічних завдань для створення інструментальних програмних засобів ГІС, для сертифікації програмних засобів ГІС.

5.8. ДЕТАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ФУНКЦІЙ ГІС

Зі всієї сукупності розглянутих функцій ПЗ ГІС можна виділити декілька найважливіших, принципово відрізняючих ГІС від інших різновидів інформаційних систем і що є певним індикатором якості цих систем [16, 89, 90]. Ці функції складають ядро геоінформаційних технологій, а вся решта функцій може представлятися сервісними, що забезпечують можливість виконання системою її основних аналітичних і моделюючих дій. До таких "ядерних" функцій ГІС необхідно віднести наступні функції:

- растрово-векторні і векторно-растрові перетворення;
- трансформація проекцій і зміни систем координат;
- вимірювальні операції;
- оверлейні операції;
- розрахунок і побудова буферних зон;
- аналіз просторового розподілу об'єктів;
- вимірювання атрибутивних даних.

Растрово-векторне перетворення використовується для створення векторних ГІМ і ЦКІ по початкових графічних картах, а також в додатках, пов'язаних з інтерпретацією аерокосмічних зображень (виділення і оконтурювання на них однорідних областей), одержаних шляхом сканування оригіналу. Дане перетворення полягає в тому, щоб на підставі одержаного растру виконати класифікацію зображення (наприклад, на основі кольору пікселів), після чого необхідно виділити межі різних класів об'єктів і виділити полігони, описувані номерами класу і послідовністю координат їх меж (рис. 5.3). Проте реалізація цього перетворення стикається з великими труднощами, і тому ефективність значною мірою залежить від того, наскільки успішно автоматизовані методи векторизації поєднуються з інтерактивними можливостями контролювати і впливати на процес векторизації, які надаються користувачу.

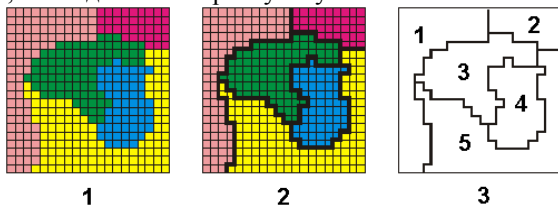


Рисунок 5.3 - Растрово-векторне перетворення

Не дивлячись на велику складність растрово-векторного перетворення, найбільш трудомісткі стадії цього процесу піддаються автоматизації: фільтрація початкового растрового зображення, чищення зображення, виявлення і усунення розривів ліній, їх утоньшення і "скелетизація" зображення. Потім виконується коректування геометрії і топології створених векторних об'єктів в інтерактивному режимі. Векторно-растрове перетворення (растерізація) здійснюється для

приведення векторних моделей в растрову форму з метою їх подальшого використання в растрових ГС. Алгоритм векторно-растрового перетворення заснований на тому, що на набір векторних даних накладається регулярна квадратна мережа з необхідним розміром осередків. Приналежність осередку полігону визначається положенням її геометричного центру, при цьому осередок одержує номер того полігону, до якого вона належить (рис. 5.4).

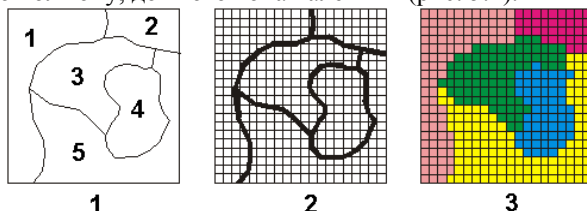


Рисунок 5.4 - Векторно-растрове перетворення

Крім того, за допомогою векторно-растрового перетворення можна виробляти той, що генералізує картографічного зображення.

Трансформація проекцій і зміна систем координат здійснюються найчастіше у зв'язку з необхідністю інтеграції ЦКІ з різною математичною основою. Сюди входять операції простого перерахунку координат просторових об'єктів з однієї відомої координатної системи в іншу (поворот, зрушення, масштабування і т.п.), а також складніші трансформації, пов'язані з ув'язкою декількох різнорідних ЦКІ в одну загальну систему. Такі перетворення виконуються по опорних точках з відомими координатами із застосуванням лінійних і афінних перетворень.

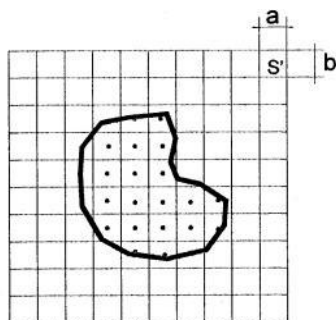


Рисунок 5.5. Методика обчислення площі полігону для растрового уявлення

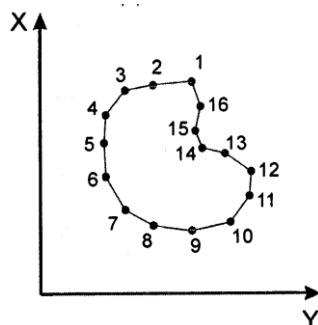


Рисунок 5.6. Методика обчислення площі полігону для векторного уявлення

Перерахунок координат полягає в послідовному рішенні зворотної задачі математичної картографії (перетворення прямокутних координат в географічні), а потім рішенні прямої задачі з використанням рівняння похідної проекції.

Трансформація векторних об'єктів з однієї проекції в іншу здійснюється за допомогою параметрів проекцій початкової і похідної ЦКІ. Можливий і безпосередній перерахунок даних з проекції в проекцію з використанням чисельних методів. Для тих випадків, коли параметри проекцій невідомі, застосовують апроксимуючі функції. *Вимірювальні операції* використовуються для визначення геометричних характеристик просторових об'єктів - довжин прямих і кривих ліній, периметрів, площ, координат центрів об'єктів. Суть таких визначень на прикладі визначення площі просторового об'єкту для растрових і векторних уявлень показана на рис. 5.6 і 5.5.

Оверлейні операції (топологічне накладення шарів) є найпоширенішим і ефективнішим засобом просторового аналізу. Суть цієї функції полягає у тому, що в результаті накладення одного тематичного шару на інший утворюється похідний шар у вигляді графічної композиції початкових шарів. Цей похідний шар дозволяє одержати (виділити) похідні об'єкти з своєю геометрією і похідною атрибутикою, арифметично або логічно похідною від значень атрибутів об'єктів початкових шарів [11]. Суть оверлею може бути проілюстрована на рис. 5.7. Враховуючи, що об'єкти, що накладаються, можуть відноситися до різних по просторовій локалізації типів, можливі дев'ять варіантів оверлею:

- точка на точку, точка на лінію, точка на полігон (площа);
- лінія на точку, лінія на лінію, лінія на полігон;
- полігон на точку, полігон на лінію, полігон на полігон.

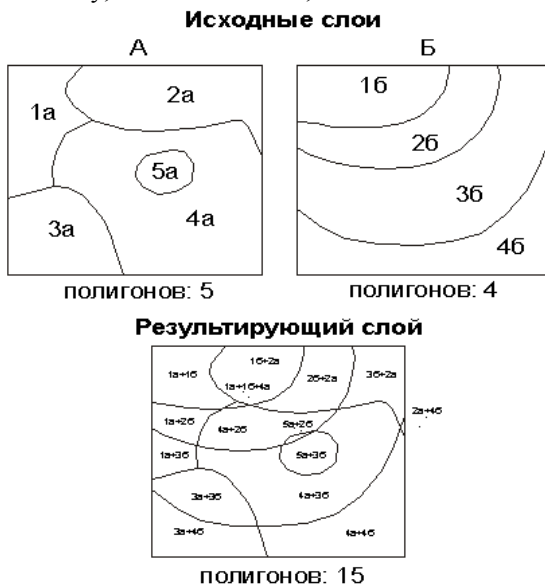


Рисунок 5.7. Приклад оверлею двох шарів (А і Б) з отриманням результуючого шару

Розрахунок і побудова буферних зон полягає в завданні областей навколо точкових, лінійних, площадкових об'єктів, обмежених еквідистантними лініями. Ці лінії обчислюються щодо контуру об'єкту по якому-небудь атрибуту. При цьому ширина буферної зони може бути постійною або змінною, залежно від вагової функції, заданої по цьому атрибуту. Побудова таких буферних зон, відповідно, називається "буферизація без зважування" і "буферизація із зважуванням". Наприклад, буферна зона, відповідна області електромагнітного випромінювання навколо точкового об'єкту - джерела випромінювання, будуватиметься "без зважування" і матиме форму круга. Якщо ж буферна зона повинна відображати область забруднення від димаря заводу, то з урахуванням рози вітрів вона повинна будуватися "із зважуванням" і матиме форму еліпса. Приклади побудови буферних зон приведені на мал. 5.7.

Аналіз просторового розподілу об'єктів. Під просторовими розподілами об'єктів розуміється розстановка, порядок, концентрація або розосередженість, зв'язність або незв'язність об'єктів в межах укладаючого їх геопростору [91]. Просторове розташування при аналізі може вказати на механізми виникнення самих досліджуваних об'єктів.

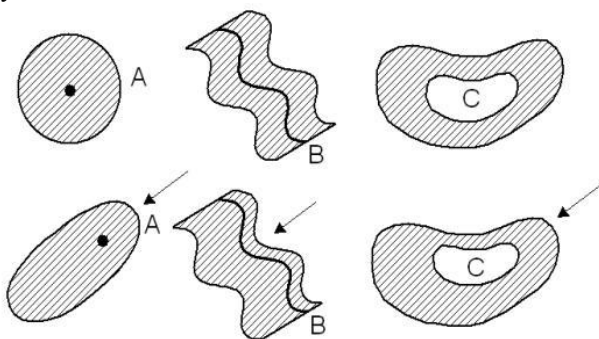


Рисунок 5.8 - Приклади побудови буферних зон навколо точкових (А), лінійних (В) і площадкових (С) об'єктів: а) буферизація без зважування; б) буферизація із зважуванням (стрілкою показаний напрям дій вагової функції - наприклад, рози вітрів)

Одним з основних елементів аналізу просторового розподілу об'єктів території є *визначення закономірностей в їх просторовому положенні*. Оскільки на розташування об'єктів впливає величезна кількість чинників навколишнього середовища, то вони мають певні просторові розміщення, що відображають вплив цих чинників. Використовуючи дані залежності, відомості про об'єкти геопростору, а також аналізуючи просторові розподіли об'єктів, можна встановити чинники, що впливають на досліджувані об'єкти і область їх розміщення. При такому аналізі просторових розподілів визначальними характеристиками об'єкту є не об'єм простору, займаний об'єктом, або його форма, а розташування

в просторі, який може характеризуватися кількістю об'єктів в певній області і тим, як вони розподілені - рівномірно або групами, наскільки віддалені один від одного, а також зв'язком між об'єктами і загальним розміром займаної території.

Геопростір, що розглядається в ГІС як та, що відображається геосистеми, заповнено просторовими об'єктами. На етапі геоінформаційної обробки важливим моментом є аналіз просторового розподілу цих об'єктів, оскільки вони володіють різними поєднаннями, взаємозв'язками, відстанями, напрямками і просторовими взаємодіями. По своїх просторових характеристиках і масштабах створюваних моделей просторові об'єкти території можуть бути віднесені до одного з трьох типів: точки, лінії, полігони (площі, області). Крім того, в деяких задачах вводиться ще один тип об'єкту - поверхні. Просторові розподіли для об'єктів різного типу просторової локалізації, відповідно, аналізуються різними методами. Розглянемо основні вживані методи аналізу розподілів для різних типів об'єктів.

Розподіли точок. Найпоширеніші методи аналізу просторових розподілів застосовуються до точкових об'єктів. Основною мірою точкового розподілу є густина точок, визначається як результат розподілу числа точок на загальну площу, на якій вони розташовані. Густина може визначатися як для різних областей з метою їх порівняння, так і для однієї області, але в різні моменти часу (визначення динаміки змін). Окрім густини розподілу, можна оцінити форму розподілу. Точкові розподіли зустрічаються в одному з чотирьох можливих варіантів: рівномірному (якщо число точок в кожній малій підобласті таке ж, як і в будь-якій іншій підобласті), регулярному (якщо точки, розділені однаковими інтервалами по всій області, розташовані у вузлах сітки), випадковому, кластерному (якщо точки зібрані в тісні групи). Точкові розподіли можуть описуватися не тільки кількістю точок в межах підобластей. Часто аналізуються локальні відносини усередині пар точок, що досягається застосуванням методу аналізу - аналіз найближчого сусіда. Обчислення цього статистичного показника включає визначення середньої відстані до найближчої сусідньої точки серед всіх можливих пар найближчих точок. Даний метод дозволяє оцінити міру розрідженості точок в розподілі, що дає можливість оцінити вірогідність виникнення конфліктів між точковими об'єктами. Точкові розподіли можуть також характеризуватися за допомогою полігонів Тіссена (діаграми Діріхле і діаграми Вороняча). Вони засновані на нарощуванні навколо точок полігонів, що показують можливі зони впливу на інші точки.

Розподіли ліній. Лінійні об'єкти часто знаходяться між собою в певних взаємостосунках, і, визначивши характер їх розподілу, можна впевненіше сказати про походження об'єктів. Простою мірою розподілу ліній є їх густина. Густина визначається як відношення суми довжин ліній до площі області, на якій вони розташовані. Визначення густини ліній актуальне тільки для порівняння з аналогічними величинами для інших областей або для тієї ж області в різні моменти часу. Так само, як і для точок, для ліній використовується аналіз найбли-

жчого сусіда, а також аналіз перетинів з іншими лініями. Проте це достатньо складні задачі, до того ж результат аналізу залежить від довжини ліній і їх вигину. Іншими характеристиками лінійних об'єктів є орієнтація, спрямованість і зв'язаність. Зв'язаність використовується для характеристики лінійних мереж і є її мірою складності.

Розподіли полігонів. Аналіз розподілів полігонів багато в чому подібний аналізу розподілу точок - через визначення густини полігонів на одиницю площі області вивчення. Проте, в цьому випадку визначають не кількість полігонів на одиницю площі, а відносну частку площі полігону. Полігони, як і точки, можуть бути згруповані, розсіяні (регулярно) або випадковим чином рознесе по відношенню один до одного. Крім того, площадкові об'єкти можуть бути сполучені між собою або видалені на деяку відстань. Для характеристики просторового розподілу суміжних полігонів використовується статистичний показник з'єднань - статистик з'єднань. Статистик з'єднань (з'єднання - загальна межа двох суміжних полігонів) підраховує кількість з'єднань в полігональному розподілі і характеризує структуру з'єднань. Даний показник дозволяє оцінити, який розподіл мають полігони: кластерне, розріджене або випадкове. Просторові об'єкти, оброблювані в ГІС, наділені не тільки геометричними характеристиками, тобто не тільки займають геопростір, але і містять інформацію про свою суть і непросторові характеристики у вигляді набору атрибутів. Одним з процесів аналізу атрибутивних даних в ГІС є процес їх вимірювання [91, 131]. В даний час існує основа для вимірювання практично всіх видів даних - шкали вимірювання даних. Шкали вимірювання даних визначаються даними, що класифікуються, можливістю проводити вимірювання, а також інформацією, що цікавить. Загальноприйнятий розподіл шкал (і, відповідно, даних в цих шкалах) на "якісні" і "кількісні". До "якісних" відносяться шкали номінальна і порядкова. До "кількісних" відносяться інтервальна шкала і шкала відносин.

Номінальна шкала (шкала найменувань). При використуванні номінальної шкали об'єкти розрізняються по іменах (наприклад, болото, ліс, луг і т.п.). Ця система дозволяє робити вислови про те, як називається об'єкт, але не дозволяє робити прямого порівняння одного об'єкту з іншим, за винятком визначення тотожності. Для детальнішого порівняння об'єктів слід використовувати вищу шкалу вимірювань даних.

Порядкова шкала (ордінальна, рангова шкала). Ця шкала використовується для визначення, наскільки один об'єкт відрізняється від іншого (спектр значень "від кращого до гіршого", тобто, шосе федеральне, шосе регіональне, місцева дорога). Одже, якщо цей спектр заснований виключно на меті використання інформації і не може відноситися до інших застосувань даної інформації, тобто він заснований на одному аспекті, що відображає один набір умов.

Інтервальна шкала. Шкала вимірювання, в якій вимірюваним величинам приписуються чисельні значення (наприклад, відмітки горизонталей). Як і у разі порядкової шкали, в інтервальній шкалі теж можна порівнювати об'єкти, але ці

порівняння робляться з точнішою оцінкою відмінностей. Проте існує обмеження при виконанні порівнянь за інтервальною шкалою. Вона дозволяє одержувати тільки чисельну різницю вимірюваних об'єктів і робити на її основі які-небудь висновки. Для порівняння величин щодо один одного необхідно скористатися шкалою відносин.

Шкала відносин (раціональна шкала). Шкала відносин є абсолютною шкалою, тобто її початок, на відміну від початку інтервальної шкали, має певний фізичний ("абсолютний") сенс і не може бути встановлене довільно (наприклад, середньорічний дохід населення в різних районах міста, де початком шкали є повна відсутність доходів). Ще одним прикладом використання шкали відносин може служити порівняння висот геодезичних пунктів, причому висота повинна відлічуватися від центру земного еліпсоїда, а не від якої-небудь рівневої поверхні. Окрім несумісності між собою, шкали вимірювань мають фундаментальну відмінність по властивостях, вивченням яких займається абстрактна алгебра. Особливістю шкал є відповідний набір допустимих операцій з їх значеннями [131].

Таблиця 5.2 - Допустимі операції для шкал вимірювань

Відносини	Операції	Шкала вимірювань			
		номінальна	порядкова	інтервалів	відносин
тотожність	рівно / не рівно	є	є	є	є
порядок	рівно / не рівно	ні	є	є	є
різниця (абсолютна)	віднімання / сложение	ні	ні	є	є
відношення	множення на коефіцієнт / розподіл	ні	ні	ні	є

Необхідно відзначити, що розподіл шкал не має нічого спільного з формою запису або кодуванням значень, оскільки дані в номінальній шкалі можуть бути представлені числом. Але це число не є чисельним значенням, це просто код класу, замінюючий назву об'єкту.

5.9. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЗ ГІС

Однієї з найважливіших задач на етапі проектування прикладної ГІС є визначення складу і структури безпосередньо математичного забезпечення системи [131, 92, 93, 94]. У загальному випадку процес формування математичного забезпечення ГІС, як і будь-якої інформаційної системи, можна поетапно зобразити наступною схемою (рис. 5.9) [95]. Одержана кожного разу на етапі 8 сукупність математичних моделей і алгоритмів якраз є математичним забезпеченням системи. Ефективне використання цифрових даних припускає наявність програмних засобів, що забезпечують функції їх зберігання, опису, оновлення і т. п., а також прикладної обробки (аналізу, моделювання і т.п.). Залежно від ти-

пів і форматів їх уявлення, рівня (класу) програмних засобів ГІС, деяких характеристик середовища і умов їх використання, можуть бути запропоновані різні варіанти організації зберігання і доступу до просторових даних, причому способи організації даних розрізняються для геометричної і атрибутивної частин [97, 98, 99].

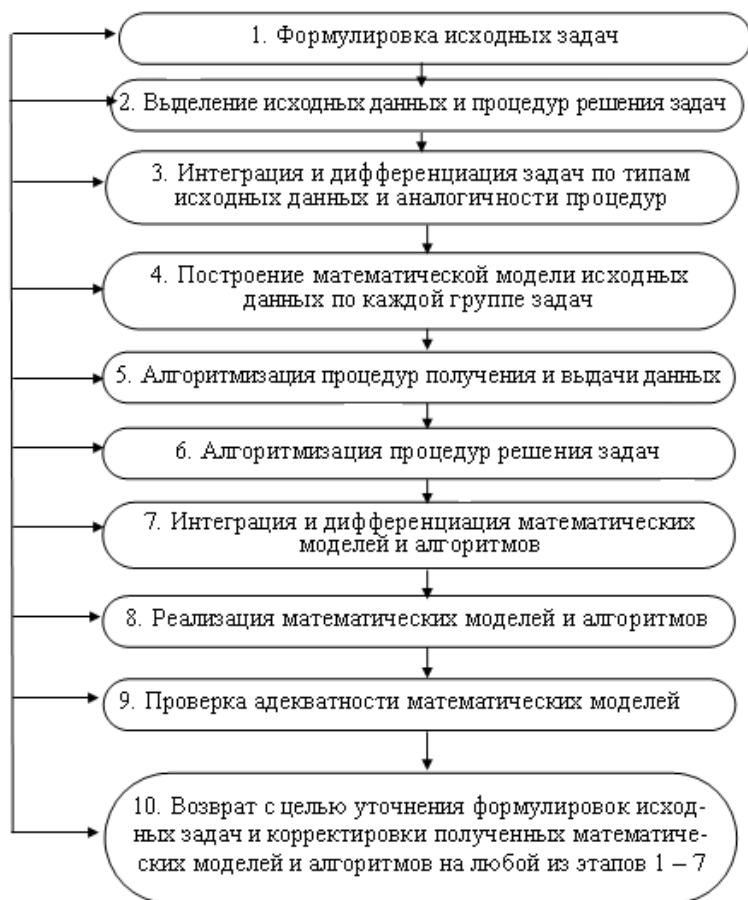


Рисунок 5.9 - Формування математичного забезпечення ПЗ ГІС

Стосовно ПЗ ГІС, можна виділити ряд укрупнених блоків [100, 101], що є найважливішими елементами необхідного математичного забезпечення.

I. Математичне забезпечення геометричної складової ПЗ ГІС:

- 1) математичні моделі представлення просторових даних (растрова, векторна, 3-мірна);

- 2) алгоритми аналітичної обробки просторових даних (просторовий аналіз, моделювання);
- 3) алгоритми представлення просторових даних (візуалізація).
- II. Математичне забезпечення атрибутивної складової ПЗ ГІС:
 - 1) математичні моделі представлення атрибутивних даних (ієрархічна, мережева, реляційна);
 - 2) алгоритми операції з атрибутивними даними (доступ, додавання, видалення, оновлення);
 - 3) алгоритми аналітичної обробки атрибутивних даних (вибірки, статистична обробка);
- III. Математичне забезпечення інтеграції просторових і атрибутивних даних:
 - 1) алгоритми зв'язків атрибутивних і просторових даних (геокодування, просторові запити);
 - 2) математичні моделі і алгоритми інтегрованого аналізу даних (операція із спеціальними даними - геодезичними, природними і т.п.);
 - 3) алгоритми картографічного представлення атрибутивних даних (підписи, тематичні карти, статистичні показники, картограми).
- IV. Математичне забезпечення інтерфейсної частини ПЗ ГІС:
 - 1) математичні моделі функціонування призначених для користувача додатків (склад функціональних і сервісних можливостей, призначені для користувача мови програмування);
 - 2) алгоритми взаємодії підсистем в рамках єдиного банку даних (забезпечення розрахованих на багато користувачів режимів, конвертація даних, мережні рішення);
 - 3) алгоритми захисту інформації (шифрування, обмеження прав доступу);
 - 4) алгоритми реалізації ПЗ ГІС (програмування ядра і оболонки).

Аналізуючи склад і зміст різних реалізацій математичного забезпечення ПЗ ГІС, деталізуючи елементи приведеної класифікації, можна запропонувати наступну загальну схему математичного забезпечення ПЗ ГІС, приведену на рис. 5.10 [95].

Далі розглянемо суть компонентів представленої класифікації.

5.9.1. Математичне забезпечення геометричної частини ПЗ ГІС

Приведена класифікація може бути розширена, і в цьому відношенні не є повною, оскільки різноманітність вживаних сьогодні до ПЗ ГІС математичних моделей і алгоритмів незоро велика, а використовувані для формального опису цих моделей і алгоритмів математичні методи охоплюють практично всі сучасні математичні дисципліни (зокрема, такі обширні, як топологія, теорія вірогідності, математична статистика, диференціальна геометрія, логіка, дискретний аналіз і т.п., і більш спеціальні дисципліни - лінійне програмування, теорія нечіт-

ких множин, теорія ігор і ін.). Проте пропонується класифікація охоплює базові елементи математичного забезпечення, без яких в даний час неможливо собі представити сучасну ГІС.

Опис просторових об'єктів, тобто формалізоване представлення їх властивостей, припускає, в першу чергу, вказівку їх геометричної визначеності. Ця частина даних організовується в певні структури геопросторових даних, зв'язані деякими відносинами з їх непозиційними атрибутивними даними. Просторові об'єкти розділяються на безліч елементарних об'єктів - примітивів. До них належать точки (точкові об'єкти), лінії (лінійні об'єкти), контури (ареали, полігони), поверхні (рельєфи), осередки регулярних просторових мереж і елементи дозволу зображень (пікселі). Перші чотири примітиви орієнтовані на їх векторне уявлення, інші пов'язані з їх растровим уявленням. Звичайно, у зв'язку з нетривіальністю вирішуваних задач, моделі представлення тривимірних об'єктів істотно відрізняються від їх плоских аналогів. Тому, виділяючи поверхні в окремий клас, можна розділити всі найпоширеніші моделі представлення просторових даних на три групи: растрові моделі, векторні моделі і тривимірні моделі. З растровими моделями пов'язані два принципово різних способу опису: шляхом співвідношення з елементами растру і з осередками регулярних мереж як елементами території. Отже, в загальному растровому форматі уявлення треба розрізняти власне растрові і комірчасті (клітинні, матричні, ґратчасті) уявлення.

У більшості поширених в даний час ГІС як модель опису об'єктів навколишнього світу використовується об'єктно-орієнтована векторна модель, основними поняттями якої є шар об'єктів і атрибути шаруючи (властивості). У цих системах можуть бути оголошені і використані об'єкти різної природи: географічна суть, події, явища, поняття. Основний аспект, використовуваний такими системами, - це просторова прив'язка оголошених об'єктів, хоча, разом з просторовими об'єктами, можуть оголошуватися шари об'єктів, що не мають безпосередньої просторової прив'язки. Просторовий об'єкт задається одним або декількома компонентами. У загальному випадку, компоненти можуть бути трьох типів (званих типами просторової локалізації): площадковий, лінійний і точковий. Площадкові компоненти представляють частини об'єкту, що мають площу (наприклад, райони, квартали, озера). Лінійні компоненти представляють протяжні частини об'єкту, що не мають площі, або площа яких неістотна, але що мають довжину (наприклад, вулиці, маршрути, річки). Точкові компоненти представляють частини об'єкту, для яких істотним є тільки розташування в просторі (наприклад, перехрестя, зупинки транспорту, відмітки висот). Компонент задається масивом точок (пара координат), який визначає полігон (багатокутник) для площадкового типу, полілінію (ламану) для лінійного типу і безліч точок або одну точку для точкового типу. Деякі з ГІС підтримують і інші типи компонент (наприклад, незамкнуті полігони, кола, дуги і т. п.). Шар об'єктів (або тематичний шар, а в деяких системах клас об'єктів) - це безліч об'єктів, що

мають загальні властивості (атрибути), наприклад, дороги, будівлі, річки. Геометричні дані визначають тип локалізації і місцезнаходження об'єктів класу у векторному уявленні в заданій системі координат і зберігаються в базах просторових даних. Атрибутивні дані визначають однаковий набір характеристик об'єктів. Геометричні і атрибутивні дані при картографічному відображенні перетворюються в картографічні дані. На відміну від цифрових представлень точкових, лінійних і площадкових (полігональних) об'єктів, тривимірні об'єкти - поверхні, поля, рельєфи, до найпоширенішого типу яких належать фізичний (топографічний) рельєф земної поверхні, вимагають особливих форм уявлення, оскільки їх просторове положення повинне описуватися не тільки плановими, але і висотними координатами (аплікатами). Множинність існуючих уявлень відображає актуальне різноманіття технологій цифрування картографічних матеріалів, способів формалізованого опису, вхідних форматів і методів обробки відповідних даних в умовах різноманітності типів джерел і цілей цифрового моделювання рельєфів. Основною формою цифрової моделі рельєфу (ЦМР) є представлення рельєфу у вигляді системи висотних відміток у вузлах регулярної сітки, що має густину, достатню з погляду використовуючих цю модель додатків. Проте не слід забувати і про альтернативних ЦМР, побудованих на основі структурного уявлення.

Вибір, побудова і визначення параметрів початкових математичних моделей визначається, в першу чергу, можливостями аналітичної обробки інкапсульованих цими моделями геометричних даних. Аналіз даних, будучи одним з найважливіших модулів ПЗ ГІС (введення, обробки і висновку), складає ядро геоінформаційних технологій, вся решта операцій яких з деякої точки зору може представлятися сервісними, що забезпечують можливість виконання системою її основних аналітичних і моделюючих функцій. Створення проблемно-орієнтованих ГІС, в основу яких встановлена топографічна геоінформація, доповнена багатоцільовою галузевою геоінформацією, орієнтованою на конкретного споживача, відкриває можливості широкого застосування ГІС для вирішення цілого комплексу багатоманітних задач у області управління і планування територій. У міру розвитку геоінформатики і постійного збільшення управлінських запитів до геопросторових даних виникає необхідність розвитку ГІС-технологій у напрямі підвищення їх інтелектуальності. Це здійснюється саме за допомогою включення до ПЗ ГІС різних алгоритмів аналізу даних і верифікації відповідних математичних моделей. Існують різні класифікації, що дозволяють згрупувати елементарні операції аналітичного характеру або їх послідовності в групи. Узагальнюючи деякі з них, можна особливо виділити наступні.

1. Операції реструктуризації даних. До операцій реструктуризації даних відносяться алгоритми перетворення початкових і внутрішніх даних з одного формату в інший і перекладу цих даних з однієї математичної моделі в іншу. Зокрема, це перетворення растрової моделі до векторної (алгоритми автоматичної і напівавтоматичної векторизації), перетворення векторної

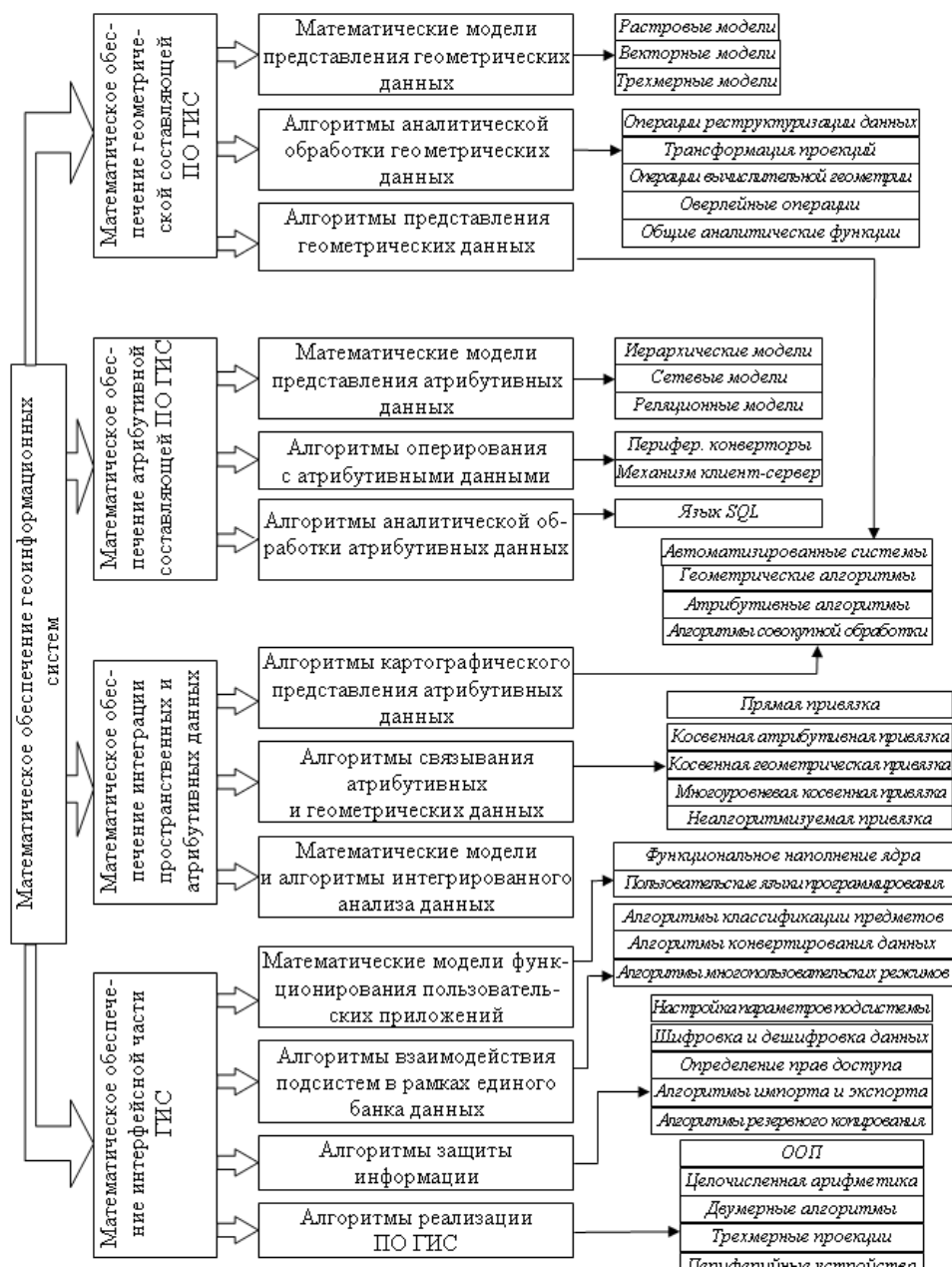


Рисунок 5.10. Схема математического обеспечения ПЗ ГИС

- моделі до растрової (растерізація з метою, наприклад, генералізує), перетворення векторної плоскої моделі до тривимірної (наприклад побудова ЦМР по відмітках висот і горизонталях), перетворення тривимірної моделі до двовимірної (побудова ізоліній, ліній стоку, тальвегов і т. п.).
2. Трансформація проєкцій і зміна систем координат. Необхідність трансформації проєкцій і зміни систем координат обґрунтовується труднощами, що виникають при спробі інтеграції даних з різних картографічних джерел з різномірною математичною основою, включаючи різнотипність проєкцій, використаних при їх складанні.
 3. Операції обчислювальної геометрії. Операції обчислювальної геометрії є основною ланкою при моделюванні ситуацій з використанням ПЗ ГІС. До цієї групи відносяться логіко-топологічні операції - об'єднання, перетини, різниці, побудови буферних зон (буферизації), геометричних генералізують, побудови перетинів тривимірних моделей і т. п., і операції метричного характеру - обчислення площ, довжин, визначення центрів і інші операції, засновані на методах аналітичної геометрії і машинної графіки.
 4. Оверлейні операції. Застосування оверлейних операцій є достатньо могутнім засобом аналізу, тобто сумісної аналітичної обробки декількох різномірних шарів з використанням логічних операцій і генерацією виникаючих при цьому похідних об'єктів. Вживані тут алгоритми орієнтовані на максимальне зменшення витрат машинного часу, експоненціально зростаючих при зростанні об'єктового об'єму оброблюваних шарів.
 5. Інші аналітичні, графо-аналітичні і моделюючі функції. Серед інших аналітико-геометричних операцій необхідно особливо відзначити операції мережного аналізу і аналізу поверхонь, потреба в яких зростає останнім часом у зв'язку з комп'ютеризацією економічних і фінансово направлених галузей виробництва, в яких на перше місце виходять оптимізаційні задачі.

5.9.2. Математичне забезпечення атрибутивної частини ПЗ ГІС

Розвиток і модифікація моделей представлення атрибутивних даних в ГІС безпосередньо пов'язані з розробкою власне інформаційних систем. На сьогоднішньому етапі різкого збільшення об'єму інформаційних потоків в суспільстві, підвищення доступності інформаційних середовищ (зокрема, Internet), масштабного розвитку комунікаційних мереж (телефонізація, оптоволоконна і радіомодерна техніка) рішення проблем структуризації інформаційних масивів і забезпечення їх доступності є найважливішим напрямом інформаційних технологій. Звичайно, при цьому головним елементом є удосконалення технічних можливостей інформаційних систем.

Проте і теоретичні концепції і моделі складу і способів обробки інформаційного забезпечення вимагають подальших опрацювань. Представлення

семантичної складової ГІС у вигляді баз даних і використання для їх обробки в ГІС-технологіях стандартних систем управління базами даних давно вже стало нормою. Таким чином, структуризація атрибутивної геоінформації залежить від математичної моделі даних, використовуваної у живих СУБД - *ієрархічні моделі, мережні моделі і реляційні моделі*. Останні знайшли найширше застосування в сучасних ГІС-системах через можливості встановлення відносин з відповідною просторовою складовою. Проте, прогрес ГІС-продуктів в частині їх геометричних даних у бік об'єктно-орієнтованої спрямованості і ієрархічної структурованості примушує всерйоз задуматися про реалізацію відповідних математичних моделей для незалежних даних.

У частині способів доступу до атрибутивних даних слід зазначити розвиток як на теоретичному, так і на практичному рівні, по-перше, технологій обміну даними між різними СКБД з використанням периферійних конверторів і уніфікованого інтерфейсу (наприклад, технологія зв'язку через драйвери ODBC (Open Database Connectivity) - стандартний протокол доступу до даних на серверах баз даних SQL (зокрема, SQL Server)), а по-друге, технологій дистанційного виконання запитів до об'ємних баз даних з використанням механізму "клієнт - сервер" (наприклад, динамічний обмін даними по протоколу DDE (Dynamic Data Exchange) або звернення до службових серверних програм типа Microsoft Internet Information Server). Зручність маніпулювання даними в базах даних істотно залежить від мовних засобів СКБД. Широкі можливості надаються користувачу СКБД, в яких реалізована мова обробки запитів SQL. Мова SQL (Structured Query Language) використовується при створенні запитів, а також для оновлення і управління реляційними базами даних. Він дозволяє завантажувати, сортувати і відбирати конкретні дані, витягування з БД. Основні команди цієї мови (SELECT - вибрати, UPDATE - відновити, DELETE - видалити) орієнтовані на операцію атрибутивними даними, а службові пропозиції (WHERE - умова, ORDER BY - порядок сортування) і допоміжні функції (Count - кількість, Sum - сума і т.п.) - на аналітичну і статистичну обробку цих даних.

5.9.3. Математичне забезпечення інтеграції геометричних і атрибутивних даних

Банк даних ГІС, як правило, полягає з двох частин - з просторового банку даних, в якому зберігається інформація про геометрію об'єктів, і атрибутивного банку даних, що містить інформацію про властивості об'єктів. Це розділення викликано тим, що ГІС-оболонки надають істотно обмежені можливості роботи з семантичними даними, тоді як СКБД, навпаки, не мають засобів роботи з геометричними структурами. Тому однієї з найважливіших компонент математичного забезпечення ПЗ ГІС є модель, що дозволяє здійснювати взаємодію між геометричними даними ГІС-додатків і атрибутивними даними, оброблюваними додатками СКБД. У даному розділі приведені результати аналізу різних моделей обміну даними ГІС-оболонки з даними СКБД і способів їх програмної реалізації.

лізації [102]. При цьому звернута увага на достоїнства і недоліки того або іншого підходу. Найпоширенішою схемою взаємодії ГІС-оболонки і СКБД є здійснення технології *імпорту-експорту даних*. Практично всі використовувані сьогодні ГІС підтримують можливість прийому-передачі просторових даних з доступних обмінних форматів. Зокрема до таких відкритих форматів слід віднести обмінний текстовий формат MapInfo (MapInfo Interchange) і відкритий внутрішній формат Arc View GIS (Shape). Що ж до СКБД, то до складу обов'язкових функцій всіх сучасних СКБД входить можливість конвертації даних із/у формати dBASE, Paradox, FoxPro, а також можливість обробляти текстові дані декількох типів. Таким чином, при виборі даного підходу до реалізації скріплення даних банку і даних призначених для користувача підсистем розробникам залишається лише поклопотатися про наявність достатньої кількості необхідних конверторів і розробку технологічних аспектів проблеми. До достоїнств такого підходу слід також віднести високу надійність реалізованої так само системи. Проте у цієї схеми є і істотні недоліки, через яких її практичне застосування скрутне, а в більшості випадків взагалі неможливо.

Ця, по-перше, відсутність оперативності обміну даними і їх оновлення. Яка б ні була зафіксована періодичність передачі даних з призначених для користувача підсистем в банк, неможливо буде мати в банку інформацію на даний момент. По-друге, слід зазначити постійне дублювання при такій схемі інформації банку даних в підсистемах, у зв'язку з чим банк вже можна фактично розглядати як простий архів. І, по-третє, на практиці дуже складно так організувати ведення інформаційних блоків банку різними службами, щоб інформація не дублювалася, не втрачалася і була несуперечливою. Тому переважним для функціонування багатокомпонентних ГІС є використання різних технологій обміну даними між підсистемами безпосередньо в процесі їх роботи, тобто технологій динамічного обміну даними.

Найпростішим механізмом *динамічного обміну даними* між додатками ГІС в середовищі Windows є протокол динамічного обміну даними DDE (Dynamic Data Exchange). При цьому один з додатків виконує роль клієнта, що приймає дані, а інше - роль джерела даних (серверу). В цілому система роботи DDE-каналу аналогічна перенесенню даних з одного додатку Windows в інше через деякий встановлений буфер обміну. Більшість сучасних СКБД, таких, як Microsoft Access і FoxPro, підтримують протокол DDE і здатні виступати як клієнтська, так і як серверна частина DDE-каналу. Слід також відзначити можливість використання як управляюча інструкція запиту даних виразу мови SQL. Мова SQL використовується при створенні запитів, а також для оновлення і управління реляційними базами даних, такими, як бази даних Microsoft Access. Що стосується ГІС-оболонки, та більшість з них в даний час також здатна обробляти частину інструкцій DDE. При цьому деякі, такі, як MapInfo і ArcView GIS, здатні виступати як в ролі клієнта, так і в ролі серверу, а інші, як, наприклад, МАГІС, реалізують через канал DDE лише клієнтську частину функцій.

Практика показала, що механізм обміну через DDE достатньо надійний навіть при передачі великих масивів даних, властивих МПІС.

До недоліків цього способу зв'язку слід віднести обов'язкову установку на одне робоче місце повного комплекту ГІС-оболонки і СКБД, причому користувачу в процесі роботи, як правило, доводиться постійно перемикатися з одного додатку на інше. По-перше, при такій одночасній роботі двох функціонально навантажених додатків дуже неекономно витрачається оперативна пам'ять комп'ютера, а по-друге, для зручності такої роботи бажано використовувати розширений відеадаптер, що підтримує швидке перемикання відеосторінок.

При роботі з геометричною частиною ГІС-додатку можна відмовитися від прямого звернення до СКБД, що містить атрибутивні дані, використовуючи механізм безпосереднього звернення до баз даних ODBC (Open Database Connectivity). Це стандартний протокол доступу до даних на серверах баз даних SQL. При встановлених драйверах ODBC стає можливим підключення ГІС до серверів баз даних SQL і отримання доступу до вмісту цих баз даних. Для кожного використовуваного джерела даних ODBC необхідно мати відповідний драйвер ODBC, встановлений на комп'ютері до імпорту або скріплення цієї бази даних. Такі драйвери є для Microsoft Access, dBASE, Microsoft Excel, Microsoft FoxPro, Paradox, а також драйвери для роботи з текстовими файлами. Використовування файлів джерел даних особливо зручне при спільній роботі з розділенням інформації драйвером ODBC між різними комп'ютерами в мережі. При цьому виконання всіх серверних функцій бере на себе ядро бази даних Microsoft Jet. Економнішим по відношенню до ресурсів комп'ютера варіантом технології ODBC є технологія ODBCDirect, що полягає у використуванні об'єктів доступу до даних DAO (Data Access Objects). ODBCDirect є технологією, що дозволяє працювати з серверами баз даних ODBC без завантаження ядра бази даних Microsoft Jet. ODBCDirect спирається на об'єктну модель "Microsoft DAO", що дозволяє скористатися перевагами цієї технології з внесенням мінімальних змін в існуючі програми для об'єктів доступу до даних DAO. ODBCDirect надає наступні переваги при проведенні операцій ODBC:

- використання ODBCDirect може поліпшити продуктивність і ефективність виконання програм за рахунок безпосереднього доступу до джерел даних ODBC. ODBC-Direct вимагає менше ресурсів з боку клієнта, оскільки не потрібне завантаження ядра бази даних Microsoft Jet. Сервер ODBC виконує всю обробку запитів;
- технологія ODBCDirect надає розширені можливості по роботі серверу в порівнянні з використанням ODBC через Microsoft Jet. Наприклад, для серверів, які підтримують управління показниками наборів записів, ODBC-Direct дозволяє визначити, чи знаходиться показник наборів записів на сервері або на локальній машині. Крім того, для взаємодії з процедурами, що зберігаються на рівні серверу, можуть бути задані значення введення і перевірені значення, що повертаються. Такі

- дії неможливо провести при використуванні Microsoft Jet;
- ODBCDirect підтримує асинхронні запити. При запуску запиту необхідно чекати його завершення для того, щоб виконати наступну операцію;
 - технологія ODBCDirect підтримує пакетну зміну. Це дозволяє кеширувати зміни об'єкту Recordset на місці, а потім передавати серверу всі зміни в єдиному пакеті;
 - за допомогою ODBCDirect стає можливим створення простих результатів наборів записів або складніших показників наборів записів. Допускається запуск запитів, які повертають будь-яку кількість результатів наборів записів. Передбачена можливість обмеження кількості рядків, що повертаються, і переглядання всіх повідомлень і помилок, утворених видаленням джерелом даних, без впливу на продуктивність виконання запиту.

Описані в двох попередніх пунктах механізми скріплення дозволяють *використовувати дані з СКБД безпосередньо в ГІС-додатку*. При цьому, природно, додаткові можливості, що надаються СКБД, такі, як візуальне конструювання самим користувачем запитів, вхідних і вихідних форм, звітів і т.п., залишаються не реалізованими в ГІС-додатку. Для використання цих можливостей вимагається знову звертатися до СКБД.

Технологія, що дозволяє в одному додатку сумістити повний набір функцій ГІС-оболонки і СКБД, полягає у використуванні програмованих об'єктів OLE (Object Linking and Embedding). Це стандартний засіб для роботи з об'єктами деякого додатку з іншого додатку або засобу розробки. Програмування об'єктів є функцією моделі COM (Component Object Model) - стандартної технології, яка використовується додатками, щоб надати свої об'єкти в розпорядження засобів розробки, макромов і інших додатків, що підтримують програмування об'єктів. Наприклад, додаток для роботи з електронними таблицями може надавати для використування лист, діаграму, осередок або діапазон осередків як різні типи об'єктів. Текстовий процесор може надавати для використування об'єкти типу додатків, документів, абзаців, пропозицій, закладок або виділених фрагментів. Якщо додаток підтримує програмування об'єктів, що надаються їм об'єкти доступні з мови іншого додатку, що дозволяє проводити обробку цих об'єктів за допомогою методів цих об'єктів або за допомогою читання або установки властивостей цих об'єктів.

Відомості про підтримувані об'єктом властивості і методи містяться в документації до певного додатку. Об'єкти, функції, властивості і методи, підтримувані додатком, визначаються звичайно в бібліотеці об'єктів додатку. Додаток або бібліотека динамічної компоновки DLL (Dinamic Link Library), в якій створений об'єкт OLE, зв'язаний або упроваджений в інший додаток, називається сервером OLE. Додаток, що містить зв'язаний або упроваджений об'єкт OLE, створений в іншому додатку, називається контейнером OLE. Для зв'язку ГІС-

оболонки з СКБД технологія OLE може бути використана двома різними варіантами, залежно від того, який з цих двох додатків виступатиме в ролі серверу, а яке в ролі контейнера OLE. Вибір одного з цих варіантів спирається на перелік функціональних можливостей, що надаються об'єктом-сервером. Так, Microsoft Access є компонентом ActiveX, який підтримує програмування об'єктів OLE. У Microsoft Access передбачені обидва способи програмування об'єктів, т. е., по-перше, можлива робота з об'єктами інших компонент (зокрема, ГІС-оболонки), а по-друге, Microsoft Access надає власні об'єкти іншим компонентам у вигляді ActiveX. У Microsoft Access є можливість створювати посилання на бібліотеку типів додатку, що підвищують продуктивність при управлінні даним додатком за допомогою програмування об'єктів.

Крім того, в Microsoft Access існує засіб проглядання моделі об'єктів, дозволяючий проглядати списки об'єктів інших додатків, а також списки їх методів і властивостей. З другого боку, бібліотека типів Microsoft Access надає іншим компонентам інформацію по об'єктах Microsoft Access. Передбачена можливість визначення посилання на бібліотеку типів Microsoft Access з якого-небудь компоненту і проглядання об'єктів цієї бібліотеки за допомогою засобу проглядання моделі об'єктів. У зв'язку з цим розумним представляється використання Microsoft Access (або іншої аналогічної СКБД) як контейнер OLE. Проте на сьогоднішній день існує дуже мало ГІС-оболонок, здатних виступати в ролі серверу OLE. Такою ГІС-оболонкою є, наприклад, MapInfo, використовує один з механізмів управління об'єктами OLE - OLE Automation. Інша програма (у нашому випадку, СКБД) здійснює управління програмою MapInfo, конструюючи рядки, що представляють операторів мови MapBasic, які потім передаються в MapInfo за допомогою механізму управління об'єктами OLE Automation. MapInfo виконує цих операторів точно так, як і якби користувач вводив їх з клавіатури у вікно MapBasic. Основним недоліком описаної в останньому пункті технології є її нестійкість в роботі, що викликається як помилками в додатках, використовуваних в ролі серверів і контейнерів OLE, так і ненадійністю самої операційної системи Windows при використуванні цього типу зв'язку.

5.10 ФУНКЦІОНАЛЬНА СТРУКТУРА ГІС

У загальному випадку, не дивлячись на різні цілі ГІС-обробки, різну якість початкових матеріалів і різних технологій їх обробки, ГІС покликана забезпечити:

- єдину систему збору і введення геопросторових даних, узятих з різних джерел;
- створення, ведення, зберігання баз даних на основі поступаючих відомостей;
- генерація нової похідної інформації на основі аналізу, моделювання і синтезу наявних даних;

- підготовку і видачу просторових рішень з використанням сучасних ГІС-технологій.

Виходячи з цього, а також з вищерозглянутих базових функцій і основних функціональних можливостей ГІС, представимо її структуру у вигляді наступних функціональних блоків обробки інформації [103] (рис. 5.11):

- введення, сприйняття і попередньої обробки інформації;
- створення, ведення і зберігання баз даних;
- обробки інформації і моделювання;
- відображення і передачі інформації.

Дамо коротку характеристику кожного з приведених блоків.

Блок введення, сприйняття і попередньої обробки інформації. Для реалізації функції прийому і попередньої обробки даних апаратно-програмні засоби ГІС повинні забезпечити введення і сприйняття даних з наступних пристроїв: дигітайзер з ручним обводом і автоматичним зніманням координат; сканерів введення графічної і півтонової інформації, як з чорно-білих, так і з кольорових зображень і, природно, із стандартних пристроїв введення інформації в комп'ютер. Крім того, повинен забезпечуватися прийом даних з електронних геодезичних приладів і з цифрових фотограмметричних станцій. Програмні засоби для попередньої обробки даних, перш за все, повинні забезпечити можливість здійснювати векторизацію початкових графічних даних, редагування векторизованих даних, фільтрацію і стиснення початкової інформації, конвертацію даних в необхідні формати.

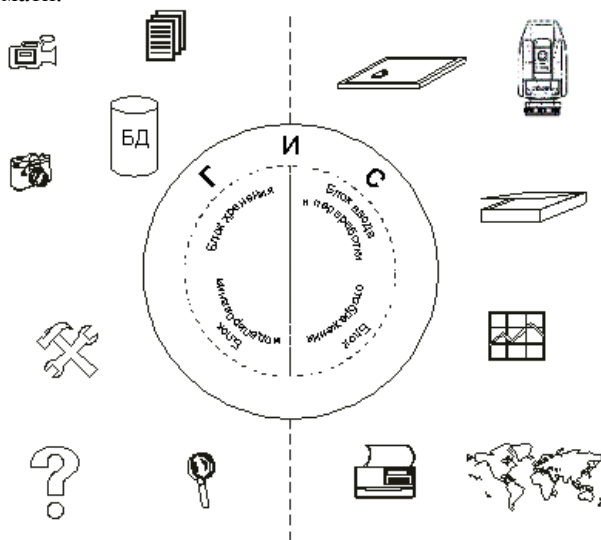


Рисунок 5.11 - Функціональні блоки ГІС

Блок створення, ведення і зберігання баз даних. Для зберігання геомет-

ричних (графічних) даних дуже важливою характеристикою програмних засобів є набір підтримуваних моделей представлення цих даних. Моделі представлення геометричних даних визначають потенційну можливість і характер операцій просторової обробки інформації в ГІС. Для зберігання текстових даних більшість програмних засобів застосовує моделі даних сучасних СКБД, серед яких виділяються ієрархічні, мережні і реляційні моделі. Серед перерахованих моделей, реляційна модель знайшла особливо широке застосування при розробці інструментальних засобів ГІС. Останнім часом ПО ГІС почали підтримувати так звану об'єктно-реляційну модель даних, вживану у великому проєкті СКБД, наприклад, ORACLE і DB2. Окрім зберігання графічної і текстової (атрибутивної) інформації, сучасні інструментальні ГІС надають можливість зберігання, а також скріплення графічних об'єктів на ЦКІ з візуальною (фото-, відео-) і звуковою інформацією. Прикладом використання цієї можливості може служити звукова розповідь про об'єкт, представлений деяким фахівцем і записаний на вінчестер з магнітофона. Таким чином, можна говорити про використання в ГІС засобів мультимедіа.

Блок обробки інформації і моделювання. Цей блок є головним модулем ГІС, який в основному і визначає цільову спрямованість обробки даних для конкретної просторової задачі. Він складається з пакетів прикладних програм і процедур, створюючих наочний ГІС-додаток. Основними функціями цього блоку є функції просторового аналізу.

Блок відображення і передачі інформації. Програмні засоби ГІС повинні забезпечити візуалізацію просторових і інших графічних і відеоданих, а також результатів виконання різних запитів. Крім того, ці засоби повинні мати нагоду створення "твердих копій" для різних широкоформатних пристроїв, таких, як струменеві плоттери, просто принтери або фотодрукарські машини.

5.11 ОЦІНКА ГІС ПО ЦІЛЯХ ВИКОРИСТОВУВАННЯ

Кожна ГІС має властиві тільки їй власні моделі просторових даних, набір функціональних можливостей і груп базових функцій, різних методів реалізації, тому виникає необхідність отримання адекватної оцінки ГІС. Різні області використання ГІС вимагають і різних інструментальних засобів. У зв'язку з цим, порівнювати ГІС можна тільки в контексті деякої області використання (наприклад, геоінформаційне забезпечення муніципалітету, кадастр, моніторинг природних ресурсів і т.п.). Виходячи з вищевикладеного, виникає необхідність розробки методики порівняння різних ГІС між собою в певних наочних областях, а також оцінки конкретної ГІС для різних областей використання. Отримання адекватної оцінки ГІС неможливе без використання кількісного критерію. Математичний апарат обчислення кількісного критерію для оцінки ГІС запропонований доктором технічних наук, професором І.Г. Журкиним. У його роботі [103] обґрунтовується необхідність об'єктивної оцінки ГІС, а також запропонований кількісний критерій оцінки їх якості, який дозволяє виконувати

інтегральну оцінку інструментально-програмних засобів ГІС і диференціальну оцінку окремих її частин. Крім того, задано простір властивостей для оцінки ефективності інформаційно-пошукових ГІС: точність знімання і запису в базу даних координат зображень об'єктів; повнота сприйняття і представлення початкової інформації в системі; продуктивність системи; сукупність функціональних операцій, виконуваних системою; експлуатаційні можливості; вартість системи. Для кожної властивості пропонується свій критерій, обчислюваний по відповідних формулах [103]. Для оцінки ГІС по областях їх використання достатнім є отримання оцінки кількісного критерію набору функціональних операцій. У своїй роботі [103] І.Г. Журкин запропонував достатньо великий набір функціональних операцій розбивати на окремі класи. Тоді операції, що входять в кожен окремий клас, утворюють підклас даного класу операцій. В цьому випадку, для кількісної оцінки властивостей функціональних операцій (ВФО) запропоновано використовувати бальний критерій. Проте дана методика для визначення бального критерію не враховує багатовирівняного розподілу класів функціональних операцій в сучасних ГІС до рівня окремих операцій.

Таблиця 5.3 - Форма розрахунку оцінок критеріїв ГІС

Функціональні операції	P_i	p_i	η	$q_i[1, 100]$	$b_i[0, 100 \cdot \sigma]$	$q_i[0, 1]$	$b_i[0, \beta]$
1	2	3	4	5	6	7	8
Клас							
Підклас							
Операції							

Пропонований підхід був апробований для класу задач, пов'язаних з просторовим аналізом, як основною функціональною групою будь-якою ГІС. Значення ваговитості класу і коефіцієнт погіршення функціонування системи при невиконанні функцій досліджуваного класу задані в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 - Ваговитість класів і коефіцієнти погіршення функціонування системи

Клас задач	Муніципальні ГІС		ГІС земельного кадастру	
	P (ваговитість)	a_i (коэф. погіршення)	P (ваговитість)	a_i (коэф. погіршення)
Аналіз	100	99	80	60

За наслідками розрахунків оцінок критеріїв ГІС по меті використання для задач просторового аналізу побудована діаграма, по якій можна візуально оцінити вимоги до ГІС при рішенні задач аналізу для муніципалітету і земельного кадастру (рис. 5.12).

Можна виконати оцінку конкретної ГІС на відповідність або невідповідність використуванню в якій-небудь області задач. При цьому пропонується

наступний порядок [104].

1. Досвідченим користувачем оцінюваної ГІС виконується привласнення значень параметрів (реалізація i -ї функціональної операції ГІС) за наступним правилом: областю визначення параметра є інтервал $\{0, 100\}$. якщо операція в оцінюваній гіс не реалізована, $g_i = 0$, якщо реалізована повністю, $g_i = 100$, для решти випадків (неякісна реалізація) параметр g задається в своїй області визначення.
2. У табл. 5.2, параметр q замінюється параметром g . В результаті даної операції одержуємо чисельну оцінку Q для ГІС.

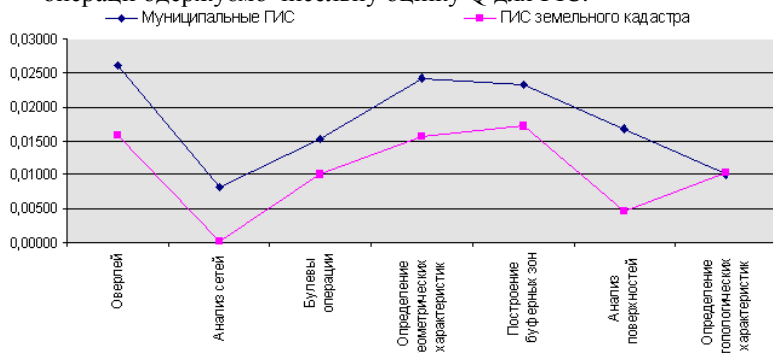


Рисунок 5.12 - Порівняння муніципальних і кадастрових ГІС у області просторового аналізу

Як приклад виконана оцінка ГІС MapInfo для застосування як основа муніципальної ГІС.

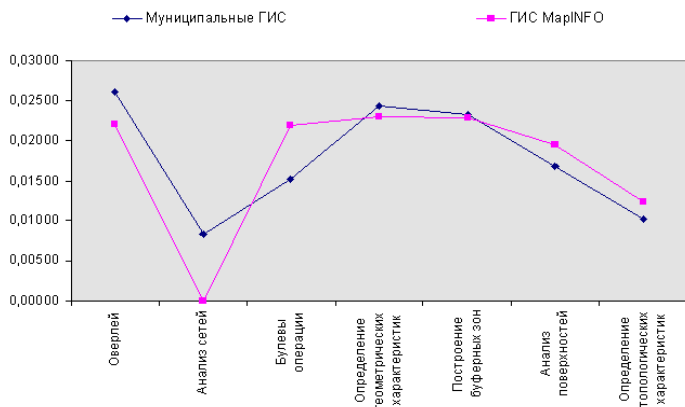


Рисунок 5.13 - Результат оцінки ГІС MapInfo для застосування як муніципальна ГІС (просторовий аналіз)

Пропонований підхід до оцінки ГІС дозволяє визначити можливість застосування конкретної ГІС для досліджуваної області використання, а також порівняти ГІС між собою. Окрім цього, пропонована ідея може бути застосована і на інші функціональні групи ГІС.

Питання винесені на проміжний контроль по темі №5:

1. У чому полягає суть геоінформаційних систем?
2. Яка класифікація геоінформаційних систем?
3. Які види координатних даних використовується в ГІС?
4. Які види атрибутивних даних використовується в ГІС?
5. Що включає поняття «шар» в геоінформаційних системах?
6. Яка організація картографічної інформації в геоінформаційних системах?
7. Що включає поняття «топология»?
8. Які базові функції інструментальних програмних засобів ГІС Ви знаєте?
9. У чому полягає забезпечення взаємодії з користувачами в геоінформаційних системах?
10. У чому полягає збір геопросторових даних в геоінформаційних системах?
11. У чому полягає створення баз геопросторових даних і управління ними в геоінформаційних системах?
12. У чому полягає експорт/імпорт даних в геоінформаційних системах?
13. У чому полягає перетворення даних в геоінформаційних системах?
14. У чому полягає просторовий аналіз в геоінформаційних системах?
15. У чому полягає картографічна візуалізація в геоінформаційних системах?
16. У чому полягає формування кінцевого продукту ГІС-обробки?
17. У чому полягає забезпечення розробки ГІС-додатків?
18. У чому полягає адміністрування в геоінформаційних системах?
19. У чому полягає деталізація основних функцій геоінформаційних систем?
20. Опишіть схему формування математичного забезпечення програмних додатків геоінформаційних систем?
21. Які укрупнені блоки математичного забезпечення програмних додатків геоінформаційних систем Ви знаєте?
22. Опишіть схему математичного забезпечення програмних додатків геоінформаційних систем?
23. У чому полягає математичне забезпечення геометричної частини програмних додатків геоінформаційних систем?
24. У чому полягає математичне забезпечення атрибутивної частини програмних додатків геоінформаційних систем?
25. У чому полягає математичне забезпечення інтеграції геометричних і атрибутивних даних програмних додатків геоінформаційних систем?
26. У чому полягає функціональна структура геоінформаційної системи?
27. Як виконується оцінка ГІС за цілями використання?

тема №6. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

6.1 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ГІС

Програмне забезпечення ГІС залежно від функціональних можливостей і технології обробки геоінформації підрозділяється:

- інструментальні ГІС;
- ГІС – вьювери;
- довідкові картографічні системи (ДКС);
- векторізатори растрових картографічних зображень.

Інструментальні пакети програмного забезпечення (ПЗ) на відміну від жорстко функціональних систем (під ключ) дозволяють налаштовувати системи з урахуванням особливостей роботи, виду інформації, методів її обробки, зберігання і уявлення. Вони можуть бути призначені для найрізноманітніших задач:

- організація введення інформації (як картографічної, так і атрибутивної),
- зберігання інформації (у тому числі і розподіленого, підтримуючого мережну роботу),
- відрізок складних інформаційних запитів,
- рішення просторових аналітичних задач (коридори, оточення, мережеві задачі і ін.),
- побудова карт і схем (оверлейні операції),
- підготовка до висновку на твердий носій оригінал-макетів картографічної і схематичної продукції.

Все це реалізується за допомогою вбудованого універсального інструментарію або за допомогою спеціальних мов додатків. Як правило, інструментальні ГІС підтримують роботу, як з растровими, так і з векторними зображеннями, мають вбудовану базу даних для цифрової основи і атрибутивної інформації або підтримують для зберігання атрибутивної інформації одну з поширених баз даних: Paradox, Access, Oracle і ін. До цього класу ПЗ, яке створене в Росії, можна віднести системи: ArcInfo; MapInfo; ArcCad; GeoDraw/GeoGraph (ГеоДраф, Географ); Procart; GeoCad; MGE; ГИС-ПАРК; Інфосо і ін.

ГІС – вьювери. Ці програмні продукти забезпечують користування створеними за допомогою інструментальних ГІС базами даних. Як правило, ГІС – вьювери не дозволяють користувачу змінити або поповнити бази даних. Вони мають інструментарій запитів до баз даних і призначені для переглядання введеної раніше інформації. Більшість вьюверів дозволяє організувати висновок оформленого картографічного планшета на твердий носій. Вони завжди входять складовою частиною в середні і крупні проекти, дозволяючи заощадити витрати на створення частини робочих місць, не наділених правами поповнення бази

даних. До цього класу ПО можна віднести системи: ArcView, VistaMap, WinMap, Spans Map і інші.

Довідкові картографічні системи (ДКС). Довідкові системи по функціональних можливостях близькі, хоча і з деякими обмеженнями, до ГІСвьюерам, проте призначені для роботи тільки з вбудованою базою даних. Цим займається фірма постачальник, що оголошує про час циклу актуалізації інформації. До цих програмних продуктів можна віднести СКС, присвячені Москві і Санкт-Петербургу, а також Лорд – вьюер (ДубльГІС) по Новосибірську..

Векторізатори растрових картографічних зображень. Ці програми призначені для оцифровки картографічної основи. Існує дві технології векторизації картографічних основ: дигітайзерська (ручна оцифровка) і через процес сканування і подальшої векторизації за допомогою спеціальних програмних засобів (напіваавтоматична векторизація). До недавнього часу функції векторизації растрових зображень виконували лише спеціалізовані модулі розвинених інструментальних ГІС – систем (ArcInfo, MGE і ін.). В даний час створені самостійні програмні продукти векторізатори. До цих програм відносяться: TRACK (фірма “Позіт”, Новосибірськ), EasyTrace (НПМН “Масив”, Рязань) і векторізатор Інтелвек (Госгисцентр).

Таблиця 6.1 – Функціональні можливості геоінформаційного програмного забезпечення

Функція Клас	Введення атрибути- вних да- них	Введення цифрової основи	Ство- рення баз да- них всіх типів	Просторо- вий інфо- рмаційний запит	Просто- ровий аналіз і моделю- вання
Інструментальні ГІС	Так	Так	Так	Так	Так
ГІС – вьюери	Обмежено	Обмежено	Ні	Так	Так
Довідкові карто- графічні систе- ми	Обмежено	Ні	Ні	Так	Ні
Векторізатори растрових кар- тографічних зо- бражень	Обмежено	Так	Обме- жено	Ні	Ні

В даний час на світовому ринку представлені десятки добре відомих ГІС-пакетів. Невелика частка з них з'явилася і на російському ринку. Частину з цієї частки відразу виключимо з розгляду зважаючи на їх нестерпність між основними платформами (IBM PC, Apple Macintosh, UNIX-робочі станції). З тих, що залишилися виділимо лідера серед ГІС для робочих станцій – пакет ArcInfo, один з провідних пакетів для PC – MapInfo, пакет ArcView і вітчизняні розробки

- векторний редактор GeoDraw (ГеоДраф) і пакет GeoGraph (Географ) для Windows. Як основні критерії для розгляду вказаних ГІС виберемо наступні:

- переносимість системи і додатків;
- аналітичні можливості і можливості моделювання;
- побудова карт;
- побудова розрахункових діаграм, схем і графіків;
- робота з великими БД і створення інформаційно-пошукових систем;
- ціна і т.п.

6.2 СПЕЦІАЛІЗОВАНА СИСТЕМА MAPINFO

Система MapInfo, як продукт, спочатку був розроблений для бізнес – планування (компанія MapInfo). В даний час MapInfo - універсальний і найпоширеніший засіб для створення ГІС, забезпечення комп'ютерного картографування і оперативного ухвалення рішень. MapInfo найбільш популярна для IBM PC але може функціонувати також на Macintosh, Sun і HP робочих станціях. Система MapInfo дозволяє відображати різні дані, що мають просторову прив'язку. Відмітною особливістю MapInfo є універсальність. Система дає можливість створювати інтегровані геоінформаційні технології для DOS, Windows, Windows NT, UNIX, геоінформаційні системи, цифрові картографічні системи, програмні і технічні засоби формування і аналізу геоінформаційних баз даних.

Система працює з величезними об'ємами інформації. Дані зберігаються в електронних таблицях, звітності про торгівлю і маркетинг. Маса інформації про клієнтів, магазини, персонал, устаткування і ресурси знаходиться на папері і в пам'яті комп'ютерів. Майже всі ці дані мають географічну складову. За різними оцінками до 85 відсотків всіх баз даних містять яку-небудь географічну інформацію. При цій оцінці враховувалися об'єми даних, що містять адреси, назви міст, областей, держав, поштові індекси і навіть номери телефонів, включаючи коди видаленого доступу і додаткові номери. Настільна картографія дозволить Вашому комп'ютеру не просто обробляти дані, а наочно представляти їх, щоб Ви могли уловити їх загальне значення.

У систему закладені наступні можливості:

- методи аналізу даних в реляційній базі даних;
- пошук географічних об'єктів;
- методи тематичного зафарбовування карт;
- методи створення і редагування легенд;
- підтримка широкого набору форматів даних;
- доступ до видалених БД і розподілена обробка даних;
- створення і редагування карт високої якості;
- просторові дані, що поставляються з програмним забезпеченням;
- анімаційний шар - швидке перемальовування при частих змінах (для стеження за рухомими об'єктами);
- простота інтеграції карт - декілька рядків упроваджують вікно

MapInfo в додатки Windows (Excel, Access, Word).

MapInfo має вбудовану реляційну СУБД, що працює по SQL-запитах з файлами у форматах DBF, XLS, WKS, ASCII (імпортування при цьому не потрібне) і утиліту SQL DataLink для роботи з даними на серверах Oracle, Sybase, ODBC. Є програма обміну даними з ArcInfo. Основний спосіб введення графічної інформації - з дигітайзера. Лише у версії 3.0 системи з'явилися невеликі можливості роботи з растровими зображеннями. Висновок зображень забезпечується практично на всі друкуючі пристрої, версія для UNIX підтримує PostScript і HPGL-стандарти. Дані в MapInfo можуть бути видимим у вигляді карт, графіків, діаграм і таблиць, причому зміни, що вносяться в один вид перегляду миттєво відображаються в інших. Автоматизована побудова тематичних карт, на яких в різних місцях присутні кругові або ступінчасті діаграми різних забарвлень і розмірів, що відображають ті або інші характеристики. MapInfo надає сотні систем географічних координат, можливість розбиття карти на шари, що накладаються один на одного, розміщення яких можна управляти. Аналітичні можливості системи дозволяють знаходити площі, відстані, центр об'єкту, належність одного об'єкту іншому і т.п. У системі є MapBasic Basic-подібна мова програмування, доповнений засобами створення графічних інтерфейсів і засобами роботи з СУБД. MapBasic містить можливості організації меню і діалогів, роботи з вікнами і малювання, всілякі геометричні операції, засоби формування складних, зокрема географічних, SQL-запитів

MapInfo Professional для Windows 95, Windows 98 і Windows NT 4.0. Найрозвиненіша, могутніша і простіша у використуванні система настільної картографії, що дозволяє вирішувати широкий спектр задач в різних сферах діяльності. Для Windows є російська версія

Вимоги до ресурсів:

- Windows 95/98, NT 4.0;
- Комп'ютер з процесором 486/33; миша;
- 32 Мегабайт оперативної пам'яті;
- Місце на жорсткому диску: для установки мінімальне - 44 MB, стандартне - 96 MB

MapInfo Professional поставляється на CD-ROM, який також містить приклади даних: карти Росії і р. Москви, карти Австралії, США, Канади. Вартість системи для IBM PC складає в середньому від 1,7 до 3 тис. дол.

6.3 ІНСТРУМЕНТАЛЬНА СИСТЕМА ARC/INFO

У розвинених країнах в геологічній галузі лідером є Arc/Info з причини того, що продукти Інституту дослідження систем навколишнього середовища (ESRI, США) на ринку ГІС з'явилися одними з перших. У нашій країні ситуація інша. Перше проникнення Arc/Info в нашу країну було пов'язане з кампанією "дарування" PC-версій цієї системи різним організаціям в 1990-1991г.г. Зараз на Arc/Info намагаються орієнтуватися деякі крупні організації, зокрема регіональ-

ні інформаційні комп'ютерні центри Роськомнедра. Основною платформою для цієї системи вважаються UNIX-робочі станції, хоча є її версії для IBM PC і Macintosh. На IBM PC є версії як для DOS, так і для Windows. Кажучи про переносимість, не можна не відзначити відмінність можливостей версій для робочих станцій і для IBM PC (вони навіть нумеруються по-різному). Якщо враховувати відмінності у версіях вбудованої в системи макромови AML, то це утрудняє написання переносимих додатків.

Arc/Info має вбудовану СКБД і модуль Database Integrator, що дозволяє пов'язувати картографічні дані з табличними даними в реляційних СКБД, таких як Oracle, Sybase, Informix, Ingress і ін. Крім того, за допомогою спеціальних засобів розробника можливе підключення і інших SQL-серверів. За допомогою менеджера просторових БД ArcStorm забезпечується одночасний доступ великого числа користувачів по мережі до даних в режимі одночасного редагування даних, зокрема карт. Arc/Info дозволяє вводити дані не тільки за допомогою дигітайзерів, але і з використанням сканерів, забезпечуючи при цьому численні засоби перетворення і редагування. Крім того, Arc/Info може працювати практично зі всіма популярними форматами вхідних даних. Arc/Info підтримує всі сучасні термінали, плоттери і іншу графічну периферію.

Arc/Info має ряд важливих модулів розширення:

- модуль повної системи моделювання поверхонь;
- модуль системи інтеграції координатної геометрії і ГІС;
- модуль набору растрових засобів по геообробці в прикладних задачах;
- модуль для роботи з процесами в мережах (наприклад трубопроводах, каналах зв'язку і ін.).

Кожний з цих модулів і всі вони в цілому надають могутні засоби для вирішення багатьох прикладних задач. Вбудована мова Arc/Info для створення додатків - макромова AML. Ця мова по суті є мовою сценарного типу для створення багатовіконних інтерфейсів, застосовуючи меню і діалоги, кнопки вибору і управління, ковзаючи лінійки і т.п. AML не містить низькорівневих засобів роботи з графікою (обмальовування крапок, ліній і т.п.) і його можливості не доступні із звичних мов програмування. Тому взаємодія із зовнішніми програмами здійснюється звичайно шляхом передачі файлів. Arc/Info - велика і складна система, що є природною платнею за її багаті можливості. Численні томи документації і відсутність російської версії утрудняють її швидке освоєння. Звідси необхідність навчання користувачів на спеціальних курсах. Аж до останньої версії в Arc/Info не було on-line документації. Вартість основної версії Arc/Info для робочих станцій починається з 27-30 тис. дол. плюс по 3,5 тис. дол. за кожен модуль розширення.

6.4 ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ ARCVIEW

В даний час в Росії широке поширення набула ГІС ArcView, створена

ESRI для IBM PC. Ранні версії ArcView є вьюєрами в ГІС Arc/Info, пізні версії ArcView (v.v.2.0,2.1) більш розвинені і виділені в самостійну ГІС.

ArcView GIS - настільна ГІС швидко розвивається, простий в навчанні і роботі продукт, що надає кінцевому користувачу засобу вибору і перегляду створених різноманітних геоданих, їх редагування, створення макетів карт з легендами, графіками і діаграмами, оцифровки карт за допомогою дигітайзера, скріплення об'єктів карти з атрибутивною інформацією, адресного геокодування, роздрук картографічних матеріалів. Напрямую працює з базами даних ARC/INFO, ArcCAD і PC ARC/INFO, базами dBASE III і dBASE IV, має доступ до SQL DBMS (Oracle, Ingres, Sybase, Informix), читає файли форматів DXF і DWG. Є також можливість експорту векторних карт у формати растрових зображень BMP, WMF, EPS, Adobe Illustrator, CGM.

Включає функції виклику видалених процедур RPC, зв'язку з іншими додатками через стандартні протоколи DDE for Windows і Apple Events for Macintosh, динамічної лінковки бібліотек DLL, можливість підключення Visual Basic. Має однакові функції при роботі з Windows 95/NT, UNIX. Дані зображень в ArcView v.v.2.0,2.1, включаючи супутникові знімки, площадкові фотографії і інші космічні знімки, і скануючи дані використовуються ArcView у форматах TIFF, ERDAS, BSQ, BIL і BIP. У ГІС ArcView v.2.1 закладені можливості формування SQL-запитів, редагування таблиць, адресного геокодування, "гарячих зв'язків" з іншими картами і зображеннями, пошук атрибутів об'єктів, статистична обробка об'єктів, створення діаграм різних форм і видів. Є вбудована мова програмування Avenue, що дозволяє допрацьовувати систему до конкретних задач користувача. Також є підтримка роботи з динамічним обміном даних DDE і динамічними бібліотеками DLL. Вартість ГІС ArcView v.2.1 на даний момент порядку 2 тис.дол.

6.5 ВЕКТОРНИЙ РЕДАКТОР GEODRAW

Векторний редактор GeoDraw (ГеоДраф) є повністю оригінальною розробкою колективу Центру геоінформаційних досліджень Інституту географії РАН (ЦГІ ІГРАН). Редактор призначений для створення баз цифрових карт і планів, відповідних вимогам сучасних геоінформаційних систем.

Редактор дозволяє:

- здійснювати переклад карт і планів в цифрову форму за допомогою дигітайзера або шляхом векторизації по растрових зображеннях (чорно-білим або кольоровим), завантажуваних як підкладка (підтримується імпорт з 11 популярних форматів растрових зображень для PC);
- працювати одночасно з 10 шарами, оперативно міняти їх статус і атрибути відображення;
- використовувати функції ідентифікації просторових об'єктів цифрових карт для зв'язку з наявними або створюваними базами атри-

- бутивних даних;
- здійснювати перетворення цифрових карт з різних картографічних проєкцій в географічні координати і назад (підтримується 40 типів проєкцій, включаючи всі вітчизняні проєкції);
- в процесі цифрування здійснювати топологічне узгодження об'єктів в межах одного шару і створювати, коректну багатшарову структуру цифрових карт за допомогою функцій узгодження об'єктів в різних шарах;
- формувати групу об'єктів і проводити з нею різні операції (видалення, копіювання, генералізує, ідентифікація і т.д.);
- вводити і редагувати просторові об'єкти типу крапка, дуга, вузол, полігон (за допомогою дигітайзера, "миші" або клавіатури);
- використовувати функції перетворень площини (афінні, проєктивні, квадратичні і поліноміальні перетворення, поворот осі) для задач інтеграції карт, одержаних з різних джерел;
- використовувати широкий спектр функцій відображення просторових об'єктів на екрані і зміни масштабів відображення;
- здійснювати узгодження цифрових карт і таблиць атрибутивних даних, включаючи перегляд і звірку об'єктів по карті в таблиці і навпаки, введення і редагування записів в таблиці для об'єктів карти, коштувати балансу між картою і таблицею;
- здійснювати експорт і імпорт цифрових карт в обмінні формати, використовувані найпопулярнішими ГІС.

Цифрові карти і дані, одержані в редакторі GeoDraw можуть використовуватися в інших ГІС (ArcInfo; MapInfo; і ін.).

6.6 ГІС КІНЦЕВОГО КОРИСТУВАЧА GEOGRAPH (ГЕОГРАФ) ДЛЯ WINDOWS

Географ для Windows є одним з програмних продуктів ГІС, розробленим ЦГІ ІГРАН. Географ призначений для кінцевих користувачів ГІС. Він дає можливість створювати електронні тематичні атласи і композиції карт на основі шарів цифрових карт і пов'язаних з ними таблиць атрибутивних даних.

Географ включає наступні функції:

- створення електронних атласів і карт на основі композицій шарів цифрових векторних карт і пов'язаних з ними таблиць, а також растрових зображень;
- пошук інформації, вибірки об'єктів на карті або в таблиці, з відображенням результатів пошуку і вибірки;
- швидкий логічний оверлей шарів, із створенням таблиць звітів за наслідками оверлею, пов'язувану з шарами для подальшої роботи;
- електронне тематичне картографування (класифікація об'єктів, вибір графічних змінних для класів, відображення тематичних карт);

- різноманітні способи маніпулювання масштабом відображення;
- підсистема управління атрибутивними даними, включаючи редагування, вибірку, сортування, під'єднування таблиць, Запити за зразком;
- вимірювання по карті (площ, відстаней, в т.ч. з урахуванням картографічної проекції), отримання поточної інформації про географічні координати;
- створення композиції для висновку на тверду копію (включаючи композицію тематичної карти, растрові зображення, тексти, легенда, графік).

Географ працює на IBM PC AT/386 або вище під Windows. Типи даних для роботи - векторні карти, створені картографічним редактором GeoDraw або імпортовані через GeoDraw з ARC/INFO, Spans, MapInfo, IDRISI, DXF, растрові зображення 12 популярних форматів (PCX, BMP, GIF, TIFF і ін.), таблиці атрибутивних даних форматів DBF dBase або DB Paradox. GeoGraph звичайно поставляється з картографічним редактором GeoDraw (самостійний програмний продукт), в якому виконується не тільки введення графічної інформації, але і її географічна прив'язка, а також приєднання атрибутивної таблиці. Центр геоінформаційних досліджень Інституту географії РАН розробив пакет розробника ГИС-додатків - GeoConstructor (ГеоКонструктор), заснований на найпопулярнішому на сьогоднішній день протоколі розширень Visual Basic (VBX). ГеоКонструктор - дозволяє користувачам самостійно і швидко створювати власні ГИС-додатки, використовуючи розвинене інструментальне середовище популярних мов візуального програмування - Microsoft Visual Basic, Visual C++, Borland C++ (OWL 2.x), Borland Delphi, Borland dBase 5.0 for Windows і ін.

Використовування поставляються з пакетами Microsoft Visual Basic, Visual C++ або з Delphi, dBase драйверів для доступу до баз даних ODBC або IDAPI, можна створити ГИС-додатки, що працюють з форматами dBase, Paradox, Access, Oracle, Sybase, Informix, InterBase і ін.

ГеоКонструктор підтримує більшість сучасних графічних форматів (BMP, TIFF, GIF, PCX і ін.).

Питання винесені на проміжний контроль по темі №6:

1. Як підрозділяється програмне забезпечення геоінформаційних систем? Коротка характеристика.
2. У чому полягають особливості системи MapInfo?
3. У чому полягають особливості системи ARC/INFO?
4. У чому полягають особливості системи ARCVIEW?
5. У чому полягають особливості системи GEODRAW?
6. У чому полягають особливості системи GEOGRAPH?

тема №7. ДОСВІД СТВОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

Процес геоінформаційного забезпечення полягає в зборі, отриманні, перетворенні і інтеграції геоінформації, моделюванні простору, просторовому аналізі, підготовці просторових рішень по функціонуванню суспільства або перетворенню простору, а також наданні результатів по запитах користувачів.

Засобами для практичного застосування ГІО є програмне забезпечення геоінформаційних систем (ПЗ ГІС) і геоінформаційний простір (ГІП), створюваний і перетворюваний з використанням ПЗ ГІС.

7.1 АВТОМАТИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ОСНОВИ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ

У 1995 р. перед земельною службою Росії була поставлена задача створення геоінформаційної основи земельного кадастру в найкоротші терміни. У зв'язку з цим, в рамках договору з комітетом із земельних ресурсів і землеустрою району Новокузнецька Кемеровської області, СДГА виконала розробку автоматизованої технології і здійснила створення геоінформаційної основи для ведення земельного кадастру населених пунктів.

Початковим картографічним матеріалом з'явилися 300 планшетів топографічних планів масштабу 1:2000 на окремі населені пункти. Для ведення земельного кадастру необхідно було створити земельно-інформаційну систему, основу якої складали ЦК населених пунктів, з об'єктами, що є земельними ділянками і об'єктами нерухомості, прив'язані до бази даних.

Для реалізації проекту розроблена наступна технологія:

- 1) сканування початкових планів;
- 2) передача і зшивання растрових зображень;
- 3) розробка класифікатора;
- 4) векторизація растрових зображень планів;
- 5) конвертація даних в стандартний обмінний формат;
- 6) підготовка і передача даних в середу ГІС-оболонки;
- 7) створення цифрових і електронних карт;
- 8) заповнення бази даних з прив'язкою атрибутивної інформації і формування ГІМ;
- 9) рішення задач по аналізу і інтерпретації геоінформації;
- 10) складання і друк різних довідково-інформаційних матеріалів.

Із застосуванням барабаних сканерів вироблялося сканування фотокопій планшетів. Векторизація їх растрових зображень здійснювалася в програмі MapEdit (DOS версії). Заздалегідь був розроблений класифікатор просторових об'єктів і умовних знаків, визначені коди класів об'єктів 100 інформаційних (тематичних) шарів. Незручністю в роботі було те, що кодування шарів у векторизаторі можна було виконати тільки в цифровій формі. Тому для перейменування

шарів була створена спеціальна програма. При цьому в інформаційній системі створювалися інформаційні шари, і відповідно до класифікатора привласнювалися відповідні типи ліній, заливки і кольорів. В результаті того, що інформаційні шари у файлі і в ГІС-оболонці співпадали, векторній інформації автоматично привласнювалися відповідні типи ліній, заливки і кольорів.

З використанням розробленого програмного комплексу WinPlus, в автоматичному, або ручному режимі, створювалася ЦК кожного населеного пункту. Потім проекти групувалися по територіях сілрад. Для формування звітних форм і різної інформаційної документації в земельний комітет були передані розроблені програмні модулі, що входять в комплекс програм WinPlus. Таким чином, застосування розроблених методів і технологій обробки даних дозволили практично повністю виключити ручну працю і автоматизувати всі процеси створення ЦК, як основи земельно-інформаційної системи.

7.2 СТВОРЕННЯ ЗЕМЕЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

За замовленням Комітету із земельних ресурсів і землеустрою Новосибірської області (НСО) був створений ГІС-проект "Райони Новосибірської області". На початковому етапі була розроблена технологія, що включає наступні процеси:

- 1) підбір і систематизація початкових матеріалів, їх сканування, розробка класифікатора;
- 2) векторизація растрових зображень картографічного матеріалу;
- 3) створення цифрової карти (обробка структури шарів, створення об'єктів, оформлення умовними знаками);
- 4) створення бази даних, скріплення її з графічною інформацією;
- 5) відладка і коректування ГІС-проекту.

Як початкові матеріали були використані листи топографічних карт масштабу 1:100000, в кількості 199 шт., з нанесеними межами районів і межами НСО. Оцифровка меж районів і межі НСО виконана з використанням графічного планшета (дигітайзера) Wintime модель KD-5000 в системі автоматизованого проектування AutoCad R13 фірми AutoDESK. Орієнтування кожного листу карти в робочому просторі дигітайзера виконувалося по чотирьох опорних точках, при цьому величини помилок орієнтування за даними тестів трансформації системи AutoCad в категорії стандартної девіації не перевищували 30 м, а в категорії найбільшого відхилення - 45 м.

Унаслідок того, що листи карт на НСО розташовуються в трьох шестиградусних зонах в проекції Гауса - Крюгера (N-43, N-44, N-45), був виконаний перерахунок координат листів зон N-43 і N-45 в систему координат зони N-43 в системі AutoCad з подальшим контролем до ПО ГІС ArcInfo. За наслідками векторизації картографічного матеріалу створена ЦК "Межі районів Новосибірської області". Сформована карта меж районів і межі НСО в системі координат зони N-43 була перетворена у формат dxf (AutoCad), а потім за допомогою кон-

вертера dxf => ASCII був одержаний ASCII-файл для передачі до ПО WinGis.

Процес створення електронної карти був виконаний в системі WinGis фірми PROGIS версії 3.2. і включив наступні етапи:

- 1) передача оцифрованих даних з формату dxf і перетворення структури шарів відповідно до складеного класифікатора;
- 2) зшивання листів;
- 3) пошарова обробка векторної інформації і колірне оформлення;
- 4) зведення проектів по територіях і перетворення систем координат.

Обробка векторного зображення меж районів і області виконувалася в системі WinGis версії 3.2. Були виконані зшивання листів топографічної карти, створення об'єктів інформаційної системи. Для наочності проекту виконані растрові зображення (дозвіл - 300×300 dpi, глибина кольору - 8 біт) районних центрів і р. Новосибірська. Растри в проект можуть використовуватися для подальшого доповнення векторними картами крупнішого масштабу на території районних центрів, крупних міст і т.п. Для підвищення наочності виконана дигіталізація по туристичній карті НСО мережі основних автомобільних і залізниць, гідрографії, лісів і крупних населених пунктів.

База атрибутивних даних складається з двох таблиць:

- 1) по районах (назва, середня густина населення, захворюваність на 1000 чоловік, площа, периметр, кадастровий номер і ін.);
- 2) по районних центрах (назва, середня густина населення по районному центру, площа, периметр і ін.).

7.3 ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ І ЦИФРОВОЇ КАРТИ МІСТА

Геоінформаційна модель і цифрова карта міста Урай і його околиць створювалися як основа для муніципальної ГІС і моніторингу земельних угідь міста і приміської зони за замовленням Комітету із земельних ресурсів і землеустрою міста Урай Тюменської області.

На підставі аналізу вимог і початкових картографічних матеріалів були розроблені редакційні вказівки, що включають опис технології і рекомендації по використуванню готових і створенню нових програмних продуктів. Технологічна схема створення ЦК у форматі MapInfo приведена на рис. 7.1, а виконувані процеси і застосоване програмне забезпечення приведені на рис. 7.2 [46].

На першому етапі робіт був складений класифікатор об'єктів місцевості. У ньому всі об'єкти впорядковані по шарах, які встановлювалися в певній ієрархії, з додаванням унікального номера типу об'єкту (ідентифікатора типу).

Унікальний номер типу об'єкту містив наступну інформацію:

- приналежність об'єкту до певного шару;
- приналежність об'єкту до певного типу;
- характер локалізації об'єкту;
- додаткову інформацію про об'єкт.

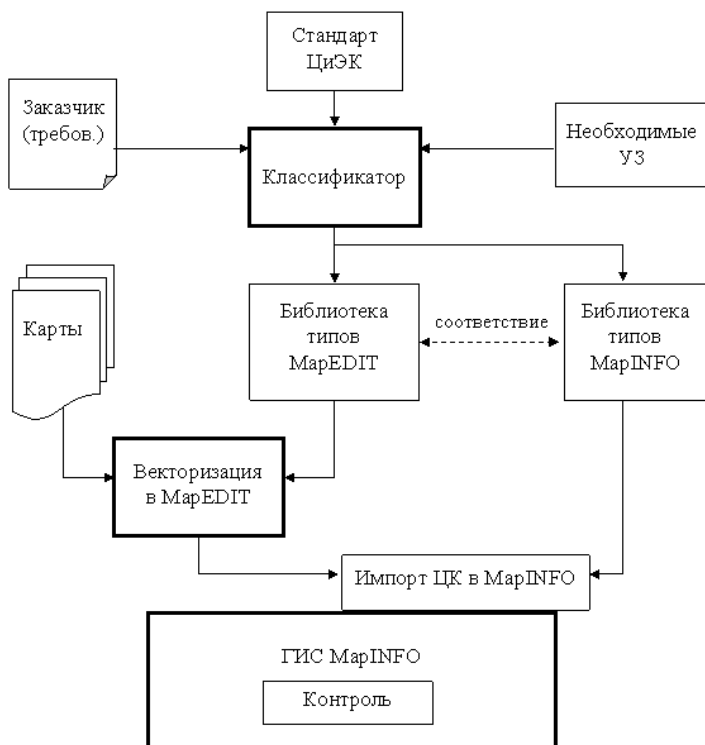


Рисунок 7.1 - Технологічна схема створення ЦК р. Урай і його околиць

Кодування в класифікаторі здійснювалося відповідно до наступних правил. Кожному шару зіставлявся числовий або символічний код. Потім кодувалися об'єкти, що містяться в шарі, і, нарешті, тип локалізації.

Унікальний номер дозволив автоматизувати процеси пошуку помилок векторизації, оформлення ЦК, спростити запити до бази даних при пошуку об'єктів певного типу. Крім того, унікальний номер дав можливість прискорити приведення типів об'єктів створеної ЦК до типів об'єктів програми "Кадастровий офіс".

Важливим етапом підготовки до процесу створення ГІС був етап складання правил цифрового опису об'єктів, що класифікуються. Правила цифрового опису об'єктів залежать від:

- характеру локалізації;
- вимог стандартів і інструкцій;
- наявності і виду наявних умовних знаків.

Для усунення можливих непорозумінь і різних тлумачень правила цифрового опису склалися і перевірялися для кожного типу об'єктів. На основі

складених правил цифрового опису об'єктів проведено навчання операторов-оцифровщиків. Час, витрачений на навчання, компенсувався якістю створюваних ЦК.

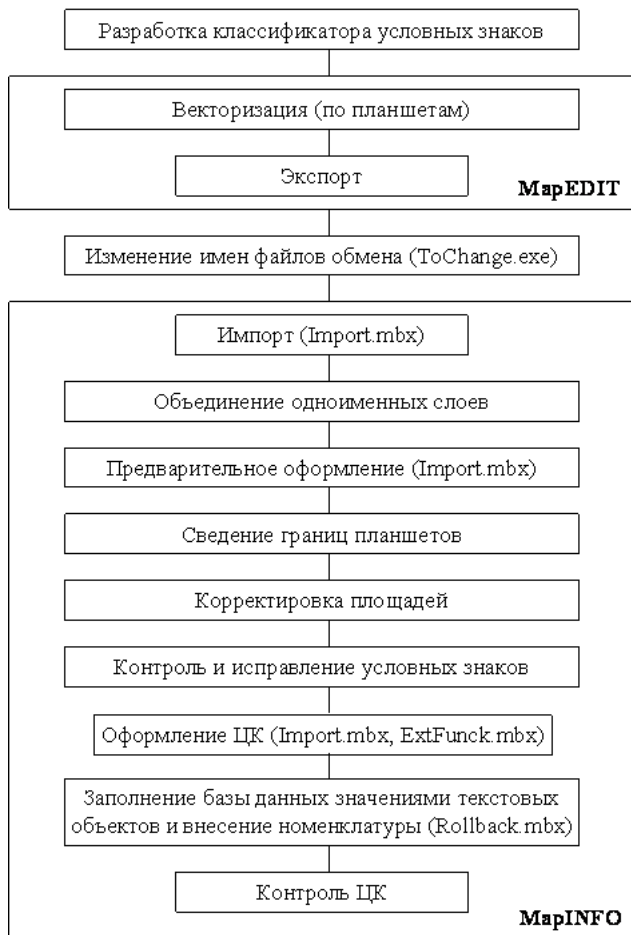


Рисунок 7.2 - Виконувані процеси і застосоване ПЗ

Для векторизації використовувалася програма MapEdit версії 3.5, оскільки вона достатньо проста, не вимагає великої кількості часу на освоєння і не вимоглива до ресурсів комп'ютера. Крім того, вона підтримує експорт в обмінний формат MapInfo. Перед початком векторизації була складена бібліотека типів, яка використовувалася як шаблон для оцифровуваних карт. Бібліотека типів складалася по класифікатору об'єктів і включала шари, типи об'єктів в шарах і унікальний номер кожного типу об'єктів, що задається за умовчанням, а також

варіант оформлення графічних об'єктів. Завдання даних за умовчанням дозволило полегшити введення атрибутивних даних, оскільки відпадала необхідність введення атрибутів для кожного об'єкту карти, але у разі відмінності від стандартних значень атрибутів їх доводилося редагувати. Методика векторизації растрових зображень топографічних планів в програмі MapEdit має на увазі строгий порядок векторизації, який переслідує мету зменшення кількості виникаючих помилок і, отже, підвищення якості цифрової векторної карти. Був прийнятий наступний порядок по планшетній векторизації:

- 1) розставляються в чотирьох кутках планшета крапки з відомими координатами (картографічні репери), необхідні для трансформації векторної карти в призначену для користувача систему координат;
- 2) картографічні репери з'єднуються прямими лініями по периметру планшета з метою з'ясування величини деформації растру при скануванні;
- 3) у разі виявлення деформації растру необхідно збільшити кількість реперів (у перетинах координатної сітки);
- 4) векторизуються об'єкти, що входять в шар "будови";
- 5) векторизуються об'єкти, що входять в шар "огорожі";
- 6) векторизуються об'єкти, що входять в шар "ділянки";
- 7) векторизуються об'єкти, що входять в шар "дорожня мережа";
- 8) векторизуються об'єкти, що входять в шар "рослинність";
- 9) векторизуються об'єкти, що входять в шар "комунікації";
- 10) векторизуються всі точкові об'єкти, що входять в різні шари;
- 11) виконується побудова топології з метою виявлення помилок поєднання об'єктів;
- 12) виправляються знайдені помилки;
- 13) виконується експорт цифрової векторної карти в обмінний формат MapInfo.

Процес проміжного контролю достатньо трудомісткий і тривалий за часом, проте дозволяє виключити передачу помилок векторизації в ЦК, а також підвищує якість векторизації за рахунок відповідальнішого відношення до роботи оператора-оцифровщика. Процес контролю ділиться на чотири частини:

- 1) підготовка і імпорт обмінного формату;
- 2) перевірка наявності всіх об'єктів на цифровій векторній карті;
- 3) перевірка цілісності бази атрибутивних даних і її вмісту, коректного розділення об'єктів по шарах;
- 4) складання списку знайдених помилок і повернення планшета виконавцю на доробку або виправлення.

Перша і третя частини процесу контролю автоматизовані з використанням мови MapBasic. При цьому в процесі пакетного імпорту виробляється перевірка коректності бази даних, наприклад, контролюється унікальний номер типу об'єктів, виявляється помилка неправильного використання графічних при-

мітивів. Одночасно виконується оформлення ЦК умовними знаками. Наявність умовних знаків полегшує пошук помилок пропуску точкових об'єктів, а також їх неправильну оцифровку. Найбільш трудомісткою є друга частина контролю - повний контроль, оскільки автоматизувати його практично неможливо. Оператору, що виконує контроль, необхідно на екрані мати контрольовану ЦК і звіряти її з планшетом-оригіналом. Доводиться працювати з сильно збільшеною картою, часто міняти масштаб зображення і постійно відволікатися від екранного зображення на оригінал. Хоча процедура контролю дуже утомлива, вона необхідна для забезпечення якості ЦК. У разі виявлення помилок складається відомість помилок, в якій указуються координати знайденої помилки і її короткий опис. Відомість помилок і оригінал планшета прямують виконавцю на доробку. Після виправлення лист ЦК проходить повторний контроль.

Наступним етапом є зміна імен файлів. Цей етап виникає при використуванні як векторизатора програма MapEdit версії 3.5. Програма MapEdit створює файли з іменами, що складаються з п'яти перших символів імені карти (проекту) і трьох цифр, що позначають шар. При використуванні однієї і тієї ж бібліотеки типів, номери шарів не змінюються. Але навіть це не підвищує зручності роботи в MapInfo з шарами, що мають подібні імена (у MapInfo ім'я файлу відповідає назві шару). Тому необхідно змінити ім'я файлу, що складається з букв і номера шаруючи, на ім'я, більш осмислене. При великій кількості шарів і планшетів, зміна імен файлів стає істотною проблемою, оскільки на кожен шар створюється два файли, таким чином, для ста планшетів мають по десять шарів, необхідно змінити імена $10 \times 100 \times 2 = 2000$ файлів. У зв'язку з цим була розроблена спеціальна програма ToChange, яка дозволяє з мінімальними витратами ручної праці перейменувати велику кількість файлів обміну (mif/mid, dxf/dbf). Імпорт здійснювався спеціальною програмою, написаною на мові MapBasic. В процесі імпорту вироблявся контроль за вмістом атрибутивної бази даних, виконувалося оформлення карти, створювалися таблиці заданої структури. Крім того, на відміну від стандартної функції імпорту в MapInfo, програма дозволяє організувати пакетний імпорт, тобто створюється список шарів, що імпортуються, і далі програма автоматично виконує імпорт кожного шару. Після імпорту окремих планшетів ЦК необхідно об'єднати їх в єдине поле. Операція об'єднання планшетів має свої особливості, які пов'язані з обмеженням координатним простором ЦК. Для уникнення втрати інформації при об'єднанні необхідно дотримуватися наступного правила: відкрити всі планшети, що підлягають об'єднанню, після чого потрібно створити нову карту. Ця операція забезпечить створення в новій карті координатного простору, який може вміщати всі планшети без спотворень [46].

Об'єднання планшетів дозволяє уникнути роботи з величезною кількістю шарів (наприклад, двадцять планшетів по десять шарів в кожному дасть двісті шарів в MapInfo) і зменшити їх кількість до мінімально необхідної (для приведення вище прикладу - двадцять шарів). Зведення планшетів виконується по їх

межах, створених з використанням крапок, що мають точні координати кутів планшетних рамок. Планшетні рамки створюються полігональними об'єктами, що дозволяє надалі автоматично привласнити номенклатуру планшета кожному об'єкту. Об'єкти ЦК поєднуються при прогляданні меж планшетів у великому масштабі. При необхідності об'єкти сусідніх планшетів можуть об'єднуватися з об'єктами свого типу. Крім того, необхідно виключити вкладені площі об'єктів (для забезпечення топологічної коректності). Основний об'єм віднімання площ виробляється автоматично. Для цього використовується функція вибору або вікно MapBasic. Так, площі будов вирізуються з площ ягідників, і тим самим гарантується відсутність пропусків об'єктів, що підлягають обробці. Автоматичне вирізування площ вимагає уважності від оператора. Не всі типи об'єктів можна піддавати автоматичній обробці. Наприклад, не можна автоматично вирізувати площі луку з лісу, оскільки, можливо, зустрінеться ситуація, коли ліс виявиться вкладеним в луг. В цьому випадку ліс буде видалений. Тому важливо добре продумати можливі комбінації об'єктів перед автоматичним вирізуванням площ.

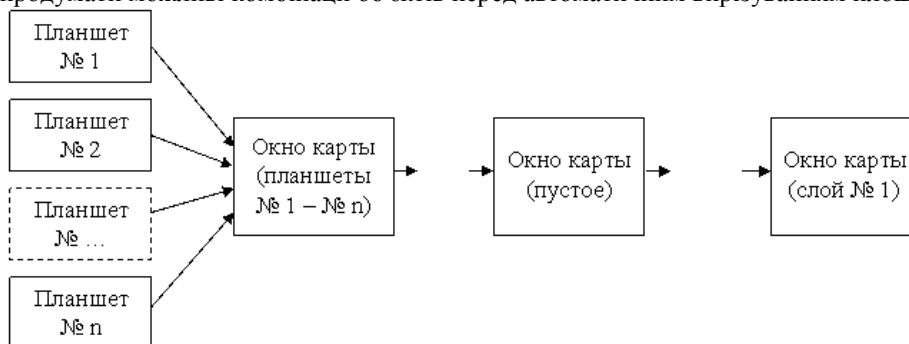


Рисунок 7.3 - Створення єдиного координатного простору ЦК

Коректування площ об'єктів, не відповідних для автоматичного вирізування, виконується вручну. Проглядаючи карту, оператор візуально знаходить вкладені об'єкти і вирізує їх площі. Після редагування так само перевіряється топологічна коректність карти за допомогою програми MapCheck, що входить в комплект ПЗ MapInfo. Знайдені помилки виправляються засобами MapInfo.

Передостаннім етапом створення ЦК для ГІС є її редагування. При цьому виконується розстановка підписів і площадкових умовних знаків. Для підписів створюються спеціальні таблиці:

- підписи (рослинність, підписи пояснень і т.п.);
- підписи для будов.

Таке розділення зручне для використання ЦК. Підписи можна відключати або включати при необхідності. Площадкові умовні знаки розміщуються в окремій таблиці. Це дозволяє управляти відображенням умовних знаків (включати і вимикати), залежно від потреб оператора. При дрібному масштабі

площадкові умовні знаки сильно захаращують карту, тому таблицю, їх що містить, бажано в цьому випадку вимикати.

Найскладнішою операцією при редагуванні ЦК є створення умовних позначень для об'єктів, які відображаються комбінацією умовних знаків. До таких об'єктів відносяться ЛЕП, обриви і укуси. ЛЕП відображаються лініями, у вузлах яких необхідно розмішувати декілька умовних знаків з кутом повороту, який залежить від ліній, які витікають з цього вузла. Складність малювання укусів полягає у тому, що уздовж лінії укусу необхідно розмішати довгі і короткі відрізки, що чергуються, перпендикулярні лінії укусу і що мають довжину, рівну висоті укусу. Створювана ЦК повинна бути зручною для використання. Для цього ЦК повинна мати нагоду відображення як всього проекту в цілому, так і по планшетах. Відображення карти по планшетах (листам) можливе в тому випадку, якщо кожному об'єкту ЦК привласнена номенклатура планшета. Цього можна добитися наступними способами:

- внести в таблиці номенклатуру планшетів до їх об'єднання в загальну таблицю, і в процесі редагування ЦК стежити за номенклатурою планшета кожного змінного (або новостворюваного) об'єкту;
- внести номенклатуру автоматично вже після остаточного редагування ЦК. Номенклатура витягується з бази даних планшетних рамок на основі аналізу вкладеності в них об'єктів ЦК.

Використовування другого способу переважно, оскільки він знижує навантаження на оператора. Завершальним етапом створення ЦК є її контроль. Необхідно проконтролювати як графічну частину ЦК (наявність всіх об'єктів на ЦК, спотворення, умовні знаки і т.п.), так і коректність бази даних. У базі даних не повинне існувати незаповнених рядків, неправильних значень і т.п. Контроль здійснюється досвідченим виконавцем або керівником проекту. Основні вимоги, необхідні для створення якісних ЦК:

- володіння всіма інструментами ПО MapInfo;
- знання структури і організації проекту, створюваного до ПЗ MapInfo;
- володіння вбудованими засобами автоматизації;
- знання основ програмування і уміння працювати з компілятором MapBASIC;
- добре продумана структура атрибутивної бази даних з включенням колонок, по яких вироблятиметься автоматична обробка проекту;
- уважність при роботі.

7.4 СИСТЕМА ГЕОМОНІТОРІНГА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Транспортна система забезпечує функціонування держави в цілому і зв'язує всі адміністративні одиниці, у тому числі і федеральні округи. Сибірський федеральний округ займає одну з найбільших територій Росії і центральне положення, пов'язуючи захід зі сходом, південь з північчю. Тут є всі види транспорту: автомобільний, залізничний, авіаційний і водний. Важливу роль в

управлінні різними технологічними процесами реконструкції, зміст і експлуатації автомобільних доріг грає геомоніторинг, як основа створення ГІС автодорожньої галузі.

Моніторинг - система спостережень, оцінки, контролю і прогнозу за станом об'єкту з метою розробки заходів щодо його використовувannya і попередження неминучих змін. Геомоніторинг - це особливий випадок моніторингу, орієнтований на просторову складову стану об'єкту. Під наочною областю геомоніторинга автомобільних доріг розумітимемо сукупність знань, необхідних для організації і ведення моніторингу з використанням ГІС-технологій. Основу цієї сукупності знань складають процеси і явища, що підлягають спостереженню, параметри, що характеризують стан автомобільних доріг, негативні процеси, методи і засоби спостережень, збору і систематизації інформації, її обробки і відображення в будь-яких видах і на всіх носіях. Наочна область геомоніторинга автодоріг як сукупність знань включає терміни, поняття, мову опису досліджуваних процесів і явищ, мову спілкування фахівців при проектуванні, упровадженні і веденні систем геомоніторинга. На першому етапі виробляється збір, систематизація і аналіз матеріалу з метою вивчення досліджуваного об'єкту і залучення матеріалів досліджень, проведених до цього часу іншими організаціями і дослідниками. Особливу роль при проектуванні систем геомоніторинга автодоріг виконують спеціальні карти. Вивчення даної території виробляється з виділенням об'єктів, схильних до негативних процесів по видах і ступені їх дії на стан об'єктів. Ці роботи виконуються фахівцями моніторингу із залученням провідних наукових і учбових закладів, що спеціалізуються з тематики, що вивчається. На другому етапі на основі одержаних на попередньому етапі знань про досліджувані об'єкти розробляються склад спостережуваних процесів і явищ для основних видів об'єктів, а також показники проведення спостережень по кожному з них. Ухвалюється рішення про періодичність спостережень і збір інформації, оформляються одержані на даному етапі результати:

- 1) об'єкти і процеси, їх показники і періодичність спостереження;
- 2) опис показників і методики проведення спостережень;
- 3) характеристика показників, що включаються в бази даних.

Результати містять достатню інформацію як для проведення наземних досліджень і дистанційного зондування, так і для організації баз даних. Оскільки всі результати є основою, що зберігається в комп'ютерному середовищі системи баз даних, то передбачаються організаційні і програмні механізми, що забезпечують цілісність даних по коректурах, що вносяться, і їх обробці. В той же час в системі враховується, що зафіксовані негативні процеси і показники відображають існуючий рівень знання об'єкту дослідження, тому передбачена можливість внесення необхідних коректур у міру розширення уявлень про досліджувані об'єкти.

На третьому етапі завершується основна робота по формуванню класифікаторів геомоніторинга для конкретної території. Формуються два класифіка-

тори за вхідною інформацією ("Об'єкти спостереження", "Точка спостереження") і серія класифікаторів для виготовлення тематичних шарів ЦК. Класифікатори регламентують перелік об'єктів, які можуть бути поміщені у відповідний тематичний шар ЦК, їх допустиме зображення, формалізацію опису легенд карт, допустимі умовні позначення при зображенні об'єктів точкового, лінійного і площадкового типів, а також інші засоби виготовлення ЦК і їх копій на паперових носіях. Розробка наочної області геомоніторингу автодоріг була ініційована створенням ГІС автодоріг, проте практика показала, що одержані класифікатори дозволили уніфікувати і зробити більш організованою роботу всіх беруть участь в геомоніторингу фахівців. На четвертому етапі на основі розроблених класифікаторів ведеться робота по підготовці і проведенню польових робіт, дистанційного зондування і відповідного наземного супроводу. За наслідками проведених робіт виробляється коректування системи класифікаторів, після чого інформація вводиться в комп'ютерне середовище користувачами із застосуванням відповідних комплексів алгоритмів і програм.

На п'ятому етапі після практичної апробації, обговорення методики і результатів створення класифікаторів виробляється узгодження класифікаторів з провідними організаціями по геомоніторингу, після чого він затверджується керівництвом організації, в якій створюється система геомоніторингу.

"Система геомоніторингу автомобільних доріг", розроблена в СДГА співробітниками лабораторії ГІС-технологій, включає наступні виробничі процеси:

- 1) збір, обробка, інтерпретація і оновлення інформації;
- 2) розробка додаткового програмного забезпечення;
- 3) паспортизація і інвентаризація автодоріг відповідно до інструкції ВСН 1-83 із застосуванням наземних методів і методів дистанційного зондування;
- 4) розробка структури бази даних;
- 5) розробка вихідних форм;
- 6) метрологічне забезпечення вимірювань;
- 7) створення ЦК і їх твердих копій;
- 8) межування смуги відведення автодоріг;
- 9) збір інформації про споруди на автодорогах, відео- і цифрова зйомка;
- 10) створення ГІС автодоріг на основі використання розподілених баз даних;
- 11) оперативне відображення в ГІС поточних змін стану автодоріг, дорожньо-транспортних подій, метеоумов на дорогах.

Інформаційною основою для системи геомоніторингу автомобільних доріг з'явилися:

- 1) результати паспортизації і інвентаризації автомобільних доріг;
- 2) результати робіт по інженерно-геодезичних дослідженнях для цілей реєстрації прав постійного (безстрокового) користування на земе-

льні ділянки, зайняті об'єктами дорожнього господарства в межах смуги відведення федеральних автомобільних доріг М-51, М-52 і М-53 "Байкал" у межах Новосибірської і Кемеровської областей, загальною протяжністю 1277,5 км.

Для виконання вказаних робіт в СДГА були розроблені автоматизовані технології, описи яких приведені нижче.

7.5 АВТОМАТИЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ПАСПОРТИЗАЦІЇ І ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Разом з проектуванням, будівництвом, експлуатацією і ремонтом автомобільних доріг, важливе місце в дорожній галузі Росії відводиться збору даних про дороги і дорожні споруди, умовам експлуатації, технічному стану і т.п. Ці дані необхідні для раціонального планування будівництва, реконструкції, обліку, ремонту і змісту дорогий. Їх збір здійснюється відповідно до наказу ФДС N 14 від 06.02.98 і відповідними методичними розробками "Про порядок проведення інвентаризації автомобільних доріг Російської Федерації і регламенту заповнення типових звітних форм", а також відповідно до "Типової інструкції по технічному обліку і паспортизації автомобільних доріг загального користування", затвердженої Мінавтодором РРФСР в 1983 р. Вказані нормативні документи передбачають як одноразовий, так і поточний щорічний облік інформації про дороги. Цими трудомісткими роботами займаються спеціалізовані організації, що мають на це відповідну ліцензію. В зв'язку з цим розробка і впровадження автоматизованої технології інвентаризації і паспортизації автодоріг була актуальною. Технологія, розроблена в СДГА, пройшла адаптацію при виконанні робіт в 1998 р. по паспортизації і інвентаризації федеральних автодоріг М-51, М-52 і М-53, загальною протяжністю 758 км, в рамках договору між СДГА і ФУ-АД "Сибір" і включає наступні основні процеси:

- 1) створення і згущування каркасної планово-висотної опорної мережі автомобільних доріг мобільними методами;
- 2) збір ГІ про елементи автодоріг автоматизованими методами із збереженням даних в модулі WinGEO;
- 3) обробка одержаної ГІ з використанням модулів WinAXIS і WinPASS.

Створення каркасної планово-висотної опорної мережі автодоріг здійснювалося з використанням супутникових методів системи GPS і пунктів державної геодезичної мережі (ДГС). Опорні пункти визначалися з точністю 3 - 5 см в плані і по висоті і закріплювалися на узбіччі земляного полотна через 5 - 15 км. Надалі вони служили основою для всіх подальших польових вимірювань, що виконувалися одночасно декількома бригадами виконавців.

Основна частина обробки польових вимірювань виконувалася протягом дня за допомогою фірмового програмного забезпечення GPSurvey (версія 2.35a), в якому містяться програмні модулі перетворення координат визначуваних пун-

ктів з системи WGS-84 в систему СК-63, що задається пунктами, прийнятими як початкових.

Надалі, одночасно з прокладанням ходів знімального обґрунтування, виконувалися зйомка смуги відведення автодороги з координуванням її меж, зйомка контурів, комунікацій, будівель і споруд в смузі відведення з використанням електронних тахеометрів і лазерних безотражательних рулеток (рис. 7.4).

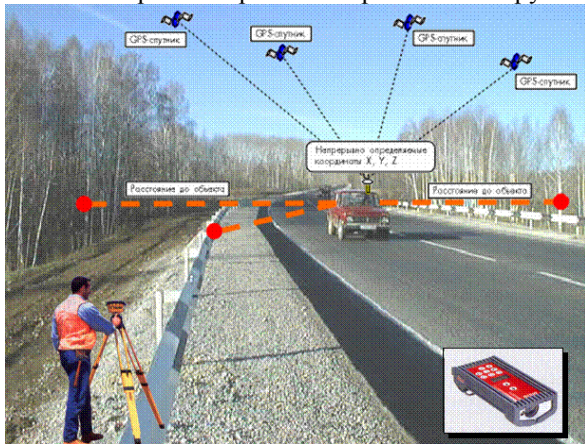


Рисунок 7.4 - Безперервне визначення координат осі дороги GPS приймачем і відстаней до об'єктів лазерною рулеткою

Визначення на місцевості і закріплення межовими знаками межі смуги відведення вироблялися за встановленими правилами. За наявності яскраво вираженої брівки межевий знак встановлювався на відстані 1 м від верхнього краю брівки кювету, за відсутності такої - місцеположення межевого знаку визначалося на відстані, обчислюваному по формулі: $3h+3$ м від краю автодороги, де h - висота насипу автодороги. На прямолінійних ділянках автодоріг смуга відведення визначалася через 1 км, на криволінійних ділянках - через 200 - 300 м. Відображення ситуації в смузі відведення автодороги вироблялося в масштабі 1:1000 методом тахеометричної зйомки. При цьому знімалися всі об'єкти і інженерні комунікації, розташовані в смузі відведення автодороги, з'їзди, межі населених пунктів і суміжних землекористувачів. Швидкість виконання робіт складала 5 - 50 км/добу.

Результати вимірювань формувалися в окремих файлах заданого формату за допомогою спеціально розробленого модуля WinGEO. Результати польових вимірювань "викачувалися" в комп'ютерне середовище і оброблялися з використанням спеціальних програм WinAXIS і WinPASS.

За наслідками обробки польових вимірювань виходила інформація як в цифровому вигляді, так і на паперовій основі:

- 1) ГІМ і ЦК автомобільної дороги в стандартних графічних форматах з координатами і відмітками в заданій системі координат;
- 2) лінійний графік - технічний паспорт автомобільної дороги;
- 3) атрибутивна база даних.

За рахунок повної комп'ютеризації трудомісткість камеральної обробки вимірювань в загальному об'ємі робіт знизилася з 50 до 15 - 20%. Гідністю використання автоматизованої технології при паспортизації і інвентаризації автомобільних доріг є те, що одержані матеріали можна використовувати надалі для створення ГІС автомобільних доріг. Результати технології в цифровому вигляді дозволяють з мінімальними витратами формувати об'єктно-орієнтовану ГІС, при створенні якої найбільш трудомістка частина збору геоінформації і моделювання вже вирішена.

7.6 ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ КАДАСТРОВИХ ОРТОФОТОПЛАНОВ СМУГИ ВІДВЕДЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Для ефективного управління об'єктами дорожнього господарства федеральних автомобільних доріг РФ в смузі їх відведення в даний час ведуться роботи із створення кадастрових цифрових ортофотопланів, як ГІП для створення ГІС автомобільних доріг. Сибірською державною геодезичною академією виконаний комплекс робіт в цьому напрямі для федеральних автомобільних доріг у межах Новосибірської і Кемеровської областей. Нижче приведена технологія цих робіт, що включає підготовчі, польові і камеральні роботи.

В ході підготовчих робіт підготовлені копії необхідних ліцензій і дозволів на виробництво робіт; зібрані і проаналізовані геодезичні і картографічні матеріали, межові справи, встановлюючи право документи на земельні відведення, технічні паспорти і інша технічна документація по федеральних автодорогах. Польові роботи включали:

- маршрутне аерофотознімання дорогий в масштабі 1:7000 з використанням АФА ТЕС-10 і літака АН-24;
- польове обстеження і оцінку стану пунктів ГГС і опорної межової мережі (ОМС);
- межування земель відведення автомобільних доріг з узгодженням і закріпленням меж;
- дешифрування аерофотознімків з пізнанням меж відведення земель;
- розріджену планово-висотну підготовку аерофотознімків з використанням супутникових GPS приймачів Legacy-E фірми JAVAD і 4000 SSE фірми TNL, а також електронних тахеометрів. Координування межових знаків і непізнаних меж відведення земель.

Точки планово-висотного обґрунтування малися в своєму розпорядженні парою з інтервалом в 6 базисів (3000 м на місцевості); між ними поблизу автодороги визначалися додаткові опознаки для виключення прогинання фотограмметричної мережі. В результаті проведення планово-висотної підготовки знім-

ків, призначених для створення цифрових ортофотопланів масштабу 1:2000, забезпечена точність в плані 0,7 м і по висоті 0,2 м.

З урахуванням особливостей районів робіт використовувалися дві схеми розташування базових станцій. У районі дороги М-52 стаціонарна базова станція розташовувалася приблизно в центрі ділянки робіт, а проміжні базові станції, по можливості, поєднувалися з опознаками при видаленні до 10 км від стаціонарної. Геодезична прив'язка основної базової станції виконана по 4 пунктам триангуляції 2 - 3 класів ГГС з середньою квадратичною помилкою 0,03 м в плані і по висоті. У районі автодороги М-53 9 базових станцій встановлювалися в точках супутникового ходу, зокрема 5 станцій суміщені з пунктами триангуляції, що мають також відмітки з геометричної нівеляції. Довжини сторін супутникового ходу складали порядку 10 км. Точність супутникового ходу при вільному зрівнюванні складала 0,01 - 0,02 м, а при фіксації координат всіх п'яти пунктів ГГС для найслабкіших точок ходу складала порядку 0,1 м в плані і 0,2 м по висоті. Аналогічна схема застосована на дорозі М-51.

Всі базові лінії визначуваних пунктів і крапок (опознаков) у всіх районах робіт мали фіксовані рішення, хоча не менше половини з них мали задовільні або навіть незадовільні умови для проведення GPS вимірювань. Точність просторового положення опознаков з сумісного зрівнювання по внутрішній збіжності для найслабкіших точок мережі характеризується наступними значеннями в плані і по висоті: для автодороги М-51 - порядку 0,080 м, для автодороги М-52 - порядку 0,103 м; для автодороги М-53 - порядку 0,065 м.

Камеральні роботи включали:

- прецизійне сканування аерофотознімків;
- цифрову фотограмметричну обробку аерофотознімків;
- створення архіву початкових цифрових фотозображень на оптичних дисках;
- створення цифрових кадастрових планів масштабу 1:2000;
- виготовлення графічних копій кадастрових планів;
- створення архіву цифрових кадастрових планів масштабу 1:2000 на оптичних дисках;
- складання каталогів координат, визначення площ земельних ділянок смуги відведення і земельних ділянок, займаних об'єктами дорожнього господарства;
- формування кадастрових справ і комплексу документації для державної реєстрації прав на земельні ділянки смуг відведення і об'єктів дорожнього господарства в установах юстиції.

Сканування аерофотознімків вироблялося на прецизійному фотосканері з метою отримання цифрових фотозображень з дозволом 22 мкм, необхідних для обробки їх засобами фотограмметричного програмного комплексу PHOTOMOD. Одержані цифрові фотозображення записані на знімні жорсткі диски у форматі tiff.

В результаті цифрової фотограмметричної обробки (рис. 7.5) аерофотознімків з використанням PHOTOMOD 3.10 створені цифрові ортофотоплани і векторна карта рельєфу місцевості (ЦКР) [105].

Представлена на рис. 7.5 технологічна схема включає наступні процеси [105]:

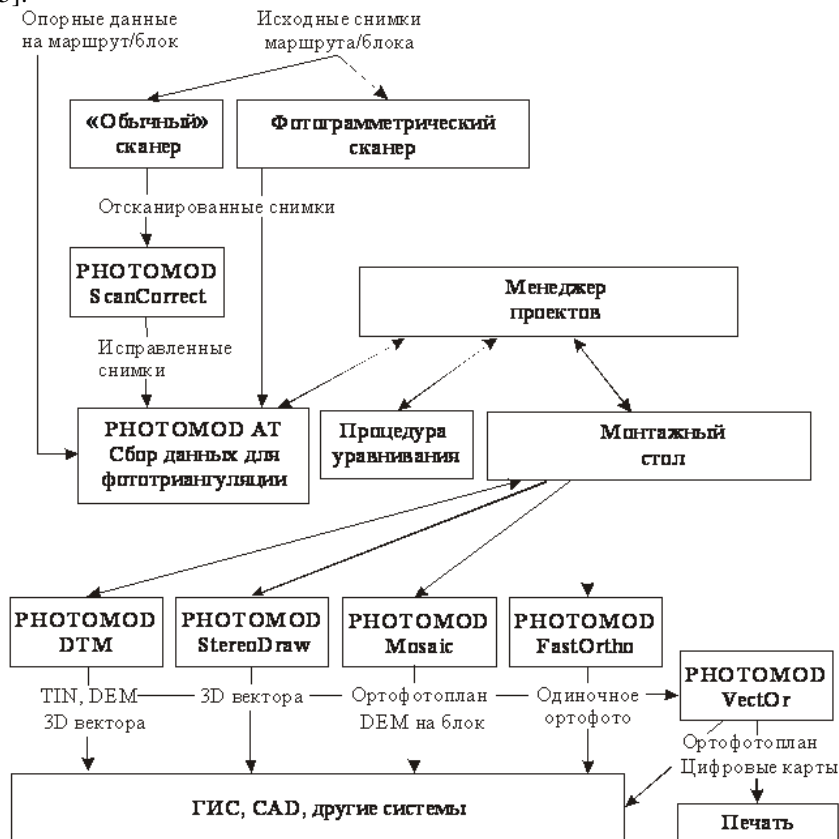


Рисунок 7.5 - Технологічна схема створення цифрових ортофотопланів і ЦКР

- 1) Сканування зображень і виправлення їх програмою PHOTOMOD ScanCorrect у разі роботи з "звичними" планшетними сканерами. Використовування професійних фотограмметричних сканерів включає ScanCorrect з технологічного ланцюжка;
- 2) Створення проекту в модулі PHOTOMOD Project Manager;
- 3) Введення параметрів знімальної апаратури (Редактор камер) або вибір існуючої камери;
- 4) Введення імені проекту і його короткого опису;

- 5) Запуск PHOTOMOD AT для вибраного проекту з управляючої оболонки PHOTOMOD Project Manager;
- 6) Обробка блоку зображень в модулі PHOTOMOD AT, який включає:
 - a) введення зображень;
 - b) внутрішнє орієнтування;
 - c) введення і вимірювання опорних точок;
 - d) вимірювання точок міжмаршрутного зв'язку;
 - e) вимірювання точок зв'язку між сусідніми зображеннями;
 - f) взаємне орієнтування знімків;
- 7) Вихід з PHOTOMOD AT і запуск модуля PHOTOMOD Solver з програми PHOTOMOD Project Manager;
- 8) Зрівнювання фототріангуляційної мережі на блок і обчислення елементів зовнішнього орієнтування;
- 9) При задовільних результатах зрівнювання - перехід до етапу "Обробка мережі", інакше - повернення в PHOTOMOD AT для перевірки і редагування вимірювань;
- 10) Запуск програми PHOTOMOD Montage Desktop з програми PHOTOMOD Project Manager;
- 11) Трансформація зображень;
- 12) Запуск PHOTOMOD StereoDraw послідовно для кожної вибраної стереопари;
- 13) Стереовекторизація 3D векторних об'єктів в модулі PHOTOMOD StereoDraw;
- 14) При необхідності, експорт 3D векторів в зовнішні формати або формат модуля PHOTOMOD VectOr;
- 15) Повтор пунктів 10-12 для всіх стереопар блоку;
- 16) Запуск PHOTOMOD DTM для вибраної стереопари;
- 17) Побудова і редагування моделі рельєфу TIN (при необхідності з використанням "ліній розриву" і "локальних областей");
- 18) Побудова і редагування горизонталей;
- 19) Створення глобальних областей - 3D полігонів, по межах яких виробляється завершальне зшивання моделей рельєфу і горизонталей в модулі PHOTOMOD Montage Desktop;
- 20) Вирізування фрагмента TINa по глобальній області;
- 21) Вирізування фрагмента горизонталей по глобальній області;
- 22) Експорт TINa і 3D векторних об'єктів в зовнішні формати або формат модуля PHOTOMOD VectOr;
- 23) Повтор пунктів 14-20 для всіх стереопар блоку;
- 24) Автоматична побудова моделі рельєфу (DEM) на весь блок в модулі PHOTOMOD Montage Desktop (зшивання фрагментів TINов з кожної стереопари, обмежених глобальними областями) із збереженням її в зовнішні формати (GRD) або в карту системи

PHOTOMOD VectOr (ГІС "Панорама");

- 25) Автоматична побудова горизонталей на весь блок в модулі PHOTOMOD Montage Desktop (зшивання фрагментів горизонталей з кожної стереопари, обмежених глобальними областями);
- 26) Запуск модуля PHOTOMOD Mosaic;
- 27) Побудова ортофотоплана на весь блок зображень з можливістю нарізки його на листи із збереженням їх в зовнішніх форматах (tiff з геоприв'язкою) або в карту системи PHOTOMOD VectOr (ГІС "Панорама");
- 28) Для побудови ортофотозображення на окремі початкові зображення (або їх фрагменти), запуск модуля PHOTOMOD FastOrtho для вибраних зображень із збереженням ортофотозображення в зовнішньому форматі (tiff з прив'язкою) або в карту системи PHOTOMOD VectOr (ГІС "Панорама");
- 29) Експорт DEM, окремих TINов, векторних об'єктів, горизонталей в зовнішні формати або формат PHOTOMOD VectOr (модуль PHOTOMOD Montage Desktop);
- 30) Запуск PHOTOMOD VectOr з програми PHOTOMOD Project Manager або ГІС "Панорама";
- 31) Додаткове цифрування в монорежимі по підкладеному ортофотоплану;
- 32) Створення цифрової карти або ортофотоплана, нарізка на стандартні листи, створення зарамочного оформлення і висновки на друк.

Створення цифрових кадастрових планів масштабу 1:2000 здійснене з використанням ПО ГІС "Панорама" в наступній послідовності:

- 1) створення умовних номенклатурних листів;
- 2) підвантаження растрових фотозображень ортофотопланів масштабу 1:2000 в створені номенклатурні листи;
- 3) конвертація цифрових карт рельєфу з формату даних dxf (AutoCad) у формат даних sxf (ГІС "Панорама");
- 4) конвертація файлів векторної прив'язки цифрових карт рельєфу з формату даних tab (MapInfo) у формат даних sxf (ГІС "Панорама");
- 5) формування району робіт по кожній автодорозі;
- 6) створення векторних зображень об'єктів місцевості, нанесення меж земельних ділянок ФУАД "Сибір" і суміжних землекористувачів;
- 7) формування каталогів координат межових знаків і баз даних земельних володінь.

7.7 ГІС ДЛЯ ЗАДАЧ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

ГІС міського господарства відноситься до муніципального рівня систем. В даний час це найпопулярніші ГІС, оскільки для їх реалізації потрібні мінімальні інформаційні і технічні ресурси. У міській ГІС топографічна інформація є

посиланням, використовуваним для вирішення задач управління і аналізу. У зв'язку з тематичною орієнтацією кожної задачі для її вирішення можливе створення спеціальних тематичних карт, таких, як карта квартального розподілу, карта землекористування, зональні карти і ін.

Тематичні карти міського господарства підрозділяються на шари. Кожен шар має свої атрибутивні дані (кількість жителів, транспортні маршрути, промислові об'єкти, підземні комунікації і т.п.). Таким чином, інтегровану графічну основу міської ГІС утворює сукупність тематичних карт-шарів і пов'язаних з ними атрибутивних даних в табличній і текстовій формі.

В даний час існує велике число міських ГІС – різні кадастрові системи.

7.8 АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЕРЖАВНОГО МІСЬКОГО КАДАСТРУ

Автоматизована інформаційна система державного міського кадастру (АІСДМК) розроблена центром «Сибгеоінформ» (р. Новосибірськ). АІСДМК призначена для виробництва робіт із створення і ведення державного міського кадастру. Система забезпечує рішення чотирьох груп задач:

- інженерних;
- кадастрових по обліку земель, будівель і споруд;
- підземних і наземних комунікацій;
- управлінських.

У основу технології встановлене ведення чергової карти міста і отримання прикладних кадастрових карт. АІСДМК забезпечує систематичне оновлення БД, автоматизовану видачу впорядкованої сукупності інформації про правовий, господарський, природний і економічний стан об'єктів і явищ міського середовища в часі і просторі для потреб функціонування і розвитку міста.

Система дозволяє оперативно забезпечувати актуальною кадастровою інформацією міські організації, установи і фізичних осіб для ухвалення управлінських і інших рішень, проведення податкової політики на міській території і оновляти топографічні карти крупного масштабу. Всі операції здійснюються по єдиному класифікатору і в єдиних формах.

7.9 АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ

Досвід зарубіжних країн показує, що основою ефективного управління економікою є використання сучасних методів і технологій обліку і контролю земельної власності. Для вирішення цієї проблеми необхідна мобільна, всеосяжна інформаційна база про землю – земельний кадастр. Під кадастром розуміють карти і інші описи земельних ділянок з ідентифікацією всіх, хто має юридичні права на земельну власність. Кадастрові карти можна визначити як графічні відображення юридичних описів земельних ділянок. Таким чином, основу ефективного землекористування складають кадастрові карти, отримання яких

входить в комплекс технологій ГІС.

Автоматизована інформаційна система (АІС) земельного кадастру є програмним продуктом фірми Геокад (р. Новосибірськ, адреса сайту - <http://www-geocad.nstu.nsk.su>), яка протягом багатьох років займається розробкою програмних засобів по землеустрою, земельному кадастру і моніторингу земель.

АІС земельного кадастру призначена для автоматизації обліку земельних ресурсів і реєстрації прав на земельні ділянки. Ця програму можна віднести до класу ГІС нового покоління, оскільки вона орієнтована на призначені для користувача моделі даних з урахуванням наочної області. Система реалізована у вигляді програмно - технологічного комплексу управління базами даних, включає наступні модулі: Адміністратор системи, модуль «Землі», модуль «Звіти» і графічний додаток. Останнє призначене для просторового представлення об'єктів графічних баз даних, отримання інформації про вибрані об'єкти, відображення графічних вибірок і введення / редагування просторових характеристик об'єктів. АІС земельного кадастру дозволяє вирішувати всі задачі, що стоять перед комітетами із земельних ресурсів і землеустрою:

- облік землекористувачів;
- підготовка і видача правових документів на земельні ділянки;
- розрахунок земельних платежів;
- кількісний і якісний облік земель з розділенням їх по категорії, цільовому призначенню, правовому режиму, наявності і стану угодь;
- реєстрація має рацію, операцій і обтяжень на земельні ділянки і міцно пов'язану з ними нерухомість;
- встановлення і реєстрація обмежень і сервітутів;
- формування нормативної державної статистичної звітності (форма 22 з додатками, експлікації земель).

У системі можуть бути представлені наступні графічні (просторові) дані:

- облікові кадастрові одиниці (зони, масиви, квартали, земельні ділянки, угіддя);
- зони обмеженого користування і сервітути;
- об'єкти оглядового характеру (автодороги, водоймища, лісові масиви і ін.).

Система підтримує роботу з растровими і векторними моделями даних, що забезпечує можливість введення просторових даних об'єктів обліку як безпосередньо у вигляді каталогів координат (з клавіатури по картках інвентаризації або імпортом з інших інформаційних систем), так і методом інтерактивної векторизації по растровій підкладці картографічного матеріалу.

Система дозволяє виробляти розрахунки наступних характеристик: зовнішній об'єкт (за кадастровою ієрархією); кадастровий номер; список суміжних ділянок; фактичну площу і протяжність меж об'єктів; перетини об'єктів в шарі і з іншими шарами; нормативну вартість, оподаткування, орендну платню і ін.

7.9.1 Додатки в землекористуванні

Склад і зміст робіт по державному земельному кадастру регламентується нормативними документами федеральної служби земельного кадастру Росії. Але повною мірою ці документи були сформовані лише в недавній час. Перед цим був довгий період уточнення уявлень, задач, методів опису і нормативних документів. Початок наших робіт в цій сфері пов'язаний із спробою сумісного рішення задач обліку земельних ресурсів і формування статистичної звітності. Тісна співпраця з ґрунтознавцями привела до появи спільних робіт із створення електронної карти ґрунтів, використання земель, опису досвіду застосування ГІС в ґрунтознавстві. Практична важливість кадастрових задач полягає не тільки в описі землі, але і нерухомості в цілому. Зважаючи на особливу важливість ЦММ для створення ГІС використання даних дистанційного зондування дозволяє здійснити оновлення карт сільгосппризначення і підвищити актуальність матеріалів опису території. Виконання цих робіт вимагає вдосконалення ряду класифікаторів. Опис взаємозв'язку задач обліку і управління, організації взаємодії профільних структур при побудові інтегрованої системи управління землекористуванням вимагає ретельного вивчення у кожному конкретному випадку.

7.9.2 Додатки в надрокористуванні

Для цієї найважливішої галузі на всіх етапах життєвого циклу виробництва (розвідка – (дорозвідка) здобич – транспортування – переробка – збут) характерна просторова розміщення об'єктів опису. Родовища корисної копалини є просторово розподіленими об'єктами і своїм місцеположенням зумовлюють розвиток інфраструктури, комунікацій, шляхів транспортування, характер і об'єми природоохоронних заходів і т.п. Без всебічного урахування просторової інформації в управлінні максимальну рентабельність добувних компаній, раціональне розміщення підприємств переробки, збуту, оптимальність транспортних схем, ефективний розвиток сировинної бази регіонів забезпечити неможливо. Ця інформація повинна представлятися в зручній для аналізу формі і забезпечувати ухвалення найбільш оптимальних управлінських рішень. Таким вимогам сьогодні задовольняють геоінформаційні системи і технології на їх основі. Застосування ГІС для органів управління природними ресурсами регіону вимагає створення великих банків даних про мінерально-сировинну базу території. Питання інформаційного забезпечення геологорозвідки розглядаються Г.Г. Кравченко. Досить докладна стаття з колегами з інституту «ТомскНИПИнефть» містить матеріали по застосуванню геоінформаційних технологій в крупній нафтовій компанії з практичними ілюструючими прикладами. Будь-яка крупна нафтогазова корпорація, діюча на великій території, крім виробничих зачіпає і державні інтереси комплексного розвитку регіону.

7.10 АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МІСТОБУДІВНОГО КАДАСТРУ

Задача управління розвитком містобудівних систем найприродніше формалізується як термінальна. Опис цільового стану формалізується у вигляді містобудівного проекту, що є образом об'єкту, що «ідеалізується, і розробляється «зверху – вниз». Як стадії містобудівного проекту, що уточнюється, послідовно розглядаються: проект районного планування на рівні регіону (суб'єкта держави або групи районів), генплан міста (сіла, п.м.т.), проект детального планування житлового району, проект забудови мікрорайону. Кожен подібний проект виконується з певною деталізацією проектних рішень, що заглиблюється, на певному масштабі карти і уточнює характер планувальної структури розселення, взаємного розміщення житла, виробництва, обслуговування, об'єднаних транспортними зв'язками і мережами інженерної інфраструктури. Управління відповідає в довгостроковому плані формуванню програми заходів, пов'язаних з послідовним розміщенням і будівництвом міських об'єктів на земельних ділянках, що відводяться. Опис таких об'єктів відповідає рівню агрегированності (стадії) системи і уточнюється від характеристик зведених об'ємів житлового будівництва (на рівні програми реалізації генплану) до окремого будинку. На програму працюють і Правила землекористування і забудови певної територіальної зони допустимого розміщення об'єктів. Крім такого програмного управління, що задає планову траєкторію розвитку, використовуються і управлінські механізми типу закону управління, направлені на стабілізацію руху в околицях програми. До числа таких механізмів можна віднести економічні методи оподаткування, процедури узгодження, моніторинг виконання містобудівних регламентів. Ці роботи підготовлені попередніми дослідженнями систем розселення. Графічне уявлення даних про територію розглядалося і при формуванні програм календарного планування потокової забудови в місті. Фактично це давало можливість планувати будівництво на основі електронних моделей проектної ситуації. Для інформаційних систем управління будівельним комплексом, що розробляються в ту пору, подібне представлення місцеположення об'єктів, що зводяться, їх взаєморозміщення і характеру приєднання до інженерних мереж дозволяло значно підвищити обґрунтованість рішень по технологічній послідовності будівельно-монтажних робіт і кінець кінцем обґрунтованість планів капітального будівництва. В даний час ці рішення, що розробляються для державних потреб, можуть бути застосовні при плануванні будівництва великих корпорацій.

АІС містобудівного кадастру (розробник фірма Геокад) орієнтована на комітети і управління з архітектури і містобудування для вирішення задач по управлінню розвитком території, включаючи:

- розробку генерального плану міста, заснованого на великому об'ємі різноаспектної інформації: про тип забудови, інженерні мережі, планувальні обмеження, транспортну схему міста, екології;
- формування необхідної містобудівної документації для будівництва

- різних об'єктів від багатоповерхового житлового будинку до рекламного стенду;
- зберігання інформації про всі розроблені проекти, міські об'єкти, що будуються, організації і служби, що здійснюють свою діяльність в містобудівному процесі.

Ця програма також відноситься до класу ГІС нового покоління.

7.11 ГЕОПРОСТРАНСТВЕННИЙ АНАЛІЗ

Обираючи шлях європейської інтеграції, наша країна повинна уважно і неупереджено вивчити досвід Європи, яка на шляху до створення ЄС розробила понад 140 концепції загальних дій держав-членів Європейського Союзу для подолання нерівномірності в економічному і соціальному розвитку між окремими країнами. У Україні протягом десятиліть не розв'язувалася проблема диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів. В даний час місцевості з різною структурою економіки і різними передумовами переходу до нових форм управління по-різному адаптуються до ринкових відносин. Відміна економічних і соціальних дотацій з централізованих фондів швидко привело до зубожіння регіонів, виробничий потенціал яких не міг реалізуватися за нових умов господарювання, а місцеві власті продовжували виконувати функції представників держави в регіоні і не передбачали своєї участі в поліпшенні економічного стану регіону. Разом з тим європейський досвід показує наскільки ефективним може бути як місцеве, так і регіональне самоврядування в рішенні проблем територіальних общин. Децентралізація владних повноважень і автономізація регіонів в ухваленні рішень створює додаткові можливості, від яких може виграти вся держава в цілому. На думку деяких експертів саме на рівні регіону повинна зароджуватися політична влада (яка передбачає наявність законодавчого органу, можливість ухвалювати самостійні економічні рішення, розробляти плани розвитку, систему освіти і культури). У країнах Європейського Союзу місцеве і регіональне самоврядування ґрунтується на трьох основних принципах: субсидіарності, солідарності і доповнення. Найважливішим серед них є принцип субсидіарності, суть якого полягає в тому, що компетенція в державі розподіляється так, що проблеми розв'язуються на тому рівні, на якому вони виникають. За інших рівних умов перевага надається нижчим, а не вищестоящим органам влади. Пріоритет належить інституту, який знаходиться ближче до громадянина, а значить і легше контролюється їм. Принцип солідарності вимагає, щоб багатіші регіони поважали інтереси фінансово і ресурсний менш забезпечених регіонів. У реалізації цього принципу велику роль зіграють центральні органи влади і навіть наднаціональні структури. Зокрема, спеціальні фонди Європейського Союзу надають допомогу тим регіонам, які в результаті господарської діяльності виробляють менше, ніж 90% від середнього значення ВВП серед всіх регіонів. Принцип доповнення орієнтований на виконання загальних компетенцій держави і регіону, переважно в площині економічного розвитку. У існуючих реаліях полі-

тичної свідомості і інституційного розвитку для України повинно йтися зараз лише про підвищення ефективності державного управління і самоврядування на місцях. Вибірчі процеси в місцеві Ради 2006-го року указують на те, що до зміни функцій місцевих Рад ментально готові і общини, і місцеві еліти. Проте, організаційних, аналітичних і інформаційних структур і кваліфікованих кадрів для успішного виконання нової ролі поки що немає. У епоху глобалізації і регіоналізації муніципалітети повинні прийняти на себе, на додаток до вже виконуваними ними обов'язків, важливу і важку роль центру економічного розвитку. Проблемою для місцевих лідерів є знаходження свого місця в глобальній економіці, яка є нестабільнішою і уразливою, ніж на національному рівні. Додатково, центральні органи влади часто перекладають відповідальність за економіку саме на місцеві власті. Регіональній владі доводиться відповідати очікуванням населення, а громадяни зараз набагато вимогливою до якості місцевого менеджменту, чим раніше. Проте це зовсім не обов'язково повинне приводити до криз управління і конфліктів між населенням і чиновництвом. Як вказав Клейджес, криза виникає лише тоді, коли інститути влади не хочуть реагувати на зміни настроїв населення і його цінностей. Тому найважливіші нові напрями роботи місцевої влади - це: 1) підвищення якості управління одночасно з скороченням термінів рішення питань; 2) створення можливості для громадян брати активну участь в житті общини.

Для оцінки якості і ефективності роботи місцевої влади розроблено ряд моделей, наприклад, CAPAM (Commonwealth Association for Public Management), які використовують критерії: партнерство, відповідальність, суспільна участь, інтегрованість вертикального і горизонтального менеджменту, підтримка політичної поєднаності в політично різноманітній общині, політичні або парламентські структури, еволюція людських ресурсів, цінності і етика.

В цілому дії регіональної влади торкаються шести груп інтересів. Це громадяни (як окремі особи); добровольчий сектор, який включає профспілки, партії і суспільні організації; ділові кола; мас-медіа; муніципальні установи; вищі рівні управління (парламент) і міжнародні організації. Отже, нові структури місцевого управління повинні створювати інтерфейс між місцевою владою і цими групами. Електронне управління, яке створює канали взаємозв'язків між урядовцями і місцевими жителями, має особливо великий потенціал використання саме на регіональному рівні. Широкі перспективи для розвитку регіонального управління відкривають геоінформаційні технології, оскільки всі задачі регіонального управління так чи інакше пов'язані з геопросторовою інформацією щодо стану матеріальної основи місцевого самоврядування - комунальної власності. Об'єднання інформаційної системи управління регіоном з геоінформаційними методами, використання сучасних методів геопросторового аналізу створюють нові підходи в менеджменті і наданні послуг населенню регіону. Завдяки створенню єдиної регіональної інформаційної системи працівники муніципальних установ дістануть можливість на основі геоінформаційного

аналізу:

- підвищити якість стратегічних планів розвитку, які задовольняють новим суспільним потребам і відповідають міжнародним стандартам завдяки отриманню точної інформації і моніторингу процесів управління комунальною власністю по всіх аспектах стану і розвитку територій;
- виявити резервні території під розміщення об'єктів містобудівної діяльності і інформаційного забезпечення інвестиційних проектів;
- оптимізувати процеси надання базових соціальних благ населенню регіону, зокрема транспортну і комунікативну складову цих процесів;
- значно підвищити якість і терміни підготовки і аргументування рішень для оперативного управління комунальним комплексом, і ефективного ухвалення управлінських рішень, у тому числі і в кризових ситуаціях;
- направити кожне ухвалене рішення на підвищення екологічної безпеки по вибраних параметрах;
- істотно підвищити якість і швидкість розробки декількох проектних варіантів розвитку інфраструктури і оптимізації комунікацій, яка значно знижує негативну складову впливу "людського чинника" на процес ухвалення рішення;
- поліпшити роботу по розробці регламентів використання територій і визначення оцінної вартості земельних ділянок;
- сприяти залученню інвестицій під важливі для регіону проекти, завдяки високій інформативності презентаційних матеріалів - головної приманки геоінформаційних систем, якими можуть користуватися адміністративні працівники будь-якого рівня управління, якщо в регіоні впроваджено єдину регіональну інформаційну систему менеджменту.

Значно поліпшується робота по підготовці будь-яких документів для представлення органам вищих рівнів управління завдяки значному скороченню термінів обробки і аналізу статистичних матеріалів і забезпеченню найнаочнішого представлення інформації. Ефективність діяльності різних груп по зв'язках з державними установами, міжнародними організаціями підвищується за рахунок використання загальних даних, які містять інформацію щодо просторового розміщення ключових об'єктів виробничих і комунальних сфер. ГІС-технології, які використовують географічне положення як основний критерій в прив'язці даних і атрибутів, якнайкраще надає сприяння координуванню дій всіх підрозділів і груп фахівців, які займаються рішенням різноманітних задач, пов'язаних з конкретною територією.

Для мас-медіа і суспільних організацій геоінформаційні технології, які використовуються в повсякденній роботі органами влади, дають можливість

моніторити рішення, які приймаються регіональними органами влади, і це значно покращує взаємозв'язки між виконавчою і "четвертою" владою. Висока інформативність карт при освітленні проблем територіального управління надає можливість журналістам надавати общині повну, достовірну, неупереджену інформацію своєчасно, забезпечує підвищення якості аргументування рішень по цих проблемах, розширює можливості проведення незалежного суспільного аналізу політики на місцях, зокрема заохочує співпрацю між політиками і незалежними аналітиками в розробці конкретних рішень конкретних соціально-економічних проблем. Частково проблема створення повноцінної моделі місцевого мережного управління є проблемою виділення ключових груп інтересів, які здатні поліпшити якість життя інших громадян і створення ситуацій, взаємовигідних для всіх. Партнерство зі всіма діловими колами регіону, постійний розвиток підприємництва в регіоні повинні стати задачам №1 для місцевих властей. геоінформаційні технології бізнес-аналізу надають можливість підняти на вищий рівень управління процесами суб'єктів підприємницької діяльності. Консалтингові послуги з аналізу і планування діяльності можуть бути надані підприємцям регіону:

- у плануванні на основі демографічного аналізу якнайкращого розміщення пунктів продажу товарів і предоставлення послуг;
- для оперативного аналізу рентабельності діяльності підприємств, мінімізації логістичних витрат, і т.п.;
- для оптимізації рекламних кампаній відповідно індивідуальним потребам, професійним інтересам і прибуткам населення регіону;
- для переорієнтації маркетингових зусиль із задоволення узагальнених потреб населення на оперативне реагування на запити конкретних покупців - персоніфікований маркетинг;
- для координації діяльності регіональних центрів по обслуговуванню клієнтів банків;
- для прискорення сервісного обслуговування клієнтів за рахунок підвищення ефективності взаємодії з бізнес-партнерами.

Додатково, для упровадження сучасних методів управління бізнес-процесами, міська влада може створити регіональну базу бізнес-даних на основі єдиної регіональної геоінформаційної системи, доступ до яких можуть діставати як регіональні підприємці і виробники, так і інші, що також сприятиме інвестиційному клімату регіону.

Населення регіону, завдяки представленню інформації в картографічному вигляді в мас-медіа і іншими засобами, дістане доступ до:

- повної своєчасної інформації про дії і плани місцевої влади по розвитку регіону, яка дасть можливість понизити соціальну напругу між владою і общиною регіону;
- контролю надання в оренду і містобудівне використання території регіону;

- самостійному аналізу проблем територіального розвитку і дій влади за рішенням цих проблем, який допоможе конкретизувати проблеми і встановити пріоритети в їх рішенні;
- інформації про перспективні напрями підприємницької діяльності і можливостей для трудовлаштування;
- можливості оцінити екологічну безпеку регіону і одержати знання щодо особистої ролі в поліпшенні екології в регіоні.

Таким чином, допомогу упровадження геопросторового аналізу і планування економічного і соціального розвитку регіону просто неможливо переоцінити, оскільки саме від упровадження ГІС як основа для регіональної інформаційно-управлінської мережної системи можна чекати значного економічного ефекту для регіону.

Питання винесені на проміжний контроль по темі №7:

1. *Чим є автоматизована технологія створення геоінформаційної основи?*
2. *У чому суть створення земельно-інформаційної системи? Приклади*
3. *У чому суть створення геоінформаційної моделі і цифрової карти міста?*
4. *У чому суть створення системи геомоніторинга автомобільних доріг?*
5. *У чому суть створення автоматизованої технології технічної паспортизації і інвентаризації автомобільних доріг?*
6. *У чому суть створення технології цифрових кадастрових ортофотопланів смуги відведення автомобільних доріг?*
7. *Які задачі міського господарства можна виконувати за допомогою геоінформаційних технологій?*
8. *У чому суть створення автоматизованої інформаційної системи державного міського кадастру?*
9. *У чому суть створення автоматизованої інформаційної системи міського кадастру?*
10. *У чому суть створення автоматизованої інформаційної системи містобудівного кадастру?*
11. *У чому суть геопросторового аналізу засобами геоінформаційних технологій?*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон о геодезии и картографии // Геодезия и картография. - 1996. - N 1. - С. 1 - 9.
2. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон о внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты РФ в связи с принятием Федерального закона "О лицензировании отдельных видов деятельности"; Измененные статьи Федерального закона "О геодезии и картографии" // Геодезия и картография. - 2003. -N1. -С.2-6
3. Берлянт, А.М. Картография: Учебник для вузов / А.М. Берлянт. - М.: Аспект Пресс, 2001. - 336 с.
4. Вдовин, Н.Ф. Проблемы крупномасштабных ГИС градостроительного кадастра и мониторинга в связи с устойчивостью развития / Н.Ф. Вдовин, Ю.П. Гуляев, В.В. Евстигнеев // Материалы междунар. конф. "ИНТЕРКАРТО 3". - Новосибирск, 1997. - С. 121 - 125.
5. Карпик, А.П. Сущность и система базовых понятий геоинформационного обеспечения территорий / А.П. Карпик // Материалы VII науч. конф. по темат. картографии, Иркутск, 20-22 нояб. Картограф. и геоинформ. обеспечение упр. региональным развитием. - Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН. - 2002. - С. 103 - 106.
6. Воройский, Ф.С. Систематизированный толковый словарь по информатике / Ф.С. Воройский. - М.: Либерия, 1998. - 376 с.
7. Рожков, В.Ф. Проблемы геоинформационного обеспечения крупного города / В.Ф. Рожков // Материалы междунар. конф. "ИНТЕРКАРТО 3". - Новосибирск, 1997. - С. 129 - 134.
8. Салищев, К.А. Картография / К.А. Салищев. - М.: Высш. шк., 1982. - 272 с.
9. Философский энциклопедический словарь. - М.: 1989. - 255 с.
10. Новая философская энциклопедия. Т. 3. - М.: Мысль, 2001. - 692 с.
11. Геоинформатика: Толковый слов. основных терминов / Под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарева. - М.: ГИС-Ассоциация, 1999. - 204 с.
12. Толковый словарь по геоинформатике / Ю.Б. Баранов, А.М. Берлянт, А.В. Кошкарев и др.; Под ред. А.М. Берлянта. и А.В. Кошкарева // ГИС-обозрение, 1998. CD ROM.
13. Цифровая картография и геоинформатика: Краткий терминологический словарь / Под общ. ред. Е.А. Жалковского. - М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 1999. - 46 с.
14. Гуляев, Ю.П. Обработка цифрового изображения экологических ареалов / Ю.П. Гуляев, А.В. Долматов // Материалы междунар. конф. "ИНТЕРКАРТО 3". - Новосибирск, 1997. - С. 162 - 166.
15. Берлянт, А.М. Геоиконика / А.М. Берлянт; МГУ им. М.В. Ломоносова, Акад. естеств. наук Рос. Федерации. - М.: Fcnhtz, 1996. - 224 с.
16. Кошкарев, А.В. Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов; Под ред.

- Д.В. Лисицкого. - М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 1993. - 213 с.
17. Кошкарёв, А.В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: Учебно-справ. пособие / А.В. Кошкарёв; РАН Ин-т географии. - М.: ИГЕМ-РАН, 2000. - 76 с.
 18. Карпик, А.П. Концепция геоинформационного пространства / А.П. Карпик // Матер. междунар. научно-технич. конференции, посвященной 225-летию МИИГАиК. Ч. Геодезия / МИИГАиК. -Москва. -2004. - С. 434-438.
 19. Лисицкий, Д.В. Автоматизированные информационно-измерительные системы: Учеб. пособие / Д.В. Лисицкий, В.А. Середович. - Новосибирск: НИИГАиК, 1989. - 96 с.
 20. Лисицкий, Д.В. Общность и различие понятий "цифровая модель местности", "цифровая карта" и "электронная карта" / Д.В. Лисицкий // Современные проблемы геодезии и оптики. LI научно-техн. конф., 16-19 апр. 2001 г. Тез. докл. - Новосибирск: СГГА, 2001. - С. 143 - 144.
 21. Разработка и внедрение геоинформационной системы обеспечения Новосибирской области для защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / В.А. Середович, С.В. Середович, Ю.С. Щербаков, В.Н. Корсун // Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов LIII междунар. научно-техн. конф., посвящённой 70-летию СГГА. (11-21 марта 2003 г.) Ч. III / Новосибирск: СГГА, 2003. - С. 299 - 301.
 22. Лисицкий, Д.В. Основные принципы цифрового картографирования местности / Д.В. Лисицкий. - М.: Недра, 1988. - 261 с.
 23. Рогачев, А.В. О разработке отраслевых стандартов Роскартографии в области цифровой картографии / А.В. Рогачев // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. - 1999. - N 1(18). - С. 23.
 24. Автоматизированная информационная система государственного кадастра (АИС ГГК). Классификатор топографической информации. (Информация, отображаемая на картах и планах масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000). - Новосибирск: Центр "Сибгеоинформ", 1996.
 25. Проблемы цифрового картографирования территории России: Обзорная информация / Госгисцентр. - М.: ЦНИИГАиК, 1996. - 48 с.
 26. Мельников, С.Р., Дроздов, О.В. Инновации в создании цифровых моделей - трехмерные лазерные безотражательные сканирующие системы / С.Р. Мельников, О.В. Дроздов // Нефтяное хозяйство. - 2001. - N 6. - С. 26 - 27.
 27. Медведев, Е.М., Мельников, С.Р. Преимущества применения лазерных сканирующих систем наземного и авиационного базирования / Е.М. Медведев, С.Р. Мельников // Горная промышленность. - 2002. - N 5. - С. 2 - 4.
 28. Точное измерение расстояний с использованием безотражательного дальномера. Hiroshi Kishimoto, Nikon Geotecs Co, Ltd [электронный ресурс]: сайт ЗАО НПП "НавГеоКом". - Режим доступа <http://www.agp.ru/support/precise/dr/index.htm>.
 29. Products of RIEGL Laser Measurement Systems [электронный ресурс]: сайт

- Riegl Laser Measurement Systems GMBH. - Режим доступа www.riegl.com/products.htm.
30. MENSİ - 3D laser scanners / 3D scanners for surveying applications [электронный ресурс]: сайт Mensi. - Режим доступа <http://www.mensi.com/Website2002/gs200.asp>.
 31. 3D Laser Scanners & Trackers - Leica Geosystems. - Leica.com [электронный ресурс]. - Режим доступа <http://hds.leica-geosystems.com/products/products.html>.
 32. Callidus 3D Laser Scanners - Trimble. - trimble.com [электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.callidus.de/en/cp3200/techn Daten.html>.
 33. Нехин, С.С. Совершенствование аппаратно-программных средств ЦФС / С.С. Нехин, Г.А. Зотов // Геодезия и картография. - 2003. - N 7. - С. 25 - 32.
 34. Фототриангуляция в режиме реального времени на ЦФС / И.Т. Антипов, Г.А. Зотов, С.С. Нехин и др. // Геодезия и картография. - 2003. - N11. - с32-37
 35. Нехин, С.С. Современные технологии ЦНИИГАиК для создания и обновления карт и планов / С.С. Нехин, Г.А. Зотов // Геодезия и картография. - 2003. - N 11. - С. 44 - 51.
 36. Бугаевский, Л.М. Преобразование сканерного снимка в заданную картографическую проекцию / Л.М. Бугаевский, В.А. Малинников, В.П. Савиных // Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования. - М.: Академия наук о земле, 1998. - С. 51 - 57.
 37. Сибирский цифровой стереоплоттер: новые фотограмметрические технологии сбора и обновления пространственных данных для GIS/LIS / А.П. Гук, М.А. Белошапкин, В.С. Коркин, В.А. Самушкин // Материалы междунар. конф. ИНТЕРКАРТО-3: ГИС для устойчивого развития окружающей среды. - Новосибирск: Центр "Сибгеоинформ", 1997. - С. 329 - 337.
 38. Копаев, Г.В. Второй всероссийский семинар "Проблемы ввода и обновления пространственной информации" / Г.В. Копаев // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. - 1997. - N 2(9). - С. 19.
 39. Берлянт, А.М. Геоинформационное картографирование /А.М. Берлянт. -М: Картгеоцентр -Геодезиздат, 1997. -64с
 40. Берлянт, А.М. Принципы и методика использования географических карт для формирования банков данных / А.М. Берлянт, С.Н. Сербенюк, В.С. Тикуннов // Банки географических данных для тематического картографирования. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. - С. 38 - 47.
 41. Цаленко, М.Ш. Моделирование семантики в базах данных / М.Ш. Цаленко. - М.: Наука, 1989.
 42. Бернштейн, Ю.Б. Разработка математического и программного обеспечения кадастровых геоинформационных систем: Дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук по специальности 25.00.26 - Землеустройство, кадастр и мониторинг земель / Ю.Б. Бернштейн. - Новосибирск, 2002. - 171 с.
 43. Тайле, Эрик. Технология составления цифровых топографических карт на

- LGB / Эрик Тайле // Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов ЛШ междунар. научно-техн. конф., посвящ. 70-летию СГГА. Ч. III. - Новосибирск: СГГА, 2003. - С. 140 - 143.
44. Тайле, Эрик. Задачи создания карт на основе топографической цифровой модели ландшафта ATKIS в стране Бранденбург / Эрик Тайле // Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов ЛШ междунар. научно-техн. конф., посвящ. 70-летию СГГА. Ч. III - Новосибирск, СГГА.- 2003. - С. 144 - 146.
45. Тайле, Эрик. Интерактивная картографическая обработка цифровых топографических карт / Эрик Тайле // Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов ЛШ междунар. научно-техн. конф., посвящ. 70-летию СГГА. Ч. III. - Новосибирск: СГГА, 2003. - С. 162 - 170.
46. Карпик, А.П. Особенности создания электронной карты в среде MapInfo / А.П. Карпик, С.В. Тараненко // Геодезия и картография. - 2002. - N 5. - С. 32 - 38.
47. Караченцева, И.П. Интеграция ГИС и издательских систем - насущная потребность картографов / И.П. Караченцева // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. - 1999. - N 1(18). - С. 68.
48. Васмут, А.С. Моделирование в картографии с применением ЭВМ / А.С. Васмут - М.: Недра, 1983. - 200 с.
49. Говор, В.И. Автоматизированная система для создания топографических карт акваторий / В.И. Говор, В.М. Каморный, М.М. Свицерский // Геодезия и картография. - 1986. - N 8. - С. 46 - 50.
50. Holekamp Richard, A. Manager. Technical Support CALMA. Interactive computer - aided cartography without a programmer // Proceeding of the ACSM - 1976. - Fall Conventions - P. 363 - 369.
51. Miklosik Fr. Metodické a realizacní problémy automatizace v kartografii. // Geodetický a kartografický obzor. - 1981. - SV.2712 - 9 - S. 231 - 233.
52. Боданский, Е.Д. Технологическая линия для автоматизированного картографирования лесов / Е.Д. Боданский // Геодезия и картография. - 1986. - N 10. - С. 33 - 38.
53. Бернштейн, Ю.Б. Применение навигационного плана в МАГИС / Ю.Б. Бернштейн // Сб. материалов XLIX научно-техн. конф. преподавателей СГГА. - Новосибирск: СГГА, 1999.
54. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС / Под ред. В.Н. Харисова, А.И. Перова, В.А. Болдина - 2-е изд. - М.: ИПРЖР, 1999. - 560 с.
55. Генике, А.А. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии / А.А. Генике, Г.Г. Побединский. - М.: Картоцентр; Геодезиздат, 1999. - 272 с.
56. Антонович, К.М. Мониторинг объектов с применением GPS-технологий / К.М. Антонович, А.П. Карпик // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2004. - N 1. - С. 53 - 66.

57. GPS for geodesy. Teunissen P.J.G., Kleusberg A. (Eds.). - Berlin: Springer, 1998. - 650 p. - Англ.
58. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. Global Positioning System theory and practice. - Fifth, revised edition. - Wien, New-York: Springer-Verlag, 2001. - 382 p. - Англ.
59. Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C. Watkins M.M. and Webb F.H. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks // J. of Geoph. Research, Vol. 102, No B3, 1997. - P. 5005 - 5017. - Англ.
60. Bar-Sever Y.E., Kroger P.M., Borjesson J.A. Estimating horizontal gradients of tropospheric path delay with a single GPS receiver // J. of Geoph. Research, V. 103, NO B3, 1998. - P. 5019 - 5035. - Англ.
61. Han S-C, Kwon J.H., Jekeli C. Accurate absolute GPS positioning through satellite clock error estimation // Journal of Geodesy, 2001, Vol. 75, P. 33 - 43. - Англ.
62. Kasties G., Harrier S. Differential GPS for real time flight path surveillance // Proc. Of the First Int. Symp. On Real Time Differential Applications of the Global Positioning System. TUV, Koln, Vol. 1. - 1991. - P. 205 - 237. - Англ.
63. Leick A. GPS Satellite Surveying. - New York: A Willey-Interscience Publication. - 1995. - 560 p. - Англ.
64. Mueller T. Wide area differential GPS // GPS World, Vol. 5, No. 6. - 1994. - P. 36 - 44. - Англ.
65. Wanninger L. The performance of virtual reference stations in active geodetic GPS-networks under solar maximum conditions // Proc. of ION GPS-99, 12-th Int. Tech. Meet. of the Satellite Division of the Inst. of Navigation, Nashville, Tennessee, Sept. 14 - 17. - 1999. - P. 1419 - 1427. - Англ.
66. Антонович, К.М. Спутниковый мониторинг земной поверхности / К.М. Антонович, А.П. Карпик, А.Н. Клепиков // Геодезия и картография. - 2004. - N 1. - С. 4 - 11.
67. Beutler G., Mueller I.I., Neilan R.E. The International GPS Service for Geodynamics (IGS): Development and start of official service on January 1, 1994 // Bulletin Geodesique, Vol. 68, No. 1, 1994. - P. 39 - 70. - Англ.
68. Антонович, К.М. Определение скорости движения станции "Новосибирск" по GPS-измерениям / К.М. Антонович, А.Н. Клепиков // Современные проблемы геодезии и оптики: Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 65-летию СГГА-НИИГАиК. - Новосибирск: СГГА, 1999. - С. 14 - 17.
69. Клепиков, А.Н. Определение координат пунктов в системе ITRF 2000 / А.Н. Клепиков // Сб. науч. тр. аспирантов и молодых учен. Сиб. гос. геодез. академии. - Новосибирск: СГГА, 2003. - С. 58 - 63.
70. Zhang J., Bock Y., Johnson H. et al. Southern Permanent GPS Geodetic Array: Error analysis of daily position estimates and site velocities // J. of Geophysical Research, Vol. 102, No. B8, 1997. - P. 18035 - 18055. - Англ.

71. Janssen V. GPS volcano monitoring // GPS Solutions, Vol. 6, 2002. - P. 128 - 130. - Англ.
72. Chen X., Langley R.B., Dragert H. Investigations of annual variations in the WCD GPS Solutions [Электронный ресурс] - Режим доступа - <http://gauss.gge.unb.ca/papers.pdf/IONGPS96>. - Англ.
73. Schaffrin B. and Zielinski J.B. Designing a covariance matrix for GPS baseline measurements // Manuscripta Geodaeica, Vol. 14, 1989. P. 19 - 27. - Англ.
74. McLellan J.F., Porter T.R., Price P.S.J. Pipeline deformation monitoring using GPS survey techniques // J. of Surveying Engineering, Vol. 115, No. 1, 1989. - P. 56 - 66. - Англ.
75. Luccio M. The concrete and the clay: monitoring large structure deformation // GPS World, Vol. 13, No. 8. -2002. - P. 16.
76. Kai-yuen Wong, King-leung Man and Wai-ye Chan. Monitoring Hong Kongs bridges // GPS World, Vol. 12, No. 7, 2001. - P. 10 - 17. - Англ.
77. Galimberti F., Sanvito S. A very spatial relationship // GPS World, V. 10, No 7, July 1999. - P. 22 - 26, 28, 30. - Англ.
78. Luccio M. Guiding weapons, finding soldiers // GPS World, Vol. 13, No. 8, 2002. - P. 30 - 32. - Англ.
79. Ruff T.M., Holden T.P. Mine eyes: Proximity alert for monster trucks // GPS World, July 2002, V. 13, No 7. - P. 16 - 22.
80. Milnes K., Ford T. Real-Time GPS FX. On-Screen Positioning of Racecars. // GPS World, Vol.12, No.9, 2001. -P.12 - 16
81. Bevly D.M., Parkinson B. Carrier-phase differential GPS for control of a tractor towed implement // ION GPS 2000, Book of Abstracts, September 19 - 22, 2000. - Salt Palace Convention Center, Salt Lake City, Utah. - Англ.
82. Bevly D.M., Recov A. and Parkinson B. Comparison of INS vs. carrier-phase DGPS for attitude determination in the control of off-road vehicles // Navigation, Vol. 47, No. 4, 2000. - P. 257 - 266. - Англ.
83. Opshaug G.R., Enge P. Robotic snow cat // ION GPS 2000, Book of Abstracts, September 19 - 22, 2000. - Salt Palace Convention Center, Salt Lake City, Utah. - Англ.
84. Cobb S., O'Connor M. Pseudolites: enhancing GPS with ground-based transmitters // GPS World, Vol. 9, No. 3, 1998. - P. 55 - 60. - Англ.
85. Schipper B., Soehren W., Mueller C.E. High performance, low cost commercial INS/GPS design // ION GPS 2000, Book of Abstracts, September 19 - 22, 2000. - Salt Palace Convention Center, Salt Lake City, Utah. - Англ.
86. Щербаков, В.В. Координатный способ диагностики железнодорожного пути / В.В. Щербаков // Современные проблемы геодезии и оптики: Сб. материалов LIII междунар. научно-техн. конф., посвящ. 70-летию СГГА, 11 - 21 марта 2003 г. Ч. III / В.В. Щербаков, К.М. Антонович, В.Д. Овчаров. - Новосибирск: СГГА, 2003. - С. 180 - 182.
87. Nielsen C.S. Polar positioning Tracking Greenlands Ice Sheet / GPS World, July

- 1999, V. 10, No 7. P. 42 - 44, 46, 48, 50.
88. Карпик, А.П. Базовые функции инструментальных программных средств ГИС / А.П. Карпик (в печати в журнале "Геодезия и аэрофотосъемка").
89. Основы геоинформатики: В 2 кн. Кн. 1: Учеб. пособие / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; Под ред. В.С. Тикунова. - М.: Издат. центр "Академия", 2004. - 352 с., с. цв. Ил.: ил.
90. Основы геоинформатики: В 2 кн. Кн. 2: Учеб. пособие / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; Под ред. В.С. Тикунова. - М.: Издат. центр "Академия", 2004. - 480 с., с. цв. Ил.: ил.
91. Де Мерс. Географические информационные системы. Основы / Де Мерс, Н. Майкл; Пер. с англ. - М.: Дата+, 1999.
92. Королев, Ю.К. Общая геоинформатика / Ю.К. Королев. Ч. 1. Теоретическая геоинформатика. Вып. 1. - М.: Изд. СП "Дата+", 1998. - 118 с.
93. Берлянт, А.М. Геоинформатика: наука, технология, учебная дисциплина / А.М. Берлянт // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. - 1992. - N 2. - С. 1 - 23.
94. Хаскольд, В. Введение в городские географические информационные системы / В. Хаскольд. - Оксфорд: Изд-во Оксфордского ун-та, 1991. - 321 с.
95. Peuquet D.J., Marble D.F. Introductory Readings in Geographic Information Systems. Taylor & Francis. London - New York - Philadelphia, 1990. - 320 p.
96. Карпик, А.П. Математическое обеспечение ГИС / А.П. Карпик, Ю.Б. Бернштейн // Изв. вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2002. - N 2. - С. 106 - 110.
97. Мартыненко, А.И. Основы ГИС: теория и практика / А.И. Мартыненко, Ю.Л. Бугаевский, С.Н. Шибалов. - М., 1995.
98. Тикунов, В.С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? Опыт формальных классификаций / В.С. Тикунов. - М.: Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. - 363 с.
99. Symposium: Mathematical processing of cartographic data. Abstract of papers. Ed. M. Remmel. Tallin, Ac. of Sc. of the Estonian S. S. R., 1979. - 100 p.
100. Лисицкий, Д.В. Основные принципы цифрового картографирования местности / Д.В. Лисицкий. - М.: Недра, 1988.
101. Тикунов, В.С. Математизация тематической картографии / В.С. Тикунов. - Препринт. Тихоокеанский институт географии. Владивосток, 1986. - 24 с.
102. Карпик, А.П. Механизмы обмена данными между приложениями МГИС в среде Windows / А.П. Карпик, Ю.Б. Бернштейн // Изв. вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2002. - N 3. - С. 140 - 147.
103. Журкин, И.Г. Выбор критерия и пространства свойств для оценки эффективности инструментально-программных средств ГИС / И.Г. Журкин // Информационные технологии. - 1999. - N 3. - С. 28.
104. Карпик, А.П. Оценка ГИС по области их использования / А.П. Карпик, С.В. Тараненко // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 225-летию МИИГАиК. Ч. Геодезия / МИИГАиК. - Москва. -

2004. - С. 439 - 446.
- 105.Руководство пользователя. Система PHOTOMOD 3.5. Программа Montage Desktop. ЗАО "Ракурс". - М., 2004. -84с
- 106.В.Я. Цветков, Информационные системы и технологии, М.: Финансы и Статистика»,1998, – 368с.
- 107.Сергей Миллер, Российский рынок программного обеспечения геоинформационных систем, <http://www.cio.uu>
- 108.Программные средства геоинформационных систем, <http://cnit.serpukhov.su>
- 109.Сайты Интернет: [http:// www.vostok.ru](http://www.vostok.ru); [www. ecomm. Kiev.ua](http://www.ecomm.kiev.ua); [myland. Org.ua/ru/](http://myland.org.ua/ru/); [www. gis.cctpu.edu.ru](http://www.gis.cctpu.edu.ru); [firststeps. Narod.ru/gis](http://firststeps.narod.ru/gis); [www. dataplus.ru/win/news/2001/may/av8.1.htm](http://www.dataplus.ru/win/news/2001/may/av8.1.htm); [http: //www. tixm. Tambov. su](http://www.tixm.tambov.su)

ПИТАННЯ ВИНЕСЕНІ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ

1. Які форми створення просторової інформації Ви знаєте?
2. З яких складових складається поняття «геоінформаційне забезпечення»?
3. Який сучасний стан геоінформаційного забезпечення?
4. Що таке «геопростір»? Його характеристики?
5. Що таке «геопросторова інформація»? Її особливості?
6. Що включає поняття «просторовий географічний предмет»?
7. Що таке «геоінформаційна система»? Її особливості?
8. Приведіть функціональну схему вивчення геопростір.
9. У чому полягає інформаційне відображення геопростір?
10. У чому полягає моделювання геопростір?
11. У чому полягає просторовий аналіз?
12. У чому полягає підготовка просторових рішень?
13. У чому полягають особливості динамічної функціональної структури геоінформаційного забезпечення?
14. У чому полягає відмінність геодезично-картографічного забезпечення від геоінформаційного забезпечення?
15. Опишіть схему розділення і взаємодії картографічної і геоінформаційної діяльності.
16. Що включає поняття «геоінформатики»? Її зв'язки з суміжними областями науки?
17. Які особливості суті геоінформаційного простору Ви знаєте?
18. Що входить в поняття: «геоінформаційний простір», «геоінформація», «геоінформаційна модель»?
19. У чому полягають відмінності геоінформаційних моделей і цифрових картографічних зображень?
20. Які геоінформаційні властивості Ви знаєте?
21. Які геоінформаційні параметри Ви знаєте?
22. Що включає в себе поняття «геоінформаційна якість»?
23. Приведіть характеристики цифрових картографічних зображень?
24. Що входить до складу геоінформаційного простору?
25. Яка структура геоінформаційного простору?
26. Що таке «цифрова карта»? Опис, склад і характеристики?
27. Що таке «електронна карта»? Опис, склад і характеристики?
28. У чому схожість і відмінність моделей геопростору?
29. У чому полягає принцип формування геоінформаційного простору?
30. У чому полягає суть цифрового картографування місцевості?
31. Що входить в систему переліки і кодування геопросторової інформації?
32. Які вимоги ставляться до системи класифікації і кодування геопросторової інформації?
33. У чому полягає правила цифрового опису об'єктів?

34. У чому полягає шифрування картографічних матеріалів?
35. Які види наземної зйомки Ви знаєте?
36. У чому полягає дистанційне зондування Землі?
37. У чому полягає створення геоінформаційних моделей?
38. Які типи прив'язки об'єктів з їх атрибутивними таблицями Ви знаєте? Вимоги до них?
39. у чому полягає створення цифрових картографічних зображень?
40. У чому полягає інформаційні основи створення цифрових картографічних зображень?
41. У чому полягає перетворення геоінформаційних моделей в цифрові картографічні моделі?
42. Як виконується створення цифрових моделей в процесі формування геоінформаційних моделей при цифруванні карт?
43. У чому полягає картографічна візуалізація?
44. Які вимоги пред'являються до складу і змісту територіального банку даних?
45. Дайте загальну характеристику супутникового методу координування?
46. У чому полягає абсолютний метод визначення координат?
47. У чому полягає диференціальний метод визначення координат?
48. У чому полягає відносний метод визначення координат?
49. У чому полягає моніторинг земної поверхні із застосуванням GPS?
50. У чому полягає моніторинг навколишнього середовища із застосуванням GPS?
51. У чому полягає моніторинг стану інженерних об'єктів із застосуванням GPS?
52. У чому полягає моніторинг положення об'єктів із застосуванням GPS?
53. У чому полягає моніторинг об'єктів при об'єднанні з іншими засобами позиціонування із застосуванням GPS?
54. У чому полягає застосування GPS в службах, що ґрунтуються на визначенні положення об'єкту?
55. У чому полягає суть геоінформаційних систем?
56. Яка класифікація геоінформаційних систем?
57. Які види координатних даних використовується в ГІС?
58. Які види атрибутивних даних використовується в ГІС?
59. Що включає поняття «шар» в геоінформаційних системах?
60. Яка організація картографічної інформації в ГІС?
61. Що включає поняття «топологія»?
62. Які базові функції інструментальних програмних засобів ГІС Ви знаєте?
63. У чому полягає забезпечення взаємодії з користувачами в ГІС?
64. У чому полягає збір геопросторових даних в ГІС?
65. У чому полягає створення баз геопросторових даних і управління ними в ГІС?

66. У чому полягає експорт/імпорт даних в геоінформаційних системах?
67. У чому полягає перетворення даних в геоінформаційних системах?
68. У чому полягає просторовий аналіз в геоінформаційних системах?
69. У чому полягає картографічна візуалізація в ГІС?
70. У чому полягає формування кінцевого продукту ГІС-обробки?
71. У чому полягає забезпечення розробки ГІС-додатків?
72. У чому полягає адміністрування в геоінформаційних системах?
73. У чому полягає деталізація основних функцій ГІС?
74. Опишіть схему формування математичного забезпечення програмних додатків геоінформаційних систем?
75. Які укрупнені блоки математичного забезпечення програмних додатків геоінформаційних систем Ви знаєте?
76. Опишіть схему математичного забезпечення програмних додатків ГІС?
77. У чому полягає математичне забезпечення геометричної частини програмних додатків геоінформаційних систем?
78. У чому полягає математичне забезпечення атрибутивної частини програмних додатків геоінформаційних систем?
79. У чому полягає математичне забезпечення інтеграції геометричних і атрибутивних даних програмних додатків геоінформаційних систем?
80. У чому полягає функціональна структура геоінформаційної системи?
81. Як виконується оцінка геоінформаційної системи по цілях використання?
82. Чим є автоматизована технологія створення геоінформаційної основи?
83. У чому суть створення земельно-інформаційної системи? Приклади
84. У чому суть створення геоінформаційної моделі і цифрової карти міста?
85. У чому суть створення системи геомоніторинга автомобільних доріг?
86. У чому суть створення автоматизованої технології технічної паспортизації і інвентаризації автомобільних доріг?
87. У чому суть створення технології цифрових кадастрових ортофотопланів смуги відведення автомобільних доріг?
88. Які задачі міського господарства можна виконувати за допомогою геоінформаційних технологій?
89. У чому суть створення автоматизованої інформаційної системи державного міського кадастру?
90. У чому суть створення автоматизованої інформаційної системи міського кадастру?
91. У чому суть створення автоматизованої інформаційної системи містобудівного кадастру?
92. У чому суть геопросторового аналізу засобами геоінформаційних технологій?