

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

Ю. В. Горковчук, Д. О. Кінь

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ГІС

Конспект лекцій
для здобувачів першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

Київ 2024

УДК 528.517 (075.8)

Г67

Рецензент А.А. Лященко, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні вченої ради факультету
геоінформаційних систем і управління територіями протокол
№ 2 від 28 серпня 2024 року.*

В авторській редакції.

Горковчук Ю.В.

Г67 Інструментальні ГІС [Електронний ресурс]: конспект лекцій /
Ю.В. Горковчук, Д.О. Кінь. – Київ : КНУБА, 2024. – 82 с.

Наведено теоретичні основи, принципи, методи і підходи до роботи з геопросторовими даними, включаючи їх збирання, аналіз, моделювання та візуалізацію, а також охоплює базові та спеціалізовані аспекти геоінформатики, наприклад, робота з базами геопросторових даних, веб-картографування, цифрова картографія та просторові операції в ГІС. Під час викладення матеріалу використані і пояснені сучасні методи цифрового картографування та побудови цифрових моделей місцевості.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

УДК 528.517 (075.8)

© Ю.В. Горковчук,
Д.О. Кінь, 2024
© КНУБА, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. <i>МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ</i>	5
<i>Лекція 1. Геоінформаційні технології в сучасному світі. Web – ГІС</i>	5
<i>Лекція 2. Просторова інформація у середовищі ГІС</i>	17
<i>Лекція 3. Правила цифрового опису векторних даних. Топологія</i>	22
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. <i>ЦИФРОВА КАРТОГРАФІЯ. ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ ЗАСОБАМИ ГІС</i>	28
<i>Лекція 4. Геоінформаційне картографування. Геовізуалізація</i>	28
<i>Лекція 5. Якість цифрових картографічних даних</i>	46
<i>Лекція 6. Геооброблення. Просторові операції в ГІС. DATA FUSION</i>	53
<i>Лекція 7. Грошова оцінка земель</i>	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	78

ВСТУП

Конспект лекцій підготовлено відповідно до розділів програми з навчальної дисципліни «Інструментальні ГІС» освітньо-професійної програми КНУБА з підготовки здобувачів вищої освіти на першому (бакалаврському) рівні за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» спеціалізаціями «Геоінформаційні системи і технології», «Геодезія», «Землеустрій і кадастр» для очної та заочної форм навчання.

До основних дисциплін, що сприятимуть засвоєнню завдань та змісту робіт у середовищі геоінформаційних систем, є «Вступ до фаху», «Основи геодезії», «Основи картографії», «Основи геоінформатики», «Технології фотограмметричних знімків».

Метою цього конспекту лекцій є формування у здобувачів вищої освіти компетентностей з теоретичних основ, принципів, підходів та методів опрацювання геопросторових даних з використанням інструментальних геоінформаційних систем.

Цей конспект лекцій забезпечує знаннями про принципи, методи і підходи до роботи з геопросторовими даними, включаючи їх збирання, аналіз, моделювання та візуалізацію, а також охоплює базові та спеціалізовані аспекти геоінформатики, наприклад, робота з базами геопросторових даних, веб-картографування, цифрова картографія та просторові операції в ГІС.

Здобувач:

1) володітиме теоретичними основами геоінформатики, включаючи принципи роботи інструментальних ГІС;

2) умітиме працювати з геопросторовими даними, включаючи їх збирання, моделювання та аналіз.

3) навчиться використовувати сучасні програмні засоби для вирішення завдань геодезії та землеустрою, у тому числі за допомогою сучасних методів цифрового картографування та побудови цифрових моделей місцевості.

5) навчиться розробляти та впроваджувати технічні рішення для просторових задач з використанням інструментальних ГІС.

Конспект складається з двох змістових модулів, що містять 7 тем, які є матеріалами для 7 лекцій освітньої компоненти.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Лекція 1. Геоінформаційні технології в сучасному світі. Web – ГІС

Геоінформатика в певному розумінні є науково-технічним напрямком розвитку загальної інформатики – наукової дисципліни, що об'єднує теорію та практику створення і використання інформації та у міжгалузевому науковому розумінні розглядається як багатозначна, багатофункціональна категорія. Запроваджено цей термін у Франції в середині 60-х років XX ст., коли розпочалося широке використання обчислювальної техніки. Тоді ж в англomовних країнах увійшов до вжитку термін «Computer Science» для позначення науки про перетворення інформації, що ґрунтується на використанні обчислювальної техніки. Тепер ці терміни є синонімами. Основне теоретичне завдання інформатики полягає у визначенні загальних закономірностей, відповідно до яких створюється інформація, відбувається її перетворення, передавання та використання у різних сферах діяльності людини.

Прикладні завдання інформатики полягають у розробці найефективніших методів і засобів здійснення інформаційних процесів, у визначенні способів оптимальної наукової комунікації у самій науці та між наукою і виробництвом.

Це все в повній мірі стосується і геоінформатики, але об'єктом є просторова інформація.

Стандартизація географічної інформації найповніше розкривається набором стандартів, які поєднують детальний опис понять географічної інформації з поняттями інформаційних технологій. Мета стандартизації – сприяння взаємодії географічних інформаційних систем, включаючи взаємодію в розподілених обчислювальних середовищах.

Комплекс стандартів географічної інформації ISO 19100 встановлює структурований набір стандартів для інформації, що стосується об'єктів або явищ, які безпосередньо чи опосередковано пов'язані з місцеположенням відносно Землі. Цей стандарт визначає методи, засоби та сервіси керування географічною інформацією, включаючи визначення, збирання, аналіз, доступ, подання та передавання таких даних у цифровому/електронному вигляді між різними

користувачами, системами та місцями розміщення

В межах інформатики, як технічної науки можна сформулювати поняття геоінформації, геоінформаційної системи та геоінформаційної технології.

Якщо конкретизувати терміни “дані”, “інформація”, “знання”, стосовно до оперування ними в інформаційній системі, можна відзначити, що, маючи багато спільного, ці поняття розрізняються за своєю суттю. Під даними розуміють сукупність фактів, відомих про об'єкти, або результати вимірювання цих об'єктів [1 – 3]. Дані, що використовуються в ГІС, відрізняються високим ступенем формалізації. Дані – це ніби будівельний елемент у процесі створення інформації, оскільки її отримують у процесі обробки даних. Стосовно до ГІС під інформацією розуміють сукупність відомостей, що визначають міру наших знань про об'єкт. У такому контексті знання можна розглядати як результат інтерпретації інформації. Найзагальніше визначення: знання – результат пізнання дійсності, що отримав підтвердження на практиці. Наукове знання відрізняється своєю систематичністю, обґрунтованістю і високим ступенем структуризації. Інформаційні системи можна розглядати як ефективний інструмент отримання знань.

Не можна розглядати геоінформатику як «науку, технологію і виробничу діяльність з наукового обґрунтування, проектування, створення, експлуатації і використання географічних інформаційних систем», оскільки існують і наукові, і технологічні, і виробничі аспекти геоінформатики, що виходять за межі проблем геоінформаційних систем. Як такі можна назвати фундаментальні дослідження з теорії геоінформації і просторового аналізу, розроблення технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і методів автоматизованої обробки даних ДЗЗ, дослідження у сфері GPS–технологій (технологій, що ґрунтуються на глобальній (супутниковій) системі позиціонування) тощо [4].

Використання терміну «географічних» не є доцільним, тому що обмежує сферу застосування ГІС в тематичному контексті географії та географічних наук (геології, геодезії, тощо). Практика застосування ГІС технологій сьогодні свідчить про багатогалузевий характер геоінформатики як науки та існування геоінформаційного методу дослідження як самостійного методу наукового пізнання, в рамках якого визначено предмет та метод геоінформатики.

Визначення геоінформаційних систем є вже класичним для нашої з вами професійної сфери – це є сукупність методів та моделей збирання, оброблення та відображення просторових даних

Таким чином, ГІС – це інформаційні системи, які від інших інформаційних систем відрізняються наявністю сукупності здатних генерувати нове знання аналітичних методів аналізу з використанням як просторових, так і непросторових даних.

Перші геоінформаційні системи були розроблені у кінці 1950-х – 1960-х роках у Західній Європі, США та Канаді.

Якщо перший етап розвитку геоінформаційних систем багато, хто називає піонерним, то другий - етапом державних ініціатив.

Проектування геоінформаційних систем виявилось дуже витратним, тому зросла роль фінансування державою геоінформаційних проєктів. У цей період було створено безліч комп'ютерних систем та програм, створення і поширення яких сприяли демонополізації досліджень в напрямку ГІС-технологій. Тісне об'єднання міждисциплінарних досліджень, їх скерованість на вирішення складових завдань, які є споріднені із територіальним плануванням, управлінням і проєктуванням, що привели до виробництва інтегрованих ГІС, які характеризувалися універсальністю.

Третій період розвитку ГІС почався в 1980-х роках. Його основною рисою став бурхливий розвиток корпоративних і розподілених геоданих на основі комерціалізації геоінформаційних технологій, інтеграції ГІС і СУБД, а також розробки мережових додатків.

Для 90-х років ХХ ст. притаманне збільшення політичного, комерційного та наукового інтересу до ГІС. Це в свою чергу призвело до посилення конкуренції, і як наслідок – активізації досліджень та вдосконалення. Багато фахівців називають цей етап користувацьким, коли конкуренція призводить до того, що головну роль на ринку починає грати покупець, його вподобання і потреби. Велику роль в активізації розробки геоінформаційних технологій зіграло поява безкоштовних ГІС.

У 2000 рр. ХХІ ст. почалися процеси глобалізації геоінформаційної інфраструктури. У минулі роки зусилля концентрувалися на створенні просторових баз даних, на накопиченні даних [5 – 7]. Це у свою чергу привело до необхідності поширення геопросторових даних і обміну даними. В урядовому розпорядженні 1994 р. про національну інфраструктуру геопросторових даних Президента США Уїльяма

Дж. Клінтона геоінформаційним технологіям надається наступне значення: "Географічна інформація є найважливішою умовою забезпечення економічного розвитку, вдосконалення управління природними ресурсами і охорони довкілля" [7 – 9].

Сьогодні ГІС – це одна з найперспективніших технологій, яка активно розвивається і вдосконалюється. За статистикою понад 60% сукупної інформації, яка міститься в корпоративних базах даних, має просторову прив'язку. В цілому ж просторову складову має більше 70% всієї інформації, яку використовує людина.

Функції ГІС, у свою чергу, виникають із чотирьох типів розв'язуваних нею завдань (рис. 1.1):

- 1) збирання даних;
- 2) їх обробки (опрацювання);
- 3) моделювання і аналізу;
- 4) їх використання у процесах прийняття рішень.

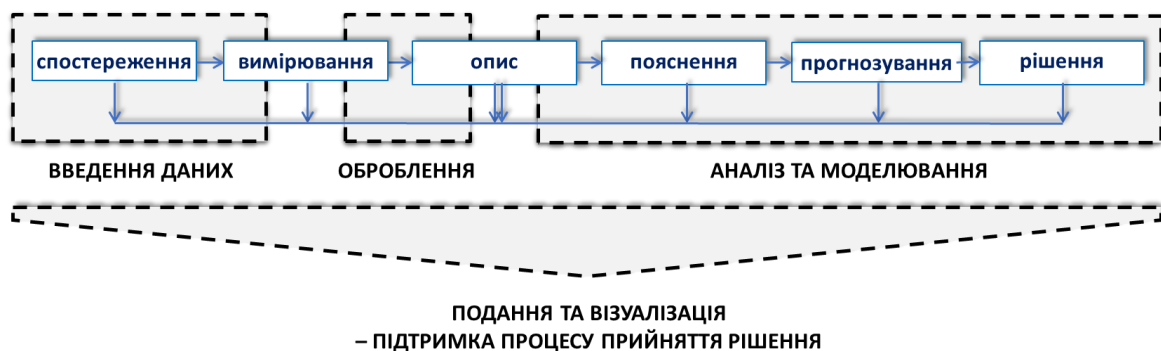


Рис. 1.1. Функції ГІС

Ця схема відповідає сучасним повномасштабним багатофункціональним й універсальним ГІС, хоча в конкретних реалізаціях можлива зміна балансу між окремими їх блоками або редукування окремих підсистем (модулів). В історичному аспекті нарощування функціональних можливостей ГІС і відповідно, ускладнення їх структури відбувалось по лінії: від інвентаризації через аналіз і моделювання до управління.

У сучасній концепції геопросторової інформації (рис. 1.2) виділяються чотири основні функціональні аспекти геопросторових даних, а саме: системи баз геопросторових даних, картографія, комунікація та просторовий аналіз, кожен з яких обслуговує одну або більше конкретних, але взаємопов'язаних прикладних областей.

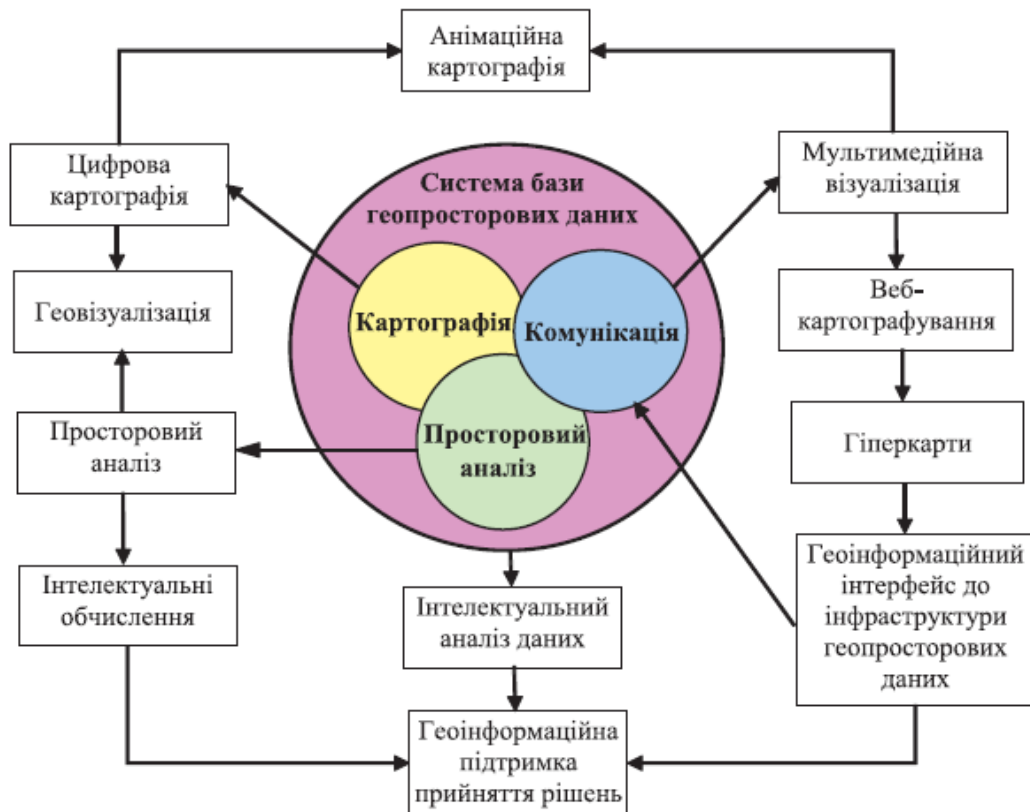


Рис. 1.2. Концепція геопросторової інформації (за проф. Ляценка А.А.)

Компонента баз геопросторових даних відіграє основну і вирішальну роль у новій концепції застосування географічної інформації та новій архітектурі геоінформаційних систем як складової інфраструктури геопросторових даних. Орієнтований на бази даних, такий підхід дає можливість суттєво підвищити ефективність використання геопросторової інформації в системах підтримки прийняття рішень порівняно з традиційним ГІС-центричним підходом.

Визначено 5 головних складових геоінформаційної системи:

1. Апаратні або Технічні засоби - це окремі комп'ютери або системи комп'ютерів з мережевим устаткуванням розвиваються дуже швидко і вимагають спеціального обговорення поза цим курсом.

2. Програмне забезпечення ГІС можна представити як сукупність взаємозв'язаних концентричних оболонок: ядро такої сукупності складає системне програмне забезпечення, у тому числі операційна система, система управління базою даних та ін. Оболонкою ядра є базовий інструментальний програмний засіб ГІС, який забезпечує виконання всіх функцій: введення, інтеграція, зберігання, обробка, аналіз і презентація географічній інформації.

3. Інформаційне забезпечення - сукупність масивів інформації, систем кодування і класифікації інформації. Інформаційне забезпечення складають реалізовані рішення за видами, обсягами, розміщенню і формам організації інформації, включаючи пошук і оцінку джерел даних, набір методів введення даних, проєктування баз даних, їх ведення та супровід. Дані - найбільш важливий компонент ГІС. Створення географічних даних - найбільш трудомістка, дорога і відповідальна частина ГІС. За світовими оцінками вартість географічних даних складає до 80-90 % вартості системи. Тому під час створення ГІС виключно важливими є завдання:

- збереження даних тривалий період часу - до 80 років;
- можливості обміну даними між системами, що існують сьогодні;
- можливості передачі даних в майбутні системи в умовах, коли програмно-технічне забезпечення істотно міняється через 2-3 роки. Формати даних тут є визначальними. Вони мають бути або загальноприйнятими, або такими, що дає змогу робити обмін даними.

4. Методи і алгоритми аналізу встановлюють суворі правила системної організації даних, інформаційної діяльності і технології робіт. Розробку методів функціонування системи ведуть в період планування та розроблення прикладних ГІС.

5. Обов'язковою умовою реалізації ГІС є наявність найважливішого компонента – думаючих користувачів, які мають підготовку для вивчення земного простору, роботи з географічними даними, уміють працювати в середовищі ГІС-прикладань, створювати їх і підтримувати, мають певні знання з предметної сфери застосування ГІС. Для створення ГІС потрібні розробники, а для функціонування – користувачі, причому кількість останніх складає переважну більшість.

В архітектурі сучасних ГІС, які за еволюцією геоінформаційних систем належать до ГІС третього покоління [2], спостерігається їх повне інтегрування з універсальними СКБД, а також їх вихід у глобальний інформаційний простір через Інтернет. (рис. 1.3) У таких ГІС обидві компоненти моделі географічних об'єктів (атрибутивна й просторова) зберігаються в середовищі єдиної бази даних, а розширена мова SQL дає змогу описувати множину просторових предикатів для виконання просторового аналізу.

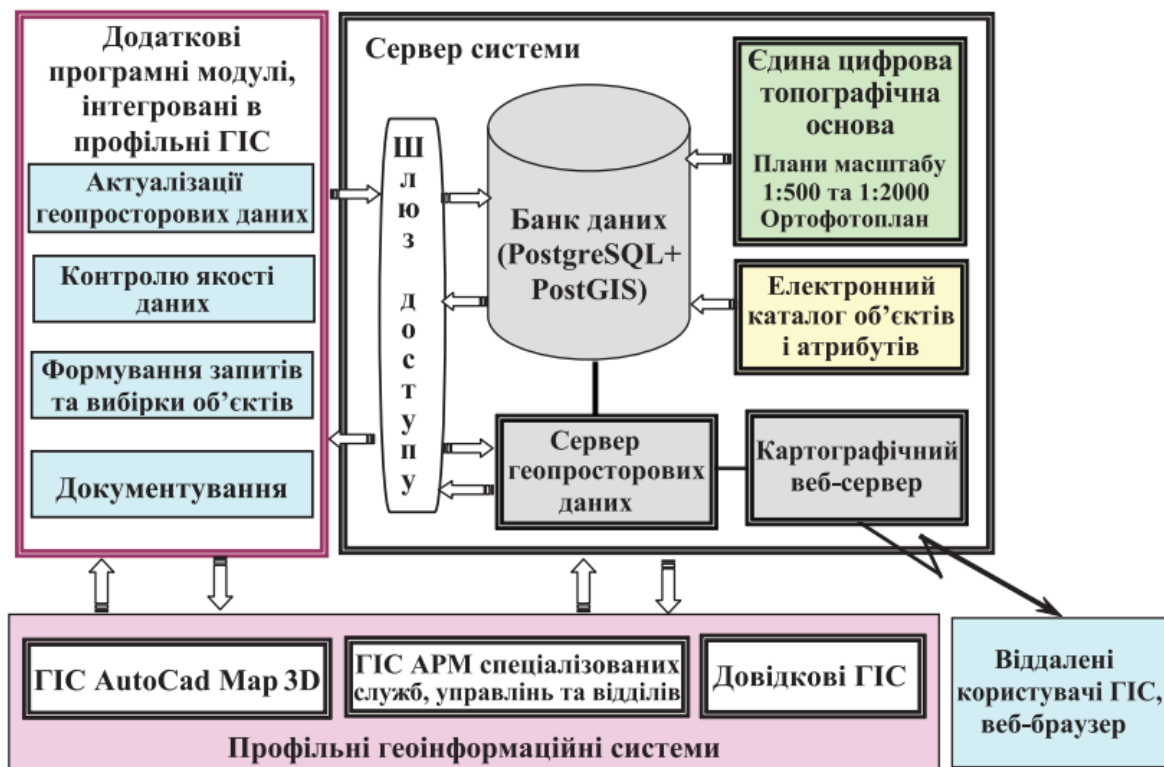


Рис. 1.3. Сервіс-орієнтована архітектура ГІС (за проф. Лященко А.А.)

Використання заснованого на базах даних підходу до просторової інформації забезпечує такі основні переваги, як централізація просторових і непросторових даних в єдиному середовищі, багатопотокове використання, незалежність даних від типу інструментальної ГІС, реальне розмежування доступу, цілісність і реплікація даних тощо [10 – 13].

Підсистема збору даних, яка збирає і проводить попередню обробку даних з різних джерел. Ця підсистема також в основному відповідає за перетворення різних типів просторових даних (наприклад, від ізоліній топографічної карти до моделі рельєфу).

Підсистема зберігання і вибірки даних, що організовує просторові дані з метою їх вибірки або редагування.

Підсистема маніпуляції даними і аналізу, яка, виконавши різні завдання на основі цих даних, групує і розділяє їх, встановлює параметри й обмеження та виконує моделювання.

Підсистема візуалізації, яка відображає всю базу даних або її частину в табличній, картографічній формі або у вигляді дашборду.

Таким чином, будь яка інструментальна геоінформаційна система складається з трьох функціональних компонентів:

- Управління даними на основі БГД.

- Аналізу – на основі алгоритмів та функцій геооброблення.
- Візуалізації – що забезпечує подання результатів на основі використання загальноприйнятих картографічних правил і символів.

У професійній літературі існує декілька підходів до класифікації ГІС за такими ознаками [10]:

- 1) за характером проблемно-процесорної моделі;
- 2) за структурою моделі бази даних; виділяють за територіальним охопленням загальнонаціональні та регіональні ГІС; за метою – багатоцільові, спеціалізовані, в тому числі інформаційно-довідкові, інвентаризаційні, для потреб планування, управління тощо; за тематичним спрямуванням (орієнтацією) – (загальногеографічні, галузеві, в тому числі водних ресурсів, використання земель, лісовикористання, туризму, рекреації та інші).

Веб-ГІС включає в себе не лише спосіб подання кінцевому користувачу просторової інформації – у вигляді цифрової чи електронної карти, а і особливості накопичення, зберігання геоданих, та технології технічного і програмного забезпечення, алгоритми аналізу та візуалізації

Розширення сфер застосування ГІС у 1990-х роках та їх практична спроможність перетворитися в засіб інтегрування різноманітних даних про навколишнє середовище стимулювали розвиток в універсальних СКБД засобів для подання та маніпулювання просторовими і багатовимірними даними. В архітектурі сучасних ГІС, які за еволюцією геоінформаційних систем належать до ГІС третього покоління [11], спостерігається їх повне інтегрування з універсальними СКБД, а також їх вихід у глобальний інформаційний простір через Інтернет. У таких ГІС обидві компоненти моделі географічних об'єктів (атрибутивна й просторова) зберігаються в середовищі єдиної бази даних, а розширена мова SQL дає змогу описувати множину просторових предикатів для виконання просторового аналізу. Далі ми будемо говорити про сервіси та сервери, що забезпечують поширення просторових даних і Інтернет

Мінімальна архітектура веб-ГІС складається з одного клієнта і одного серверу. В основі веб-ГІС покладено веб-сервіси, які забезпечують доступ до просторових даних, їх обробку, аналіз, пошук та візуалізацію. Зокрема, картографічні сервіси відповідають за відображення картографічного зображення; сервіси геообробки — за моделювання та аналіз просторових зв'язків між об'єктами. Для використання веб-ГІС не потрібно спеціалізоване програмне забезпечення чи високий рівень

кваліфікації — достатньо звичайного веб-браузера (Firefox, Google Chrome, Safari) та підключення до мережі Інтернет. В якості програмної платформи створення веб-ГІС можуть бути використані різноманітні серверні ГІС: MapServer, GeoServer — з відкритим кодом і вільною ліцензією, та ряд пропрієтарних продуктів. Інтерфейсна частина веб-ГІС розробляється з використанням базових веб-технологій (HTML, CSS, JavaScript), фреймворків (Bootstrap, Materialize) та бібліотек (Leaflet, Openlayers).

На веб-клієнті відображається набір HTML-сторінок, динамічно згенерованих у браузері. WMS приймає запит від клієнта (браузера) у формі HTTP URL-строки і повертає відповідь на запит в одному з форматів: XML, GIF, GML. ПД з БД можна знайти і використовувати WMS для генерації GML-документів або формування карт. Користувач взаємодіє з браузером, результатом чого є посилення HTTP-запиту на WMS-клієнт, який його обробляє і передає серверу додатків. Сервер додатків, у свою чергу, передає запити на розміщення, приймає відповідь і передає динамічно створені HTML-сторінки браузера.

Сучасний етап розвитку веб-сервісів для векторних моделей даних пов'язаний з розробленням об'єктно-реляційних баз геопросторових даних та заснованими на XML-мові графічних векторних форматів (GML, KML, SVG, XAML тощо), завдяки яким створюються уніфіковані геоінформаційні сервіси доступу до геопросторових даних, формування електронних карт та ГІС – додатки (аплети), що доповнюють стандартні веб-браузери функціями взаємодії з геоінформаційними сервісами, візуалізації й підтримки інтерактивних електронних карт. Основу стандартизації серверів закладено в технічних специфікаціях відкритого геопросторо вого консорціуму OGC, в яких зокрема визначено такі основні типи ГІС – сервісів.

Картографічний веб-сервіс WMS (Web Map Service) надає клієнтському додатку растрове зображення карти, сформоване на основі його запиту. Інтерфейс WMS дуже простий – у специфікації передбачено всього три види запитів – GetCapabilities, GetMap і GetFeatureInfo.

З назв запитів випливає, що у відповідь на них сервіс повертає свої характеристики, зображення сформованої карти або атрибути вибраного об'єкта. Взаємодія з WMS здійснюється мовою XML, запити й відповіді передаються за протоколом HTTP. Отже, WMS дає змогу легко вбудовувати інтерактивні карти у web-сторінки будь-якого сайту.

Веб-сервіс географічних об'єктів WFS (Web Feature Service) передає

на клієнтську частину ГІС-аплікації векторні моделі даних з використанням мови географічної розмітки GML (Geography Markup Language). Практично WFS дає змогу клієнтському ГІС – додатку створювати багат шарові карти, у яких шари беруться з різних джерел. Растрові зображення від WMS та CPS не прозорі, а тому неможливо накладати зображення від різних сервісів цих типів. Векторні ж дані, отримані від різних WFS, цілком для цього придатні.

Картографічні веб-сервера (MapServer, GeoServer, OpenLayers) - Ціле сімейство продуктів вільного і пропрієтарного характеру, призначених для швидкої публікації даних користувача у веб. Ці інструменти дають змогу створити інтерфейс потрібної складності, інтегрувати сервіс з базою даних, підтримує класи просторових даних (PostgreSQL, SQL Server, MySQL, ArcSDE). Головна відмінність подібних систем від Google Maps є повний контроль над програмним забезпеченням і самими даними, однак натомість доводиться розплачуватися більшою складністю установки і настройки, часто вимагає хоча б початкових знань мов програмування (javascript, php) і основ адміністрування. ін.) - ціле сімейство продуктів вільного і пропрієтарного характеру, призначених для швидкої публікації даних користувача у веб. Ці інструменти дають змогу створити інтерфейс потрібної складності, інтегрувати сервіс з базою даних, підтримує класи просторових даних (PostgreSQL, SQL Server, MySQL, ArcSDE). Головна відмінність подібних систем від Google Maps є повний контроль над програмним забезпеченням і самими даними, однак натомість доводиться розплачуватися більшою складністю установки і настройки, часто вимагає хоча б початкових знань мов програмування (javascript, php) і основ адміністрування.

Сучасне програмне забезпечення, доступ до баз даних і можливість миттєвої перехресної комунікації дають змогу колективно створювати «в онлайні» загальнодоступні електронні карти з будь-якою геопросторовою інформацією, що оновлюється в режимі реального часу.

В загальному така технологія залучення широкого кола непрофесійних користувачів до виробничих процесів отримала назву краудсорсинг. В літературі також зустрічається поняття «сумісне картографування».

Всі ми використовуємо Location-based service інформаційна послуга щодо визначенні поточного місця розташування мобільного телефону користувача. LBS не обов'язково використовують технологію

GPS або ін. супутникові системи для визначення місцезнаходження. Розташування мобільного об'єкта, наприклад, може бути визначено з використанням заздалегідь відомої інформації про розташування базових станцій мереж стільникового зв'язку GSM, та ін, а також за допомогою даних про розташування точок доступу Wi-Fi. У різних стандартах радіозв'язку точність може коливатися від багатьох десятків кілометрів до 50 м у WCDMA і LTE.

Спектр застосування тут надзвичайно широкий: від спеціалізованих до суто побутових потреб (наприклад – міська інфраструктура, шопінг, маршрути, погода тощо).

Прикладами таких проєктів є проєкт Open Street Map або спільнота Google Earth. На даний момент на базі Інтернет швидко формується глобальна, інтерактивна, розгалужена інфраструктура веб-картографії, що нараховує, крім професіоналів, мільйони пересічних користувачів-учасників по всьому світу (для прикладу – лише спільнота відкритого веб-сервісу OpenStreetMap налічує більше 400 000 членів) [14].

Надзвичайно ефективним виявився цей алгоритм у попередженні й ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та гуманітарних катастроф, що призвело до виникнення і швидкого збільшення сегменту т. зв. кризової веб-картографії (англ. – crisis mapping). Як і у випадку з іншими відкритими проєктами, забезпечення якості залишається під питанням. Надійність Інтернету та інфраструктури веб-серверів ще не достатньо забезпечена. Особливо, якщо веб-карта спирається на зовнішні розподілені джерела даних, автор оригіналу часто не може гарантувати достовірність та доступність інформації.

Визначення хмарних обчислень на перший погляд дуже заплутане: це модель надання повсюдного та зручного мережевого доступу до загального пулу обчислювальних ресурсів, що конфігуруються в режимі реального часу та можуть бути швидко надані з мінімальним управлінням та необхідності взаємодії з провайдером.

Для того щоб краще уявити, що таке cloud computing, можна навести простий приклад: раніше користувач для доступу до електронної пошти вдавався до певного ПЗ (месенджери та програми), встановленого на його ПК, тепер він просто заходить на сайт тієї компанії, чії послуги електронної пошти йому подобаються безпосередньо через браузер, без використання посередників.

З 2006 року компанія Amazon подає свою інфраструктуру веб-сервісів, що не тільки забезпечують хостинг, але й надають клієнту

потужності видалено.

Існує три моделі обслуговування хмарних обчислень:

1. Програмне забезпечення як послуга (SaaS, Software as a Service). Користувачу надаються програмні засоби - програми провайдера, що працюють на хмарній інфраструктурі.

2. Платформа як послуга (PaaS, Platform as a Service). Користувач має засоби для розгортання на хмарній інфраструктурі власних додатків, інструменти та мова програмування яких підтримуються хмарою.

3. Інфраструктура як послуга (IaaS, Infrastructure as a Service). Користувачу надаються засоби оброблення і зберігання даних, мережі та інші базові обчислювальні ресурси, на яких користувач може розгорнути і виконувати довільне програмне забезпечення, включаючи операційні системи та додатки.

Контрольні запитання

1. Що таке геопросторові дані?
2. Що таке краудсорсинг?
3. Які принципи роботи геопорталу?
4. Назвіть типи геоінформаційних сервісів.
5. Які складові архітектури веб-ГІС? Опишіть кожен рівень.
6. Назвіть складові геоінформаційної системи.

Лекція 2. Просторова інформація у середовищі ГІС

У формалізованому вигляді географічна інформація подається географічними даними. Географічні дані є єдністю двох компонентів – геопросторової та тематичної.

Геопросторова компонента характеризує локальні властивості земного простору – місце розташування, форму, розміри, просторові відношення об'єктів Землі. Просторовий компонент має два ключові аспекти: абсолютне місце розташування, яке визначається системою координат, і топологічні відношення до інших сутностей [11, 15].

Тематична компонента це змінні або атрибути, які можуть бути вивчені, розглядаючи тематичний контекст місця розташування.

Концепція шарів є одним із загальноприйнятих підходів організації просторової інформації. Суть його полягає в тому, що різноманітна інформація про певну територію організується у вигляді набору тематичних шарів, що містять географічні об'єкти одного типу. Кожний шар може містити лише об'єкти одного типу з однаковими атрибутами. Спосіб формалізації географічних об'єктів в ГІС залежить від природи самого об'єкту [11, 15]:

- дискретні об'єкти моделюються за допомогою геометричних примітивів – точок, ліній та полігонів;
- безперервні або географічні поля – за допомогою цифрових моделей місцевості, таких як GRID та TIN.

Компоненти географічних даних трансформуються в геометрію, атрибути та поведінку. Геометрія подає географічні особливості, пов'язані з реальним місцеположенням. Географічні особливості абстрагуються в точки, лінії, або полігони. Атрибути надають описові характеристики географічних об'єктів. Поведінка означає, що географічні об'єкти можуть бути створені з дотриманням певних правил редагування, перегляду або аналізу, залежно від обставин, визначених користувачем.

Властивості географічних об'єктів подаються в ГІС набором атрибутів. Атрибут (attribute) – властивість, якісна або кількісна ознака, що характеризує просторовий об'єкт, Набори значень атрибутів (attribute value) зазвичай подаються у формі таблиць реляційних баз даних. Тоді рядок (запис) відповідає атрибутам одного об'єкта, а стовпець (поле) - атрибуту одного типу. Для впорядкування, зберігання і маніпулювання атрибутивними даними використовуються засоби систем керування базами даних (СКБД).

Для атрибутів найважливішою характеристикою є тип даних, або тип використаної шкали вимірів.

Для подальшого просторового аналізу важливими є поняття просторової величини та інтенсивності, що подають дані та їх відношення на одиницю площі відповідно.

Для атрибутів найважливішою характеристикою є тип даних, або тип використаної шкали вимірів. Шкали виміру даних розділяються на шкали відношень, інтервальні, порядкові і номінальні. Загальноприйняте ділення шкал (і, відповідно, даних в цих шкалах) на якісні й кількісні. До кількісних відносять інтервальну (інтервалів) і раціональну (відношень) шкали, до якісних відносять шкали номінальну (найменувань) і ординальну (порядкову, рангову).

Розрізняють атрибути з фіксованими та змінними доменами значень.

Атрибут вважається з фіксованим доменом, коли його значення відоме, обмежене та наперед задане, наприклад, переліком фіксованих значень. Об'єкт БТД може не мати атрибутів з фіксованим доменом.

Обраний тип даних для атрибуту визначає множину припустимих значень та набір можливих операцій в подальшому.

Атрибут вважається зі змінним доменом, коли множина значень, які може приймати атрибут, не дає змогу одному з них однозначно встановлювати їхній домен або такий домен задається числовим інтервалом. Об'єкт БТД може не мати атрибутів зі змінним доменом.

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

Також тип даних впливає на розмір виділеної пам'яті. Для сучасних комп'ютерів, що мають великі обсяги пам'яті на жорстких дисках, це не так важливо, однак розглянемо крайній випадок: ви зберігаєте значення у полі бази даних для чисел з плаваючою комою подвійної точності, тоді як насправді це просто короткі цілі числа. Короткі числа вимагають 2 байтів для зберігання, тоді як подвійної точності – 8 байтів. У такому

випадку ми збільшуємо вчетверо обсяг простору, необхідний для зберігання цього поля. Перемножуючи це на кілька полів в базі даних і, потенційно, на десятки тисяч записів (або і більше) в таблиці, ми можемо зіткнутися зі значною втратою простору. Також імовірно, що час записування на диск та зчитування з диску, а також трафік в мережі зазнають пропорційного впливу.

Другою причиною є відображення. Для тестування швидкості оброблення даних була розроблена маленька комп'ютерна програма, що виконувала дуже простий розрахунок, але дуже багато разів (100 мільйонів разів). Використовуючи довгі цілі числа, програма виконала обчислення за 6 секунд. Проста заміна типу даних на числа з плаваючою комою подвійної точності збільшила час виконання того ж розрахунку до 11 секунд.

Сукупність даних про просторові об'єкти зберігається у геопросторових базах даних. На прикладі файлової БГД ArcGIS розглянемо три основні її елементи: набір даних і у його складі або окремо класи просторових об'єктів (Feature classes); класи відношень та растрові каталоги. Геометрична мережа та топологія – окремі елементи БГД, що можуть бути визначені в межах набору даних. Геопосилання є окремим елементом БГД, зважаючи на його важливість для подальшого оперування даними про географічні об'єкти.

Ці набори даних можна розглядати як універсальну відправну точку для розробки бази геоданих. Як правило, існує ряд додаткових елементів і типів наборів даних, які можуть бути використані для моделювання складної поведінки, підвищення цілісності даних, для розширення можливостей бази геоданих в управлінні тощо.

Останній компонент просторових даних – поведінка – формалізується у вигляді набору правил та топології. Наприклад, «земельні ділянки подаються замкнутими полігонами». Точка перетину вулиці має мати вузол. Порушення будь яких правил знижує якість даних та обмежує їх використання для аналізу. Детально про поняття топології ми будемо говорити далі.

Вектор визначається як відрізок прямої, якому привласнений певний позитивний напрям. Вектор має початок, кінець, довжину та напрям. Операції над векторами: складання, віднімання, множення скалярне, множення векторне, множення змішане. Векторний апарат покладений в основу створення векторних моделей географічних об'єктів.

У ГІС подання географічних об'єктів [11, 15] виконують за допомогою відображення їх геометричної форми на двовимірній

площині з використанням елементарних графічних примітивів: точок (нуль-мірних векторів) ліній (поліліній, утворених плоскими двовимірними векторами) полігонів (форм, обмежених замкнутою послідовністю двовимірних векторів).

Кожне векторне утворення в цифровій формі подається координатними парами X, Y . Точковий географічний об'єкт представляється однією координатною парою X, Y . Лінійний географічний об'єкт представляється послідовністю координатних пар $X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3; \dots$ сегментів полілінії. Полігональний географічний об'єкт подається послідовністю координатних пар $X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3; \dots; X_1, Y_1$ сегментів полігону. У цьому списку збіг першої і останньої пари координат означає, що полігон замкнутий [11, 15].

Оскільки всі дискретні дані, включаючи лінії та полігони, зрештою побудовані з точок, ці дані легко переміщувати, просто перераховуючи координати їх постійних точок. На схемі подано мінімальна топологія точки, лінії та полігону, що відображає обов'язкові атрибути для кожного з них та можливі описові атрибути для прикладу

Для відображення безперервних послідовностей реального світу використовують растрові моделі даних. Растр (Raster, Tessellation) в ГІС – модель географічного простору у вигляді регулярної матриці суміжних комірок або чарунок, локалізованих в реальному земному просторі.

Для опису растру необхідно визначити вихідну точку, орієнтацію, кількість рядків та стовпчиків, а також розмір комірки

У порівнянні з векторними моделями растрові моделі володіють наступними недоліками: географічні об'єкти характеризуються менш точною інформацією про місце розташування і розміри; растри вимагають великих об'ємів пам'яті. Представлення географічних об'єктів растровими моделями має наступні переваги: растр відображує безперервно охоплювану територію; растрові дані простіше для обробки і забезпечують вищу швидкодію; введення растрових даних менш трудомістке.

Робота з растрами починається з прив'язки – переходу від файлової системи координат в географічну або прямокутну.

Прив'язка виконується в декілька етапів, найважливішим з яких є вибір математичної моделі трансформації.

Модель трансформації визначає наскільки сильно буде деформовано вихідне зображення для більш точної відповідності введеним опорним точкам. Афінна модель трансформації найменше спотворює растр, змінюється лише його масштаб, зрушення та поворот.

Поліноміальне перетворення дає змогу керувати кривизною ліній

(ступінь якої залежить від порядку полінома) тощо. Вибір моделі трансформації визначається тим, який результат необхідно отримати та які вихідні матеріали використовуються.

Перетворення 2-го порядку можуть бути використані для перетворення даних в географічній системі координат (широта, довгота) у прямокутну, для перетворення даних великих областей (для врахування кривизни Землі), для точної прив'язки спотворених з тієї чи іншої причини даних (наприклад, з- через спотворення лінз камери, погано відсканованих матеріалів) і т.д.

Перетворення вищих порядків дає змогу коригувати дуже складних типів спотворень. Однак для використання перетворень вищих порядків потрібна більша кількість контрольних точок.

Цінність геопросторових даних визначається їх якістю. Поняття якості дуже широке, на етапі знайомства ми розглянемо дві компоненти: точність та достовірність даних.

Точність виражає найменший можливий поділ у шкалі, який використовується для вимірювання кожного спостереження. З іншого боку, достовірність описує, наскільки близькі наші вимірювання до фактичного значення.

Контрольні запитання

7. Які існують типи даних? Назвіть їх призначення.
8. Що таке атрибут?
9. Які існують структури даних?
10. Назвіть елементи бази геопросторових даних
11. Назвіть геометричні примітиви.
12. Як геометрія зберігається у базах геопросторових даних?
13. Як геометрія подається у геоінформаційній системі?

Лекція 3. Правила цифрового опису векторних даних. Топологія

Відношення - філософська категорія або науковий термін, що означає будь-яке поняття, яке подає певне співвідношення (зв'язок) двох і більше об'єктів.

Існують різні типи структур, які можуть подавати відношення: алгебраїчні вирази; структури, побудовані на рівнях порядку та топологічні структури.

Алгебраїчні вирази реалізуються через закон композиції. «Це таке відношення між трьома елементами, яке однозначно визначає третій елемент як функцію двох перших».

Структури ступеня порядку – це відношення між двома елементами x, y , яке, як приклад, виражається словами « x менше чи дорівнює y ».

Також існує тип структур – топологічний, що використовують теоретично-множинні відношення, поняття навколо точки, межі і безперервність, яких призводить до формування простору.

Очевидно, що всі три типи перелічених структур реалізуються в геоінформатиці та є предметом її дослідження. Звідси впливає важливість відносин і їх фіксації тим чи іншим способом.

Перетин – просторово-логічні відносини між лінійними та площинними об'єктами, що мають декілька спільних точок. Найчастіше такі відношення моделюються в завданнях логістики під час розв'язання практичних задач прокладання маршруту, пошуку найкоротшого шляху тощо.

Окремий тип примикання – сполучення. Примикання – тип просторово-логічних відносин, коли лінійний об'єкт має одну спільну точку з іншим (лінійним, точковим або площинним) об'єктом.

Найкращий приклад – гідрографічні мережі, що об'єднані єдиною речовиною – водою. Відповідно, наприклад, моделювання розповсюдження будь яких речовин в межах басейну однієї річки потребує відображення такого сполучення між усіма об'єктами мережі. Реалізація такого відношення як сполучення забезпечує і властивість наслідування або ієрархії – коли знищення одного елементу буде впливати на всю мережу, як наприклад деякі елементи електромережі – видалення якоїсь вітки змінить перерозподіл напруги і навантаження на всіх інших вітках та потенційно може призвести до аварій.

Суміщення – просторово-логічні відносини між площинними об'єктами, коли просторово-координатний опис одного об'єкту повністю або частково співпадає з таким же описом іншого об'єкту.

Вкладення – просторово-логічні відносини між площинними об'єктами, коли всередині одного об'єкта знаходиться другий.

Еквідистанційне сусідство – просторово-логічні відносини лінійних об'єктів, що є рівновіддаленими один від одного (рис. 3.1).

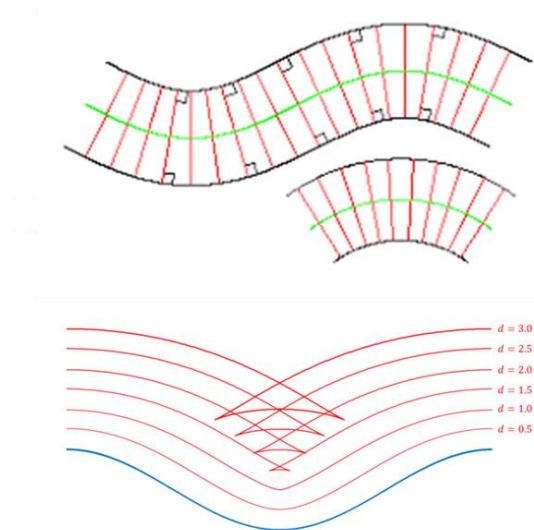


Рис. 3.1. Приклад еквідистанційного сусідства

Суміжність – тип просторово-логічних відносин, коли два об'єкта на визначеній ділянці мають дві та більше спільні контурні точки.

Топологія (від др.-греч. $\tau\acute{o}\pi\omicron\varsigma$ - місце і $\lambda\acute{o}\gamma\omicron\varsigma$ - слово, навчання) – розділ математики, що вивчає в узагальненому вигляді явище безперервності, зокрема властивості простору, які залишаються незмінними у разі безперервних деформацій, наприклад, зв'язність. На відміну від геометрії, в топології не розглядаються метричні властивості об'єктів (наприклад, відстань між парою точок). Наприклад, з точки зору топології, кружка і бублик (полноторій) невідмітні.

Вельми важливими для топології є поняття гомеоморфізму і гомотопій. Інакше кажучи, це типи деформації, які відбуваються без розривів і склеювання.

Топологія, що встановлює просторові відносини між географічними об'єктами, є основою для гарантії якості даних.

Топологізація (topologization) - автоматична або інтерактивна процедура побудови топології у разі перетворення векторних нетопологічних уявлень (моделей) у векторні топологічні; може входити

до складу операцій векторизації.

«Необ'єктна» топологія (лінійно-вузлова модель). Об'єктна топологія:

- внутрішньо-об'єктні топологічні відносини - первинний об'єкт, який за визначенням сам по собі є цілісним і топологічним. Об'єкт не розсипається.

- міжоб'єктні топологічні відносини;

- міжоб'єктні топологічні відносини в межах шару;

- міжоб'єктні топологічні відносини різних шарів - це топологічні просторові відносини між об'єктами різних типів, які зазвичай реєструються в різних шарах карти;

- міжоб'єктні топологічні ресурсні зв'язки - це такі топологічні відносини, які крім позначення просторових відносин несуть додаткове функціональне "навантаження" - відображають розташування в просторі реальних фізичних каналів передачі речових, енергетичних та інформаційних ресурсів через кордони об'єктів, що відображаються на цифровій карті.

Концептуальні топологічні відносини (між класами об'єктів) утворюють багаторівневу систему, оскільки визначають зв'язки між класами, також утворюють багаторівневі конструкції. Просторова топологія об'єктів ґрунтується на геометричних типах. Як базові для цифрового опису просторових властивостей топографічних об'єктів в БТД виділяються чотири геометричні типи просторових об'єктів БТД: точковий, лінійний, площинний (полігональний) та комплексний [16 – 27].

Точковий просторовий об'єкт БТД – 0-вимірна просторова модель топографічного об'єкта, в якій його місце розташування описується координатами однієї точки. Координати точкового об'єкта БТД як правило відповідають координатам центроїду (центру мас) області, яка визначає просторове поширення об'єкта місцевості.

Лінійний просторовий об'єкт БТД – 1-вимірна просторова модель топографічного об'єкта в БТД, геометрія якої відповідає просторовому положенню осьової лінії об'єкта та може подаватися геометричними класами лінійного типу: Крива, Ламана лінія, Замкнута лінія, Лінія, Мультикрива та Мультиламана лінія.

Така модель може відповідати реальній осьовій лінії, координати

якої винесено на місцевість або умовній лінії, геометрію якої визначено як серединну лінію смуги поздовжнього поширення об'єкта, наприклад інженерної комунікації, вулиці, дороги, залізниці, річки, тощо.

Площинний просторовий об'єкт БТД (полігональний об'єкт БТД) – 2-вимірна просторова модель топографічного об'єкта, геометрія якої відповідає положенню меж області (полігону) просторового поширення об'єкта, та може подаватися геометричними класами полігонального типу Полігон та Мультиполігон.

Площинний об'єкт обов'язково має одну зовнішню межу (зовнішній замкнутий контур полігону) та може мати один або більше внутрішніх контурів, наприклад поверхня водойми з островами.

Комплексний просторовий об'єкт БТД, геометрія якого відповідає геометричному комплексу як набору окремих геометричних примітивів, у якому границя кожного геометричного примітива може бути зображена як об'єднання інших геометричних примітивів меншої розмірності в межах того ж самого набору. Концептуально визначаються три сутності топологічних даних: вузол, ребро і грань, для конструювання повного і сумісного топологічного подання двовимірного простору, визначеного певним набором векторних даних [16, 17].

Геометричні об'єкти точка, лінія, полігон та їх комбінації у наборі векторних даних відображені однією або більше топологічними сутностями із відношенням між об'єктами місцевості і топологічними сутностями багато до багатьох.

У БТД топологічні сутності та об'єкти місцевості зв'язані обов'язково одностороннім зв'язком і, необов'язково, декількома двосторонніми зв'язками [16, 17]. Використання лише одностороннього зв'язку зменшує обсяг даних, зберігаючи структуру повної концептуальної схеми. Ця топологія носить назву “топологія мінімальної надлишковості”.

Дані про реальні топографічні об'єкти в цифровому виді складаються з цифрового опису просторових характеристик (геометрії) об'єкта, його атрибутів, його просторово-логічних зв'язків з іншими об'єктами та метаданих щодо джерел, точності й актуальності усіх характеристик об'єкту. Векторні дані в БТД об'єднуються в окремі набори даних, що можуть виділятися за територіальною ознакою та/або базовим масштабом, складом, рівнем деталізації та точністю вихідних джерел топографічних даних. Наприклад, набір векторних

топографічних даних на територію окремого міста, району, області чи країни в цілому, отриманих на основі топографічних карт або результатів топографічних знімів певного масштабу.

Загальні метадані набору векторних даних містяться в таблиці реєстру наборів та описують ідентифікатор набору і його загальні характеристики (версію та дату відповідності місцевості, систему координат, територіальну прив'язку, просторове поширення, основне джерело та базовий масштаб, відомості про виробника та якість даних).

Метадані типу атрибуту для піднабору об'єктів реєструються в таблиці та містять посилання на спільне основне джерело значень атрибуту для піднабору об'єктів певного типу. Метадані для атрибутів екземплярів об'єктів реєструються в таблиці та містять посилання на джерело, згідно якого було змінено значення атрибуту для конкретного екземпляру за умов чинності спільного джерела значень атрибуту для піднабору типу об'єктів. Метадані просторових властивостей екземплярів об'єктів реєструються в таблиці та містять характеристики джерела визначення просторових властивостей екземпляру топографічного об'єкта з показниками точності джерела, поточну версію піднабору та дату її встановлення.

Векторні моделі об'єктів місцевості складають основу баз топографічних даних. Правила кодування та цифрового опису векторних даних визначають уніфіковану структуру та склад подання просторових характеристик об'єктів та їх атрибутів в базах топографічних даних, які відповідають сучасному стану стандартизації географічної інформації й вимогам ринку геоінформаційної продукції.

Правила цифрового опису для топографічних об'єктів усіх типів, подано за єдиною структурою, що містить [16, 17]:

- ідентифікаційні дані типу топографічного об'єкта;
- UML-діаграми моделі просторових властивостей та атрибутів типу об'єкту;
- структуру таблиці бази даних для атрибутів піднабору об'єктів відповідного типу;
- графічне зображення та опис просторової схеми і топології об'єктів відповідного типу.

У прикладах графічних зображень та описах просторової схеми для кожного типу об'єктів визначено вузлові точки для встановлення

обов'язкових топологічних відношень між суміжними об'єктами та особливості визначення просторових властивостей об'єктів з використанням різних джерел [18 – 27].

Для повного представлення гідрографічної мережі та для цілісності водотоку, необхідно проводити осьову лінію по площинній частині водотоку та водоймах, через які проходить водотік. Це є уявна осьова лінія площинного водотоку та лінія що є продовженням водотоку по водоймі, такі лінії називаються ділянками водотоку. Кожній зміні моделі водотоку та у разі дотику водотоку до площинної моделі водойми, змінюється і ділянка. Ділянка повинна мати атрибути водотоку. Якщо по площинному водотоку чи водоймі проходить яка небуť межа чи кордон, то осьова лінія водотоку повинна ідентично повторювати цю межу чи кордон. Ділянки водотоків не проводяться по морю, водоймі в яку впадає один водотік та по островах. Перша та остання точки ділянки відносяться до типу вузлових точок, в яких забезпечується топологічно коректне з'єднання з попередньою та наступною ділянками, та в першій та останній точках ділянки повинен бути вузол гідрографічної мережі. В місцях дотику ділянки з лінією контуру площинної ділянки водотоку повинен бути вузол.

Вузол гідрографічної мережі – уявна точка стику між лінійними ділянками водотоку гідрографічної мережі. В БТД вузли подаються точковою моделлю та виражаються у просторі координатами визначеної системи координат. Вузол ставиться у місце стику кінців ділянок водотоку, чим забезпечує цілісність гідрографічної мережі та підкреслює зміну різних ділянок одного водотоку, або місця стику декількох ділянок різних водотоків. Для забезпечення топологічно коректних відносин між об'єктами гідрографічної мережі, кінці ділянок та вузол повинні збігатись в одній точці (мати однакові координати) [18 – 27].

Контрольні запитання

1. З чого складається цифрова топографічна карта?
2. Яка роль просторо-логічних відносин у цифровій топографічній карті?
3. Що таке топологія?
4. Назвіть декілька прикладів правил топологічних відношень.
5. Навіщо дотримуватись правил топологічних відношень?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ЦИФРОВА КАРТОГРАФІЯ. ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ ЗАСОБАМИ ГІС

Лекція 4. Геоінформаційне картографування. Геовізуалізація

Виходячи з аналізу змін, що відбуваються та тенденцій розвитку можемо говорити про геоінформаційну концепцію – систему поглядів на предмет та метод – картографії.

Відповідно до геоінформаційної концепції карта подається як образно-знакова модель дійсності, тобто одночасно карта це спосіб пізнання, і метод аналогового моделювання дійсності, і засіб передання інформації в цифровому вигляді.

Геоінформаційне забезпечення - це сукупність процесів по підготовці та поданні геоінформації для певної території з метою задоволення економічних і суспільних потреб, шляхом її збору, моделювання, просторового аналізу, підготовки просторових рішень, інтеграції і поширення з використанням геоінформаційних систем.

Об'єктом геоінформаційного забезпечення є інформація про геопростір – геоінформація. Саме геоінформація збирається, перетворюється і використовується для отримання результату, потрібного споживачу.

Засобами геоінформаційного забезпечення (суб'єктом діяльності) є геоінформаційні системи (ГІС), а також сучасні засоби виробництва геодезичних і картографічних робіт, що забезпечують отримання, збирання, зберігання, оброблення, моделювання, інтеграцію, доступ, аналіз, використання, поширення та візуалізацію геоінформації з використанням апаратно програмних комплексів.

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

Карта – зменшене, подібне та узагальнене зображення на площині поверхні Землі, інших небесних тіл або космічного простору, що побудоване за певними математичними законами й наочно за допомогою умовних знаків показує розміщення й зв'язки різних предметів, явищ чи процесів, а також їх якісні та кількісні характеристики (рис. 4.1).

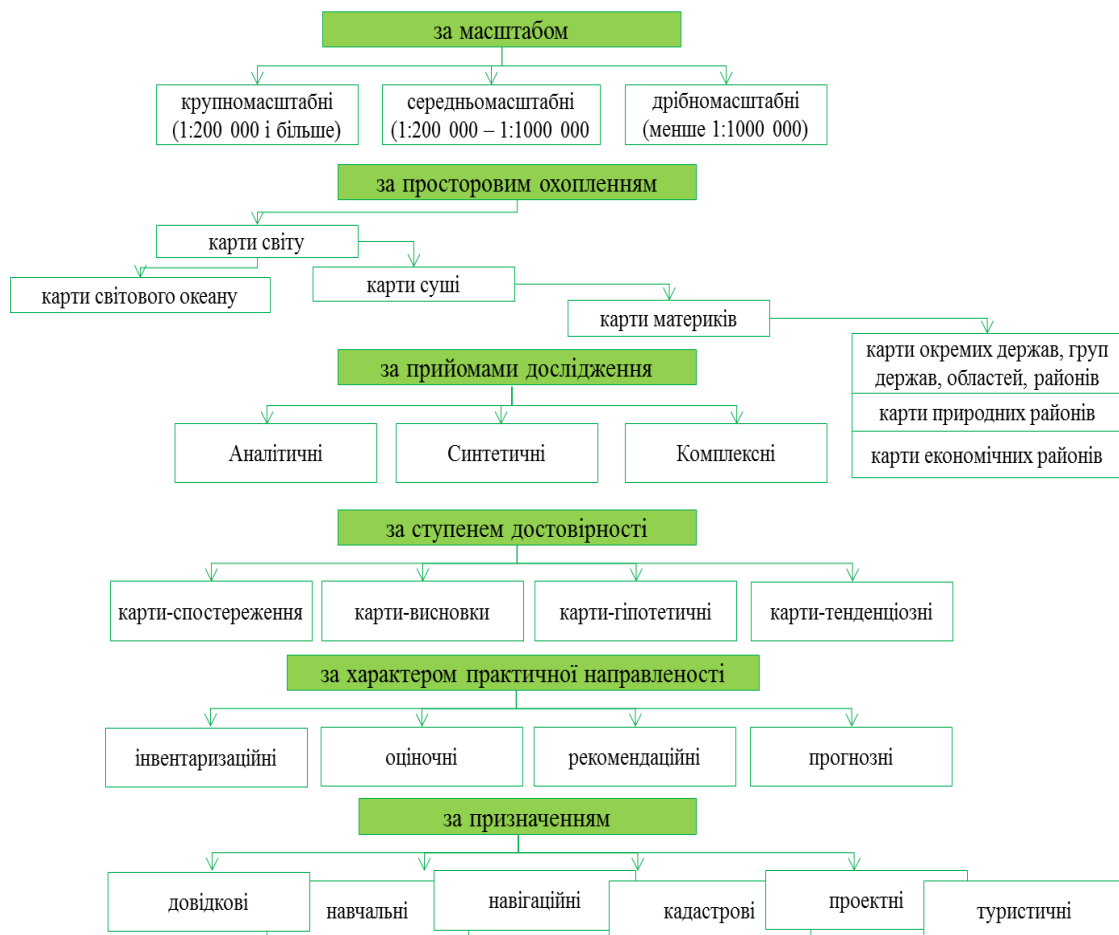


Рис. 4.1. Класифікація карт

Рекомендаційні карти показують засоби та види раціонального використання природних й соціально-економічних умов та ресурсів. Прогнозні карти показують очікуваний в майбутньому стан, розміщення й розвиток відомих або ще не виявлених об'єктів та явищ (напр, забруднення територій внаслідок аварії на підприємстві).

В залежності від прийомів дослідження карти бувають аналітичні, синтетичні та комплексні. Аналітичні карти відображають окремі сторони або властивості явищ без відображення зв'язків та взаємодії з іншими їх сторонами або властивостями (температурою повітря, напрямком і силою вітру, опадами, крутизною схилів тощо). Синтетичні карти дають цілісну інтегральну характеристику явищ, для формування яких враховуються складові частини конкретного явища та існуючі між ними зв'язки (ландшафтні, кліматичного чи гідролого-кліматичного районування тощо). Комплексні карти відображають декілька взаємопов'язаних явищ або їх елементів й причому кожне явище в своїх показниках.

За ступенем об'єктивності й достовірності змісту розрізняють

карти-спостереження, карти-висновки, карти-гіпотетичні та карти-тенденційні. Карти-спостереження містять дані, що отримані безпосередньо в результаті спостережень (опадів, забруднення атмосфери). Карти-висновки складають шляхом обробки фактичних даних та їх інтерпретації в відповідності з уявою автора про явище, що зображується (наприклад, клімат). Гіпотетичні карти складають у разі недостатньої кількості фактичних даних на основі гіпотез та припущень (дрейфу материків). Тенденційні карти відображають явно спотворену дійсність.

Цифрова карта є цифровою моделлю звичайної (наприклад паперової) карти та наслідує всі її властивості.

Цифрова карта є основою для виготовлення звичайних електронних і паперових карт, вона входить до складу картографічних баз даних, є одним із найважливішим елементом інформаційного забезпечення ГІС та може бути результатом функціонування ГІС і бази геопросторових даних.

Але концептуально важливо розрізняти моделі геопросторових даних та моделі цифрових і електронних карт. Це різні сутності і за змістом і за структурою. Картографічне зображення описується в термінах мови умовних картографічних знаків, які означають, наприклад, тип, товщину та колір лінії, розмір та орієнтацію позамасштабного знака або тип і розмір шрифту для зображення написів, тощо [11, 27].

Цифрова карта описує не об'єкти земної поверхні, а об'єкти карти.

В наступних лекціях ми більш детально зупинимось на структурі цифрової карти.

Створення структури починається з вироблення визначень і відносин. У цифровій карті ці визначення і відносини виражаються через класифікатор, інакше – класифікаційну структуру.

Електронна карта – це програмно-кероване картографічне зображення, що візуалізується з використанням програмних і технічних засобів у прийнятій для карт проекції та системі умовних позначень. Електронна карта генерується комп'ютером на дисплеї та інших пристроях графічного виведення (в тому числі на папері) на основі даних цифрових карт або баз геопросторових даних [11, 28].

Кожна конкретна електронна карта є засобом оперативного контролю і існує лише в певний момент часу, як правило нетривалий, поки видно на пристрої відеозображення. У цьому їх головна відмінність від інших візуальних картографічних матеріалів, відображених на твердій

підкладці (папір, пластик) засобами графічного виводу (наприклад, принтерами).

Модель електронної карти. Формат SVG (Scalable Vector Graphics) – мова для опису двомірної графіки та графічних додатків в XML.

Формально концептуальна модель ГІС визначається як сукупність вхідних, проміжних та вихідних моделей геопросторових даних, процесів їх обробки і перетворення та формальних мов взаємодії процесів між собою та користувачів з системою (рис. 4.2).

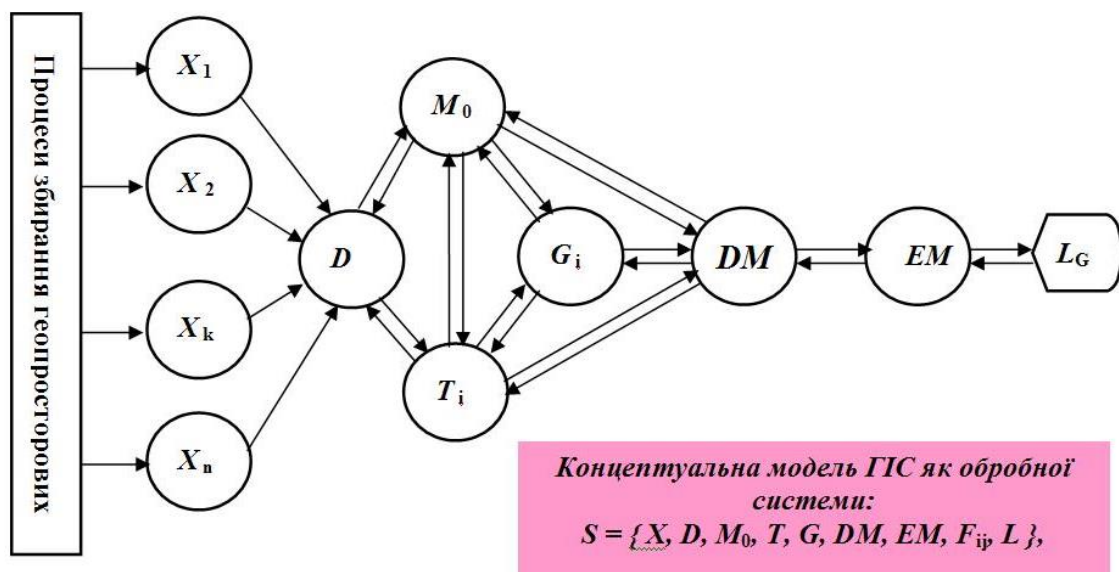


Рис. 4.2. Концептуальна модель ГІС (за проф. Ляценка А.А.)

Її можна записати так:

$$C = \{X, D, M_0, T, G, GI, EI, F_{ij}, L\}, \quad (3.1)$$

де X – множина вхідних даних одержаних в процесі топографо-геодезичних знімань, GPS вимірювань, ДЗЗ тощо;

D – база упорядкованих вхідних даних в уніфікованих форматах;

M_0 – модель базового набору геопросторових даних;

T – множина тематичних моделей геопросторових даних;

G – множина моделей даних за спеціальними просторовими (геометричними) схемами, в тому числі тривимірні (3D) цифрові моделі рельєфу та місцевості;

GI – цифрові моделі карт та інших геозображень;

EI – цифрові моделі електронних геозображень;

$F_{ij}: M_i \rightarrow M_j$ – функції перетворення моделі M_i в модель M_j , в тому числі:

$F_{XD}:X_i \rightarrow D$ – перетворення первинних даних в уніфіковані формати, $F_{DM}:D \rightarrow M_0$ – створення(оновлення) моделі базового набору геопросторових даних на основі первинних; $F_{DM}:D \rightarrow T_i$ – створення тематичних моделей геопросторових даних на основі первинних, а також аналогічні прямі й зворотні перетворення для усіх інших моделей (в напрямку стрілок між моделями на мал.);

L – множина формальних мов та інтерфейсів взаємодії процесів, у тому числі мова L_G для подання електронних геозображень користувачам системи та інтерактивного доступу користувачів до геопросторових даних і програм їх обробки.

З погляду користувачів можна говорити про комплексне перетворення вхідних даних в електронні геозображення $F_{D_EI}:D \rightarrow EM$, в якому відбір моделей геопросторових даних та методів їх обробки визначається задачами та запитам користувачів.

Перетворення $F_{M_GI_EI}:M_0 \rightarrow DM \rightarrow EM$, $F_{T_GI_EI}:T \rightarrow DM \rightarrow EM$, відносяться до перетворення з мови геоінформаційних моделей в мову засобів відображення електронних карт та інших геозображень.

Моделі даних M_0 , T , G орієнтовані на програми просторового (геоінформаційного) аналізу і моделювання реального світу, а моделі DM , EM описують картографічні зображення, орієнтовані на сприйняття людиною. В існуючій концепції цифрових карт, яка досі переважає в сучасних ГІС, на жаль, еклектично змішано зміст моделі геопросторових даних та моделі електронної карти. Такі цифрові картографічні моделі, з одного боку, не відповідають повною мірою вимогам геоінформаційного моделювання, а з іншого, є надлишковими для електронного відображення.

Інтегрування інформації з різних джерел та з різних форм уявлення ґрунтується на використанні єдиної для усіх моделей системи координат та єдиного базового набору геопросторових даних. До складу останнього входять геодезична (математична) основа, об'єкти гідрографії, рослинність, мережа транспортних шляхів, межі адміністративно-територіальних утворень.

Основний зміст зворотних перетворень у напрямку від користувача до моделей геопросторових даних полягає у визначенні набору об'єктів, що потрапляють у сферу інтересу (запит) користувача за просторово визначеною межею території дослідження та (або) за певними значеннями характеристик об'єктів. Підкреслимо, що карти і комплексні

геозображення, але вже в електронному (екранному) варіанті, продовжують і в ГІС відігравати важливу роль. Вони залишаються не тільки засобом найбільш адекватного відображення моделі геопросторових даних на екрані дисплею, а й перетворюються в зручний інструмент динамічного доступу і взаємодії користувачів з базою геопросторових даних.

Ключовими словами картографічного моделювання в ГІС стають "взаємодія" і "динаміка". Дослідники та й пересічні користувачі бажають, "натиснувши мишкою" на карті, одержати безпосередню та негайну реакцію системи з більш деталізованою інформацією про вибрані об'єкти (земельні ділянки, пам'ятки історії, будівлі, комунікації, шляхи, стан довкілля тощо) або, наприклад, одержати зображення та опис найкоротшого шляху між заданими пунктами, а, можливо, і "проїхати" по ньому з використанням комп'ютерних мультимедійних засобів та анімації. Остання, до речі, надає такі можливості просторово-часового моделювання, яких традиційна картографія ніколи не мала. Геозображення формуються з динамічною зміною масштабу, а їх зміст залежить переважно від повноти бази геопросторових даних, потреб і запитів користувачів, а не від картографічних правил і бачення картографів.

Таким чином, *ГІС демократизує картографію і картографічне моделювання*, оскільки географічні знання, створені й накопичені в програмах і базах даних, стають потенційно доступними усім зацікавленим користувачам (організаціям, професіоналам і пересічним громадянам). Як свого часу персональні комп'ютери забезпечили доступ до складних програм професіоналам без посередників-програмістів, так і ГІС перетворює в прямих учасників картографічного моделювання мільйони користувачів без посередників-картографів.

Дизайн карти залежить від конкретної мети (тобто, для чого ви створюєте карту в першу чергу). Однією з очевидних цілей створення карти є показ результатів вашого аналізу. Інші цілі створення карти - обмін інформацією, спрямування думок людей в потрібному руслі або виділення зв'язків.

Ваша основна мета, як правило, не створити красиву карту, але створити продукт, який дає змогу взаємодіяти ефективно, раціонально та чітко.

Математична основа включає в себе картографічну проекцію і

пов'язану з нею координатну сітку, масштаб і геодезичну основу.

Картографічна проекція – це перехід з поверхні еліпсоїда на площину, який встановлює залежність між географічними координатами точок на поверхні еліпсоїда та прямокутними координатами тих самих точок на площині.

Картографічна сітка – мережа паралелей і меридіанів на карті.

Масштаб – ступінь зменшення лінії на карті до її горизонтального прокладання на місцевості.

Геодезична основа карти – сукупність геодезичних даних, необхідних для створення карти. До них відносять певну систему координат і самі координати опорних пунктів. Геодезична основа дається тільки на топографічних картах до масштабу 1:500 000 включно. На дрібномасштабних і тематичних картах геодезична основа не показується. З математичної основою тісно пов'язана і компоновка карти.

Компоновка картки – це розміщення в межах рамки карти назви карти, легенди, карт-врізок та інших даних.

Картографічне зображення – головна частина будь-якої географічної карти. Складається з відображення фізико-географічних (природних) і соціально-економічних явищ. Так, до фізико-географічним (природним) елементів відносять гідрографію, рослинність і ґрунти, рельєф, а до соціально-економічних – населені пункти, шляхи сполучення, межі. Всі ці елементи є на загально географічних картах і тісно між собою пов'язані.

Допоміжне оснащення карти – необхідно для зручного користування карткою і включає в себе картометричні графіки, схеми, різні довідкові відомості. На будь-якій карті є легенда умовних знаків з необхідними до них поясненнями. Для топографічних карт складені спеціальні обов'язкові до застосування таблиці умовних знаків. На тематичних картах легенду друкують на самому аркуші карти. Вона може бути оформлена у вигляді тексту або у вигляді таблиць. Додаткові дані пояснюють і доповнюють зміст карти. До них відносяться карти-врізки, діаграми, графіки, профілі, текстові дані. Допоміжне оснащення і додаткові дані необхідні в першу чергу користувачам карт, тому що полегшують читання і використання карти. Загальна технологія створення карт має чотири загальні етапи (рис. 4.3).

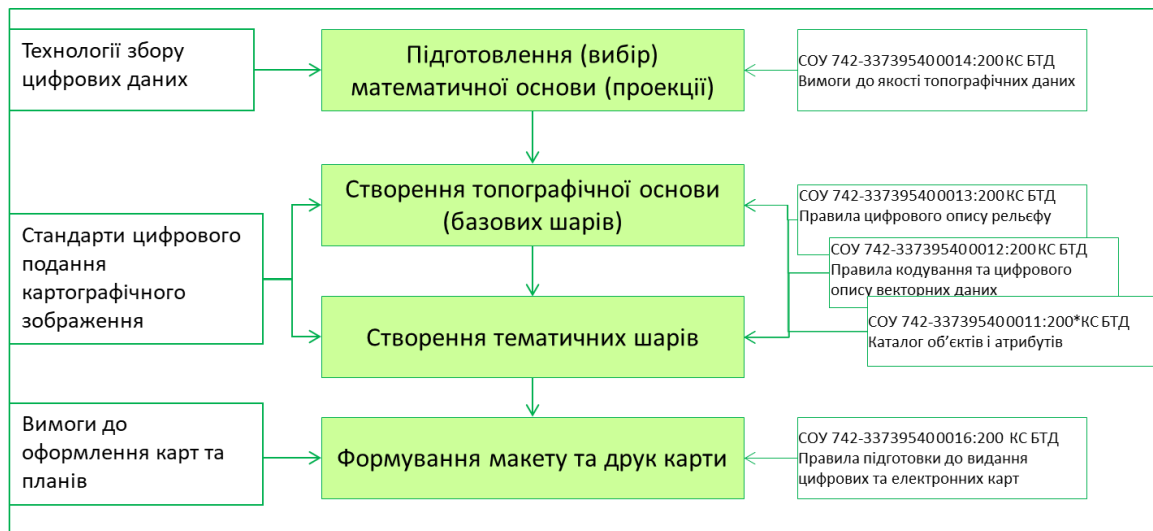


Рис. 4.3. Технологія створення карт

Редагування карт включає в себе розробку редакційно-технічних документів щодо створення карти та науково-технічне керівництво на всіх етапах її створення.

Після того, як редактор карти складе редакційний план, приступають до складання карти. Складання карти – процес виготовлення оригіналу карти, який включає зміст майбутньої карти, та виконаний у встановлених картографічних знаках з необхідною точністю і генералізацією елементів змісту.

Процес формування цифрового картографічного зображення включає такі етапи: (перерахувати), кожен з яких регламентується на сьогодні відповідними нормативними актами. Останній етап відображає схема формування електронної карти відповідно до європейського стандарту, що розглядалась на попередній лекції.

Згідно ISO 19117 основна модель формування картографічного зображення використовує Набори функцій або правил картографування та функції зображення умовних знаків. Правила картографування відображають типи геопросторових об'єктів з їх атрибутами, що є в Наборі даних та визначені в каталозі об'єктів, а модель цифрової карти є послідовністю кодів та параметрів умовних картографічних знаків. Функції виведення умовних картографічних знаків використовуються для формування власне зображення електронної карти.

Загальна інформаційна модель картографування допускає зображення одного й того ж Набору даних в різні способи без змін у самому Наборі даних як такому, оскільки зображення залежить від зовнішніх по відношенню до Набору геопросторових даних функцій картографування та функцій виведення умовних знаків.

Застосування єдиної системи класифікації і кодування

картографічної інформації дає змогу в короткі строки створювати єдині банки картографічних даних на національному, регіональному рівнях, які забезпечують потреби користувачів цифрових карт у вигляді запитів в різних форматах, з різною повнотою і точністю тощо. Єдині вимоги класифікації й кодування КІ дають можливість виконувати розробку банків картографічних даних із високим універсальним запитно-відповідним рівнем, що є обов'язковою умовою розвитку високоефективних автоматизованих інформаційних технологій, які відповідають сучасному науково-технічному прогресу.

Можливість візуалізації змісту ЦК в стандартизованих умовних знаках за допомогою програмно-технічних комплексів дає змогу здійснювати процеси картографічної генералізації, редагування і контролю якості цифрових карт і планів. Метою візуалізації карти є не тільки контроль програмної обробки вихідної інформації, але й інтерактивне вирішення тих завдань, що не піддаються формалізації.

Основними принципами побудови системи класифікації картографічної інформації є логічність поділу на класифікаційні групи, автономність цих груп на всіх сходинках класифікації, повнота змістовних зв'язків, універсальність та гнучкість системи.

Із загальною логічною структурою системи класифікації пов'язана і система кодування картографічної інформації, яка повинна задовольняти таким вимогам як системність, універсальність алфавіту коду для забезпечення однозначної ідентифікації об'єктів, тоді має бути передбачена можливість розширення системи. Важливим є також відповідність технічним та програмним засобам для ефективного впровадження та використання. Наприклад, кадастровий номер земельної ділянки в своєму алфавіті має символ двокрапка, відповідно тип поля в таблиці бази даних має бути «Текстовий», що дуже збільшує шанси введення помилок як наприклад буква О замість нуля.

Класифікатори топографічної інформації це окремі системи, які розробляються та призначаються для кодування топографічних об'єктів і явищ реальної дійсності під час складання цифрових карт. Як правило система класифікації розробляється для створення цифрових карт певного масштабу. На даний час в Україні розроблено та затверджено два наступні класифікатора, які є обов'язковими для усіх підприємств, організацій та установ, що виконують роботи з створення цифрових карт, незалежно від форм власності та їхньої відомчої залежності:

1. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000.

2. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних планах масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Класифікатор топографічної інформації є складовою Єдиної системи класифікації і кодування картографічної інформації, призначеної для формалізованого представлення сукупності даних /документальних і фактографічних/, які використовуються в автоматизованих засобах обробки картографічної інформації.

Топографічна інформація, яка включена до Класифікатора, розділена на дві пов'язані між собою частини:

- інформація безпосередньо про елементи, об'єкти місцевості, яка вміщує відомості про основні ознаки і постійні властивості, однозначно визначає об'єкт у загальній системі класифікації;
- інформація про змінні властивості, які характеризують об'єкт і його відношення до інших об'єктів.

В основу побудови класифікатора покладено ієрархічний метод класифікації інформації першого типу і фасетний метод класифікації інформації другого типу.

Вся інформація першого типу на вищому ступені ієрархії розділена на вісім класів за елементами змісту топографічних карт. Розвинення кожного класу в глибину і ширину неоднакова і залежить від ступеня взаємозв'язку об'єктів і вибраних ознак класифікації.

На нижчому ступені класифікації кожного елемента змісту знаходиться сукупність однотипних елементарних об'єктів карти, які є мінімальною величиною /одиницею/ даних про місцевість, що трансформуються в процесі обробки картографічної інформації. Кожний елементарний об'єкт карти вміщує заздалегідь визначений набір характерних ознак /кількісних і якісних/, які не використовувалися як ознака класифікації. Кількість цих ознак і їх смислове значення різні і залежить від типу об'єкта.

У процесі кодування картографічної інформації вирішуються три основні задачі:

- однозначне позначення (ідентифікація) кожного об'єкта;
- кодування узагальнених позицій (класифікаційних груп об'єктів);
- кодування властивостей (ознак), якими наділено кожний об'єкт.

Вирішення перерахованих задач обумовлюється тим, що в процесі обробки картографічної інформації виникає необхідність вибору окремих об'єктів по їх, ідентифікатору, пошук об'єктів, які наділені певними властивостями або сукупністю властивостей, а також об'єктів, що відносяться до певного класу, і, на кінець, оперування з групами об'єктів, а не з конкретними об'єктами.

Для ієрархічної системи класифікації застосовується послідовний метод кодування. Алфавітом коду служать десяткові цифри з основою коду рівною 10. Довжина коду постійна. Кодова позначка являє собою послідовність восьми однозначних розрядів. Значення розрядів понижується зліва направо. Кожна цифра вищого розряду вказує на належність об'єкта /або кваліфікаційного угруповання/ до визначеного елемента змісту, друга цифра означає номер класифікаційного угруповання другого ступеня класифікації і так далі до останнього ступеня.

У тих випадках, коли поділ на елементарні об'єкти проходить на більш високих рівнях класифікації, то в нижчих розрядах у кодові позначки, які залишилися, заносяться нулі.

Так як в ієрархічній класифікації у кожній вітці застосовується своя система ознак, однозначне кодування кожного об'єкта досягається встановленням не тільки номеру розряду й значенням цифри на цьому розряді, але й значенням цифр у всіх попередніх розрядах.

Для фасетної системи класифікації властивостей, які характеризують елементи і об'єкти місцевості, застосовується паралельний метод кодування однотипних ознак, кожна з яких об'єднує окрему групу властивостей.

Послідовність кодів характеристик об'єктів у загальній структурі кодового опису інформації може бути довільний у разі запису коду об'єкта.

Для кодування смислових значень ознак /наприклад, вид рослинності, матеріал споруди і таке інше/, які характеризують об'єкти, використовуються методи серійно-порядкової і порядкової реєстрації.

В англomовній науково-технічній літературі розрізняють цифрову модель висот (digital elevation model, DEM) та похідну від неї цифрову модель рельєфу (digital terrain model, DTM) як сукупності похідних морфометричних показників. Ці терміни, пов'язані частково з найменуванням та змістом американського стандарту на ЦМР (DEM), а також з багатозначністю терміну "terrain", що є також підставою для його тлумачення і використання DTM як цифрової моделі місцевості [30-32].

З борту космічного корабля багаторазового користування Shuttle була проведена радарна інтерферометрична зйомка поверхні земної кулі. За результатом зйомки SIR-C (SRTM C-band) була створена цифрова модель рельєфу майже 80% поверхні Землі. Дані SRTM існують в декількох версіях: попередні (версія 1, 2003) і остаточна (версія 2, лютий 2005 року). Остаточна версія пройшла додаткову обробку, виділення

берегових ліній і водних об'єктів, фільтрацію помилкових значень. Дані поширюються в декількох варіантах. Більш точні дані (SRTM1), розмір осередку 30х30 доступні на територію США, на решту поверхні землі доступні тільки дані з розміром осередку 90х90 м (SRTM3). Всі дані є у відкритому доступі і доступні для скачування. У 2011 р за даними зйомки сенсора X-SAR Німецьке аерокосмічне агентство (DLR) створило ЦМР SRTM X-band з розміром осередку на все покриття 30х30 м.

SRTM 90m Digital Elevation Data (SRTM DEM). Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) — глобальна цифрова модель висот роздільною здатністю 3 кутові секунди (≈ 90 м на екваторі), отримана на основі даних радіометричного знімання земної поверхні - SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) - міжнародна місія з отримання даних цифрової моделі рельєфу території Землі, що за результатами радарної інтерферометричної зйомки поверхні земної кулі SIR-C (SRTM C-band) подає ЦМР для майже 80% поверхні Землі <https://srtm.csi.cgiar.org/>.

ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) — глобальна цифрова модель висот роздільною здатністю 1 кутова секунда (≈ 30 м на екваторі), отримана на основі дистанційного зондування ASTER.

Global Multi-Resolution Topography Data (GMRT). Marine Geoscience Data System at Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University — глобальна цифрова модель висот суходолу і океанічного ложа. Роздільна здатність від 100 м до 50 м

Цифрова модель місцевості має більш складну концепцію, та включає висоти та інші елементи ГІС (наприклад, річки, хребти, лінії розриву тощо). Також ЦММ охоплює планіметричні та похідні дані рельєфу місцевості (нахил, висота, видимість тощо).

DSM (Digital Surface Model) (цифрова модель поверхні - частковий випадок цифрової моделі місцевості, на якій не зображується рельєф, а тільки контури реально існуючих споруд, вулиць, ліній електропередач тощо (складається переважно для промислових і міських територій).

Сучасні геодезичні, картографічні, фотограмметричні та дистанційні технології збору інформації про об'єкти навколишнього світу дають змогу швидко та з необхідною точністю отримувати дискретні дані про поверхню досліджуваного об'єкта (процесу, явища). Такі методи і підходи постійно вдосконалюються. Це стосується їхньої швидкодії,

оперативності, ефективності, інформативності й точності.

На сьогодні основними джерелами даних для побудови ЦМР виступають:

- інтерферометричні дані, що отримані за допомогою радара, встановленого на літаку чи супутнику;
- дані наземного лазерного сканування;
- дані лазерного сканування з повітряного носія;
- фотограмметричні методи передбачають стереовимірювання (ручні, напівавтоматичні або автоматичні) просторової моделі об'єкта, побудованої зі стереопари зображень);
- картометричні методи (використання картографічних матеріалів (карт, планів), з яких методом цифрування (вручну, напівавтоматично або в автоматичному режимі) отримують дискретні дані про об'єкт, наприклад, цифрують горизонталі, відображені графічно на карті);
- геодезичні (польові) вишукування, які в сучасних умовах здійснюються переважно за допомогою електронних тахеометрів;

Оцінюючи ситуацію на ринку даних дистанційного зондування, можна з певністю стверджувати, що знімки високої розрізненості, отримувані з космічних радіолокаторів із синтезуванням апертури (РСА), зайняли свою нішу і вже існує низка додатків в ГІС і ДЗЗ, що використовують як дані радіолокаційні знімки. Це передусім стосується додатків, що потребують оперативного отримання інформації незалежно від погодних умов і освітленості поверхні (екологічний моніторинг, наприклад, визначення площ розливу нафтопродуктів, підтоплених територій під час паводку, контроль за вирубкою лісу). Крім того, космічна радіолокаційна інформація може бути використана для геологічних досліджень (складання геологічних карт районів, перспективних для видобутку корисних копалин), дослідження процесів у приповерхневому шарі морів і океанів з метою картографування. Останній додаток на сьогодні розвивається досить інтенсивно.

Стрімкий розвиток лазерної техніки й комп'ютерних технологій стимулював розроблення та використання нових технологій отримання геопросторових даних. До них належить і метод лазерного сканування поверхні Землі з літака чи гелікоптера. Системи повітряного базування ЛІДАР (від англ. LIDAR – Light Detection and Ranging) працюють за принципом безперервного отримання смуг сканування. Лазерний промінь у межах однієї смуги відхиляється дзеркалом або призмою (в оптичних

сканерах), а набір смуг отримується внаслідок руху носія. Окрім лазера, який надсилає імпульс з оптичного центру, на носії встановлено GPS-приймач для фіксації просторових координат точки S та інерційно навігаційну систему (INS), що фіксує нахил платформи з лазером, тобто три кути Ейлера

Фіксація даних (GPS+INS) дає можливість визначити просторове знаходження і орієнтацію оптичного центру – точки S у момент надсилання світлового імпульсу, а також положення вектора, наприклад SA, у тій просторовій системі координат, у якій працює позиційна система GPS. Кінцевим результатом лазерного сканування є визначені просторові координати точок земної поверхні. Сукупність точок відбиття лазерних променів утворює нерегулярну сітку з великою кількістю таких точок. За цими даними математичним способом можна, після камерального доопрацювання, отримати цифрову модель рельєфу (ЦМР) поверхні у вигляді регулярної сітки

Головним джерелом даних про земну поверхню на сьогодні залишаються карти. До картографічних джерел належать топографічні карти і плани, що використовуються для створення ЦМР суші та морські навігаційні або топонімічні карти для ЦМР акваторій. Типова технологія генерації ЦМР ґрунтується на цифруванні горизонталей як основної її складової, а також висотних позначок та інших картографічних елементів, що використовуються для відображення рельєфу із залученням даних інших об'єктів карти, наприклад, елементів гідрографічної мережі.

На сучасних загальногеографічних картах рельєф суші подається композицією трьох засобів картографічної виразності з різною просторовою локалізацією елементів: – системою ізоліній (горизонталей, ізогіпс); – безліччю позначок висот; – сукупністю точкових позамасштабних, лінійних і площинних знаків, що доповнюють зображення рельєфу горизонталями (знаки ярів, сухих ділянок річок, прірв, косогорів, оповзнів, зсувних ділянок, скель, карстових вирів, курганів, льодовиків тощо).

Топографічна карта, як джерело даних для ЦМР, незважаючи на її переваги, не позбавлена недоліків, більшість з яких зумовлені балансом між точністю і достовірністю зображення рельєфу горизонталями для карт топографічного масштабного ряду, і цей баланс є неоднаковим. Наприклад, аналіз дрібномасштабних загально-географічних карт свідчить, що топографічні та інші карти суші масштабу 1:500 000 і дрібніше практично непридатні для створення ЦМР.

Якщо цифрові моделі рельєфу або геологічної будови місцевості формують на основі використання матеріалів наземних вишукувань, то доцільно використовувати ті методи топографічних зйомок, які забезпечують одержання інформації про місцевість в електронному вигляді. Це дає змогу максимально автоматизувати процес підготовки топографічних планів і ЦММ.

Задана точність моделі обов'язково повинна пов'язуватись із достатньою точністю інженерно-геодезичних задач, які для цього необхідно розв'язати. Під час використання матеріалів традиційних топографічних зйомок для побудови ЦМР точність ситуаційних контурів приймають з урахуванням точності виконуваних топографічних зйомок, яка дорівнює 1 мм у масштабі плану. Точність подання рельєфу не повинна виходити за межі висоти перетину горизонталей у рівнинній місцевості, – висоти перетину в пересіченій місцевості і висоти перетину – в гірській. Точність ЦМР у разі використання матеріалів топографічних зйомок, виконаних за допомогою електронних тахеометрів або GP

Лазерне сканування територій має низку переваг перед іншими методами зйомки. Воно характеризується високою швидкістю роботи, більш високою точністю вимірювання та безпечністю під час зйомки важкодоступних і небезпечних об'єктів. S-приймачів супутникової навігації, враховуючи, що запис інформації ведеться на електронні носії, залежить головним чином від точності приладів, що використовуються.

Весь масив результатів сканування ("хмара точок") повинен бути поданий поверхнями, що математично описуються. Це потрібно для того, щоб можна було надалі використовувати дані в CAD-системах або ж для 3D-моделювання. Тому в програмний комплекс входить великий набір прикладних програм, який дає змогу створювати прості математичні поверхні (сфера, циліндр, конус, площина тощо). Або використовувати апарат апроксимації поверхонь (наприклад TIN-поверхня). Отримані результати подають у стандартних форматах, які дають змогу їх експортувати в системи автоматичного проєктування та в різноманітні системи прийняття інженерних чи інших рішень

Одночасно з розвитком інструментальних засобів отримання даних удосконалюються і програмно-алгоритмічні засоби їх обробки.

В основі методів моделювання (побудови) безперервних поверхонь на основі дискретних (точкових) масивів просторово-координованих даних лежать процедури просторової інтерполяції. Тоді

використовуються як стохастичні, так і детерміновані дані. На сьогодні існує багато методів, що дають змогу розв'язувати цю задачу. Серед них – інтерполяція на основі тріангуляції Делоне, метод зворотно зважених відстаней, метод природної околиці, методи сплайна проксимації, трендів, радіальних базисних функцій, крігінг та багато інших. Математичні основних методів ми розглядали межах теми картографічного метода дослідження.

Аналіз поверхонь включає в себе декілька видів обробки, включаючи виділення нових поверхонь з існуючих поверхонь, перекласифікацію та комбінування поверхнею.

Одним із способів конвертації даних поверхні в більш зручну для використання інформацію для аналізу є перекласифікація поверхні. Можна перекласифікувати поверхню таким чином, що областям з комірками вище заданого значення або між двома критичними значеннями, присвоюється один код, а іншим областям присвоюється інший. Можна також використати Інструмент Перекласифікація (Reclassify) або Інтервальне перекодування (Slice), щоб розділити поверхню на задану кількість класів, як способу для укрупнення і генералізації детальних даних. Перекласифікація поверхні часто робиться для того, щоб зменшити кількість вхідних категорій для аналізу накладання.

Інструменти аналізу рельєфу частково були розроблені для аналізу растрових поверхонь рельєфу. До них відносяться Ухил, Експозиція, Відмивання і Кривизна. Інструмент Ухил розраховує максимальний коефіцієнт мінливості від комірки до сусідніх комірок, який зазвичай використовується для визначення крутизни рельєфу. Інструмент Експозиція розраховує напрямок, у якому розташовуються площини поверхонь схилів для кожної комірки растра. Експозиція поверхні зазвичай впливає на кількість сонячного світла, яке отримується цією поверхнею (схилом); у північних широтах. Ділянки з південною експозицією тепліше і сухіше, ніж ділянки з північною експозицією.

Інструментарій ГІС дає змогу розраховувати об'єми на підставі відомостей про поверхню дослідження. Цей інструментарій розраховує різницю в об'ємах між растровою або TIN-поверхнею та іншими поверхнями. Залежно від інструментарію, інша поверхня може бути визначена горизонтальною площиною на заданій висоті або іншою растровою чи TIN-поверхнею [29, 33].

Також В ГІС представлений доволі потужний інструментарій для аналізу видимості частин поверхонь.

Створення поверхні в ГІС – заповнення простору між наявними дискретними точками, що містять дані вимірів певного безперервного явища. Стандартним засобом такого моделювання є інтерполяція. Наприклад, дані отримані з невідповідно розташованих метеорологічних станцій у регіоні, можуть бути використані для створення растрових поверхонь температури, атмосферного тиску, вологості, забруднення повітря тощо. Процес апроксимації полягає в побудові наближеної (апроксимуючої) функції, що проходить через всі точки вихідних даних і найближче до заданої неперервної функції. Підбір емпіричної функції здійснюється вибором з усіх функцій на основі обчислених параметрів, що входять в ці функції, найбільш близько описують функціональну залежність між досліджуваними величинами.

Екстраполяція — наближення, знаходження за рядом даних значень функції інших її значень, що містяться поза цим рядом. У загальному сенсі екстраполяція — перенесення висновків, зроблених щодо будь-якої частини об'єктів чи явищ, на всю сукупність даних про об'єкт чи явище, або на іншу їх частину.

Завданням просторової інтерполяції є побудова на основі мережі вихідних точок суцільної поверхні із заданим розміром кроку сітки вузлів, що розраховуються. Залежно від необхідної просторової точності вибирається різний крок інтерполяції (наприклад, ділянка розміром 10х10 км може бути інтерпольована з кроком 100 м (100х100 вузлів сітки) або з кроком 10 м (1000х1000 вузлів). На підставі числових значень точок даних розраховується значення для кожного вузла мережі, що інтерпольується. Зазвичай процедура інтерполяції виконується для області прямокутної форми – растра

Для моделювання (побудови) безперервних поверхонь на основі дискретних (точкових) масивів просторово-координатних даних використовують множину методів просторової інтерполяції, тоді використовуються як стохастичні, так і детерміновані дані. На сьогодні існує багато методів, що дають змогу розв'язувати цю задачу. Серед них – інтерполяція на основі триангуляції Делоне, метод зворотно зважених відстаней, метод природної околиці, методи сплайна, трендів, радіальних базисних функцій, крігінг та багато інших.

Метод поверхні тренду не є, власно кажучи, інтерполяційним методом. Він призначений для апроксимації поверхні (виявлення загальних тенденцій змін поверхні у різних напрямках), а не точного моделювання її детальних нерівностей. Якщо використовується алгебраїчний поліном першого ступеня, кажуть про лінійний тренд, якщо другого – квадратичний тренд тощо. Точність апроксимації збільшується зі збільшенням степеню полінома. За умови, що степінь полінома дорівнює кількості вихідних точок, що використовуються для отримання функції, поверхня тренду пройде через усі вихідні точки.

Методи сплайн-апроксимації набули значного поширення в усьому світі і є методом інтерполяції загального призначення. Термін "сплайн" походить від англійської назви тонкої дерев'яної рейки, яка застосовується для зображення кривих складної конфігурації. За допомогою кріплень і навантажень можна домогтися, щоб рейка проходила через задані точки. Вигнута таким чином рейка дає плавну криву, яка зазвичай задовольняє вимоги до цієї частини креслення. Також сплайн часто порівнюють з процесом натягування гуми через визначені точки у разі мінімізації сумарної кривизни поверхні. Метод сплайну створює поверхню мінімальної кривизни через вхідні точки, яка будується підбором математичної функції поверхні до заданої кількості найближчих точок за умови проходження її через всі точки вимірів.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється цифрова і електронна карта?
2. Які існують елементи карти?
3. Як цифрові карти зберігаються, подаються і використовуються у геоінформаційних системах?
4. Назвіть принципи класифікації і кодування картографічної інформації
5. Які етапи створення цифрових карт?
6. Чим відрізняється ЦМР, ЦММ і ЦМП?

Лекція 5. Якість цифрових картографічних даних

В Арістотелівській логіці якість — одна з 10 категорій на які Аристотель поділив всі речі реальності (перша або первинна – сутність – річ яка існує сама по собі та побічні обставини або випадковості – речі, що існують в інших речах – кількість, якість, стосунок або відношення, дія, простір, час і так далі) . Як одна з таких категорій, якість це — питання ка ця річ? Тобто річ є якогось типу чи виду; опис її змістовної якості та форми та як ця річ діє (її спосібності та навики); тобто якість є зовнішньою оцінюючою формою.

У прикладному розумінні якість відповідає на питання як річ відповідає своєму призначенню, наскільки її функціонал задовольняє меті задля якої її створили. Тому ми маємо цілком зрозуміле визначення:

Для об'єктивної оцінки якості об'єкта необхідно охарактеризувати його властивості кількісно. Цим займається наука кваліметрія.

Показник якості - кількісна характеристика властивості об'єкта, що входить до складу його якості та розглядається відповідно до певних умов життєвого циклу об'єкта [35]:

- для продукції - до певних умов її створення, експлуатації або споживання;
- для послуги - до певних умов її розробки та надання;
- для процесу - до певних умов його підготовки та проведення тощо.

Життєвим циклом об'єкту є сукупність взаємозв'язаних процесів зміни його стану під час створювання та використання. Практика конкурентного ринку показує, що якісна продукція може бути виготовлена лише з урахуванням комплексного дослідження ринку, і цей досвід та підхід втілює в собі поняття «петля якості».

Дотримання і застосування норм, правил і процедур оцінки якості топографо-геодезичної продукції, які описані в діючій „Інструкції про порядок приймання і контролю топографо-геодезичної і картографічної продукції”, є обов'язковим для всіх виробників та користувачів геопросторовими даними сьогодні. Основними видами контролю для визначення якості топографо-геодезичних і картографічних робіт є: самоконтроль; контроль робіт; приймання виконаних робіт і готової продукції; інспекційний та державний контроль; вхідний контроль.

Основними критеріями якості топографо-геодезичних та картографічних робіт, які закладені в діючих нормативно-технічних документах та даній інструкції, є: надійність закріплення і довговічність схоронності геодезичних пунктів та нівелірних знаків; точність визначення координат і висот; точність планово-висотної геодезичної основи для топографічних планів і карт; середні і середні квадратичні помилки у плановому і висотному положенні контурів; повнота, правильність та чіткість зображення елементів змісту карти і підписів назв об'єктів на оригіналах складання; чіткість і акуратність графічного та штрихового оформлення відповідно до вимог умовних знаків; строгість математичної обробки результатів вимірювань; акуратність та охайність оформлення технічної документації.

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

Залежно від сфери використання цифрових карт до них висуваються різні вимоги. Ці вимоги (просторова точність, склад об'єктів, точність опису об'єктів) мають бути сформульовані ще на етапі проєктування цифрової карти. Залежно від вимог просторової і семантичної точності підбираються вихідні картографічні матеріали, плануються додаткові польові зйомки або використання ДДЗЗ, складаються номенклатура і класифікація об'єктів, вибирається програмне забезпечення, периферійні пристрої введення даних та ін.

У наш час можна виділити дві основні сфери використання цифрових карт:

- 1) як основи для створення різних паперових карт або картографічних ілюстрацій;
- 2) як основи для просторових вимірів, розрахунків, аналізу.

У першому випадку просторова точність визначається точністю поліграфічного відбитка створюваної карти і залежить від методу друку, системи умовних знаків, відображуваного масштабу та ін. Для створення цього типу карт можна обмежитися візуальною подібністю картографічних об'єктів, просторова похибка допускається від 0,1-0,2 мм у видимому масштабі карти. Для створення картосхем величина просторової похибки може не вважатися визначальним фактором якості, іноді в просторову основу свідомо вносяться перекручування для

кращого відображення якісних, ілюстративних характеристик відображуваного явища або об'єктів.

У тому випадку, коли цифрова карта є основою для розрахунків відстаней, площ і обсягів у кадастрових, будівельних або навігаційних ГІС, просторові похибки можуть спричинити значні перекручування підсумкових просторових розрахунків, що, у свою чергу, призводить до похибок розрахунку вартості земельних ділянок, вартості будівництва, оподатковування та ін. У таких додатках просторова точність визначається точністю використовуваних приладових вимірів (до 0,1 мм на місцевості). Створення таких цифрових картографічних основ вимагає значних ресурсів і виконується тільки спеціалізованими організаціями, що мають відповідне технічне забезпечення і кваліфікованих фахівців.

Систематичні похибки у разі створення цифрової картографічної продукції виникають унаслідок різних об'єктивних і суб'єктивних причин (відсутність необхідного обладнання, невідповідність технічних характеристик обладнання необхідної точності, відсутність чи слабка формалізація класифікаторів об'єктів, що цифруються, помилки введення через неопрацьовані інструкції з введення різних ситуацій, низька кваліфікація операторів, відсутність контролю).

До найбільш поширених помилок відносять:

- порушення просторово-логічних зв'язків у цифровій карті з багатшаровою структурою, наприклад, на всій цифровій карті в місцях перетинання автомобільних доріг і рік, під об'єктом «міст» (кам'яний, бетонний, залізобетонний) відповідна частина об'єкта «ріка» відсутня;
- неправильне введення семантичної (атрибутивної) інформації;
- систематична невідповідність кода об'єкта і його найменування за прийнятим класифікатором цифровій топографічній карті;
- порушення характеру локалізації. Усі полігональні гідрографічні об'єкти на цифровій топографічній карті подані у вигляді лінійних. Лінії проведені по центру об'єктів;
- відсутність регламентуючих документів і вироблення операторами самостійного колективного рішення щодо цифрування тієї чи іншої ситуації;
- відсутність опису правил цифрування подібних ситуацій у регламентуючих документах за відсутності технології взаємодії оператора і коректора карт;

- систематична помилка в плановому розташуванні точкових об'єктів або вершин лінійних об'єктів через неточність оператора (наприклад, паралакс візира дигітайзера);
- усі об'єкти цифрової карти не мають координатного прив'язування;
- неадекватна вихідним матеріалам передача форми об'єктів цифрової карти через низьку кваліфікацію оператора і відсутність вихідного контролю.

Процес оцінювання якості – це послідовність етапів, операцій та процедур, виконання яких дає змогу отримати результат як сукупність елементів якості для визначеної області (набору даних, окремих екземплярів об'єктів, їх атрибутів або відношень).

Елементи якості просторових даних поділяються на кількісні та описові. Як правило, під елементи якості даних взаємозалежні. Наприклад, помилка в планового положення точок (координат) може викликати, як мінімум, помилки двох типів – позиційну й топологічну [11].

Розрізняють шість базових мір якості, що ґрунтуються на різних методах оцінювання кількості помилкових чи правильних об'єктів, а саме: індикатор помилки (так або ні), індикатор правильності, кількість помилок, кількість правильних об'єктів, відсоток помилок, відсоток правильних об'єктів.

Оцінювання створення цифрової картографічної моделі відбувається відповідно до етапів її виготовлення (рис. 5.1) [34].



Рис. 5.1. Оцінювання створення цифрової картографічної моделі

Повнота, достовірність, точність та актуальність початкових даних багато в чому зумовлюють якість майбутньої моделі, а зручність їх використання позначається на витратах по створенню карти. Важливо не тільки підібрати джерела, але також провести їх аналіз, зіставлення, оцінку і на завершення вибрати оптимальні.

До аналізу джерел доводиться вдаватися і в процесі безпосереднього складання карти, наприклад під час вирішення питань про прив'язку та узгодженість різних даних між собою. Нарешті, аналізу та оцінці піддається закінчений оригінал карти з метою перевірити, наскільки відповідає своєму цільовому призначенню і як реалізовані геоінформаційні інструменти та алгоритми.

Щодо опублікованих карт аналіз і оцінка виявляються обов'язковими: під час складання рецензій, критичних відгуків, оцінці наукової та змістовної складової карти і її практичне значення; рекомендації або виборі карт, що залучаються для вирішення конкретних наукових або практичних завдань (наприклад, для кадастрових робіт).

Узагальнений показник якості даних обчислюються як правило, за трьома підходами.

1. Стовідсоткова відповідність/невідповідність. Узагальнений результат буде 100 %, Якщо всі елементи відповідають вимогам, якщо ж хоч один елемент не задовольняє вимог, то результат буде «Не відповідає».

2. Зважена відповідність/невідповідність – відображатиме ступінь наближення одержаної якості до еталонної.

3. Максимум/мінімум – показник подає максимальну/мінімальну ступінь наближення оцінюваних даних до еталона.

Стовідсоткова відповідність/невідповідність:

$$ADQR = \prod V_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (5.1)$$

де V_i – логічне значення елемента/піделементу якості; n – кількість елементів/піделементів узагальнення.

Кожен елемент V_i має логічне значення відповідності: 1 – відповідає вимогам, 0 – їм не відповідає. Якщо всі елементи відповідають вимогам, то узагальнений результат буде: «100 % відповідність», якщо ж хоч один елемент не задовольняє вимог, то результат буде «Не відповідає»

Зважена відповідність/невідповідність, що визначається для відносних кількісних оцінювань елементів якості за формулою:

$$ADQR = \prod V_i W_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (5.2)$$

де V_i – відносна оцінка елемента/піделементу якості;

W_i – коефіцієнт ваги, що встановлюється для кожного i -го елемента/піделемента в залежності від його значимості; n – кількість елементів/піделементів узагальнення.

Результат відображатиме ступінь наближення одержаної якості до еталонної.

Максимум/мінімум – показник, що відображує максимальну/мінімальну ступінь наближення оцінюваних даних до еталона (або вимог), але в аспекті певного елемента якості; формально описується як:

$$ADQR = MIN (V_1, V_2, \dots V_n) \text{ або} \quad (5.3)$$

$$ADQR = MAX (V_1, V_2, \dots V_n). \quad (5.4)$$

Однією з найважливіших складових виробництва цифрових карт, що забезпечує їхню якість, є контроль якості. Виділяють такі види контролю:

- суцільний, у разі якого контролюються всі одиниці продукції;
- вибірковий — контролюється порівняно невелика кількість одиниць продукції із сукупності, до якої вона належить;
- статистично-вибірковий контроль, правила якого базуються на законах теорії ймовірностей і математичної статистики.

У цілому необхідний рівень якості цифрових карт досягається цілим комплексом заходів. З одного боку, це точне формулювання замовником і споживачем карти її змістовних характеристик, рівня просторової точності, вихідних матеріалів. З боку виконавця робіт необхідне розроблення чітких інструкцій персоналу щодо цифрування тієї чи іншої тематичної групи об'єктів, ідентифікації і класифікації об'єктів, порядку послідовного введення різних груп об'єктів. Залежно від виду робіт і їхньої критичності для якості карти в цілому організуються контрольні заходи. Технічна документація підсумкової карти є важливим елементом для оцінки всієї виконаної роботи.

Нині багато цифрових карт, особливо в неспеціалізованих установах і організаціях, виконується в ручному режимі, тому суб'єктивний фактор, тобто кваліфікація оператора і контролера, є основним стримуючим фактором для збільшення кількості якісної цифрової продукції. Для підготовки кваліфікованого оператора для екранного або апаратного оцифрування необхідно кілька років

практичної роботи за наявності відповідної геодезичної, картографічної або географічної освіти. Унаслідок цього все більш істотним фактором картографічного виробництва стає зростання вартості кваліфікованої праці фахівців. Тому основною лінією зростання продуктивності цифрового картографування є подальший розвиток автоматизованих методів введення: підвищення якості розпізнавання картографічних образів сканованих карт і даних дистанційного зондування Землі.

Контрольні запитання

1. Що таке якість геопросторових даних?
2. Які стандарти визначають елементи, міри якості геопросторових даних?
3. Які існують методи оцінки якості геопросторових даних?
4. Що таке міра якості?
5. Як оцінити якість цифрової топографічної карти?
6. Навіщо оцінювати якість геопросторових даних?

Лекція 6. Геооброблення. Просторові операції в ГІС. DATA FUSION

Картографічне вивчення і дослідження дійсності полягає у включенні в цей процес посередником - географічної карти як просторової моделі явищ, що досліджуються. Тоді карта виступає в подвійній ролі: як засіб дослідження і як його предмет – у вигляді моделі, що замінює собою реальні явища, безпосереднє вивчення яких є неможливим або складним. Прикладом можуть бути явища глобального масштабу. Отримані таким чином (за картками) висновки та значення відносяться до відповідних об'єктів дійсності. Застосування карт для опису, аналізу і пізнання явищ, для отримання про них нових знань і характеристик, вивчення їх просторових взаємозв'язків та прогнозування називають картографічним методом дослідження.

Слід зазначити, що на практиці, особливо під час використання неінформаційних технологій, процеси створення і використання карт настільки переплітаються, що важко визначити де кінчається створення і починається використання карт. Наприклад, деякі оціночні або прогнозні карти створюються на основі перетворення і синтезу декількох аналітичних карт. У такому випадку вихідні карти є не тільки джерелом для складання, а і матеріалом для дослідження.

Створення більшості карт ґрунтується не на прямому дослідженні реального світу, а на використанні вже наявних карт та інших джерел, обробка яких для отримання похідних карт має на меті не тільки відбір, відсівання надлишкової інформації, але також отримання нової інформації та нових знань про явища, що картографуються.

Таким чином, в картографічному вивченні дійсності закономірно розрізняти польове і камеральне картографування і картографічний метод дослідження - отримання нових даних про дійсність за наявними або спеціально створеними для цього картами.

Польове та камеральне картографування входять в компетенцію професійних картографів і фахівців у відповідних галузях тематичної картографії. Вивченням же готових карт як моделей дійсності з метою пізнання цієї дійсності займаються всі споживачі, для яких призначаються конкретні карти.

Картографічний метод дослідження заснований на аналізі карт як просторово-часових моделей дійсності. Для вивчення явищ за їхніми зображеннями на картах використовуються різні прийоми аналізу, серед

яких виділяють візуальні, картометричних, графічні та математичні способи.

Широке використання картографічного методу дослідження призвело до розвитку множини методів аналізу карт, в розвитку яких активну участь приймають як картографи, так і фахівці з суміжних областей геології, геофізики, математики, економісти.

В межах кожної групи виділяють методи суцільного вибіркового та ключового аналізу. Також методи аналізу можна розглядати за ступенем автоматизації, а залежності від технічного оснащення процесу.

Описові методи дослідження засновані на сутності карт як образно-знакових моделей дійсності, які подають в наглядній формі просторові форми, відношення та структуру реального світу.

Вже біглий погляд на карту породжує у разі наявності досвіду зоровий образ зображених явищ, наприклад загальне уявлення про місцевість по топографічній карті

Уважний перегляд карти дає змогу далі (залежно від її змісту):

- побачити особливості форм і своєрідність просторового малюнка явищ (наприклад, округлі або лопатеві обриси озер, деревоподібну або гратчасту конфігурацію гідрографічної мережі, плямистість ґрунтів і т. п.). і дати змістовну інтерпретацію цих форм;
- зіставити величини зображених об'єктів (наприклад, співвідношення промислових пунктів по вартості валової продукції);
- встановити закономірності розміщення (наприклад, зональність рослинного покриву), подібний характер явищ (наприклад, використання земель) та місця їх різкої зміни (наприклад, на природних рубежах);
- виявити просторові взаємозв'язки (наприклад, між рельєфом, ґрунтами і рослинністю або між природними умовами і сільським розселенням);
- усвідомити характер просторових структур (наприклад, великих міст), оцінити особливості динамічних ситуацій (наприклад, синоптичної обстановки) тощо

Такий аналіз однаково ефективний для вивчення планетарних закономірностей у розміщенні суші і океану, рельєфу, клімату, ґрунтів, рослинності, тваринного світу, населення, господарства і т. д. або їх регіональних і навіть місцевих особливостей.

Результатом візуального аналізу може бути опис явищ, для якого притаманні логічність і послідовність викладу, відбір і систематизація фактів, їх аналіз, узагальнення та заключні висновки. Заздалегідь продумана схема опису як би утворює алгоритм візуального аналізу.

Зовні простий і доступний кожному, візуальний аналіз вимагає разом з тим вміння читати карту, розуміння суті аналізованих явищ і, звичайно, залучення підходящих до справи карт. Це розумова праця, успіх якого залежить від інтенсивності та підготовки виконавця.

Картометричні дослідження полягають у вимірі та обчисленні по картах кількісних характеристик явищ з оцінкою точності одержуваних результатів. Визначення координат, відстаней, довжин, висот, площ, обсягів, кутів і азимутів, ухилів та інших топографічних характеристик, теорія та практичні прийоми цих визначень здавна розглядаються в особливому розділі картографії - картометрії. Діапазон картометричних робіт надзвичайно широкий. Вони можуть зводитися до вимірювань окремих об'єктів (наприклад, довжини-якої річки) або бути масовими (включати всі ріки), мати локальний характер (наприклад, обмежуватися невеликим районом) або розповсюджуватися на значні площі (наприклад, ставити метою визначення площ земельних ресурсів по їх видам для всієї країни) або навіть мати глобальне значення [36].

Картометрія в традиційній розробці обмежувала свої інтереси топографічними характеристиками, одержуваними по загальногеографічних (топографічним) та морських навігаційних карт. Тим часом багато галузей знання - науки про Землю та її біосферу, економічна і соціальна географія та інші - тепер потребують отримання по картах різноманітних абсолютних та відносних просторових показників, що характеризують форми явищ, їх потужність, щільність і інтенсивність, кількісну структуру і градієнти, відносини сусідства та доступності. Вибір показників належить до завдань названих наук, але в основі визначення показників лежать картометричні вимірювання за відповідними тематичними картами. Природно, що розробка принципів положень, раціональних прийомів і техніки таких вимірювань, оцінка їх точності, обґрунтування вибору карт і т. д. входять в завдання картометрії в її широкому сучасному застосуванні [36].

Великого поширення набули морфометричні розрахунки форми і структури об'єктів - загального характеру їх обрисів, видовженості, звивини, кривизни, розчленування і т. д., а також статистичний аналіз

щільності, розподілу і взаємозв'язків явищ. Як особливий напрямок під час використання картографічного методу іншими науками формується «тематична морфометрія, в завдання якої входить кількісне дослідження по тематичним картам форм і структур зображених на них об'єктів». Зокрема, така геоморфологічна морфометрія, що вивчає форми і структури рельєфу - розміри, особливості і угруповання форм, горизонтальне і вертикальне розчленовування і ін.

Графічний аналіз полягає в дослідженні явищ за допомогою графічних побудов, що виконуються за географічними картами. Такими побудовами можуть бути профілі, розрізи, блок-діаграми та інші образно-знакові моделі, похідні від карт, а також різні графіки, діаграми, троянди напрямків або зоряні діаграми і т. п. Їх часто застосовують для наочного подання про розміщення явищ в інших площинах, ніж горизонтальна, наприклад у вертикальній площині за допомогою профілів і розрізів, в плоскому зображенні тривимірного простору за допомогою блок-діаграм, нерідко поєднують горизонтальні і вертикальні перетину, і т. п.

Профілі широко використовують для вивчення рельєфу земної поверхні, геологічної будови земної кори і т. д. Розрізи, що показують вертикальну структуру компонентів географічної оболонки, зручні для дослідження їх співвідношень з рельєфом земної поверхні, зокрема з висотної поясністю. Поєднання профілів дає змогу переходити до просторового аналізу, наприклад для виявлення поверхонь вирівнювання.

Автоматизація графічних побудов дає змогу легко змінювати їх масштаби, орієнтування та інші параметри, зіставляти і поєднувати різні графіки і в кінцевому рахунку незмірно прискорює роботу і підвищує ефективність графічного аналізу.

Окрема потужна група методів картометричного аналізу - Математичне моделювання застосовують для визначення нових характеристик явищ та об'єктів, дослідження їх взаємозв'язків та залежностей. Тоді вирішують такі завдання як визначення характеристик за багатофакторним аналізом, дослідження просторових та часових взаємозв'язків та оцінка впливу окремих факторів на явище в цілому.

До класичних математичних методів моделювання відносяться апроксимація поверхні та ентропія. Будь яку складну поверхню, що є на карті, можна апроксимувати, тобто наближено подати у вигляді функції. У загальному випадку, для цього по карті визначають значення z_i , після чого складають систему рівнянь, яку вирішують засобом найменших

квадратів.

Апроксимація першого порядку (лінійне рівняння) дає площинну, що відображає лише уклін поверхні, це занадто грубе, лише загальне наближення. Поверхні другого порядку вже більш схожі на реальну модель, а апроксимація третього і вище порядку дасть максимальне наближення до вихідної поверхні.

Ентропія є мірою невизначеності системи, зростання якої характеризує неоднорідність картографічного зображення.

В теорії інформації прийнято застосовувати логарифми ймовірностей з основою 2, це пов'язано з подвійною системою обчислення.

Функція ентропії залишається додатною або дорівнює нулю, коли на карті зображується лише один контур або полігон (тобто зображення є абсолютно однорідним). Функція монотонно зростає зі збільшенням числа контурів. Ця властивість функції ентропії дає змогу кількісно характеризувати неоднорідність картографічного зображення, яка розглядається як багатоманітність контурів та полігонів.

Розглянуті методи картографічних досліджень використовують для визначення місця розташування і просторово-часової структури явищ і процесів, їх взаємовідносин та зв'язків, виявлення тенденцій розвитку і динаміки, для отримання різнорідних кількісних характеристик і оцінок, прогнозування змін в просторі та часі.

Кінцевою метою вивчення по картам структури явищ та об'єктів завжди є пізнання просторової організації системи, її генезису, механізму функціонування. Один з найефективніших засобів – вивчення конфігурації картографічного образу – вивчення геометричного рисунку зображення. Поглиблене вивчення структури явищ часто потребує перетворення картографічного зображення, тобто трансформації з метою створення нових карт. Розрізняють декілька видів перетворення.

В рішенні завдань аналізу і кількісної оцінки взаємозв'язків явищ та об'єктів картографічному методу надають значну перевагу завдяки невичерпній кількості карт різнорідної тематики. За цими картами зручно оцінювати зв'язки в просторі, виділяти основні та вторинні залежності, а також виконувати індикаційні дослідження (прогнозувати розміщення одних об'єктів або явищ за іншими (індикаторами)).

З графічних методів аналізу використовують суміщення контурів явищ на загальній основі – графічний оверлей), в результаті виявляють

суміщенні, частково суміщені або не суміщені контури як відображення взаємозв'язків різної сили.

Для вивчення динаміки явищ та процесів використовують різночасові карти, на яких одні і ті ж об'єкти зображені в різні моменти часу.

В основі прогнозу лежить картографічна екстраполяція – в широкому сенсі поширення закономірностей, що отримані в результаті картографічного аналізу будь якого явища, на невивчені частини цього явища, на іншу територію або на майбутній час.

Методологічно моніторинг – це проведення ряду однотипних замірів, коли головна інформація полягає навіть не в самих значеннях результатів, а в їх зміні, динаміці від одного заміру до іншого.

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

Буферизація – створення буферних зон - кожній вершини об'єкта за допомогою однакового алгоритму обчислюється буферне зміщення, вихідний буферний полігон будується з отриманих зміщень.

Зонування території – поділ певної території за визначеними параметрами [15].

Оверлейний аналіз - накладення двох і більше картографічних шарів та створенні похідних об'єктів, що виникають у разі їх геометричного накладання [15].

Мережний аналіз - моделювання мереж на основі спеціальних структур даних на основі теорії графів [15].

Геооброблення (англ., Geoprocessing) – операції маніпулювання просторовими даними на основі аналітичних функцій, що застосовують до вхідних наборів даних з метою створення нових похідних наборів даних. Сучасні інструментальні ГІС надають широкий спектр засобів обробки і аналізу просторових даних та дають можливість моделювати складні процеси шляхом поєднання функцій у певній послідовності. Інтерфейс написання скриптів забезпечує можливості написання спеціальних команд за вимогою користувача.

Як правило, користувачів ГІС цікавить не абсолютне розташування об'єктів, а відносне – розташування по відношенню до інших просторових об'єктів. Для визначення просторових відносин між об'єктами застосовують алгоритми, що ґрунтуються на реляційній алгебрі. Сутностями тоді є підмножина точок внутрішньої області об'єкта, підмножина контуру та підмножина точок зовнішньої області об'єкта. Реляційні функції виконують порівняння геометрії різних типів для кожної сутності та визначають просторові відносини на основі результуючих значень. Тобто на запитання типу "які будівлі знаходяться в зоні повені" або "де перетинаються залізниця та вулиці" можна відповісти тільки, якщо геометричні об'єкти, що моделюють будівлі, зони затоплення, залізниці та вулиці, порівняти один з одним.

Предикат (від лат. *praedicare* — проголошувати, заявляти, присуджувати) у сучасній логіці зазвичай означає булевозначну функцію $P: X \rightarrow \{0, 1\}$, яка називається предикатом на X . Однак, предикати мають багато різних інтерпретацій та способів використання у математиці та логіці, і їх точне визначення різняться від теорії до теорії. Наприклад, якщо в якійсь теорії вводиться поняття відношення, тоді предикат це просто характеристична або індикативна функція на відношенні. Однак, не у всіх теоріях визначається поняття відношення, на відміну від заснованих на теорії множин, і тому слід бути уважним з правильним визначенням та семантичною інтерпретацією предиката.

Просторові відношення будь-яких двох об'єктів A та B в цьому випадку описуються матрицею результатів взаємного перетинання визначених трьох підмножин точок цих об'єктів.

Просторово розширена модель дев'яти перетинів графічно подана на діаграмі матриці перетинів геометрії різних типів.

Значення результату перетинання будь-яких двох підмножин 2D точок належить домену $r = \{-1, 0, 1, 2\}$, елементи якого відповідають топологічній розмірності геометричного об'єкта, що утворюється в результаті перетинання певних підмножин точок об'єктів:

Картографічні моделі також є результатом картографічного дослідження, тобто ми знов повертаємось до необхідності формування геообразень для поширення результатів аналізу. Для цього використовують широкий спектр інструментів цифрової картографії.

Досить часто завдання, для вирішення яких застосовують картографічні методи дослідження, є настільки глобальними або

унікальними, що постає задача розроблення прикладної геоінформаційної системи.

Проектування ГІС, як будь якої іншої інформаційної системи, вимагає використання методів системного аналізу, за допомогою яких вирішуються завдання проєкту. Технічний проєкт розробляється на підставі затвердженого завдання на проектування та техніко-економічного обґрунтування і містить остаточне технічне рішення щодо кінцевого продукту.

Основними факторами різноманітності даних і їх джерел є:

- різні типи даних (логічний, цілий, речовинний, об'єктний і ін.);
- різна природа даних (числові масиви, тексти, медіа дані);
- різні типи (моделі) баз даних (БД) - реляційні, ієрархічні, об'єктно-орієнтовані, мережеві, багатовимірні і т.п .;
- різні формати представлення даних;
- відмінності в ступені розподеленности систем зберігання даних;
- різної природи даних (наприклад, тексти, зображення, сигнали);
- різна ступінь достовірності і точності даних, вимірюваних в різних масштабах і одиницях виміру;
- різна ступінь і форма структурованості даних і т.п.

DATA FUSION:

- «злиття даних» від англ. data - дані, fusion - інтеграція, об'єднання, злиття, зрощування, сплавлення
- об'єднання даних різного походження для подальшого спільного аналізу і оброблення
- синтез, у разі якого дані об'єднують в собі властивості всіх типів вхідних даних, і несуть більше інформації, ніж просте об'єднання джерел, що розглянуті окремо один від одного
- синергія джерел, що подають різноманітні дані – дані різних форматів, структур, реалізовані на різнотипних платформах

Geospatial Data Fusion – сукупність методів інтеграції геопросторових наборів даних з метою підтримки прийняття рішень незалежно від моделей даних (векторні, растрові, дані, grid або TIN, хмари точок тощо)

Застосування DATA FUSION:

- збір гетерогенних даних для виявлення вторгнень в комп'ютерні мережі - гіперпростір;
- аналіз та прогнозування виникнення і динаміки розвитку

природних і штучних техногенних катастроф;

- системи аналізу біржових котирувань, виявлення неузгодженості даних, що надходять від різних дилінгових центрів;

- консолідація і аналіз даних, що надходять з систем відеоспостереження і телеметрії;

- військові розробки та системи подвійного призначення, наприклад, злиття і обробка даних для нейронної мережі, яка отримує інформацію від цих різних датчиків і дає змогу робити висновки про присутність і ідентифікації біологічних об'єктів;

- навігаційні робототехнічні системи, наприклад, обробка інформації про відстані від об'єктів навколо робота і форм поверхонь об'єктів навколишнього середовища; об'єднуючи ці дані, робот може отримати деталізовану інформацію про середовище занурення і прийняти оптимальне рішення про переміщення в ній;

- інформаційна система «Розумний будинок», як засіб забезпечення безпеки, економії і комфорту; консоліднуються і обробляються дані від звукових датчиків, відеокамер, ультразвукових датчиків, температурних датчиків, датчиків диму, вібраційних і інфрачервоних датчиків.

Класифікація за джерелами даних (Durrant-Whyte):

- доповнююче злиття (напр., зображення з двох камер з різним кутом огляду);

- надлишкове злиття (напр., зображення з перекриття двох камер);

- спільне злиття злиття (напр., злиття мультимодальних (аудіо та відео) даних).

Класифікація за природою вхідних, вихідних даних (Dasarathy):

- «Дані на вході – Дані на виході» (алгоритми обробки сигналів та зображень);

- «Дані – Функції» (необроблені дані використовують для отримання нових функцій або ознак, що описують об'єкти);

- «Функції – Функції» (злиття інформації або злиття проміжного рівня);

- «Функції – Рішення» (набір функцій у якості вхідних даних та набір рішень на виході) – більшість систем оброблення сигналів;

- «Рішення – Рішення» (злиття рішень).

Класифікація за рівнями абстракції:

- злиття низького рівня: вихідні дані безпосередньо надаються як

вхідні дані до процесу злиття даних, які забезпечують більш точні дані (менший сигнал / шум) співвідношення), ніж окремі джерела;

- синтез середнього рівня: характеристики або особливості (форма, текстура та положення) об'єднуються для отримання ознак, які можна використовувати для інших завдань. Цей рівень також відомий як рівень ознак або характеристик;

- злиття високого рівня: цей рівень, який також відомий як злиття рішень, приймає символічні подання як джерела та поєднує їх для отримання більш точного рішення;

- багаторівневе злиття: цей рівень стосується даних, отриманих з різних рівнів абстракції (тобто, коли вимірювання поєднуються з ознаками для отримання рішення).

Класифікація злиття даних JDL (концептуальна модель JDL):

- рівень 0 - попередня обробка – об'єднання на рівні джерел даних - сигналів та пікселів - зменшує обсяг даних і зберігає корисну інформацію для процесів вищого рівня;

- рівень 1 - уточнення об'єктів на основі оброблених даних попереднього рівня - просторово-тимчасове вирівнювання, асоціація, кореляція, кластеризація або групування, оцінка стану, видалення помилок, злиття та комбінування ознак. На цьому етапі вхідна інформація перетворюється в узгоджені структури даних;

- рівень 2 - оцінка ситуації - спрямована на визначення відносин між об'єктами (напр., близькість, суміжність);

- рівень 3 - оцінка впливу - прогнозування на майбутнє для виявлення можливих ризиків та можливостей;

- рівень 4 - уточнення процесу для ефективного управління ресурсами з урахуванням пріоритетних завдань, планування і контролю якості.

Контрольні запитання

1. Що таке матриця дев'яти перетинів та яке її призначення?
2. Назвіть аналітичні засоби інструментальних ГІС.
3. Назвіть методи геопросторового аналізу.
4. Що таке DATA FUSION?
5. Які етапи розроблення прикладної ГІС?

Лекція 7. Грошова оцінка земель

Експертна грошова оцінка земельних ділянок - результат визначення вартості земельної ділянки та пов'язаних з нею прав оцінювачем (експертом з питань оцінки земельної ділянки) із застосуванням сукупності підходів, методів та оціночних процедур, що забезпечують збір та аналіз даних, проведення розрахунків і оформлення результатів у вигляді звіту (*Закон України «Про оцінку земель», редакція від 15.11.2024*).

Нормативна грошова оцінка земельних ділянок - капіталізований рентний дохід із земельної ділянки, визначений за встановленими і затвердженими нормативам (*Закон України «Про оцінку земель», редакція від 15.11.2024*).

Вартість земельної ділянки - еквівалент цінності земельної ділянки, виражений у ймовірній сумі грошей, яку може отримати продавець (*Закон України «Про оцінку земель», редакція від 15.11.2024*).

Об'єктами оцінки земель є: територія адміністративно-територіальних одиниць або їх частин, території оціночних районів та зон, земельні ділянки чи їх частини або сукупність земельних ділянок і прав на них, у тому числі на земельні частки (паї), у межах території України (*Закон України «Про оцінку земель», редакція від 15.11.2024*).

Залежно від мети та методів проведення оцінка земель поділяється на такі види:

- бонітування ґрунтів;
- грошова оцінка земельних ділянок.

Нормативна грошова оцінка земельних ділянок використовується для визначення розміру земельного податку, державного мита під час міни, спадкування (крім випадків спадкування спадкоємцями першої та другої черги за законом (як випадків спадкування ними за законом, так і випадків спадкування ними за заповітом) і за правом представлення, а також випадків спадкування власності, вартість якої оподатковується за нульовою ставкою) та даруванні земельних ділянок згідно із законом, орендної плати за земельні ділянки державної та комунальної власності, плати за суборенду (у разі передачі в суборенду земельних ділянок державної власності, які орендуються акціонерним товариством, товариством з обмеженою відповідальністю, 100 відсотків акцій (часток) у статутному капіталі якого належать державі, що утворилося шляхом

перетворення державного підприємства, у постійному користуванні якого перебували такі земельні ділянки), втрат лісогосподарського виробництва, а також під час розробки показників та механізмів економічного стимулювання раціонального використання та охорони земель [39].

Експертна грошова оцінка земельних ділянок та прав на них проводиться з метою визначення вартості об'єкта оцінки. Експертна грошова оцінка земельних ділянок використовується під час здійснення цивільно-правових угод щодо земельних ділянок та прав на них, крім випадків, визначених цим Законом, а також іншими законами [38, 39].

Нормативна грошова оцінка земельних ділянок проводиться у разі [39]:

- визначення розміру земельного податку;
- визначення розміру орендної плати за земельні ділянки державної та комунальної власності, плати за суборенду (під час передачі в суборенду земельних ділянок державної власності, які орендуються акціонерним товариством, товариством з обмеженою відповідальністю, 100 відсотків акцій (часток) у статутному капіталі якого належать державі, що утворилося шляхом перетворення державного підприємства, у постійному користуванні якого перебували такі земельні ділянки);
- визначення розміру державного мита під час міни, спадкування (крім випадків спадкування спадкоємцями першої та другої черги за законом (як випадків спадкування ними за законом, так і випадків спадкування ними за заповітом) і за правом представлення, а також випадків спадкування власності, вартість якої оподатковується за нульовою ставкою) та даруванні земельних ділянок згідно із законом;
- визначення втрат лісогосподарського виробництва;
- розробки показників та механізмів економічного стимулювання раціонального використання та охорони земель;
- відчуження земельних ділянок державної, комунальної власності, якщо відповідно до закону ціна продажу таких земельних ділянок визначається з використанням нормативної грошової оцінки земельних ділянок;
- проведення інвентаризації масиву земель сільськогосподарського призначення (у разі якщо попередня нормативна грошова оцінка земельних ділянок у цьому масиві не проводилася протягом 5 років до дня прийняття уповноваженим органом рішення про проведення такої

інвентаризації).

Експертна грошова оцінка земельних ділянок проводиться у разі [39]:

- відчуження та страхування земельних ділянок, що належать до державної або комунальної власності, крім випадку, передбаченого абзацом сьомим частини першої цієї статті;
- передачі в іпотеку земельної ділянки державної чи комунальної власності відповідно до закону;
- визначення інвестиційного вкладу в реалізацію інвестиційного проєкту на земельні поліпшення;
- визначення вартості земельних ділянок, що належать до державної або комунальної власності, у разі якщо вони вносяться до статутного фонду господарського товариства;
- визначення вартості земельних ділянок під час реорганізації, банкрутстві або ліквідації господарського товариства (підприємства) з державною часткою чи часткою комунального майна, яке є власником земельної ділянки;
- виділення або визначення частки держави чи територіальної громади у складі земельних ділянок, що перебувають у спільній власності;
- визначення розміру майнової шкоди, збитків власникам або землекористувачам у випадках, встановлених законом або договором;
- рішення суду.

Грошова оцінка земельних ділянок може проводитися за згодою сторін договору.

Нормативна грошова оцінка земельних ділянок проводиться відповідно до норм, правил, а також інших нормативно-правових актів на землях усіх категорій та форм власності. Нормативна грошова оцінка земельних ділянок проводиться [39]:

- розташованих у межах населених пунктів незалежно від їх цільового призначення - не рідше ніж один раз на 5-7 років;
- розташованих за межами населених пунктів земельних ділянок сільськогосподарського призначення - не рідше ніж один раз на 5-7 років, а несільськогосподарського призначення - не рідше ніж один раз на 7-10 років.

За результатами бонітування ґрунтів та нормативної грошової оцінки земельних ділянок складається технічна документація, а за

результатами проведення експертної грошової оцінки земельних ділянок складається звіт.

Дані про нормативну грошову оцінку окремої земельної ділянки оформляються як витяг з технічної документації з нормативної грошової оцінки земель. Технічна документація з бонітування ґрунтів та нормативної грошової оцінки земельних ділянок затверджується відповідною сільською, селищною, міською радою. Протягом місяця з дня надходження технічної документації з бонітування ґрунтів, нормативної грошової оцінки відповідна сільська, селищна, міська рада розглядає та приймає рішення про затвердження або відмову в затвердженні такої технічної документації [39].

Фінансування робіт з оцінки земель та земельних ділянок може проводитися за рахунок коштів Державного бюджету України, місцевих бюджетів, коштів землевласників і землекористувачів та інших джерел, не заборонених законом [39].

Нормативна грошова оцінка земель залишається важливою складовою системи регулювання земельних відношень, зокрема, визначення розмірів земельного податку, орендної плати та інших платежів під час транзакцій із земельними ділянками. За своїм змістом нормативна грошова оцінка (НГО) земель належить до класичних задач геоінформаційного (просторового) аналізу, оскільки її виконання потребує врахування впливу комплексу факторів, які мають кількісні характеристики, просторову прив'язку та просторові відношення [41].

Проекти нормативної грошової оцінки земель населених пунктів характеризуються великими обсягами як вхідних так і вихідних картографічних матеріалів (рис. 7.1).

Загальною вимогою до геоінформаційного забезпечення проєктів нормативної грошової оцінки земель населених пунктів є роздільна здатність цифрових картографічних даних, що використовуються та створюються в цих проєктах. Ці вимоги визначаються масштабами топографічних, землевпорядних, кадастрових карт (планів) та містобудівної картографічної документації, що традиційно створюються на територію населених пунктів і змінюється в залежності від чисельності населення населеного пункту (від масштабу 1 : 10 000 для великих міст до масштабу 1 : 2 000 для малих населених пунктів [40, 42]).



Рис. 7.1. Узагальнена структура картографічного забезпечення проектів нормативної грошової оцінки земель населених пунктів [42]

На підготовчому етапі проєкту здійснюється вивчення наявних інформаційних ресурсів, проводиться збір вихідних даних, які реєструються в ГІС з використанням бази геопросторових даних цифрової топографічної основи території міста, що створюється в залежності від крупності населеного пункту на основі карт і планів масштабів 1:10 000, 1:5 000, 1: 2 000, ортофотопланів відповідних масштабів та/або космічних знімків високої роздільної здатності [42].

До основних завдань підготовчого етапу відноситься узгодження та інтегрування цифрових картографічних даних, отриманих з різних джерел. За матеріалами генплану міста з використанням цифрової картографічної основи в ГІС створюються тематичні шари функціональних зон, головних споруд та магістралей інженерних мереж, зон планувальних обмежень, тощо. Важливим оцінним районуванням та економіко-планувального зонування є створення цифрової моделі планувального каркасу території, який називають базовим планом або топоконтуром міста. Базовий план визначається як сукупність каркасних елементів території. До таких елементів відносяться межа населеного

пункту, магістралі загальноміського та районного рівнів, осі вулиць, межа смуги землевідведення залізниці, природні перешкоди (ріки, струмки, канали, яри, рівчаки, тощо), в окремих випадках - межі ділянок виробничих підприємств, зелених та рекреаційних зон. Попередня цифрова модель базового плану, як окремий розділ бази даних, створюється на основі цифрової карти М 1:10 000, остаточна модель каркасних елементів уточнюється з використанням цифрового топографічного плану М 1:2 000 [42].

Усі вхідні тематичні геопросторові дані необхідно перевірити в середовищі інструментальної ГІС на координатну і топологічну узгодженість з моделями об'єктів цифрової топографічної основи та між собою, а у разі наявності розбіжностей виконати корегування відповідних моделей. Під час коригування за основу слід вибирати дані з вищою точністю та з надійних першоджерел, до яких можна віднести ортофотоплани, космічні знімки високої роздільної здатності та результати натурних топографо-геодезичних знімань. Рекомендації щодо складу основних геоінформаційних ресурсів та використання функцій геоінформаційного моделювання на етапах, землеоціночного районування та економіко-планувального зонування території узагальнено у табл. 7.1 [42].

Таблиця 7.1

Геоінформаційні ресурси та функції ГІС - моделювання для економіко-планувального зонування території [42]

Етап/задача	Геоінформаційні ресурси	ГІС - моделювання
Визначення індексу транспортно-функціональної зручності (З)	Опорний план, адресний реєстр, схема ОЦР, моделі вулично-дорожньої та транспортної мереж, схеми розміщення місць прикладання праці, місць проживання, підприємств та закладів комунально-побутового обслуговування, об'єктів рекреації тощо	Оверлейний та буферний аналіз, мережний аналіз, визначення оптимального шляху та часу доступності, метод потенціалів, складання тематичної карти розподілу ОЦР за індексом Б
Визначення індексу стану довкілля (Е)	Опорний план, схеми ОЦР, санітарно-захисних зон, зон забруднення території	Оверлейний аналіз, складання тематичної карти розподілу ОЦР за індексом Е

Етап/задача	Геоінформаційні ресурси	ГІС - моделювання
Визначення індексу інженерно-інфраструктурної забезпеченості ОЦР (и)	Опорний план, схеми ОЦР, магістральних інженерних мереж, головних споруд та можливих точок підключення	Оверлейний та буферний аналіз, розрахунок щільності мереж, складання тематичної карти розподілу ОЦР за індексом и.
Визначення індексу соціально-містобудівної привабливості ОЦР (С)	Опорний план, схеми ОЦР, схеми функціонального зонування, розміщення підприємств та організацій обслуговування, об'єктів рекреації та відпочинку тощо	Оверлейний та буферний аналіз, складання тематичної карти розподілу ОЦР за індексом С
Проектування економіко-планувальних зон (ЕПЗ)	Опорний план, схема ОЦР, тематична карта розподілу ОЦР за комплексним індексом містобудівної якості	Інтерактивна побудова ЕПЗ на основі просторового об'єднання ОЦР, створення тематичної карти розподілу ЕПЗ за Км2 та нормативною грошовою оцінкою 1м ² земель в зонах

На основі аналізу суміжності та показників містобудівної якості території оціночні райони об'єднуються в економіко-планувальні зони. Як відомо, економіко-планувальна зона (ЕПЗ) - це частина території населеного пункту, що має однорідні споживчі якості, переважно однотипне функціональне використання земель та обмежується чіткими планувальними межами. В ГІС межі ЕПЗ створюються з використанням функції об'єднання полігонів заданих (програмно або в діалоговому режимі) суміжних оціночних районів з близькими показниками містобудівної якості [42].

Для оцінки транспортно-функціональної зручності ОСР за натуральними показниками застосовується гравітаційне моделювання з визначенням індексу доступності оціночних районів до місць прикладання праці, житла, комунально-побутового обслуговування, місць масового відпочинку. Це моделювання ґрунтується на розрахунках витрат часу на переміщення між районами по транспортній мережі міста. Для цього мають бути створені цифрові сегментно-вузлові моделі вулично-шляхової та транспортної мереж населеного пункту, на основі яких в ГІС автоматично формуються розрахункові графово-топологічні моделі,

визначаються витрати часу на переміщення між районами за оптимальними маршрутами [42].

Для оцінки рівня інженерно-інфраструктурної забезпеченості ОЦР за натуральними показниками рекомендується засобами ГІС розраховувати щільність інженерних мереж, відстані до можливих точок підключення та/або до основних споруд на інженерних мережах. Індекси якості довкілля ОЦР розраховуються за результатами оверлейного аналізу (перекриття) території районів із зонами забруднення середовища [42].

Практика виконання нормативної грошової оцінки земель населених пунктів показує, що геоінформаційні технології застосовуються як на проектному етапі для економіко-планувального зонування території, так і на виробничому етапі використання результатів цього зонування для розрахунку НГО конкретних земельних ділянок. Основним змістом застосування ГІС на виробничому етапі є просторовий аналіз прояву локальних факторів та розрахунок їх впливу на НГО земельної ділянки. Згідно Порядку [43, 44] значення локального коефіцієнта K_m для окремої земельної ділянки можливо встановлювати на основі визначення часток площі, які займають зони певних факторів на земельній ділянці. В Порядку підкреслюється, що встановлення часток площі здійснюється переважно шляхом використання ГІС-технологій та цифрових карт масштабу, не меншому ніж 1:10 000 - для міст з чисельністю населення понад 100 тис. чол. та 1:5 000 - для інших населених пунктів.

Незважаючи на те, що в останні роки спостерігається досить широке застосування ГІС для НГО земельних ділянок, методика і технологічні схеми щодо забезпечення коректного визначення впливу локальних факторів на основі визначенням часток площі, яку займають зони певних факторів на земельній ділянці, потребують уточнення та удосконалення.

Методичні основи та результати успішного застосування геоінформаційних технологій для нормативної грошової оцінки земель викладено в низці публікацій. Зокрема в [45 - 54], зазначається, що застосування ГІС-технологій значно підвищує якість грошової оцінки під час вирішення таких завдань як:

- систематизація та оброблення вихідних даних (як картографічних, так і атрибутивних);
- аналіз даних (розрахунок метричних характеристик об'єктів,

використання оверлейного та буферного аналізу для визначення щільності поширення окремих факторів, побудова картограм та картодіаграм під час визначення інтегральних індексів споживчої якості території, застосування методів інтерполяції тощо);

- просторовий аналіз для врахування впливу локальних факторів на грошову оцінку земельних ділянок;
- автоматизоване формування та роздрукування витягів та звітів щодо грошової оцінки земельних ділянок.

В спеціалізованих ГІС - програмах «Терен», «Місто», LPS 2.1 реалізована технологія автоматизованого розрахунку НГО земельних ділянок з використанням цифрових картографічних моделей економіко-планувальних зон, зон впливу локальних факторів та зон поширення агровиробничих груп ґрунтів. Але як в наукових публікаціях, так і в програмних реалізаціях не розглядаються питання визначення часток площі, які займають зони певних факторів на земельній ділянці. Це дає підстави стверджувати що: 1) існуючі програмні комплекси не в повній мірі відповідають рекомендаціям Порядку в питаннях коректного врахування впливу локальних факторів із застосуванням ГІС-технологій; 2) нагальними є завдання уточнення методичних і технологічних аспектів застосування ГІС для визначення часток площі, які займають зони певних факторів на земельній ділянці, та врахування їх в нормативній грошовій оцінці земель [41].

Виклад основного матеріалу. Як відомо [44, 45], нормативна грошова оцінка земельної ділянки в населених пунктах залежить від середніх витрат на освоєння та облаштування 1 м² забудованої території, місця розташування земельної ділянки та її функціонального використання. Для врахування особливостей місця розташування земельної ділянки застосовуються коефіцієнти, що диференціюють грошову оцінку за трьома групами рентоутворюючих факторів регіонального (Км1), зонального (Км2) та локального (Км3) характеру. Значення коефіцієнтів Км1 та Км2 отримують в результаті економіко-планувального зонування території [42, 44 - 46]. Коефіцієнт Км3 визначається для кожної земельної ділянки на основі аналізу просторових відношень земельної ділянки та зон впливу локальних факторів, що враховують функціонально-планувальні, інженерно-інфраструктурні, інженерно геологічні, санітарно-гігієнічні, природо-ландшафтні та інші рентоутворюючі особливості місця розташування земельної ділянки.

У проєкті нормативної грошової оцінки населеного пункту виконується економіко-планувальне зонування його території з визначенням коефіцієнту $K_{м1}$, коефіцієнту $K_{м2}$ та $Ц_{нз}$ - середньої грошової оцінки 1 м² земель для кожної економіко-планувальної зони (ЕПЗ). Нормативна грошова оцінка окремої земельної ділянки з урахуванням результатів економіко-планування території обчислюється за такою формулою:

$$Ц_{зд} = Ц_{нз} S_{зд} K_{\phi} K_{м3}, \quad (7.1)$$

де $Ц_{зд}$ - нормативна грошова оцінка земельної ділянки; $Ц_{нз}$ - середня грошова оцінка 1 м² земель в економіко-планувальній зоні (ЕПЗ), в якій розташована земельна ділянка; $S_{зд}$ - площа земельної ділянки; K_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує функціональне використання земельної ділянки; $K_{м3}$ - коефіцієнт для врахування локальних факторів, який згідно Порядку не повинен бути нижче 0,50 та вище 1,50.

Використання формули (7.1) для НГО земельних ділянок в подальшому будемо називати *загальним підходом*, за якого коефіцієнт $K_{м3}$ визначається як добуток коефіцієнтів окремих зон впливу локальних факторів, що просторово перетинаються із земельної ділянкою, незалежно від площі перетинання. Оскільки площа впливу локальних факторів на земельну ділянку не враховується, то дія локального фактору поширюється на усю ділянку, а отже її грошова оцінка може бути завищеною або заниженою в залежності від комбінації значень пофакторних локальних коефіцієнтів [42]. Як уже зазначалося, чинним Порядком [44] рекомендовано встановлювати частки площі, які займають локальний фактор на земельній ділянці, та враховувати їх в розрахунках НГО. Для цього, виходячи з (7.1) та простих логічних міркувань, можна уточнити формулу розрахунку НГО земельної ділянки, а саме:

$$Ц_{зд} = Ц_{нз} K_{\phi} \sum_{i=1}^n S_i K_{м3_i}, \quad (7.2)$$

де S_i - площа i -ї частки земельної ділянки з однорідним впливом локальних факторів, $S_{зд} = \sum_{i=1}^n S_i$; $Ц_{нз}$ - середня грошова оцінка 1 м² земель в економіко-планувальній зоні; K_{ϕ} - коефіцієнт, який характеризує функціональне використання земельної ділянки; $K_{м3_i}$ - інтегральний локальний коефіцієнт для i -ї частки земельної ділянки з однорідним проявом локальних факторів, як добуток коефіцієнтів факторів, що впливають на цю частку. В Порядку не визначено обмеження на величину

K_{m3_i} , але, вочевидь, що його значення має той самий обмежувальний інтервал 0,50 - 1,50, що й K_{m3} у формулі (7.1).

Основу процесу НГО земельних ділянок в ГІС складають задачі аналізу просторових відношень земельних ділянок з економіко-планувальними зонами (ЗД=>ЕПЗ) та зонами впливу локальних факторів (ЗД=>ЗЛФ).

Відношення ЗД=>ЕПЗ встановлюється на основі звичайного оверлейного аналізу входження земельної ділянки в певну економіко-планувальну зону та визначення значення C_{H3} - середньої грошової оцінки земель 1 м² в цій зоні.

За результатами просторового аналізу відношення ЗД=>ЗЛФ мають бути визначені частки земельної ділянки, однорідні за впливом локальних факторів, та їх площі. Для вирішення цього завдання розглянемо особливості застосування двох традиційних методів геопросторового аналізу в ГІС:

- 1) метод GRID-моделювання;
- 2) метод ітеративного оверлейного аналізу (послідовного накладання).

Метод GRID-моделювання (рис. 7.2) ґрунтується на розбитті простору з об'єктами (земельними ділянками та ЗЛФ) на дискретні елементи (чарунки) регулярної сітки (англ. *grid*), якій у відповідність ставиться прямокутна матриця значень дискретних елементів.

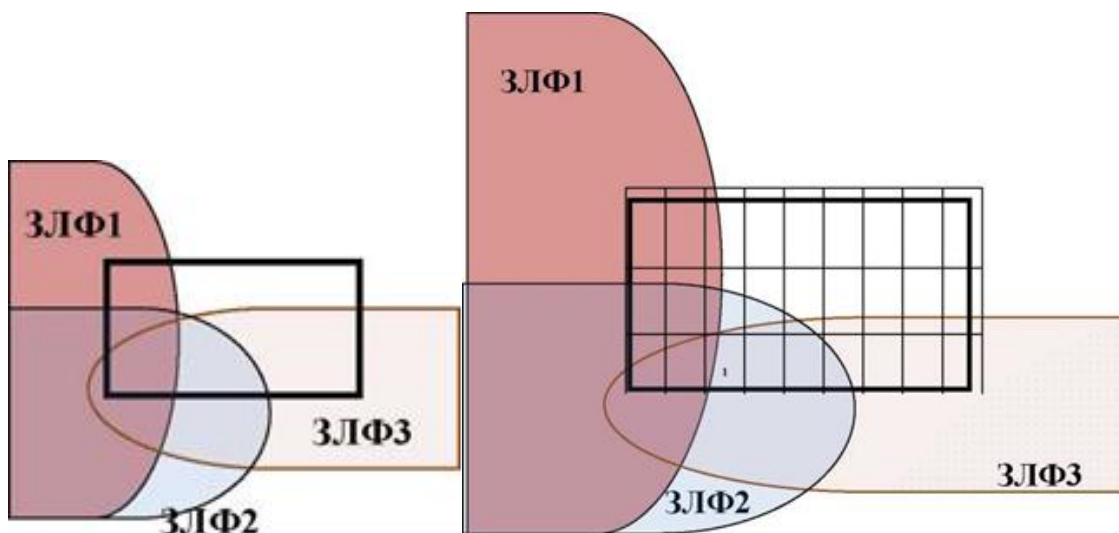


Рис. 7.2. Схема встановлення часток земельної ділянки, однорідних за впливом локальних факторів за метод GRID моделювання для трьох зон локальних факторів [42]

Застосування GRID-моделі для обчислення площі об'єкту аналогічно використанню палетки для картометричного способу наближеного визначення площі фігури зі складним криволінійним контуром. Але у GRID-моделі, крім цього, кожній чарунці сітки відповідає значення елементу матриці K , обчислення якого за певним алгоритмом дає змогу врахувати перекриття кожної чарунки не з одним, а кількома просторовими об'єктами [42]. У нашому випадку це перекриття чарунки із зонами впливу локальних факторів, коли для кожної чарунки GRID-моделі обчислюється інтегральне значення локального коефіцієнта $K_{M3_{ij}}$ як добутку значень локальних коефіцієнтів зон, що перетинаються (перекриваються) з чарункою з урахуванням нормативного обмеження: $1,5 < K_{M3_{ij}} < 0,5$.

В загальному вигляді алгоритм GRID-моделювання впливу локальних факторів на нормативну грошову оцінку земельної ділянки можна подати послідовністю таких операцій:

1) розбиття простору охоплюючого прямокутника земельної ділянки на дискретні елементи - створення сіткової GRID-моделі) з кроком 1 м;

2) визначення дискретної моделі земельної ділянки G_{zd} як множини чарунок GRID-моделі, що просторово перетинаються із земельною ділянкою, та обчислення дискретної площі земельної ділянки D_{zd} як суми площ чарунок G_{zd} ;

3) оверлейний аналіз чарунок дискретної моделі земельної ділянки G_{zd} на просторове накладання (перетинання) із зонами впливу локальних факторів з обчислення інтегрального значення локального коефіцієнта $K_{M3_{ij}}$ для кожної чарунки множини G_{zd} ;

4) сегментація чарунок $G_{ij} \in G_{zd}$ на частки G_R з однорідним впливом локальних факторів за рівністю значень $K_{M3_{ij}}$ чарунок;

5) визначення дискретної площі D_R часток земельної ділянки, однорідних за впливом локальних факторів з відповідним коефіцієнтом $K_{M3_R} = K_{M3_{ij}}$ для $G_{ij} \in G_R$;

6) уточнення площі часток однорідних за впливом локальних факторів за формулою:

$$S_R = S_{zd} \frac{D_R}{D_{zd}} \text{ для } \sum \frac{D_R}{D_{zd}} = 1, \quad (7.3)$$

7) визначення нормативної грошової оцінки земельної ділянки за формулою (7.2) зі значеннями часток площі S_R та коефіцієнтів K_{M3_R} .

Метод ітеративного оверлейного аналізу реалізується за схемою (рис. 7.2) як процес послідовного накладання зон локальних факторів на земельну ділянку (на першому кроці) та на утворювані частки попереднього кроку на усіх інших кроках аналізу до завершення перебору усіх зон локальних факторів, що просторово перетинаються із

На кожному кроці ітеративного оверлейного аналізу відношення $ЗД \Rightarrow ЗЛФ$ визначаються межі утворюваних часток, їх площі (в прикладі на рис. 7.3: S_{11} та S_{12} площі двох часток на першому кроці; S_{21} , S_{22} , S_{23} та S_{24} відповідно на другому кроці) та інтегральне значення локального коефіцієнта $КмЗ_{ij}$ для кожної частки. Площі часток останнього кроку та їх $КмЗ_{ij}$ з урахуванням нормативного обмеження: $1,5 < Км_{ij} < 0,5$, використовуються для визначення НГО земельної ділянки за формулою (7.2).

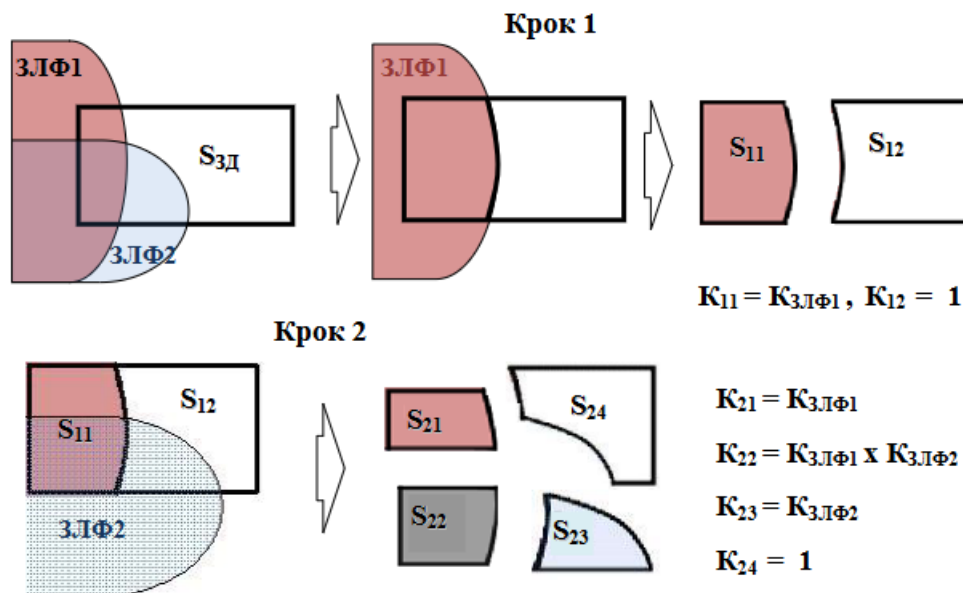


Рис. 7.3. Схема встановлення часток земельної ділянки, однорідних за впливом локальних факторів, методом ітеративного оверлейного аналізу

Для перевірки та порівняння описаних двох методів врахування часток площ локальних факторів для визначення нормативної грошової оцінки земельних ділянок в ГІС виконано обчислювальний експеримент на реальних даних економіко-планувального зонування території, зон впливу локальних факторів та 100 земельних ділянок м. Полтави. GRID-моделювання виконано в програмі QGIS за допомогою засобів *Калькулятор растрів* та *Зональна статистика*. Метод ітеративного оверлейного аналізу реалізовано засобами *Просторового аналізу* системи ArcGIS. Аналіз обчислювального експерименту показує, що:

1) відносна різниця в обчисленні площі часток земельної ділянки з однорідними впливом локальних факторів за методом GRID моделювання та прямого оверлейного аналізу не перевищує 2%;

2) значення нормативної грошової оцінки земельних ділянок, обчислені за загальним підходом та з урахуванням часток площ вплив зон ЛФ відрізняються від 2,5 до 25 %. Тоді НГО з урахуванням часток площ вплив зон ЛФ перевищила її НГО за загальним підходом у всіх випадках;

3) урахування часток площ вплив зон ЛФ більше проявляється на земельних ділянках з більшою загальною площею. Варто підкреслити, що чинними нормативами, зокрема Порядком [44], не визначено на які саме фактори доцільно поширювати правило обчислення часток площ впливу зон ЛФ. Питання полягає в тому, що різні групи локальних факторів мають різний характер впливу на споживчу якість земельної ділянки. Так, відсутність певного інженерно-інфраструктурного забезпечення або пішохідна доступність земельної ділянки до громадських центрів мають враховуватися для земельної ділянки в цілому, а вплив інженерно-геологічних факторів має враховуватися лише для тієї частки земельної ділянки, що розташована у відповідній зоні.

На основі практичного досвіду проведення нормативної оцінки земельних ділянок та з урахуванням точності просторового визначення меж зон локальних факторів можна запропонувати декілька схем врахування часток впливу ЗЛФ залежно від виду фактору та характеру цього впливу, які зрозуміло є дискусійними, потребують обговорення та нормативного затвердження, зокрема [42]:

1) розраховувати площу впливу локального фактору, коли його частка на земельній ділянці менше або дорівнює певному граничному значенню, а у разі перевищення цього значення враховувати його вплив на земельну ділянку в цілому. До цієї групи факторів належать фактори, вплив яких потенційно підвищує споживчу вартість земельної ділянки, наприклад, функціонально-планувальні, історико-культурні та природно-ландшафтні фактори.

2) вплив інженерно-геологічних факторів має враховуватися виключно на основі обчислення часток площ перетину земельної ділянки із зонами поширення відповідних ЛФ;

3) враховувати вплив окремих видів санітарно-гігієнічних факторів для земельної ділянки в цілому. Це обумовлюється тим, що прояв цих факторів є шкідливим та/або межі їх зон складно чітко визначити,

наприклад із-за можливої міграція шкідливих речовин в середовищі. Це стосується таких факторів як зони забруднення атмосферного повітря, зони ареалів забруднення ґрунтів, обмеження забудови за рівнем напруження електромагнітного поля або перевищення припустимого рівня шуму.

Врахування часток площ впливу зон ЛФ для визначення нормативної грошової оцінки земельних ділянок засобами ГІС є цілком доцільним, оскільки дозволить об'єктивно збільшити на 5-10% НГО земельних ділянок та відповідно податкових платежів за їх використання.

Відмінності результатів обчислення площі часток земельної ділянки з однорідними впливом локальних факторів за методом GRID моделювання та прямого оверлейного аналізу природно залежать від кроку сітки GRID моделі, для кроку сітки 1 м ці відмінності не суттєві (менше 2 %). За цих умов обидва методи можна рекомендувати до застосування для розрахунку нормативної грошової оцінки земельних ділянок з урахуванням часток площ впливу локальних факторів [42].

Для дієвого впровадження методики врахування часток площ впливу зон ЛФ для визначення нормативної грошової оцінки земельних ділянок засобами ГІС необхідно уточнити в нормативних документах, зокрема в Порядку [44], такі питання: для яких факторів доцільно застосовувати обчислення часток площ впливу зон ЛФ, які вимоги до точності визначення просторового положення меж зон локальних факторів та які обмеження на розміри часток площ впливу зон ЛФ для різних схем їх врахування в нормативній грошовій оцінці земельних ділянок.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється експертна і нормативна грошова оцінка земель?
2. Якими нормативними актами регламентується оцінка земель?
3. Як визначити нормативну грошову оцінку земельної ділянки?
4. Що є результатами експертної і нормативної грошової оцінки?
5. Хто є замовником і виконавцем експертної і нормативної грошової оцінки?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. П'ятимовний словник основних термінів і визначень з геодезії, фотограмметрії та картографії / Крохмаль Є. М., Левицький І. Ю., Благонравіна Л. О., Харківський державний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва. — Харків: Б.В., 1995. — 145 с.
2. Геодезичний енциклопедичний словник / за ред. В. Літинського. — Львів: Євросвіт, 2001. — 668 с.
3. Геоінформаційні технології в екології : Навчальний посібник / Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф./— Чернівці:, 2012.— 273с.
4. Лященко А. А.. Архітектура сучасних ГІС на основі баз геопросторових даних/ А. А. Лященко, А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії, 2011. — № 5 (74)
5. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник / В. Д. Шипулін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. — Х.: ХНАМГ, 2010. — 313 с.
6. Plan4all Project Interoperability for Spatial Planning / Mauro Salvemini, Franco Vico, Corrado Iannucci (Editors). — Plan4all Consortium, 2011. — 210 p.
7. NSDI | Overview of the National Spatial Data Infrastructure. [Електронний ресурс]. —2024. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html> /(дата звернення: 02.12.2024). — Назва з екрана.
8. Карпінський Ю.О. Сучасна інфраструктура просторових даних для геоінформаційного забезпечення містобудування./Карпінський Ю.О., Лященко А.А. //Науково-технічний збірник. Інженерна геодезія. К.: КНУБАю – 2000. – Випуск 44. –с. 126-139.
9. Global Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook, Draft 1.0. Editor: Douglas D. Nebert, TWG Chair. [Електронний ресурс]. – March 6, 2000. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.gsdi.org> /(дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.
10. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О. Світличного. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. - 295 с.
11. Основи створення інтеоперабельних геопросторових даних /Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко, Д.О. Кінь – К.: КНУБА, 2023. 302 с.
12. Основи ГІС. Стандартизація географічної інформації: навчальний посібник. /Карпінський Ю.О., Лященко А.А., Лазоренко-Гевель Н.Ю. – К.: КНУБА, 2021. 152 с.
13. Методичні рекомендації щодо діяльності органів місцевого самоврядування у сфері НІГД : практичний посібник / Ю. О. Карпінський, Д. О. Кінь – Київ : КНУБА, 2023. – 276 с.
14. OpenStreetMap [Електронний ресурс]. — 2024. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.openstreetmap.org/about> /(дата звернення: 02.12.2024). — Назва з екрана.

15. Геопросторовий аналіз: навч. посіб. /Карпінський Ю.О., Лященко А.А., Кравченко Ю.В. – К.: КНУБА, 2016.-184 с.
16. Карпінський, Ю.О. Еталонна модель бази топографічних даних [Текст] / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р. В. Рунець // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 2.– С. 28-36.
17. Карпінський Ю. О. Уніфікація структури, правил кодування та цифрового опису векторних моделей у базах топографічних даних / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець // Вісник геодезії та картографії. - 2010. - № 5. - С. 35-41.
18. Національний стандарт України «ДСТУ ISO 19101:2009 Географічна інформація. Еталонна модель (ISO 19101:2002, IDT)»// 2009-10-15.
19. СОУ ISO 19136:2009 "Обмінний формат геопросторових даних на основі географічної мови розмітки GML (ISO 19136:2007)" – Київ: Мінприроди України, 2010
20. СОУ 742-33739540 0011:2010 "Комплекс стандартів База топографічних даних Каталог об'єктів і атрибутів" – Київ: Мінприроди України, 2010.
21. СОУ ISO 19113 "Комплекс стандартів База топографічних даних Принципи оцінки якості топографічних даних" – Київ: Мінприроди України, 2010.
22. СОУ 742-33739540 0012:2010 "Комплекс стандартів. База топографічних даних. Правила кодування та цифрового опису векторних даних" Том 2 – Київ: Мінприроди України, 2010.
23. СОУ 742-33739540 0012:2010 "Комплекс стандартів База топографічних даних Правила кодування та цифрового опису векторних даних" Том 2 – Київ: Мінприроди України, 2010.
24. СОУ 742-33739540 0012:2010 "Комплекс стандартів База топографічних даних Правила кодування та цифрового опису векторних даних" Том 1 – Київ: Мінприроди України, 2010.
25. СОУ ISO 19113 "Комплекс стандартів База топографічних даних Принципи оцінки якості топографічних даних" – Київ: Мінприроди України, 2010.
26. СОУ 742-33739540 0010:200 "Комплекс стандартів База топографічних даних Загальні вимоги" – Київ: Мінприроди України, 2010.
27. Лященко А.А. Концептуальне моделювання геоінформаційних систем // Вісник геодезії та картографії. – 2002. - №4. с. 44 - 50.
28. Лященко А.А. Концептуальна модель інтелектуального сервера інтерактивних електронних карт розподіленої ГІС. // Науково-технічний збірник. Вип. 50: Інженерна геодезія. К.: КНУБА, 2004. – с. 145 – 152.
29. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. 3-38 Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. – Кн. 2 / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 237 с.

30. Presentation on theme: "Digital Terrain Model (DTM)" [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://slideplayer.com/slide/4635898/> / (дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.
31. Digital Terrain Modeling Principles and Methodology By Zhilin Li, Christopher Zhu, Chris Gold. // CRC Press. – November 29, 2004.- 340 p.
32. On Hermite interpolation with polynomial splines on T-meshes. Lujun Wang, J. //Comput. Appl. Math. – 240 (2013). – P. 42–50.
33. Шульц Р.В. Дослідження статистичного розподілу залишкових відхилень при різних підходах до цифрового моделювання рельєфу./ Шульц Р. В., Островський А. В.//ScienceRise. – 2016. – №1.2 (18). – С. 44-52.
34. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт (Затверджена наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України №19 від 17.02.2000)
35. Метрологія, стандартизація та управління якістю. / Л.П. Клименко та ін.– Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – Ресурс жоступу : <http://buklib.net/books/35966/>
36. Кінь Д. О. Удосконалення методів геодезичних і картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі: дис. доктор філософії: 193 / Кінь Данило Олексійович: Київський національний університет будівництва і архітектури. – Київ, 2024. – 279 с. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31267.67365>
37. Castanedo, F. A review of data fusion techniques.// The Scientific World Journal. – 2013. – 2013(1), 704504. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/704504>
38. Castanedo, F. A review of data fusion techniques.// The Scientific World Journal. – 2013. – 2013(1), 704504. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/704504>
39. Земельний кодекс України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2002, №3-4, ст.27) (Із змінами, внесеними згідно із Законом №2905-14) від 20.12.2001, ВВР, 2002, №12-13, ст.92).
40. Закон України “Про оцінку земель”, № 1378-IV, (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2004, № 15, ст.229)
41. Палеха Ю.М. Картографічне забезпечення нормативної грошової оцінки земель населених пунктів // Вісник геодезії та картографії. - 2006. - №1. С.37 – 40
42. Лященко А. А. Геоінформаційне моделювання впливу локальних факторів на нормативну грошову оцінку земельних ділянок в населених пунктах / А. А. Лященко, Ю. В. Кравченко, Д. В. Горковчук // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; відп. ред. М. М. Осетрін. - Київ : КНУБА, 2014. - Вип. 53. - С. 310-319. - Бібліогр. : 7 назв.
43. Лященко А. А. Принципи та шляхи вдосконалення геоінформаційного забезпечення проєктів нормативної грошової оцінки земель населених пунктів / А. А. Лященко, О. В. Мусієнко //

Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; відп. ред. М. М. Осетрін. - Київ : КНУБА, 2008. - Вип. 30. - С. 250 - 262. – Бібліогр.: 11 назв.

44. Методика грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та населених пунктів (тимчасова) // Земельні відносини в Україні. - К.: Урожай, 1998. - С. 385-391.

45. Порядок нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та населених пунктів, зареєстрований у Міністерстві юстиції України від 5 квітня 2006 р. № 388/12262.

46. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні: Наукове видання / Дехтяренко Ю.Ф., Лихогруд М.Г., Манцевич Ю.М., Палеха Ю.М. - К.: ПРОФІ, 2006. - 624 с.

47. Лященко А.А., Наскрізнi геоінформаційні технології грошової оцінки земель населених пунктів / А.А. Лященко., О.В. Ціпенко // Інженерна геодезія. - К.: КНУБА, 2000. - Вип. 42. - С. 155-165.

48. Палеха Ю.Н. Применение ГИС-технологий в градостроительных проектах на государственном и региональном уровнях / Ю.Н.Палеха, А.В. Олещенко, И.В. Соломаха // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. География. 2012. 25 (64). №1 - С. 155-166.

49. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні: Наукове видання / Дехтяренко Ю.Ф., Лихогруд М.Г., Манцевич Ю.М., Палеха Ю.М. - Київ: Профі, 2002. - 256 с.

50. Лященко А.А., Ціпенко О.В. Наскрізнi геоінформаційні технології грошової оцінки земель населених пунктів // Інженерна геодезія. - 2000. - Вип. 42. - С. 155 - 165.

51. Лященко А.А., Ціпенко О.В. Цифрове картографічне забезпечення грошової оцінки земель населених пунктів // Матер. 2-ї Міжнар. наук.-практ. конф. “Кадастр, фотограмметрія, геоінформатика - сучасні технології і перспективи розвитку”. - Львів-Краків: НУ “Львівська політехніка”, 2000. - С. 88 - 92.

52. Губар Ю.П. Дослідження впливу локальних факторів на оціночну вартість земельних ділянок // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Зб. наук. праць. Львів, Ліга-Прес, 2003. - С. 264 - 270.

53. Інформаційне забезпечення грошової оцінки земель : навчальний посібник / І. О. Новаковська, Н. М. Бавровська. - К. : , 2023. - 380 с.

54. Оцінка земель: навчальний посібник/ Ю.О. Кірічек. – Дніпропетровськ: Літограф, 2016. – 454с.

55. Державний земельний кадастр: Підручник / М. Г. Ступень, О. Я. Микула, Є. С. Лавейкіна та ін.; За заг. ред. М. Г. Ступеня. – Львів, 2011. – 309 с.

Навчальне видання

ГОРКОВЧУК Юлія Вікторівна,
КІНЬ Данило Олексійович,

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ГІС

Конспект лекцій

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 4,65. Обл.-вид. арк. 5,0
Електронний документ. Вид № 70/V-24.

Виконавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р