

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Державний вищий навчальний заклад
Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника**

Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Дмитрик П.М.

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ АГРОЛАНШАФТІВ
І ОСНОВИ ГЕОСТАТИСТИКИ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**Івано-Франківськ
2018**

Затверджено на засіданні кафедри агрохімії і ґрунтознавства факультету природничих наук ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Протокол № 4 від «09» жовтня 2018 року.

Рекомендовано до друку вченою радою факультету природничих наук ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Протокол № 2 від «18» жовтня 2018 року.

Конспект лекцій складено відповідно до робочої програми курсу «Геоінформаційні системи агроландшафтів і основи геостатистики» з підготовки магістрів зі спеціальності 201 – Агрономія. У конспекті лекцій представлений матеріал, необхідний для формування знань про основні види і типи карт які застосовуються при моделюванні агро ландшафтного середовища засобами геоінформаційних систем. Зосереджена увага на теоретичних даних про геоінформатику й геоінформаційні системи, показані принципи побудови й функціонування ГІС.

Дмитрик П.М.

Геоінформаційні системи агроландшафтів і основи геостатистики/ конспект лекцій/.– Івано-Франківськ: ДВНЗ ПНУ, 2018 – 77 с.

© Дмитрик П.М., 2018

© ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2018

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лекція 1. Геоінформаційні системи в агроландшафті	6
Лекція 2. Геопросторові дані агроландшафтів.....	16
Лекція 3. Структура геоінформаційної бази даних для організації та управління агроландшафтами.....	26
Лекція 4. Способи отримання і введення даних агроландшафтних середовищ	31
Лекція 5. Картографічні матеріали агроландшафтів	39
Лекція 6. Принципи сучасного геоінформаційного картографування на основі супутникових знімків.....	49
Лекція 7. Тематичне картографування.....	59
Лекція 8. Аналітичні можливості ГІС.....	66
Лекція 9. Просторовий аналіз в ГІС	72
ЛІТЕРАТУРА.....	77

ВСТУП

Використання природного простору як джерела ресурсозабезпечення сільського господарства і виробничої діяльності призводить до формування і подальшого розвитку особливих територіально – функціональних систем – агроландшафтів.

Під *територіальною організацією агроландшафтів* розуміємо просторове розміщення зон різного функціонального значення. *Основу агроландшафту* становлять сільськогосподарські угіддя, водні ресурси та лісові насадження, зокрема лісосмуги та інші захисні насадження [10]. Територіальна структура агроландшафтів формується і функціонує внаслідок постійного взаємозв'язку сільськогосподарського виробництва і природного середовища.

Успішне функціонування агроландшафтів в якості ресурсовідтворюючих і середовиществорюючих систем потребує постійної їх регуляції, ув'язки просторової організації господарсько-технологічних заходів з особливостями природних комплексів як на етапі освоєння, так і в процесі використання ландшафтних структур.

Необхідність моделювання агроландшафтів зумовлена потребою визначення місця і ролі просторової організації території для потреб забезпечення сталого розвитку регіонів України. Для пізнання закономірностей просторової організації природи і людської діяльності доцільно використовувати геоінформаційні системи (ГІС).

ГІС є ефективним засобом збору, систематизації та аналізу даних, що відбиває як минулу, так і сучасну ситуацію в регіоні, що застосовується при прогнозуванні і плануванні раціонального природокористування.

ГІС агроландшафтів найчастіше включає такі цифрові карти, як карти вмісту мінеральних речовин в ґрунті, типів і характеристик ґрунтів, карти ухилів (з цифровою моделлю рельєфу) і експозицій схилів, погодних, кліматичних і гідрологічних умов. Важливою інформацією є цифрові карти таких чинників, як врожайність і тип посівів, тип механічної і хімічної обробки

ґрунтів, просторовий розподіл захворювань культур і динаміка розповсюдження шкідливих комах. За наявності такої інформації відкриваються необмежені можливості аналізу, прогнозу і оптимізації діяльності сільськогосподарських підприємств.

Цю задачу можна успішно виконати при наявності оперативного і кваліфікованого управління і контролю за всіма операціями, орієнтованими на збільшення врожайності і підвищення екологічної стійкості сільськогосподарських земель.

Особливо важливе застосування ГІС-технологій для створення агроландшафтної карти, що дозволяє перевести її на нову якісну основу при проектуванні інтенсивних систем землеробства і агротехнологій, не говорячи вже про високі агротехнології і адаптивно–ландшафтні системи землеробства. Для обґрунтування, класифікації та систематизації агроландшафтних контурів використовуються засоби ГІС-технологій з функціональними можливостями геостатистики.

Лекція 1. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В АГРОЛАНДШАФТІ

План.

1. ГІС в агроландшафті.
2. Компоненти ГІС.
3. Головні функції сучасних ГІС.
4. Використання ГІС-технологій в агрономії.

1. ГІС в агроландшафті

Під агроландшафтами слід розуміти природно–господарські територіальні системи сільськогосподарського призначення. Вони є частиною географічної оболонки, яка в свою чергу є сукупністю природних елементів з різним ступенем антропогенного навантаження, в т.ч. з різною структурою сільськогосподарських угідь (Швебс Г.І., 1993).

Організація сільськогосподарського землекористування на агроландшафтній основі передбачає:

- 1) з одного боку, максимальне врахування, ефективне використання та збереження природних ресурсів;
- 2) з іншого – обмеження антропогенного та негативного впливу на стан навколишнього середовища.

Актуальність агроландшафтних досліджень визначається необхідністю підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь при збереженні їх природно–ресурсного потенціалу.

Основними завданнями агроландшафтного досліджень є класифікація і районування агроландшафтів, оцінка їх екологічної стійкості, вироблення рекомендацій з оптимального використання агроландшафтів і прилеглих територій.

Інформація агроландшафтів має особливості геопросторових даних.

Геопросторові дані означають інформацію, що ідентифікує географічне місце розташування і властивості природних або штучно створених об'єктів, а також їх границі на землі. Ця інформація може бути отримана за допомо-

гою спостережень, різних видів зйомок, проведення картографування і методами дистанційного зондування.

Географічні дані містять чотири інтегрованих компоненти:

- 1) місце розташування,
- 2) властивості і характеристики,
- 3) просторові відносини,
- 4) час.

Географічна інформаційна система – це сукупність апаратно–програмних засобів та алгоритмічних процедур, розроблені для цифрової підтримки, поповнення, управління, маніпулювання, аналізу й синтезу, моделювання та образного відтворення (відображення) найрізноманітніших агро–екологічних даних, параметрів ситуацій, які мають чіткі географічні координати. ГІС забезпечує взаємозв’язки між кількісними і якісними характеристиками конкретних об’єктів, процесів і явищ у певних агроландшафтах.

ГІС, орієнтований на ґрунтознавство та агроекологію, повинні мати сучасне математичне й інформаційне забезпечення (всі часово–просторові дані про ґрунти з урахуванням локальних та регіональних географічних і екологічних умов, а також особливостей антропогенного навантаження на агроландшафти).

Геоінформаційні технології дають можливість реалізувати більшість інформаційних задач агроландшафтних досліджень, включаючи створення картографічних баз даних для різних ієрархічних рівнів агроландшафтів і їх компонентів, розробку інформаційних моделей для вивчення внутрішніх і зовнішніх зв’язків агроландшафту, розробку і реалізацію різних сценаріїв поведінки агроландшафту.

Вивчення та моделювання агроландшафтів ведеться різними науковими та навчальними організаціями як в Україні, так і за кордоном.

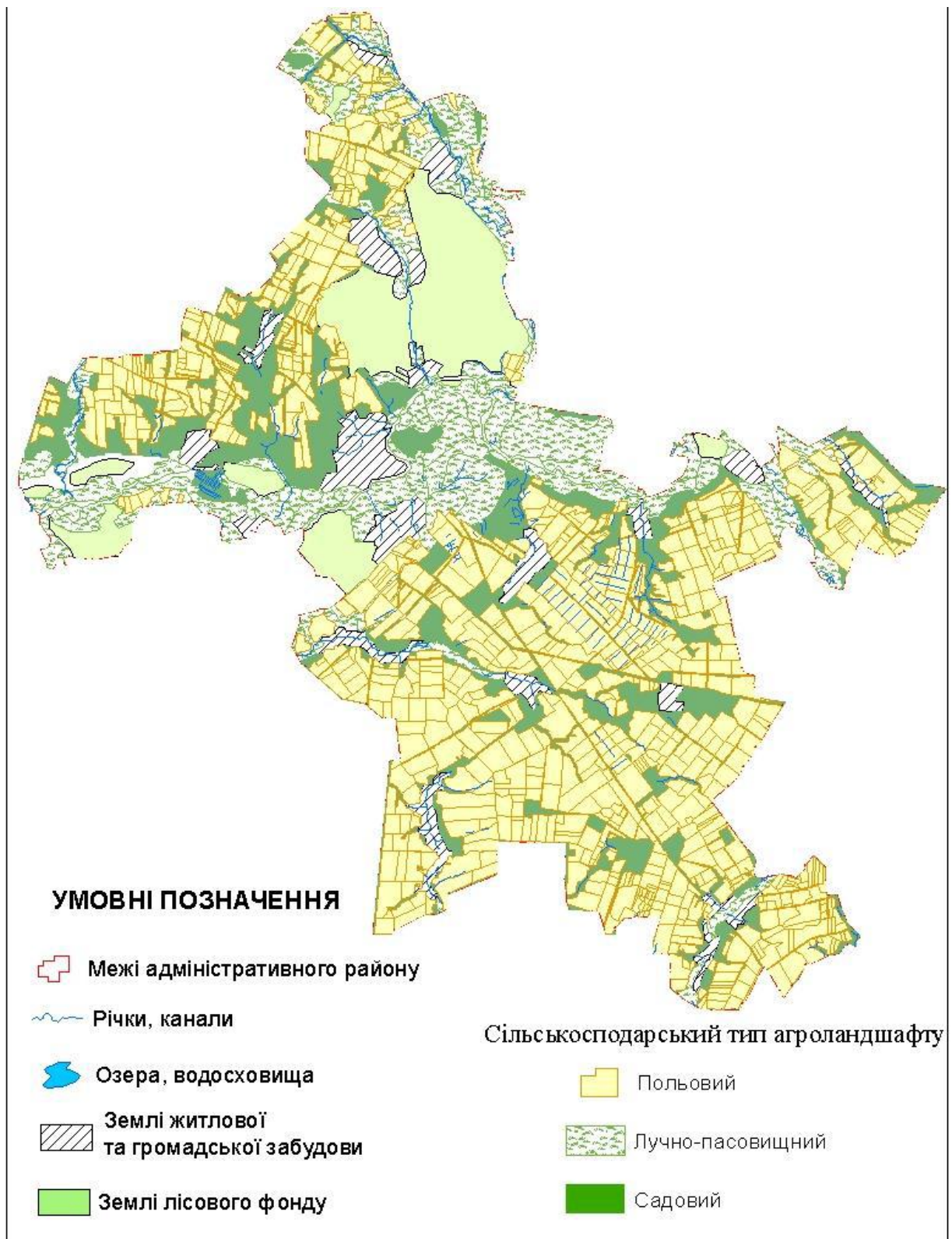


Рис. 1.1 – Агроландшафтна карта Чугуївського району

Основним об'єктом таких досліджень є просторово–часова структура агроландшафтів або території, предметом досліджень зазвичай служить картографо–інформаційна модель агроландшафту.

Відмітною рисою географічних інформаційних систем є наявність у їхньому складі специфічних методів аналізу просторових даних, що в сукупності із засобами введення, збереження, маніпулювання і представлення просторово–координованої інформації і складають основу технології географічних інформаційних систем та ГІС–технологій.

2. Компоненти ГІС

Повна геоінформаційна система (ГІС) складається з чотирьох основних компонентів: апаратні засоби, програмне забезпечення ГІС, дані, блок аналізу.

Апаратні засоби. Це комп'ютерне обладнання (системи та мережі), що складають платформу, на якій працює ГІС. В даний час ГІС працюють на різних типах комп'ютерних платформ від централізованих серверів до окремих або пов'язаних мережею настільних комп'ютерів.

Програмне забезпечення ГІС. Містить функції і інструменти, необхідні для зберігання, аналізу і візуалізації географічної (просторової) інформації. Ключовими компонентами програмних продуктів є: інструменти для введення і оперування географічною інформацією; система управління базою даних (СУБД); інструменти підтримки просторових запитів, аналізу і візуалізації (відображення); графічний інтерфейс користувача.

Дані. Це найбільш важливий компонент ГІС. Дані про просторове розміщення (географічні дані) і пов'язані з ними табличні дані підготовлюються під час створення системи і повинні забезпечувати ефективне функціонування ГІС. В процесі управління просторовими даними ГІС інтегрує просторові дані з іншими типами і джерелами даних, а також використовує зовнішні СУБД та модулі аналізу даних.

Блок аналізу, як четвертий обов'язковий компонент геоінформаційних

систем включає персонал розробників і користувачів, без яких неможливе існування всіх компонентів, як системи.

Персонал розробників і користувачів, без яких неможливе існування останніх компонентів геоінформаційних технологій, як системи.

3. Головні функції сучасних ГІС

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

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

- створення цифрових (електронних) атласів. Перший комерційний проект розробки цифрових атласів – «Цифровий атлас світу» – був випущений у 1986 р. фірмою Delorme Mapp[^] Systems (США). Можна також відзначити «Цифровий атлас Великобританії» на оптичних дисках у результаті виконання британського Domesday Progect (1987), «Цифрову карту Світу» (Digital Chart of the World) масштабу 1:1 000000, розроблену Картографічним агентством Міністерства оборони США у 1992 р. і т.д. і, нарешті, – електронну версію «Національного атласу України», розроблену Інститутом географії НАН України s фірмою «Інтелектуальні Системи, ГЕО» (Київ, 2000);

- створення і ведення банків даних систем моніторингу. Як приклади можна, навести «Глобальний ресурсний інформаційний банк даних» (Global Resources Information Database GRID), створений під егідою UNESCO у 1987–1990 рр., і «Геоінформаційну систему країн Європейського Співтовариства TORINE», розроблену в 1985–1990 рр.;

- створення й експлуатація кадастрових систем, у першу чергу автоматизованих земельних інформаційних систем (АЗІС), або Land Information Systems (LIS), і муніципальних (або міських) автоматизованих інформаційних систем (МАЮ), а також просторово–розподілених автоматизованих інформаційних систем водного і лісового кадастрів, кадастрів нерухомості та

ін. Програмне забезпечення роботи з просторовими даними в кадастрових системах складають програмні ГІС–пакети: ARC/INFO, ArcView GIS, MGE Intergraph, TNT Mips, ERDAS Imagine (США), SICAD (Німеччина), ILWIS (Нідерланди), ER Mapper (Австралія), та ін.

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

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

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

Функція підтримки прийняття рішень у плануванні, проектуванні та управлінні. Найбільш активно цей напрямок в Україні розвивається в місто-

будівному плануванні і проектуванні. Певні успіхи є в галузі геоінформаційного забезпечення надзвичайних ситуацій. Діапазон прикладів тут може бути досить широким, якщо гнучко підходити до визначення змісту поняття «система підтримки прийняття рішень» (СППР), яка повинна передбачати:

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

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

4. Використання ГІС–технологій в агрономії

Для управління сільськогосподарським підприємством, що виготовляє продукцію рослинництва, необхідна об’єктивна інформація про розміри і стан сільгоспугідь. Великий об’єм просторової і атрибутивної інформації якісно можна обробляти і аналізувати тільки за допомогою спеціального програмного забезпечення, що враховує, як просторову прив’язку, так і спеціальні відомості про поля. Спеціалізовані ГІС для сільського господарства в Європі і США вже давно не екзотика, а необхідний компонент системи комплексного управління господарством.

Наявні в господарствах України картографічні матеріали, які є основою ГІС зазвичай неповні, в значній мірі застаріли і не відповідають сучасним вимогам, що висувуються інтенсивними агротехнологіями до картографічної основи. Всі картографічні матеріали можна умовно розділити на три групи: землевпоряджувальні, ґрунтові, агрохімічні. Землевпоряджувальні матеріали представлені планами внутрішньогосподарського землеустрою радянського періоду, або сучасними кадастровими планами. Ґрунтові матеріали представлені ґрунтовими картами (складеними частіше всього 20–30 років тому) і картами агровиробничих груп ґрунтів. І ті та інші, як показує практика, відсутні в більшості господарств. Агрохімічні матеріали представлені агрохімічними картограмами (вмісту гумусу, рухомого фосфору, рухомого калію, рН) різної давності.

Сучасна агрономічна ГІС передбачає упорядкування процесу наповнення системи картографічними матеріалами, заповнення бази даних відомостями про показники ґрунтів, фітосанітарний стан посівів, введення відомостей про пропоновані агротехнології, вироблення пропозицій по використанню ГІС в господарствах, навчання фахівців господарств, учбових і проектних організацій, розробки і використанню ГІС в рослинництві.

У повному варіанті, агрономічна ГІС повинна включати багат шарову електронну карту господарства і атрибутивну базу даних історії полів, з урахуванням всіх виконаних агротехнічних заходів. Кількість тематичних шарів електронної карти залежить від складності ландшафтно–екологічних умов і рівня інтенсифікації агротехнологій (визначається за врожайністю і кількості витрат на гектар). У загальному випадку електронна карта полів повинна включати шари:

- мезорельєфу (з висвітленням мезоформ рельєфу, форм схилів);
- крутизни схилів;
- експозиції схилів (теплі, холодні, нейтральні);
- форми мікрорельєфу (з висвітленням контурів з переважанням тих або інших форм мікрорельєфу, що мають агрономічне значення);

- мікроклімату;
- рівня ґрунтових вод, їх мінералізації і складу;
- ґрунтоутворюючих і підстилаючих порід;
- мікроструктур ґрунтового покриву (ґрунтова карта);
- вмісту гумусу в ґрунті;
- забезпеченості рухомими формами елементів мінерального живлення рослин і мікроелементами;
- значення рН ґрунтів;
- фізичних властивостей ґрунтів;
- забруднення важкими металами, радіонуклідами та іншими токсикантами;
- еродованості ґрунтів, ерозійної небезпеки та іншим види фізичної деградації (обвали, селі та ін.);
- перезволоження і заболоченості ґрунтів, зокрема вторинного гідроморфізму, підтоплення та ін.
- засолення ґрунтів (типів і ступеня засолення);
- солнцюватості ґрунтів;
- рослинного покриву з оцінкою стану природних кормових угідь;
- лісової рослинності з оцінкою стану природних лісів і лісових насаджень;
- розподілу корисних видів тварин, птахів, корисних ентомофагів, оцінкою їх територіального впливу;
- фітосанітарного стану посівів.

Одним з базових елементів *ресурсозберігаючих технологій* в сільському господарстві є «*точне землеробство*» (інколи його називають «прецизійне землеробство» – *precision agriculture*). *Точне землеробство* – це управління продуктивністю посівів з врахуванням внутрішньопольової варіабельності місця існування рослин. Умовно кажучи, це оптимальне управління для кожного квадратного метра поля. Метою такого управління є отримання максимального прибутку за умови оптимізації сільськогосподарського виробни-

цтва, економії господарських і природних ресурсів. При цьому відкриваються реальні можливості виробництва якісної продукції і збереження навколишнього середовища.

Такий підхід, як показує міжнародний досвід, забезпечує набагато більший економічний ефект і, найголовніше, дозволяє підвищити відтворення ґрунтової родючості і рівень екологічної чистоти сільськогосподарської продукції. Наприклад, фермер з Німеччини при впровадженні елементів точного землеробства добився підвищення урожаю на 30% при одночасному зниженні витрат на мінеральні добрива на 30% і на інгібітори на 50%.

Точне землеробство включає безліч елементів, але всі їх можна розбити на *три основні етапи*:

- збір інформації про господарство, поле, культуру, регіон;
- аналіз інформації і рішень;
- виконання рішень – проведення агротехнологічних операцій.

Для реалізації технології точного землеробства необхідні сучасна сільськогосподарська техніка, керована бортовою ЕОМ і здатна диференційовано проводити агротехнічні операції, прилади точного позиціонування на місцевості (GPS– приймачі), технічні системи, що допомагають виявити неоднорідність поля (автоматичні пробовідбірники, різні сенсори і вимірювальні комплекси, збиральні машини з автоматичним обліком урожаю, прилади дистанційного зондування сільськогосподарських посівів та ін.). Ядром технології точного землеробства є програмне наповнення, яке забезпечує автоматизоване ведення просторово–атрибутивних даних картотеки сільськогосподарських полів, а також генерацію, оптимізацію і реалізацію агротехнічних рішень з врахуванням варіабельності характеристик в межах оброблюваного поля.

Лекція 2. ГЕОПРОСТОРОВІ ДАНІ АГРОЛАНДШАФТІВ

План.

1. Формалізація даних агроландшафтів.
2. Растрова модель даних.
3. Векторна модель даних
4. Атрибутивна інформація і функції СУБД.

1. Формалізація даних агроландшафтів

Просторова (картографічна) інформація є основою інформаційного блока ГІС, тому способи її формалізації є найважливішою складовою частиною технології географічних інформаційних систем.

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

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

Просторові дані вводяться і зберігаються в комп'ютері у формалізованому вигляді. У наш час використовуються два основних способи формалізації просторових даних – *растровий* і *векторний*, відповідні двом принципово різним способам опису (моделям) просторових даних.

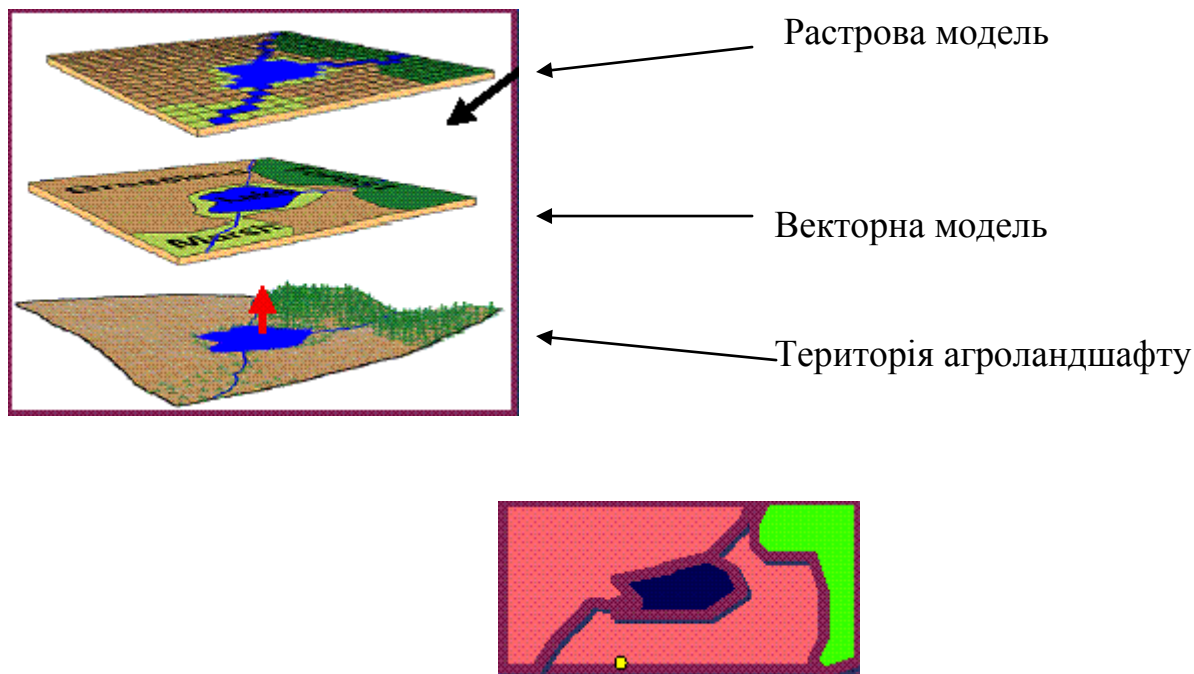


Рис. 1.1. Способи формалізації даних агроландшафтів у дискретні моделі: растрові та векторні

У першому способі просторова інформація співвідноситься з комірками регулярної сітки як з елементами території (растрове подання), у другому – використовується система елементарних графічних об'єктів, положення яких у просторі визначається за допомогою координат (векторне подання). Вибір способу формалізації визначається багатьма факторами, серед яких: характер просторової інформації, джерело одержання даних, специфіка розв'язуваних завдань, ємність вільної комп'ютерної пам'яті, швидкодія комп'ютера і деякі інші.

2. Растрове подання просторових даних

Растровий спосіб формалізації просторових даних має два різновиди – *регулярних мереж* (grid cells) і *власне растровий* (raster), що принципово не відрізняються один від одного, оскільки і той і інший базуються на формалі-

зації просторової інформації за комірками (cells) регулярної мережі, що суцільно покриває територію. У кожній комірці цієї мережі інформація відображається одним числом.

Під *методом регулярних мереж* звичайно розуміють ручний спосіб оцифрування просторових даних шляхом усереднення або генералізації значень елемента, що цифрується, у кожному квадраті сітки – середнього значення висоти земної поверхні, довжини гідрографічної мережі, концентрації забруднювача, переважаючого різновиду ґрунтового покриву і т.п., що історично передувало появі автоматичних методів растеризації просторової інформації, але застосовується і сьогодні. Перші зразки реалізації даного методу, як одного з методів аналітичного картографування В.Г. Лінник (1990) відносить, посилаючись на роботу У. Тоблера (США), до 1951 року. На сьогодні є доцільним розглядати метод регулярних мереж, як спосіб кодування просторової інформації в рамках растрової моделі даних. Останнім часом цей спосіб усе рідше згадується в спеціальній літературі у зв'язку з повсюдним переходом на автоматизовані методи створення цифрових растрових карт.

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

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

У растровій моделі просторова інформація кодується у вигляді прямокутної матриці – за рядками і стовпцями, розмір якої відповідає розміру вихідного растра (рис. 1.2.). У зв'язку з цим положення кожного елемента растра в просторі визначається номерами стовпця і рядка, у яких розміщений даний елемент. При растеризації картографічних зображень стовпці звичайно розміщуються в напрямку північ–південь, а рядки – захід–схід. Як початкова комірка (з координатами 0, 0 чи 1, 1) найчастіше використовується комірка, розміщена у верхньому (або нижньому) лівому куті растра.

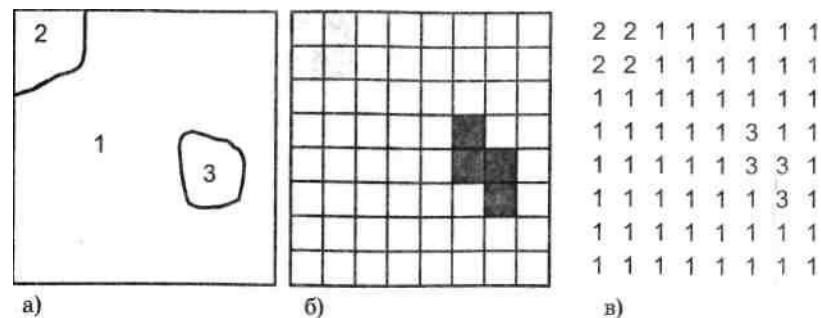


Рис. 1.2. Растрове подання просторової агроландшафтної інформації:

а) фрагмент землекористування

(1 – рілля; 2 – природна степова рослинність; 3 – ліс);

б) його растрове подання; в) відповідний масив цифрових даних

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

Досвід розв'язання завдань, пов'язаних з оцінкою динаміки речовинних потоків в агроландшафтних системах з використанням ГІС, показує, що в багатьох випадках розмір комірки растра не повинен перевищувати 20x20 м. Неважко підрахувати, що в цьому випадку для ділянки території 10x10 км растр буде мати розмір 500x500 і містити 250000 комірок. Цифрова ж модель Землі ЕТОР05, створена Національним центром геофізичних даних США

(ETOP05..., 1988), містить більш ніж 9 млн. комірок поверхні розміром 5x5 хвилин за широтою і довготою. В цьому випадку можливі тільки автоматичні способи підготовки растрових моделей просторових даних – за допомогою сканерів, а також комп'ютерної растеризації векторних зображень. Растрову структуру мають також дані дистанційного зондування зі штучних супутників Землі.

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

3. Векторне подання метричних даних

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

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

Специфічним методом опису об'єктів є **восьмизв'язний код Фрімана**. Це набір з восьми цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), кожна з яких кодує один із восьми фіксованих напрямків. Опис форми будь-якої кривої в цьому випадку є

послідовністю цифр, що характеризують напрямок на кожному кроці дигітизування. Так, контур об'єкта, який представлений на фрагменті «б» рис. 2,3 описується за допомогою рядка: 00011222234445566667.

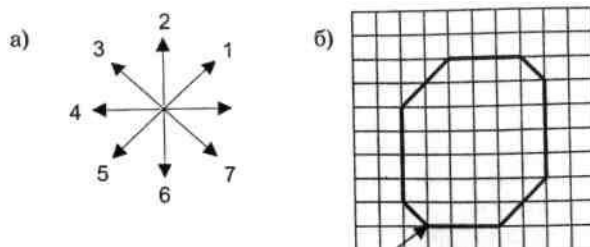


Рис. 2.3 – Восьмизв'язний код Фрімана (а) і приклад його застосування (б)

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

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

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

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

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

4. Атрибутивна інформація. Система керування базами даних СУБД

Атрибутивна (непросторова) інформація в ГІС описує топологічні властивості географічних об'єктів і не включає їх геометричних властивостей, які відображені на карті.

Атрибутивна інформація записується у вигляді окремих послідовностей, яку називають *файлом бази даних*. База даних (БД) складається з окремих записів та полів. Кількість записів (рядків) відповідає кількості географічним об'єктам на карті. Поля (стовпець) містять дані, які можуть бути віднесені до наступних типів:

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

– *цілочислове* (integer) – у поле вводяться тільки числові значення без дробової частини зі значеннями приблизно від -2 мільярдів до $+2$ мільярдів. Над числовими полями можна виконувати всі доступні математичні операції і функції;

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

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

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

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

– *логічне значення* (logical) – у це поле вводиться числове або символічне значення, яке показує істинний чи помилковий стан атрибута описува-

ного об'єкта (наприклад, чи це житловий будинок, чи є в колодязі вода, чи перевищує рівень забруднення визначену величину та ін). Для відображення логічних значень у різних СКБД можуть використовуватися такі пари значень – 1 і 0, Y і N , T (true – істина) і F (false – неправда). Звичайно значення логічних полів обчислюються з використанням спеціальних функцій.

Створення атрибутивної бази даних починається зі створення її структури. Кожному полю присвоюється ім'я або ідентифікатор для обробки даних.

Введення даних – це операції над базою даних (БД).

Модифікація БД – це зміна її структури (перейменувати поле, додати поле, змінити тип та довжину поля).

Ведення БД – це операції над БД, які підтримують її в актуальному стані.

Доповнення нових записів (перепис населення);

Вилучення старих відомостей та розміщення їх в ретроспективній базі даних.

Використання БД це дії, які спрямовані на пошук потрібної інформації та видача її в заданому вигляді. Для вибору інформації задають критерії відбору та які поля потрібно відображати. Для цих цілей використовують мову програмування SQL. За бажанням інформація може бути відсортована.

БД може включати розрахункові поля, в яких заноситься не дані, а формула для обчислень.

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

програмний компонент СКБД.

Більшість СКБД має такі функціональні можливості:

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

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

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

4. *Мова запитів.* Часто виникає необхідність виконати запит з бази даних за певними ознаками об'єкта. Для реалізації такої можливості СКБД оснащуються мовою запитів високого рівня, а також інтерпретатором з мови запитів. За допомогою цієї мови користувачі-непрограмісти можуть сформулювати запит до бази даних і відразу на дисплеї одержати відповідь. Розроб-

лена в 1970 р. компанією IBM мова SQL (структурована мова запитів) у наш час стала стандартною мовою, використовуваною для обробки запитів у більшості програмних пакетів СКБД. На сьогодні більше ста програмних продуктів мають спеціальний SQL–інтерфейс, що дозволяє обмінюватися даними між віддаленими базами, що мають різні концептуальні схеми і програмні платформи. Сучасні версії мови SQL надають користувачу широкий набір операторів і готових функцій, які дозволяють робити різні маніпуляції з локальними і віддаленими базами даних, здійснювати пошук, сортування і подання необхідної інформації.

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

Лекція 3. СТРУКТУРА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ АГРОЛАНДШАФТАМИ

План

1. Зміст бази даних агроландшафтів.
2. Моделі даних.
3. Проектування баз даних.
4. ГІС в агроландшафтному підході.

1. Зміст бази даних агроландшафтів

Однією із переваг використання геоінформаційних технологій в агроландшафтах є можливість упорядкування всіх наявних картографічних матеріалів, статистичних та описових даних та інших інформаційних складових у єдиному середовищі – *базі географічних даних (БГД) або геоінформаційній базі даних*. *Геоінформаційна база даних* – це середовище зберігання, систематизації, аналізу та обробки даних, що мають атрибутивну (описову) та позиційну складові. Таким чином, змістом баз географічних даних є сукупність цифрових даних про просторові об'єкти [3]. Маючи масштабовану архітектуру, база геоданих є фундаментом на якому можна сконструювати інтелектуальні ГІС і адаптувати для різних областей застосування, в тому числі для створення природоохоронних об'єктів та оптимізації їх управлінської діяльності.

Принципова різниця між звичайною базою даних та базою геоданих полягає у тому, що друга містить окрім описових характеристик об'єктів та зв'язків між ними ще й інформацію про їх місце розташування. В нашому випадку це означає, що просторові класи об'єктів знаходяться в тому самому середовищі і в тому самому файлі, що і атрибутивна інформація. Завдяки такому тісному взаємозв'язку і реалізується об'єктно-орієнтована модель даних, але, в свою чергу, це вимагає особливого підходу до проектування такої бази даних. Дуже важливо при створенні БГД пам'ятати про наявність пози-

ційної інформації, в даному випадку векторних зображень об'єктів, які мають відповідати певним вимогам (унікальність, топологічна однорідність та ін.).

При розробці структури файлів векторних покриттів рекомендується використання двох принципів, вживаних при проектуванні реляційних БГД [2]:

- а) зверху вниз (з визначення функцій і завдань),
- б) знизу догори (з аналізу початкових даних).

Визначення завдань ГІС дозволяє намітити групи файлів, що формують інформацію для здійснення пов'язаних з ними запитів, тобто структурний каркас БД, тоді як аналіз початкової інформації дозволяє уточнити структуру, оптимально розподіливши картографічні об'єкти по файлах і шарах. Схема бази геоданих включає визначення, правила несуперечності і поведінку для кожного географічного набору даних [5].

2. Моделі даних

За структурою подання даних розрізняють три види СУБД, які мають назву моделі даних: ієрархічна, сітьова, реляційна.

Ієрархічні моделі підходять для географічного досліджень, так як забезпечують адекватне моделювання географічних об'єктів. Модель орієнтована на використання даних за територіальною ознакою, тому інші вибірки (наприклад за галузевим напрямком) пов'язані зі складностями.

Сітьові моделі даних допускають любі групування даних та зв'язки між ними. Структура сітьові моделі складніше ієрархічної, тому для переходу потрібні додаткові обчислювальні ресурси. Організація пошуку інформації пов'язана з труднощами програмного характеру (аналог пошук найкоротшого маршруту між двома пунктами розгалуженої мережі).

Реляційна модель використовує подання даних у вигляді відношень між ними. Відношення приводять шляхом нормалізації до двухвимірних таблиць.

Для опису відношень використовують розділ математики «алгебра відношень та обчислень». При цьому можливі три рівня користування БД:

- 1) вищий користувач - формує свої запити в термінах реляційного обчислення і задає нові відношення;
- 2) середній запит - формує операції над відношеннями;
- 3) нижчий запит - керує пошуком даних.

3. Проектування баз даних

Цифровий паспорт поля – це багат шарова і наочна база даних, яка містить всю необхідну інформацію про статус кожного конкретного поля підприємства і охоплює інформацію в трьох часових проміжках, відображає історію польових робіт і врожаїв, а також дозволяє повноцінно оцінити резерви поля. База даних також містить інформацію про поточні роботи, стан ґрунту і сільськогосподарських культур, дозволяє об’єктивно оцінити його родючість і планувати посівні площі, сівозміни з графічним відображенням культур.

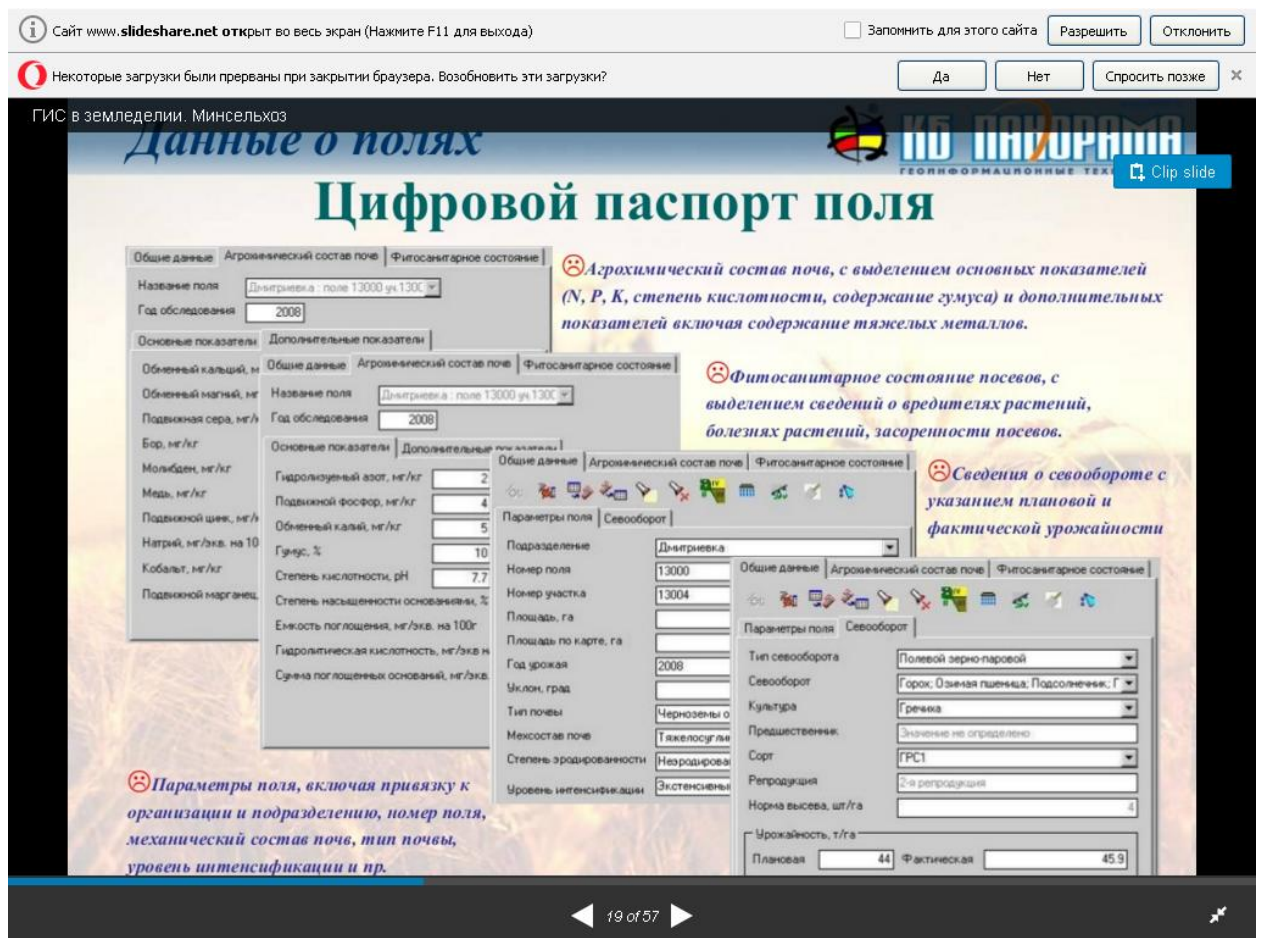


Рис. 3.1. База даних цифрового паспорта поля

Засоби екранної навігації дозволяють при виборі поля на карті переглянути його атрибутивні характеристики і, навпаки, при перегляді параметрів ділянки ріллі визначити його розміщення на місцевості.

В «Параметри поля» записується інформація про механічний склад ґрунту, тип ґрунту, рівень інтенсифікації.

«Агрохімічний склад ґрунту» містить основні показники (N, P, K, ступень кислотності, вміст гумусу) і додатково показники шкідливих речовин.

4. ГІС в агроландшафтному підході

Актуальним завданням агроландшафтознавства є створення уніфікованої моделі даних агроландшафту, орієнтованої на застосування в середовищі інструментальних ГІС типу MapInfo або ArcGIS.

В рамках агроландшафтного підходу використовуються різні масштаби вихідних картографічних документів (1:100000 – 1:1000), дані дистанційного зондування Землі і польових зйомок. Через різницю використовуваних просторових і часових масштабів, методики і технології польових і картографічних робіт результати таких робіт мають поширення тільки в рамках певної наукової школи і важко порівняти між собою.

Модель даних агроландшафтів являє собою набір об'єктів і їх специфікацій для картографічних баз даних та допоміжних таблиць, склад яких варіюється в залежності від масштабу і цілей дослідження. Структура картографічної бази даних включає: блоки компонентів агроландшафту, агроландшафти декількох ієрархічних рівнів, довідково-нормативні дані з агротехнологій та захисту навколишнього середовища .

Блок рельєфу включає ЦМР з розміром осередків від 3 «до 1» (20-10 м для дослідних ділянок), на основі ЦМР будуються класифіковані карти ухилів і експозицій.

Блок ґрунтового покриття створюється на основі ґрунтових карт М 1: 25000 і 1: 10000 і польових досліджень.

Блок геологічного і гідрогеологічного будови території містить класи-

фіковані цифрові карти складу четвертинних відкладів, глибин залягання геологічних горизонтів, складу ґрунтових вод.

Блок даних землекористування включає межі ділянок землекористування та господарств, базу даних історії полів. Блок даних природних ландшафтів створюється методом обробки та класифікації карти форм рельєфу, ґрунтів, рослинного покриву, а також на основі дешифрування та аналізу даних ДЗЗ.

Блок «агрolandшафтів» складається з трьох ієрархічно супідрядних баз даних, створених методом оверлейного об'єднання і послідовної класифікації компонентів.

Агромасиви територіально відповідають ділянкам землекористування, в межах яких застосовується єдина агротехнологія, враховується врожайність і ефективність землекористування.

Агромісцевості – це наділи з певною структурою макрорельєфа, наявністю ґрунтових і водних ресурсів, поєднання яких визначає основний тип агровиробництва, враховується транспортна доступність від центрів споживання і переробки сільськогосподарської продукції.

Блок нормативів містить інформацію про використання добрив і засобів захисту, ГДК забруднювачів у різних середовищах, розмірах захисних зон водойм і технологічних об'єктів, рекомендований витрата праці та пального на одиницю продукції.

Модель бази даних агроландшафтів дозволяє вирішувати різні науково-виробничі завдання:

- забезпечує розробку землевпорядних проектів на основі сучасних технологій з урахуванням усіх нормативних вимог;
- надає можливість проведення експертиз, розробку рекомендацій;
- розробляє короткострокові і довгострокові прогнози.

Лекція 4. СПОСОБИ ОТРИМАННЯ І ВВЕДЕННЯ ДАНИХ АГРОЛАНДШАФТНИХ СЕРЕДОВИЩ

План

1. Введення даних у ГІС.
2. Картографічні матеріали.
3. Космічні знімки у вирішенні питань сільського господарства.
4. Дані дистанційного зондування Землі.
5. Джерела атрибутивних даних.

1. Введення даних у ГІС

Сучасні агроландшафти – складні системи, які створені з різних елементів агроекосистем (рілля, сіножаті, пасовища, багаторічні насадження) незначних за площею ареалів лісів, чагарників, лісосмуг, природних лук, боліт, торфовищ та розташованих на їхніх територіях доріг, комунікацій і будівельних споруд [5]. Специфічна просторова структура даних ландшафту передбачає особливості їх збору, введення та обробки при застосуванні ГІС-технологій для їх аналізу.

Введення даних є обов'язковою операцією, необхідною для функціонування ГІС. Для різних типів даних розроблені спеціальні *технології введення*, що відповідають функціональним можливостям, включеним до складу програмного ГІС-забезпечення, розроблені спеціалізовані периферійні пристрої.

Як вихідні матеріали, з яких виконується введення даних у ГІС, у наш час використовуються:

- топографічні карти;
- загальногеографічні карти різного тематичного змісту (грунтові);
- архітектурні плани і плани землевпорядкування;
- дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ);
- матеріали польової інструментальної зйомки;
- стандартні статистичні звітні форми в паперовому й електронному

поданні;

- текстові джерела, фотографії й ілюстрації;
- рукописні карти і тексти.

Залежно від типу джерел вихідних даних застосовуються різні технології введення даних. У першу чергу розділяються методи введення просторових і атрибутивних даних, для чого розроблені різні види графічних і табличних редакторів. Залежно від виду і якості вхідних матеріалів можуть використовуватися методи ручного або автоматизованого введення.

Основний вплив на вибір джерел даних і технологію їхнього введення чинить сфера застосування оброблюваної в ГІС інформації. Залежно від цілей роботи розрізняються вимоги до просторової і семантичної точності вхідних даних, часу їх збирання (створення), методів попередньої підготовки і формалізації даних. Наприклад, вхідні дані, придатні для створення електронного або паперового атласу адміністративної області, не можуть без додаткової підготовки використовуватися для створення системи земельного кадастру, де вимоги до точності вимірювання довжин і площ об'єктів у кілька разів вищі. Для систем, що моделюють природні або суспільні процеси, також необхідні особливо підготовлені й описані блоки даних, отриманих як зі стародавніх рукописних текстів, так і за допомогою найсучасніших систем збору інформації з космосу. На технологію збору і введення даних також впливають методи подальшого аналізу і подання підсумкової інформації.

Введення даних, незважаючи на впровадження автоматизованих технологій, як і раніше, залишається найбільш складною і трудомісткою операцією при створенні і функціонуванні ГІС. Найбільш часто використовуються технології сканування паперових картографічних матеріалів, геометрична корекція сканованого зображення для усунення просторових похибок, цифрування паперових або сканованих карт із використанням ручної або напівавтоматизованої технології розпізнавання картографічних об'єктів.

За оцінками різних експертів, вартість введення даних може досягати 80% вартості всього ГІС-проекту, включаючи вартість апаратних засобів і зарплати висококваліфікованого персоналу. Помилки і пропуски, допущені при введенні даних, можуть призвести до перекручування інформації на наступних етапах її обробки і цілком знецінити кінцевий результат. Тому перед введенням даних виконується оцінка інформаційних потреб системи на всіх етапах її функціонування, підбираються джерела даних, влаштовується перелік інформаційних об'єктів, створюються їх докладні формалізовані описи, розробляється план послідовного цифрування. Обов'язковим елементом введення даних є вибірковий або повний контроль точності і повноти введення.

2. Картографічні матеріали

Карти, як джерело просторових даних для ГІС, як і раніше, зберігають свою актуальність. Хоча частина матеріалів, отриманих методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і польової інструментальної зйомки, постійно зростає, на різних картах можна знайти різнобічну і відповідним чином формалізовану інформацію про багатьох реальних або виявлених різними методами просторових об'єктів.

Для просторового прив'язування і копіювання даних при побудові багатьох картографічних баз даних, включаючи тематичні карти і цифрові моделі рельєфу, використовуються *топографічні карти* – загальногеографічні карти універсального призначення, що докладно зображують місцевість. Топографічні карти поділяють на великомасштабні (1:50000 і більше), середньомасштабні (1:100000 – 1:500000, рис. 4.1) і дрібномасштабні, або оглядово-топографічні (дрібніше 1:500000).

У кожній країні існує офіційно прийнята державна система картографічних проєкцій. Проєкція карти перетворює розміщення об'єктів на глобусі в плоску поверхню карти. Всі проєкції карти деформують зображення, а саме величини площин та відстані між ними. Карти агроландшафтів, як правило, відображають невеликі території, тому ці деформації незначні. Чим більше

область - тим більше вплив проєкції.

Координатна система визначає розміщення об'єктів на двовимірному просторі за характерними точками. Довгота і широта – це координатна система, яку часто називають «географічною». Карти агроландшафтів вже мають визначені координатні системи і проєкції. Одним із найважливіших елементів карт, що впливають на точність представлення об'єктів у просторі за координатами x, y, z , є координатна і висотна системи.

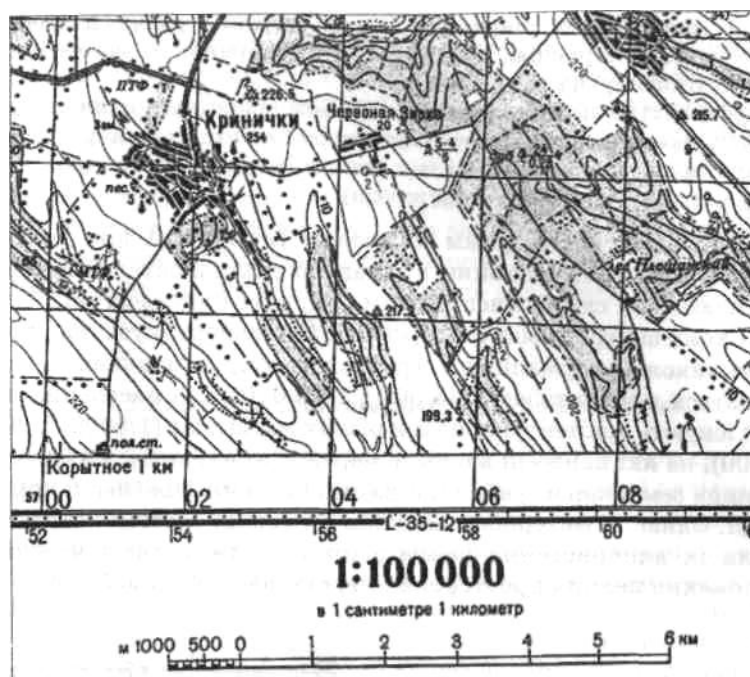


Рис. 4.1. Фрагмент топографічної карти масштабу 1:100000

За топокартами можна визначити і безпосередньо цифрувати такі просторові об'єкти:

- систему координат (географічну чи топографічну);
- місце розташування і висоти пунктів опорної геодезичної мережі;
- оцінки висот рельєфу, контури і глибину ерозійних форм;
- місце розташування гідрографічних об'єктів, оцінки урізів води, глибин, ширини русла, швидкості і напрямку течії;
- назву населеного пункту, кількість будинків, тип і контури великих будівель, кар'єрів та ін.;
- тип покриття, ширину проїжджої частини й узбіччя для авто доріг, конс-

трукцію, довжину і вантажопідйомність мостів, висоту (глибину) насипів і виїмок;

- контури лісових масивів або ділянок природної рослинності, тип деревних порід, висоту і густоту рослинності, ширину лісосмуг;
- місце розташування і тип елементів лінійної технічної інфраструктури (ЛЕП, трубопроводи).

Найбільш достовірним джерелом інформації про контури водних просторів, глибини і характер дна є *навігаційні карти*, що мають той самий масштабний ряд, що і топографічні.

Схеми внутрішньогосподарського землевпорядкування, що містять також інформацію про ґрунтовий покрив, звичайно виготовляються в масштабах 1:25000 і 1:10000. Однак ці матеріали виконані в умовній системі координат, і для їх використання разом з іншими джерелами необхідне виконання певних просторових перетворень (рис. 4.2.).

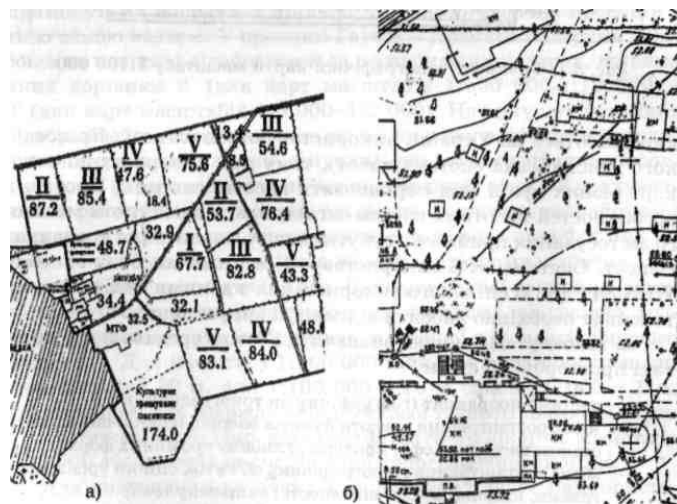


Рис. 4.2. Фрагменти схеми землевпорядкування М 1:25000 (а) і архітектурного плану М 1:500 (б)

Різні загальногеографічні і тематичні карти також можуть бути джерелом даних для ГІС. Більшість таких карт виконані в масштабі дрібніше 1:1000000 у різних картографічних проекціях і мають значні лінійні або кутові перекручування. Цифрування таких матеріалів вимагає урахування параметрів картографічних проекцій, дані про які є в більшості картографічних

редакторів. У процесі обробки таких карт можуть знадобитися процедури загальної або локальної трансформації зображень для прив'язування системи координат джерела даних під систему координат загальної бази даних ГІС-проекту.

3. Космічні знімки у вирішенні питань сільського господарства

Великі території, які займаються сільськогосподарськими угіддями, досить складно контролювати через нестачу точних карт, нерозвинену мережу пунктів оперативного моніторингу, наземних станцій, у тому числі і метеорологічних, відсутність авіаційної підтримки, зважаючи на дорожнечу і т.д.

Крім того, в силу різного роду природних процесів, відбувається постійна зміна кордонів посівних площ, характеристик ґрунтів та умов вегетації на різних полях і від ділянки до ділянки.

Всі ці фактори перешкоджають отриманню об'єктивної, оперативної інформації, необхідної для констатації поточної ситуації, її оцінки та прогнозування. А без цього практично неможливі збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, оптимізація використання земель, прогнозування врожайності, зменшення витрат та підвищення рентабельності.

За кордоном аналогічні проблеми успішно вирішуються завдяки застосуванню даних аеро- та космічної зйомки, а також широкого використання засобів супутникової навігації (GPS) при моніторингу посівів і при зборі врожаю, для вивчення стану рослинного покриву та прогнозу продуктивності вирощуваних культур.

У нашій країні використання даних супутникового зондування в сільському господарстві на даний момент перспективний напрямок, що швидко розвивається. Матеріали космічної зйомки можуть допомогти, як для вирішення комплексних завдань управління сільськогосподарськими територіями, так і у вузькоспеціалізованих напрямках.

4. Дані дистанційного зондування Землі

Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) базуються на реєстрації і подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації від поверхні ґрунту, рослинності, води та інших об'єктів. Винос пристроїв, що реєструють, у повітряний або навколоземний простір дозволяє одержати значно більш широке охоплення території порівняно з наземними методами досліджень. При дистанційному зондуванні значний вплив на якість і застосовність одержуваних даних чинять спектральний діапазон зйомки, просторова точність, радіометрична точність, просторове охоплення, оперативність і повторюваність зйомки, вартість даних.

Фіксування випромінювання виконується, як з використанням хімічних фотографічних методів, так і електронних фоточутливих елементів. У першому випадку зображення поверхні Землі фіксується на фотоплівці, що вимагає доставки її на поверхню Землі, проявлення і друку знімків. Для наступного сеансу зйомки необхідний запуск нового космічного апарата, тому в наш час ця технологія практично не використовується на автоматичних супутниках (в основному на населених орбітальних станціях і кораблях). Основний обсяг даних ДЗЗ виробляється за допомогою електронних приладів, що фотореєструють відбиту сонячну радіацію так званих приладів із зарядовим зв'язком – ПЗЗ. Ці прилади дозволяють реєструвати різні діапазони хвиль відбитої сонячної радіації, як у видимій, так і в ультрафіолетовій та інфрачервоній спектральних зонах.

На основі таких елементів створюються електронні скануючі пристрої, що можуть установлюватися на різних космічних апаратах, призначених для зйомки атмосфери, океану і поверхні суші. При встановленні радіолокаційних систем такі супутники можуть визначати висоту і довжину хвиль, рівень водної поверхні, розливи нафтопродуктів на поверхні води. З природно-ресурсних супутників ведуться спостереження за кольором і щільністю рослинного покриву, кольором і текстурою ґрунтів, кольором води, температурою земної поверхні. З космосу здійснюється високоточна зйомка для топо-

графічного картографування, радіолокаційна зйомка рельєфу і вологості поверхневого шару ґрунту. Зйомка ведеться безупинно згідно з маршрутом прольоту супутника, дані постійно передаються на наземні станції.

5. Джерела атрибутивних даних

Джерелом атрибутивних даних для ГІС можуть бути стандартні звітні форми різних державних, комерційних і громадських організацій, наукові звіти і публікації, дані спостережень на гідрометеорологічних станціях та ін. Велика частина таких документів створюється і подається в цифрованому вигляді у форматах програмних пакетів обробки документів Word, Excel, Access. До складу більшості пакетів ГІС, що працюють з реляційними таблицями для збереження атрибутивних даних, входять спеціальні модулі імпорту й експорту даних у формати Excel і Access.

Для обробки текстових даних розробляються методи їх групування, формалізації, переведення в табличну форму. При обробці паперових джерел можуть використовуватися методи автоматизованого розпізнавання тексту.

Лекція 5. КАРТОГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ АГРОЛАНДШАФТІВ

План

1. Растрові карти агроландшафтів.
2. Ландшафто-територіальна структура на векторних картах.
3. Подання векторних об'єктів.
4. Векторизування.
5. Апаратне та екранне дигітизування.

1. Растрові карти агроландшафтів

Растровий файл – це інформаційний файл, отриманий у результаті фотографування, сканування або дистанційного зондування території, земної поверхні, картографічних матеріалів, та інших об'єктів. Основними характеристиками растрових файлів є розмір, якість, тобто з якою роздільною здатністю його отримано та формат. ГІС дозволяє працювати з різними растровими файлами зокрема JPG (JPEG), TIF, BMP, RAWiDIP, виконувати операції з ними.

Вихідними картографічними матеріалами являються топографічна карта, ґрунтові карти, агрохімічна інформація, гідрогеологічні, геоботанічні карти, карти землекористування з розміщенням сівозмін різного типу.

Ще одним дуже важливим і не менш інформативним документом є проект формування території. Це – карти розроблені на початку 90-х років, зображають території всіх сільських рад та території сіл, що входять до них. Виконані вони переважно в паперовому вигляді, хоча на даний момент всі вони відскановані, та доступні у форматі tif для службового користування. Проект формування несе в собі інформацію про склад земель, форму власності, розподіл за угіддями, за землекористувачами, поділ на землі в межах і за межами населеного пункту, також тут вказано коефіцієнт бонітету та приблизно площі однотипних контурів. Також зображаються дороги різного значення, територія забудови населеного пункту та гідрографічні об'єкти в основному в масштабі 1:10000. Саме проекти формування території є офіційно

затвердженими документом, що регламентує межі населених пунктів та сільських рад. Користуватися даним проектом можна як растром, а також оцифрувати замкнуті контури. Використовується цей документ практично для усіх видів землевпорядних робіт.

Різні форми власності земель на проекті формування території позначаються різними кольорами, угіддя позначаються та відмежовуються умовними знаками.

На основі проекту формування території складається проект роздержавлення земель, це карта, де показані території, що потрапили в 90–х роках під паювання. Загалом вона в контурах повторює проект формування території.

До землевпорядних карт належать також карти ґрунтів, створені на основі колишніх колгоспів та радгоспів. Вони відображають ґрунтовий покрив, його види, якість та стан. Використовуються здебільшого для визначення вартості земель, експертної та нормативної оцінки.

2. Ландшафтно-територіальна структура на векторних картах

Для відображення ландшафтно-територіальної структури проводиться агроландшафтне картографування території. В процесі складання ландшафтно-територіальної карти дається всебічна характеристика території на основі комплексу карт, розкриваючи ландшафтно-територіальну структуру. Вихідними картографічними матеріалами являються топографічна карта, ґрунтові карти, агрохімічна інформація, гідрогеологічні, геоботанічні карти, карти землекористування з розміщенням сівозмін різного типу.

Шар (layer) – сукупність однотипних (однієї мірності) просторових об'єктів, що стосується однієї теми (класу об'єктів) у межах деякої території й у системі координат, загальній для набору шарів. За типом об'єктів розрізняють точкові, лінійні і полігональні шари, а також шари з тривимірними об'єктами (поверхнями). Пошарове, чи багат шарове подання є найбільш поширеним способом організації просторових даних у пошарово-організованих ГІС (layer-based GIS). Для зручності збереження й обробки ве-

ликих наборів даних кожний із шарів може бути розбитий на фрагменти в результаті операції фрагментування (tiling); при відображенні на екрані виконується зворотне зшивання. Звичайно «нарізання» на фрагменти успадковує прийняту схему разграфлення карт (по окремих аркушах топокарт, по градусній сітці). Логічна нерозривність отриманого фрагментованого шару забезпечується засобами, що підтримують безшовні бази даних (Баранов и др., 1997).

Для агроландшафтів формують основні просторові типологічні шари:

1) площинні – загальні межі господарства, межі населеного пункту, поля сівозмін, поля дослідного стаціонару, пасовища, господарчі двори, лісові масиви, озера/ставки;

2) лінійні – сітка/ мережа доріг (основні дороги в межах господарства), сітка/мережа осушувальних каналів, полезахисні лісосмуги, горизонталі;

3) точкові – точки висот, водні джерела.

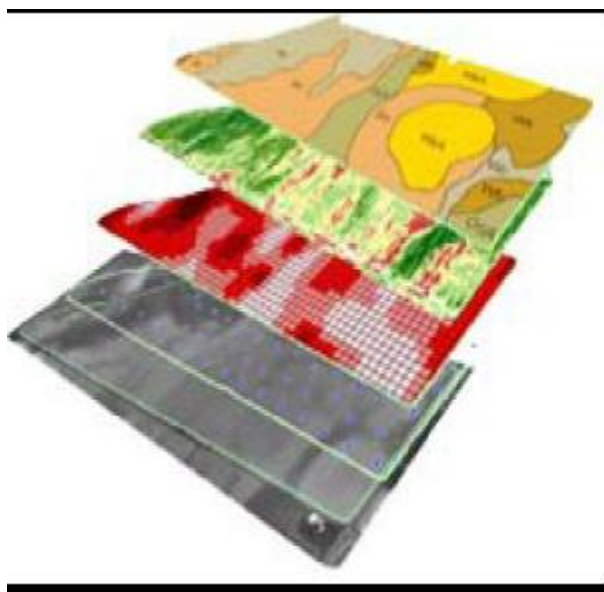


Рис. 2.1. Тематичні шари в ГІС відображення об'єктів агроландшафтів

Кожен із тематичних шарів, крім просторової інформації, може мати додаткову про характеристику об'єкта. Так, шар полів сівозмін містить у своїй атрибутиці дані про типологію ґрунтів та показники еколого-агрохімічного стану за 3 роки (2008 - 2010 рр.), які були імпортовані із таблиць Excel, або

Access. Крім того, атрибутивна інформація шару сітка/мережа доріг вмістила дані про класи доріг відповідно до вимог створення топографічних карт масштабом 1:10000 [3], шар лісосмуги має у своїй атрибутиці дані про висоту лісосмуг.

У більшості програмних ГІС-пакетах картографічний шар є основною одиницею подання даних. На рівні шарів здійснюються пошук, завантаження і вивантаження даних у середовище ГІС, до об'єктів шару застосовуються функції пошуку, форматування, зміни графічних змінних.

3. Подання векторних об'єктів

Для візуалізації просторових об'єктів цифрових векторних карт використовуються *графічні змінні* (graphic variables, graphic factors, semiological factors) – графічні засоби, використовувані для побудови окремих картографічних знаків, знакових систем, графічних образів у цілому. Для кожного типу зображень і рівня керування побудовою зображення використовуються різні графічні функції, або бібліотеки готових графічних елементів.

Для об'єктів типу *точка* створена велика кількість різних бібліотек умовних позначень. У більшості випадків ці бібліотеки оформлені у вигляді файлів шрифтів True Type, що входять до системного реєстра Windows. Такі бібліотеки символів універсальні й одночасно доступні для різних ГІС-пакетів. Звичайно бібліотеки символів організовані за тематичним принципом – геометричні символи, топографічні символи, символи з малюнками будинків, транспортних засобів, рослин, фігурками людей і тварин, геологічні і метеорологічні символи, стрілки «північ–південь», рози вітрів та ін. Доступні такі налаштування символів: зміна розмірів, кольору, кута нахилу. Для контрастного відображення символу на кольоровому фоні карти передбачений колір, що облямовує.

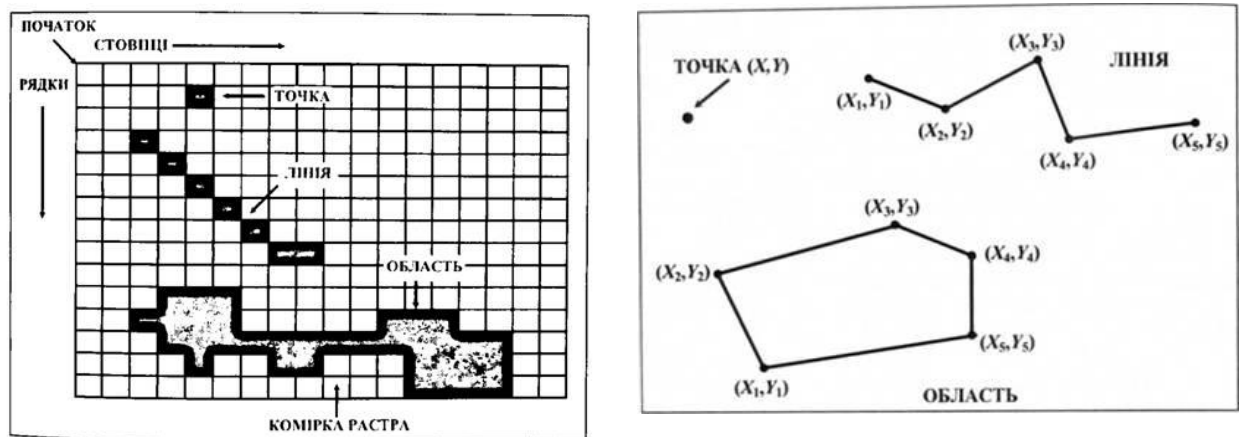


Рис. 5.2 – Растрові і векторні моделі об'єктів

Відображення *лінійних* об'єктів виконується за допомогою певного набору графічних змінних, кількість і зовнішній вигляд яких залежить від конкретного ГІС-пакета. Для ліній може бути змінений тип (суцільна, переривчаста з різною довжиною штрихів і пробілів, із заповненням, з поперечними і зигзагоподібними елементами та ін.), колір лінії і заповнення лінії, товщина (задається в лінійних або відносних одиницях). Доступні згладжування перегинань лінії в опорних точках (сплайнові функції), згладжування з'єднань і перетинів ліній.

Для об'єктів типу *полігон* доступні налаштування границі полігона (border, boundary) і його внутрішнього заповнення (fill). Для границь полігонів доступні ті самі бібліотеки, що використовуються для оформлення лінійних об'єктів. Для внутрішньої частини полігона доступні суцільні заливання (основним чи напівтоновим кольором із стандартної бібліотеки, за необхідності може бути створений новий колір) і штрихування (вибирається тип штрихування, колір ліній чи фігур штрихування, колір міжштрихового простору). У деяких програмних пакетах доступне заповнення полігонів за допомогою текстур або растрових зображень.

При оформленні текстових об'єктів доступні всі налаштування шрифтів Windows (розмір, колір, нахил, підкреслення), так само використання фону, що забезпечує кращу видимість кольорового оформлення карти.

4. Векторизування

Скановані растрові картографічні матеріали використовуються для створення векторних цифрових карт. При гарній якості вихідних карт (гарне розрізнення ліній і контурів, відсутність фону і забруднень, чітка передача кольору) можуть використовуватися системи розпізнавання графічних образів і автоматичного промальовування їхніх контурів. Процедури розпізнавання растра і промальовування векторних графічних примітивів позначаються терміном *векторизування*. Векторизування може бути ручним і напівавтоматичним. Напівавтоматичне векторизування в основному застосовується для лінійних даних, точкові об'єкти вводяться в ручному режимі, полігональні об'єкти також замикаються в ручному режимі.

Процес напівавтоматичного або ручного простежування лінії за її зображенням на растрі називається *трасуванням*. У різних програмних пакетах для векторизування різні інструменти трасування, заздалегідь прив'язані на визначені комбінації растрових елементів. Звичайно це основний трасувальник, призначений для простежування суцільних і пунктирних ліній, а також трасувальник ортогональних (що вигинаються тільки під прямим кутом), ламаних, точкових ліній, замкнутих прямокутних контурів, інструмент оконтурювання заштрихованих ділянок і інструмент оконтурювання залитих плям. Процес векторизування керується набором параметрів трасування, які можна поєднувати в стратегії трасування.

Для початку трасування суцільної або пунктирної лінії в автоматичному режимі зазначається початкова точка на «правильній» ділянці, де для автоматичного трасувальника не передбачається ускладнень. Для початку трасування пунктирної або точкової лінії потрібно послідовно вказати дві сусідні точки, таким чином задається зразковий крок і напрямок. Додаткові операції трасування ліній передбачають: максимальну відстань розриву між фрагментами лінії, максимальний кут повороту лінії і максимальну відстань пошуку початку іншої лінії під кутом від напрямку попередньої лінії, максимальну і мінімальну товщину лінії, що трасується, відстань між опорними точ-

ками вздовж лінії та ін. У разі затримки оператор у будь-який момент може взяти керування процесом векторизування на себе.

Для автоматизованого векторизування необхідне використання попередньо підготовлених растрових матеріалів. Рекомендується використовувати матеріали із заздалегідь розділеними тематичними шарами, тобто на карті, що векторизується, повинні бути елементи одного типу – горизонталі рельєфу, річкова мережа, дороги, контури будинків та ін. Для підвищення яскравості і контрастності растрової карти використовується процедура інвертування кольору, за якої білий колір стає чорним, і навпаки.

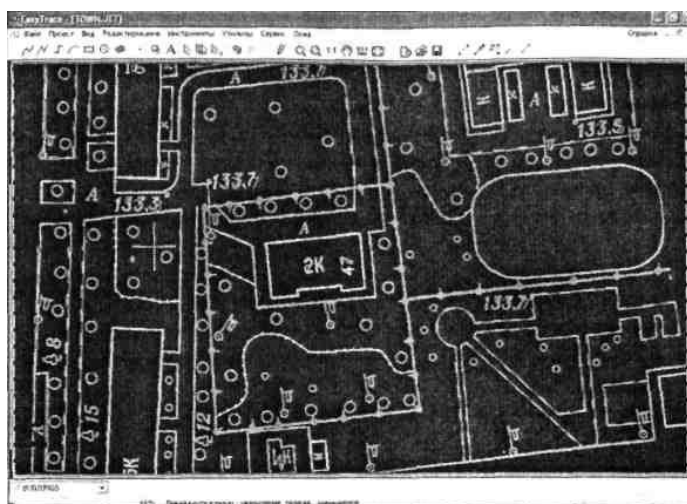


Рис. 5.3. – Робочий екран векторизатора Easy Trace з ділянкою міського плану

На рис. 5.3 зображений екран програмного пакета для векторизування Easy Trace з фрагментом міського плану, що векторизується, у масштабі 1:500 з використанням процедури інвертування кольору.

У процесі створення векторних об'єктів здійснюється присвоєння ідентифікаторів (номерів трубопроводів, будинків, назв вулиць, висот горизонталей рельєфу тощо). Одним із режимів автоматичної ідентифікації є присвоєння значень висот лініям горизонталей рельєфу, глибин та інших ізоліній з рівним кроком зміни значень. Для автоматичної ідентифікації група близько розташованих ліній перекреслюється перпендикулярним відрізком, для якого задаються початкове значення і крок зміни значень. Аналізують послідовність перетинання ліній і виконують присвоєння значень у порядку прохо-

дження ліній.

5. Апаратне та екранне дигітизування

Ручне дигітизування (дигіталізація, цифрування) на сьогодні є найбільш поширеним способом введення просторових даних у бази даних ГІС. Сам процес ручного дигітизування являє собою розпізнавання користувачем об'єкта на карті-джерелі і створення векторного елементарного графічного об'єкта шляхом обведення меж цього об'єкта. Карта-джерело може використовуватися, як у вигляді паперового оригіналу, що закріплюється на дигітайзері, так і у вигляді її сканованої копії, яка виводиться на екран дисплея в спеціальному картографічному редакторі. У першому випадку виконується *апаратне дигітизування*, у другому – цифрування з використанням стандартного пристрою введення «миша» (*екранне дигітизування*).

Точність і повнота ручного введення даних визначаються кількома факторами. У першу чергу, це якість вихідних картографічних матеріалів (зношеність паперової карти, якість сканування); точність установки системи координат на цифрованому джерелі або його сканованій копії; кваліфікація оператора, що виконує введення даних.

При *апаратному дигітизуванні* з використанням спеціального пристрою – дигітайзера – застосовуються оригінальні паперові або пластикові картографічні матеріали високої якості. До складу багатьох програмних ГІС-пакетів входять спеціальні модулі для налаштування і керування роботою різних моделей дигітайзерів.

Аркуш карти, що цифрується, закріплюється на поверхні планшета дигітайзера за допомогою притискних планок або прозорого листа пластику. На початку роботи виконується процедура визначення координат – на карті вказуються чотири і більше контрольних точок, клавіатурним способом вводяться їхні координати, визначається похибка визначення системи координат. Можуть також зазначатися крайні кутові координати області дигітизування для зменшення обсягу просторових розрахунків.

Також у межах робочої області дигітайзера можуть бути виділені області для операцій, наприклад, накладних інструментальних панелей. Для полегшення роботи оператора для деяких ГІС-пакетів (наприклад, для програмних продуктів фірми INTERGRAPH) розроблені спеціальні накладні меню інструментів для введення і редагування просторових об'єктів. При переміщенні курсора дигітайзера в область меню пристрій автоматично переключається на вибір відповідного інструмента.

Аркуш із таким меню укладається на поверхню дигітайзера. Оператор за допомогою курсора дигітайзера здійснює обведення контурів просторових об'єктів, вручну або в напівавтоматичному режимі зчитуючи координати опорних точок. При натисканні кнопки зчитування координати точки записуються у відповідний активний файл бази даних; відповідні атрибутивні дані вводяться клавіатурним способом. Точність і швидкість введення даних залежать від кваліфікації оператора. У моделях дигітайзерів, призначених для роботи під керуванням ОС Windows, передбачене переведення пристрою в режим роботи маніпулятора «миша», тобто за допомогою дигітайзера можна керувати екранним інтерфейсом системи.

При зміні аркушів карт, випадковому зрушенні аркуша карти, що цифрується, або вимиканні дигітайзера необхідно заново переустановлювати систему координат дигітайзера.

Останніми роками через велику залежність від малодоступних паперових оригіналів карт, наявність перекручувань і ушкоджень паперових карт, складність редагування цифрових карт, а також високу вартість самих пристроїв, технології апаратних дигітайзерів поступово були витіснені технологіями екранного дигітизування.

При *екранному дигітизуванні* вхідний попередньо сканований і просторово прив'язаний картографічний матеріал знаходиться на задньому плані екрана. На нього накладаються один чи кілька похідних шарів, у межах яких, візуально порівнюючи з контурами оригінальних об'єктів на шарі-підкладці, виконують обведення об'єктів-копій.

Таким чином, перед початком роботи на екран має бути виведена сканована карта-підкладка і, як мінімум, один із раніше створених на базі цієї підкладки шарів. Для введення, видалення або зміни якихось просторових об'єктів необхідно, щоб робочий шар був редагованим (Editable).

Для цифрування різних типів просторових об'єктів існують спеціально розроблені «інструменти». Залежно від типу інструментальної ГІС і моделі просторових даних (топологічна, нетопологічна, CAD) набір таких інструментів і організація інтерфейсу користувача для роботи з ним можуть істотно відрізнятися. Звичайно інструментарій для цифрування і редагування векторних даних зібраний у спеціальному меню інструментального ГІС-пакета і дубльований на піктографічних меню. Залежно від конкретного пакета набір таких інструментів може мати різну комплектацію і позначатися різними термінами і піктограмами.

Для будь-якого активного об'єкта, або групи об'єктів доступні операції копіювання в буфер обміну і вставка з буфера обміну в інше місце цього ж картографічного шару чи в інший шар. Об'єкт може бути переміщений в інше місце робочої області шляхом перетягування курсором «миша» (drag and drop). Можуть бути змінені розміри і пропорції активного об'єкта, виконане його дзеркальне перетворення по вертикалі, горизонталі або діагоналі, поворот об'єкта на заданий кут чи довільну величину.

Одночасно із закінченням введення графічного об'єкта створюється новий запис у зв'язаній базі даних. Описова інформація може заноситися в базу даних як безпосередньо в момент введення просторового об'єкта, так і в будь-який інший час вручну з клавіатури, копіюватися з інших джерел, обчислюватися різними аналітичними процедурами та ін.

Лекція 6. ПРИНЦИПИ СУЧАСНОГО ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ НА ОСНОВІ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ

План:

1. Аспекти космічного знімання в картографії.
2. Особливості використання супутникових знімків QUICKBIRD для створення і оновлення фотокарти.
3. Методики ГІС-технологій обробки космічних знімків.
4. Створення регіональних карт земельного фонду.

1. Аспекти космічного знімання агроландшафтів

Значний розвиток дистанційного зондування, особливо в частині спектральної та просторової роздільної здатності знімків, розширив можливості застосування даних, отриманих космічним зніманням. Водночас досягнення у цифровій фотограмметрії та геоінформаційному картографуванні дозволяють користувачу отримати широке коло інструментів для інтеграції, конверсії та управління просторовими даними агро ландшафту. Зокрема, застосування космічних знімків високої роздільної здатності, особливо отриманих супутниками IKONOS та Quick Bird для створення або оновлення великомасштабних карт, сьогодні вже є одним з новітніх методів використання у сільському господарстві. Матеріали такого космічного знімання придатні для створення середньо- та дрібномасштабних карт. Зазначимо широкі можливості застосування матеріалів космічного знімання для багатоаспектних потреб картографії, а саме :

- Роздільна здатність знімків з різних супутників зумовлює масштаби тематичних карт, розроблених на базі цих космічних знімків. Наприклад, з використанням даних IRS–WIFS можуть бути створені тематичні карти масштабу 1:100 000, аналогічно, на основі спектральнозональних та панхроматичних знімків LANDSAT–7 та SPOT–5 – тематичні карти масштабів 1:500000–1:250000; 1:250000–100000; 1:100000–1:50000 та 1:50000–1:25000 регіонального, районного та локального рівнів. З використанням знімків IKONOS,

Quick bird і т. і. створюються карти більш великих масштабів масштабів від 1:10000 до 1:2500 рівнів села чи селища (міста).

- Векторні дані оцифрованих карт можуть інтегруватися з растровими даними космічних знімків для просторових запитів та оновлення картографічних баз даних.

- З використанням космічних знімків для створення просторової бази даних у форматі карти можливою є розроблення створення спільної легенди для поліграфічної версії та подання растром інформації з космічних даних на відповідних електронних векторних шарах.

- Висока роздільна здатність знімків Quickbird дозволяє ефективніше розв'язувати широке кола завдань у галузі моніторингу земель та землекористування, картографування невеликих за розмірами (60 см) об'єктів ландшафтної організації та інфраструктури (елементів землевпорядкування, урожайності полів, об'єктів гідротехнічної, лісової, культурно–технічних та інших видів меліорації земель, водних джерел, заболочених територій тощо).

- Дані з космознімків високої роздільної здатності використовують для оновлення різноманітних картографічних матеріалів і планів, моніторингу природного середовища, прогнозування урожайності полів, у цілому – для стратегічного розвитку природно–територіального комплексу.

Різноманітні характеристики об'єктів агроландшафтів, зокрема елементів впорядкування земельних територій, водні джерела, пасовища, рілля можуть бути визначені та ідентифіковані за даними супутникових знімків. Крім того процеси ерозійні промоїни, угловини й елементи – все це картографується з використанням знімків QuickBird.

Без залучення космічних знімків традиційні картографічні документи, що відображають ситуацію на певну дату, застарівають дуже швидко (у великих містах щорічно), оновлюються рідко і, фактично, цілісної актуальної картини сучасного стану земельних території та режиму їх використання звичайно немає. Всі наявні у різних відомствах картографічні матеріали не дають загальної картини змін, які відбуваються на тій чи іншій земельній те-

риторії. До того ж, як показує наш досвід, в багатьох випадках на топографічних картах вже від початку їхнього створення бувають істотні похибки та неточності, які не пов'язані із змінами, що відбулися. Необхідно зазначити, що аерофотознімки та фотознімання відповідно обмежені для користування, внаслідок цього не є придатними для всіх потенційних користувачів. Для аерозйомки потрібно багато організаційних заходів (отримання дозволів, планування зальотів).

2. Особливості використання супутникових знімків QUICKBIRD для створення і оновлення карт

Космічні знімки QuickBird найпридатніші для створення космічних фотокарт великого масштабу (1:5000 – 1:2500) завдяки таким властивостям:

- найвища сьогодні доступна для комерційного використання роздільна здатність – 0,61 м у надири і 0,66 м при зніманні з відхиленням в 15° від надиру. Оскільки 90 % знімків, отриманих супутником QuickBird, мають кут відхилення від надиру 0°–15°, то таку роздільну здатність можна порівняти з аерозніманням середнього масштабу;
- багатоспектральність – супутник QuickBird, окрім панхроматичного каналу, забезпечує мультиспектральне зображення, яке складається з чотирьох каналів у синьому (0,45–0,520 мкм), зеленому (0,52–0,60 мкм), червоному (0,63–0,69 мкм) та інфрачервоному (0,76–0,90 мкм) спектральних діапазонах, з роздільною здатністю 2,4 м;
- радіометрична чутливість – дані QuickBird мають динамічний діапазон 11 біт (2048 відтінків сірого), який може бути розтягнутий у будь-який діапазон для покращання візуалізації;
- висока позиційна точність – знімки QuickBird можуть бути геометрично опрацьовані із застосуванням методики орторектифікації з урахуванням точної моделі сенсора або за допомогою коефіцієнтів раціонального полінома;

- великий розмір знімка – ширина смуги огляду QuickBird становить 16,5 – 18 км, що дає змогу одним знімком покрити формат середнього обласного центру.

Таблиця 1.

Відповідність космічних знімків масштабам карт

Точність фрагмент космічного зображення (роздільна здатність)	Застосування в сфері агроландшафтного середовища
10 м/пикс. (пан хроматичне)	Можлива інтерпретація масивів сільськогосподарських угідь, лісових, паркової зони, грубій мережі доріг і вулиць. Відповідність карті масштабу 1:100000
5,8 м/пикс. (пан хроматичне)	Можлива інтерпретація стану полів сівозміни, сільськогосподарських угідь, лісових масивів, водних ресурсів, мережі доріг. Відповідність карті масштабу 1:50000
0,6 м/пикс. (QuickBird, кольорове зображення)	Чіткі контури робочих полів сівозміни, лісосмуг, повна інтерпретація лісових і паркових масивів, аж до окремих дерев, лісових і чагарникових картин, заболочених і водно-болотних земельних ділянок, ґрунтових різновидів на ополеній від рослин поверхні ріллі, елементи меліоративних та інших мереж, ліній форми ереозій, якісні лінії розмітки польових доріг, протиерозійних валів тощо.

Спеціалісти, що працюють з матеріалами аеро– або космічного знімання, знають, наскільки складно створювати мозаїчне зображення із знімків, отриманих навіть просто у різні часи доби – такі знімки мають різні спектральні властивості, що пов’язані з різною висотою Сонця у момент знімання. Тому зображення у різних стрічках відрізняється освітленням, довжиною та глибиною тіней. І це лише вплив різного часу доби знімання. За умов різниці в даті зйомки, причому навесні, за місяць з квітня по травень, коли розпочинається процес вегетації, мозаїка кольорів зон рослинності істотно змінюється.

Численні дослідження свідчать [84], що використання космічних знімків з високим ступенем розрізненості об’єктів (60 см) дозволяє за допомогою

поетапного опрацювання на комп'ютері та використання певних засобів програмного забезпечення ввести ідентифіковане зображення в ГІС досліджуваного земельного масиву та виготовити якісний актуалізований картографічний продукт не лише в електронному, а й у поліграфічному вигляді.

Після приведені у місцеву систему координат знімки суміщались у ГІС–середовищі ArcView з раніше створеними картографічними шарами плану території. Це дало змогу оновити векторні шари, внісши зміни у планове положення наявних об'єктів або наносячи нові об'єкти на карту. Перевсім оновлювався тематичний шар сільськогосподарських угідь та посівів.

3. Створення регіональних карт земельного фонду

Сучасні ГІС/ДЗЗ-технології дозволяють створювати на основі матеріалів дистанційного зондування цифрові карти різноманітного призначення. Перевагою ГІС/ДЗЗ-технології є оперативне отримання сучасних тематичних карт, можливість об'єднання ряду карт та періодичне їх оновлення, здешевлення порівняно з традиційними методами створення карт, короткі строки виконання робіт.

Відповідно до Земельного кодексу України моніторинг земель являє собою систему спостережень за станом земельного фонду з метою своєчасного виявлення його змін, їх оцінки, запобігання й ліквідації наслідків негативних процесів. Об'єктом моніторингу земель є весь земельний фонд незалежно від форм власності на землю.

Для вирішення питань щодо вдосконалення системи державного управління ресурсами та контролю за їх використанням та охороною, а також для проведення регіонального моніторингу необхідне створення певного набору цифрових тематичних карт, зокрема цифрової карти ґрунтово–земельного фонду встановленого зразка.

Цифрова карта – це цифрова модель земної поверхні, яка сформована з урахуванням законів картографічної генералізації у прийнятих для карт проєкціях, розграфці, системі координат та висот. Вона складається з окремих

шарів. Шари карти містять графічну (точки, лінії, полігони) та атрибутивну (характеристики графічних об'єктів) інформації.

Створення цифрової карти земельного фонду здійснюється з використанням багатозональних космічних знімків з роздільною здатністю для реалізації точності певного масштабу карти. Наприклад, для карти масштабу 1:50 000 необхідні космічні знімки, просторове розрізнення яких повинно бути не менше 20 м/пікс. У процесі роботи використовуються також топографічні карти, землевпорядні плани, карти лісового фонду, дані наземного обстеження.

Цифрова обробка може виконуватися за допомогою комплексу обробки аерокосмічної інформації ERDAS-IMAGINE, вихідна продукція формується за допомогою MapInfo.

Змістом інтегральної карти земельного фонду є земельні угіддя з урахуванням адміністративного поділу, ґрунтовий покрив з його якісними характеристиками. На карті, окрім сільськогосподарських угідь, віділлють землі лісогосподарських підприємств, об'єкти гідрографії, дорожню мережу, населені пункти; землі природно-заповідного, оздоровчого, рекреаційного, історико-культурного призначення.

Атрибутивна інформація містить кодифіковані дані про види, типи та якісні й кількісні характеристики графічних об'єктів цифрової карти, відповідно до «Класифікатора інформації, яка відображається на топографічних картах».

Вихідна цифрова карта записується на магнітний носій у встановлених структурах та кодах стосовно до визначеної математичної основи, проекції та розграфки, прийнятих для карт відповідного масштабу, крім того цифрова карта відповідає встановленим для конкретного використання вимогам щодо точності та змісту.

4. Огляд методик ГІС-технологій у моделюванні процесів агроландшафту

Після введення первинних даних до ГІС відбувається моделювання відповідних біологічних, фізичних, хімічних процесів та явищ. Уже в даний час геоінформаційна система дозволяє систематизувати всю отриману інформацію і співставляти всі створені моделі [23]. Таким чином проводиться оверлейний (міжшаровий) аналіз, у результаті якого визначаються масиви земної поверхні найбільш придатні для певного виду господарського використання та виявляються масиви з ознаками еродованості та інших видів деградації ґрунтів. Також з'являються можливості врахувати також і правові фактори, такі як, наявність обмежень чи обтяжень у використанні земельних ділянок, точність встановлення меж тощо. Отже, отримується інтегрована модель території того чи іншого земельного масиву. На основі отриманої узагальненої інформації приймаються відповідні обґрунтовані рішення, щодо подальшого розвитку і організації земельних територій іа всього природно-територіального комплексу агроландшафту.

Для створення інтегрованих моделей територій реалізуються наступні види планово-картографічних робіт:

1. Створюють планову цифрову модель частини території сільської ради (або сільськогосподарського підприємства) та навколишньої території на основі матеріалів польових вимірювань в тому числі GPS та на основі даних ДЗЗ, які були геометрично відкоректовані поліноміальними перетвореннями на основі закоординованих GPS точок. При застосуванні трансформованих космічних знімків і даних GPS зйомок у єдиній координатній системі виникає можливість одержання найбільш точних даних, тобто на супутникові знімки довантажуються дані зйомок. При такому підході значно зменшуються обсяги польових робіт, матеріальні витрати та істотно підвищується точність.

2. Реалізують цифрову модель рельєфу (ЦМР) на основі матеріалів традиційних геодезичних знімань, даних GPS та існуючих топографічних карт. Моделі можуть створюватися в різноманітних формах:

- растрова поверхня;
- модель ізоліній (автоматизована побудова горизонталей);

– TIN–модель рельєфу.

На основі цифрової моделі місцевості генеруються інші важливі комп'ютерні моделі (крутості схилів, освітленості схилів, картограми ґрунтів тощо).

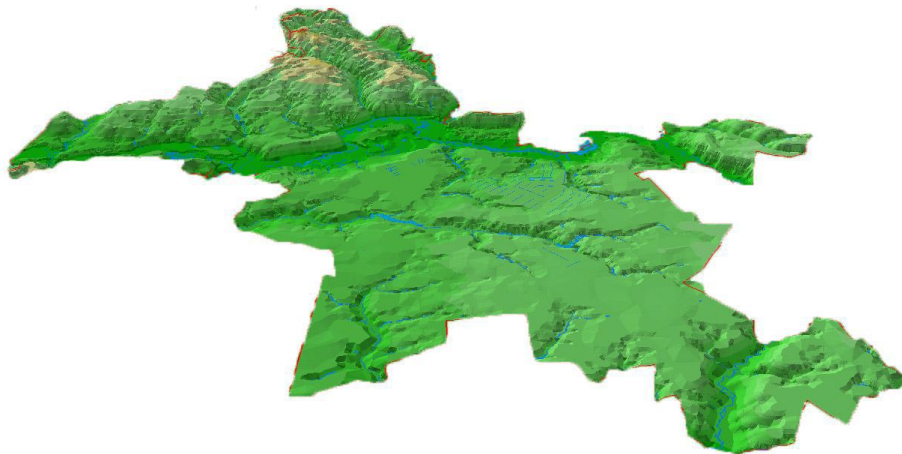


Рис. 6.1 Цифрова модель рельєфу

3. Створюють базу даних ГІС на основі матеріалів різноманітних польових вишукувань та розвідок (ґрунтових, агрохімічних, геоботанічних, гідрологічних тощо), проводиться просторове моделювання процесів, що мають найбільший вплив на розвиток сільськогосподарських культур і на ґрунтовий покрив, роблять аналіз їх впливу на ландшафт та нормативне прогнозування можливих екологічних ризиків.

4. Реалізують модель крутості схилів на основі раніше створеної цифрової моделі рельєфу та визначають зони з крутістю схилів адекватно поставлених завдань. Наприклад, для виділення земельних ділянок різних еколого–технологічних, протиерозійних призначень крутизною до 3°; 3°–7° і понад 7°. Карти крутизни схилів обов'язково використовують як складову інтегрованої моделі для розв'язання завдань, пов'язаних з проведенням ландшафтно–адаптованого землеустрою. Цей тематичний шар має в подальшій обробці, як правило, досить значну вагу, незалежно від управлінських рішень що пов'язані із раціональними землевпорядкуванням.

5. Аналізують моделі неоднорідності робочих полів сівозмін за забезпеченістю основними елементами живлення рослин та кислотністю ґрунту

(N, P, K, Ca, pH) на землях сільськогосподарського призначення. Такі моделі створюються на основі даних агрохімічних обстежень полів підприємства з накладанням регулярної сітки точок опробування, які також обов'язково повинні мати географічну прив'язку. На основі таких даних виконують побудову Grid-моделі поширення поживних речовин і векторну модель в ізолініях. Для поширення кожного хімічного елементу будується власна модель. При необхідності ці моделі поєднуються і виражаються інтегральною бальною шкалою.

6. Проводиться оверлейний аналіз наявних геоінформаційних шарів за допомогою комплексів MapInfo? Arc GIS (або інших) з метою встановлення функціональних та логістичних взаємозв'язки між аналізованими шарами. В кінцевому результаті отримують інтегральну grid-поверхню земельної ділянки з якісною характеристикою, зокрема, карти неоднорідності земельної ділянки за забезпеченістю поживними елементами, кіслотністю ґрунтів, їх забрудненістю, наявністю ерозійно-небезпечних ділянок поверхні, та ділянок які вже активно руйнуються під дією водної ерозії.

7. Створюють інтегровану модель території, процесні умови якої задають, виходячи із задач управління. Така робота потребує оверлейного поєднання всіх векторних та GRID-шарів за посередництвом таких числових характеристик, які б дозволили отримати інтегровану поверхню з необхідними числовими або логістичними показниками. В процесі створення інтегрованих моделей територій, властивості і характер функціонування об'єктів яких визначають сукупністю різноманітних параметрів, описаних вище, застосовують методи класифікації та інтеграції (синтезу) показників із врахуванням вагової частки кожного з них.

Обов'язковим і важливим моментом в даній роботі є врахування існуючих організаційно-правових аспектів пов'язаних з режимом використання та юридичним статусом аналізованих земельних ділянок.

Лекція 7. ТЕМАТИЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ

План лекції:

1. Призначення тематичних карт.
2. Ранжовані діапазони.
3. Стовпчасті та кругові діаграми.
4. Ранжовані символи.
5. Легенди тематичних і картодіаграм.

1. Призначення тематичних карт

Тематичні карти – це цифрові карти, які створені на основі аналізу атрибутивних даних, пов'язаних з тим чи іншим набором просторових об'єктів (наприклад, кількість населення в містах або адміністративних одиницях). Тематичні карти і картодіаграми використовуються для візуального аналізу просторово–розподіленої інформації, у зв'язку з цим сприйняття й аналіз таких карт людиною значною мірою залежать від методики їхньої побудови і візуальних характеристик.

Тематична карта служить для відображення просторових даних, шляхом фарбування карти в різні відтінки в залежності від значення вибраного параметру. Особливості тематичної карти:

- 1) носить інформаційно–аналітичний характер,
- 2) орієнтована в меншій степені на точне подання характеристик території,
- 3) акцентується увага на розподілення атрибутивних (тематичних) ознак
- 4) використовується топологічна (а не метрична) модель території, її зміна в часі, в ситуаціях.

Побудова тематичних карт і картодіаграм із використанням просторової основи у вигляді точкових, лінійних і полігональних об'єктів і пов'язаних з ними записів з табличних баз даних є однією з найбільш поширених функцій ГІС. При побудові картодіаграми пов'язана з об'єктом інформація візуалізу-

ється у вигляді картографічних знаків, що відбивають якісні або кількісні характеристики кожного об'єкта. Процедура побудови тематичної карти або картодіаграми звичайно реалізована у вигляді спеціального програмного модуля, виклик якого здійснюється за допомогою спеціального пункту меню. У більшості програмних продуктів ГІС реалізована побудова декількох типів карт за тематичними шаблонами.

Користувач має можливість вибрати тип створюваної карти, вибрати з атрибутивної бази дані характеристики, за якими буде будуватися карта, вибрати стиль оформлення карти (колір, тип символу та ін.).

Атрибутивна інформація, на основі якої будується карта (одне чи кілька полів бази даних), називається *тематичною змінною*. Як тематична змінна може використовуватися вираження, що обчислює нове значення на підставі значень одного чи кількох полів з використанням математичних, логічних і просторових операторів або функцій.

У більшості програмних ГІС-пакетів доступні такі тематичні шаблони:

- ранжовані діапазони;
- стовпчасті картодіаграми;
- кругові картодіаграми;
- ранжовані символи;
- точки з заданими вагами;
- індивідуальні значення.

2. Ранжовані діапазони

Шаблон «Ранжовані діапазони» («Градуйовані кольори») відображає одну тематичну змінну у вигляді розбитого на визначені діапазони набору числових значень обраної змінної (наприклад, чисельності населення по країнах світу). Кількість і межі діапазонів встановлюються користувачем, виходячи з поставленого завдання. У той самий час кількість діапазонів істотно впливає на сприйняття карти і можливість проведення аналізу взагалі. Велика кількість діапазонів (понад 10) ускладнює загальне сприйняття карти, ко-

лірне розходження між сусідніми діапазонами може бути занадто малим. Мала кількість діапазонів (менше 5–4) значною мірою узагальнює значення між сусідніми діапазонами, багато окремих груп значень можуть бути нівельованими. Найбільш часто рекомендується використовувати 5–7 діапазонів (Митчелл, 2000).

Залежно від призначення карти для визначення меж діапазонів можуть бути використані різні методи розбиття вибірки числових даних на діапазони. У більшості ГІС-пакетів доступні такі методи поділу усєї вибірки значень картографованої тематичної змінної на діапазони (за кількістю або розмом діапазонів).

Метод рівної кількості значень (Equal Count) – у кожний діапазон входить рівна кількість записів з табличної бази даних. Якщо число записів не кратне кількості діапазонів, спірні записи визначаються в той діапазон, до якого ближче значення запису (рис. 7.1).



Рис. 7.1 – Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом рівної кількості значень

Метод рівних інтервалів (Equal Ranges) – кожний діапазон має приблизно рівну різницю між верхнім і нижнім значеннями діапазону (рис. 7.2).

Метод природного розбиття (Natural Break) – діапазони створюються на основі розривів між групами близьких числових значень (рис. 7.3).

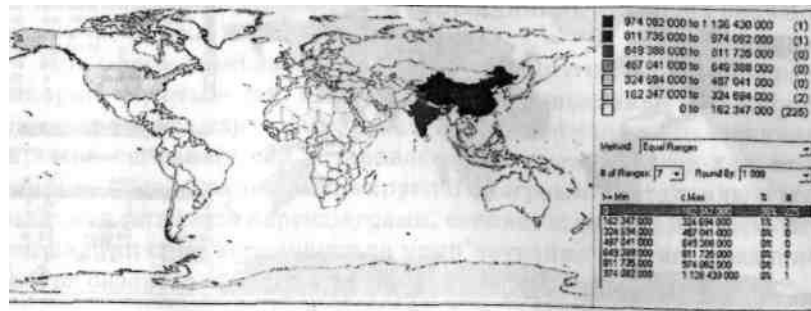


Рис. 7.2 – Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом рівного розкиду значень



Рис. 7.3 – Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом природного розбиття

Метод розбиття з використанням середньоквадратичного відхилення (Standard Deviation) – середина середнього діапазону відповідає середньому значенню усієї вибірки значень; верхній діапазон містить значення, що перевищують суму середнього і середньоквадратичного відхилення; нижній діапазон містить значення, що не перевищують різниці середнього і середньоквадратичного відхилення (рис. 7.4).

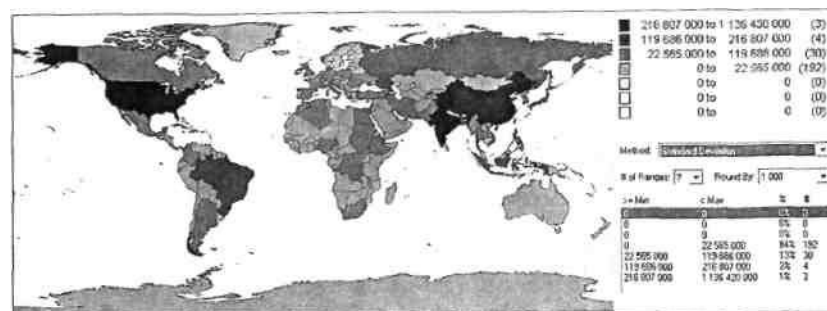


Рис. 7.4 Візуалізація карти чисельності населення країн світу методом середньоквадратичного відхилення

Метод ручного розбиття (Custom) – довільно встановлювані користувачем верхні і нижні межі діапазонів.

Кожному діапазону присвоюється визначена графічна змінна залежно від типу картографічного об'єкта (точка, лінія або полігон). Графічні характеристики (тип, колір і розмір символу; колір, тип і товщина лінії; заповнення і колір полігона) вибираються з відповідних бібліотек, так само користувачу може бути запропонована деяка кількість готових шаблонів оформлення карти.

3. Стовпчасті та кругові діаграми

Різні діаграми є найбільш поширеним способом візуалізації числових даних, показуючи кількісні розбіжності або вагові внески в загальну суму числових значень. За наявності в базі даних однотипних числових значень, що характеризують більш загальну тематичну характеристику (наприклад, чисельність вікових або національних груп у загальному населенні країни), стає можливою побудова відповідних картодіаграм.

Шаблон «Стовпчаста картодіаграма» відображає кілька однотипних тематичних змінних. Кожна змінна відображається у вигляді ранжированого стовпця в діаграмі, що дозволяє візуально порівнювати числові значення різних змінних. При виборі групи змінних слід враховувати порівнянність числових значень (відсотки, частки, абсолютні значення).

Для екранного подання можуть бути задані параметри стовпців: висота залежно від відображуваного значення, ширина стовпця, колір або штрихове заповнення. Може використовуватися різне розміщення стовпців (поруч або накладення зверху, нахил уліво чи вправо, різні варіанти прив'язування до центра базового об'єкта). Так само задаються пояснювальні заголовки і підписи стовпців.

Шаблон «Кругова картодіаграма» також відображає кілька тематичних змінних. Кожна змінна відображається у вигляді ранжированого кругового сек-

тора в діаграмі, що дозволяє візуально порівнювати числові значення різних змінних. При виборі групи змінних необхідно враховувати порівнянність числових значень (відсотки, частки, абсолютні значення).

При оформленні зовнішнього вигляду кругових картодіаграм використовуються такі настроювання: встановлення залежності діаметра значка картодіаграми від сумарного числового значення окремих сегментів або встановлення рівного розміру для всіх значків, застосування напівкруглої діаграми. Установлюється колір для сегментів картодіаграми, основні підписи і підписи сегментів. Так само визначаються прив'язування картодіаграми до центра базового об'єкта, кут початку першого сегмента та ін.

4. Ранжовані символи

Шаблон *«Ранжовані символи»* відображає одну тематичну змінну у вигляді символів, розмір чи колір яких пропорційний абсолютним числовим значенням картографованого атрибута. Задається розмір (колір) символу для мінімальних і максимальних (іноді і для декількох фіксованих проміжних) значень атрибута. Зовнішній вигляд значків береться з бібліотек точкових символів.

Шаблон *«Точки із заданими вагами»* відображає одну тематичну змінну у вигляді поля точок, де кожна точка відповідає певному числовому значенню (наприклад, одна точка відповідає одному мільйону чоловік при картографуванні чисельності населення країн світу). Звичайно цей шаблон використовується для полігонів; загальна кількість точок, виведених у межах полігона, пропорційна величині відображуваного значення змінної.

Шаблон *«Індивідуальні значення»* відображає одну тематичну змінну, величина числових значень не враховується. Кожен об'єкт на карті одержує індивідуальне графічне відображення (символ, колір або штрихування полігона), основна увага приділяється підкресленню візуальних розбіжностей між об'єктами. Цей шаблон використовується, як правило, для створення карт адміністративних одиниць (країн, провінцій, районів та ін.) За необхідності

графічні змінні кожного об'єкта можуть редагуватися користувачем вручну.

5. Легенди тематичних карт і картодіаграм

Легенда є обов'язковим елементом карти, у якому подаються всі текстові і числові пояснення до графічного оформлення об'єктів на карті. У різних програмних ГІС-пакетах підходи до створення й оформлення легенд можуть бути різними: легенда автоматично створюється при завантаженні кожного тематичного шару, постійно відображається на екрані і модифікується при редагуванні зовнішнього вигляду просторових об'єктів (ArcGIS); або легенда відображається в спеціальному вікні в процесі створення відповідної тематичної карти (Mapinfo).

Шаблони тематичних карт і картодіаграм автоматично генерують свою легенду зі своєю системою пояснювальних умовних знаків і підписів. Користувач має можливість модифікувати умовні знаки і підписи до них; зміни одночасно відображаються на карті і легенді. Так само користувач має можливість змінювати розмір і форму вікна легенди, створювати заголовки вікна легенди.

Легенди растрових карт генеруються в спеціальній області екрана при використанні того чи іншого методу візуалізації. Типова легенда растрової поверхні являє собою вертикальний стовпець, розділений на прямокутні блоки, кількість блоків відповідає кількості використаних класів, колірне заповнення блоків відповідає обраній палітрі. На границях блоків підписуються граничні числові значення. Аналогічним способом відображаються колір і числові значення ліній при контурному методі візуалізації поверхні.

Лекція 8. Аналітичні можливості ГІС

План лекції:

1. Операції вибору.
2. Запити за місцем розташування.
3. Запити за атрибутами.

Рекомендована література: [1,9]

1. Операції вибору

Операції вибору допомагають користувачу одержати саме ту інформацію, яка необхідна йому в даний момент роботи з ГІС. Вибір необхідної частини інформації з однієї чи декількох картографічних баз даних здійснюється за допомогою запитів.

Запити (query) є одним з основних інструментів практично будь-якого ГІС-пакета, за допомогою якого користувач одержує інформацію з бази даних. Як правило, користувач за допомогою різних інструментів організації запитів формулює вимоги до інформації, яку необхідно витягти із загального масиву доступних даних і подати у певному вигляді.

Залежно від характеру необхідної інформації запити можуть організуватися як за *місцем розташування* (за координатами і взаємоположенням об'єктів), так і за *атрибутами* (ідентифікаторами, класифікаторами і текстовими описами, що зберігаються в атрибутивній базі даних). Залежно від типу запиту і переліку параметрів, які беруть участь у запиті, його організація здійснюється за допомогою різних наборів інструментів. У ході виконання запиту відбувається пошук об'єктів, що задовольняють задані умови; об'єкти, які мають необхідні властивості, попадають у вибірку, які може бути оформлена як у вигляді таблиці в окремому екранному вікні, так і у вигляді карти, на якій обрані об'єкти позначені спеціально визначеним кольором чи штрихуванням. Для участі в запитах у властивостях картографічного шару має бути зазначено, що вибірка дозволена.

Вибірка може бути скопійована в інший файл даних, використана для зміни графічних змінних обраних об'єктів або змісту полів бази даних.

2. Запити за місцем розташування

Основним інструментом запитів за місцем розташування в більшості програмних ГІС-пакетів є велика стрілка на кнопці піктографічного меню. За допомогою цього інструмента визначаються й активізуються картографічні об'єкти при редагуванні. При затримці цього інструмента над об'єктом на певний час (2–5 с) на екран виводиться текстове повідомлення про атрибути об'єкта (звичайно виводиться вміст першого текстового поля або, можливо, настроювання на інше поле, або використання комбінації вмісту полів).

Стандартним інструментом запиту атрибутів одиничного об'єкта є кнопка Інфо (Info, i), при цьому на екрані з'являється спеціальне вікно інформації, у яке виводиться вміст усього запису, який відповідає обраному об'єкту.

Так само можуть бути організовані групові просторові вибірки за допомогою побудови рамок, що розсікають. При вибірці об'єктів у прямокутній області в підсумкову вибірку потраплять усі об'єкти, центральні точки яких (для ліній і полігонів) містяться всередині рамки, що розсікає. Аналогічно відбувається вибірка в радіальній області, радіус області звичайно відображається в рядку стану екрана програми. Для пошуку об'єктів, які знаходяться в межах території більш великого полігона, використовується вибірка в області довільної форми. При вказівці на певний полігон одного шару всі точкові, лінійні або полігональні об'єкти інших шарів, що знаходяться на його території, попадають у вибірку.

При організації просторових вибірок з використанням різних шарів використовуються різні функції визначення взаємоположення просторових об'єктів. Просторове положення розраховується відносно одиничних об'єктів, груп об'єктів або усієї сукупності об'єктів зазначених шарів. У багатьох пакетах ГІС доступні такі функції (рис. 1):

- *цілком містить* – у вибірку попадають всі об’єкти, у межах яких цілком знаходяться об’єкти іншого шару (1 а);
- *частково містить* – у вибірку попадають всі об’єкти, у межах яких знаходяться центральні точки об’єктів іншого шару (1 б);
- *цілком міститься* – у вибірку попадають об’єкти, що цілком знаходяться всередині об’єктів іншого шару (1 в);
- *частково міститься* – у вибірку попадають об’єкти, центральні точки яких знаходяться всередині об’єктів іншого шару (1 г);
- *перетинаються* – об’єкти одного або різних шарів мають хоча б одну спільну точку на межі (1 д);
- *знаходяться на певній відстані від межі* (лінії, точки) іншого об’єкта на одному чи різних шарах (будується буферна зона відповідного розміру) (1 є).

2. Запити за атрибутами

Побудова запиту за атрибутами, що зберігаються в записах реляційної бази даних, виконується з використанням спеціальних мов програмування – універсальних (SQL, мова структурованих запитів) або внутрішніх мов запитів програмного ПС-пакета. Звичайно запит являє собою вираз, написане в спеціальному редакторі або рядку побудови запиту; текст запиту може бути збережений для повторного використання. У запиті використовуються імена полів атрибутивної бази даних, оператори і функції.

Дані, за якими виробляється пошук, визначаються ім’ям файлу картографічної бази даних і ім’ям поля в цій базі даних; як правило, пропонується список імен доступних полів.

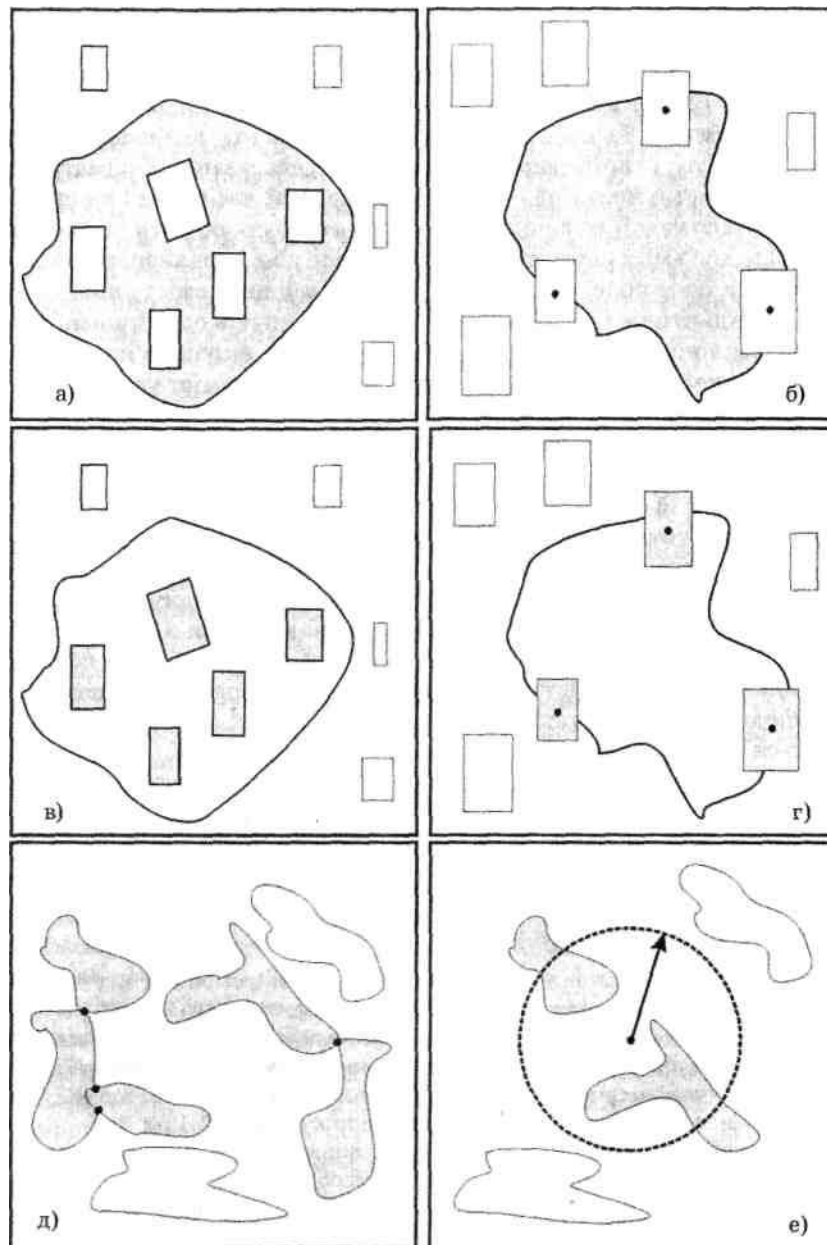


Рис. 8.1 – Методи організації просторових вибірок (пояснення в тексті)

Для обробки даних використовуються такі оператори:

- арифметичні оператори (додавання, віднімання, множення, ділення, піднесення до ступеня);
- оператори порівняння (дорівнює, не дорівнює, більше, менше, менше або дорівнює, більше або дорівнює);
- оператори пріоритету (дужки, допускається вкладеність дужок, спочатку виконуються дії у внутрішніх дужках);
- логічні (булівські) оператори для зв'язування частин складних запи-

тів (логічне «і» (and) – повинні виконуватися обидві умови, зв’язані цим оператором; логічне «або» (or) – може бути виконана одна з умов, пов’язаних цим оператором; логічне «ні» (not) – жодна з пов’язаних умов не повинна бути виконана та ін.);

– оператор пошуку текстових рядків за заданою маскою пошуку (може бути визначена довжина слова або фрагмента слова, порядок проходження визначених символів у будь-якому місці слова або речення; у вибірку попадають усі записи, у яких є зазначене слово, буквосполучення чи символ);

– просторові оператори (аналогічно до запитів за місцем розміщення можуть використовуватися оператори пошуку включень і перетинань просторових об’єктів).

У процесі обробки даних у деяких ГІС-пакетах доступні додаткові функції, наприклад:

– функції перетворення форматів даних (перетворення числових форматів, перетворення числових даних у символічні, округлення чисел, перетворення дат у числа або символічні рядки та ін.);

– математичні функції (обчислення квадратного кореня, експоненти, натурального логарифма, абсолютних, мінімальних і максимальних значень);

– функції обробки календарних дат (обчислення кількості днів між зазначеними датами, обчислення дня від зазначеної дати, визначення року, місяця, дня тижня зазначеної дати);

– *функції обробки просторових об’єктів* (обчислення довжин і периметрів полігонів, обчислення довжин ліній, обчислення відстаней між зазначеними точками, визначення координат окремих точок і центроїдів полігонів).

При побудові текстів запитів мовою SQL для користувача доступні оператори і функції однієї з версій цієї мови роботи із СКБД. Тут можливий пошук у двох і більше таблицях одночасно, зв’язування полів різних таблиць. За допомогою SQL-запитів можливе здійснення пошуку у віддалених базах даних, що зберігають дані в різних файлових форматах, одержання вибірки, побудованої за заданою умовою, і збереження інформації.

Лекція 9. ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ В ГІС

План лекції:

1. Побудова буферів.
2. Аналіз географічного збігу і включення.
3. Аналіз близькості.
4. Оверлейний аналіз.

1. Побудова буферів

До методів просторового аналізу можна, по суті, віднести переважну більшість процедур аналітичного блока сучасних ГІС. Проте в ГІС традиційно до «просторового аналізу» відносять досить вузьку сукупність методів, реалізованих практично у всіх ГІС-пакетах, а саме: *побудову буферів, аналіз географічного збігу і включення, аналіз близькості і зонування території з використанням полігонів Тиснена-Вороного.*

Точкові, лінійні і територіальні об'єкти можуть бути використані для побудови нових територіальних об'єктів, межі яких знаходяться на певній відстані від вихідних. Ці нові територіальні об'єкти в ГІС-технології називаються *буферами*. Буфери можуть будуватися навколо точкових (свердловина питного водопостачання, зосереджене джерело забруднення та ін.), лінійних (ріка, траса автомобільної дороги або залізниці, нафтопроводу тощо) і просторових (територіальних) об'єктів (смітник побутових відходів, водоймище, лісовий масив та ін.) (рис. 9.1).

Навколо точкового об'єкта буфер утворить коло з радіусом, визначеним користувачем або обчисленим за зазначеним правилом з використанням набору характеристик.

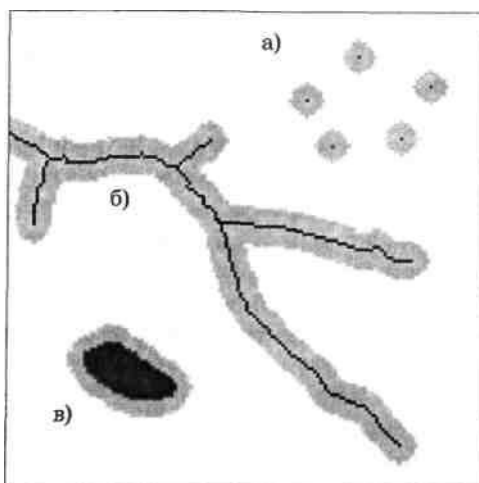


Рис. 9.1 – Буфери навколо точкових (а), лінійних (б) та просторових (в) об'єктів

Для лінійних об'єктів буфер формує прилеглі до них смуги, що вміщують територію, яка лежить у межах визначеної відстані від лінійного об'єкта. Відстань знову—таки може бути задана або обчислена. Можливе завдання буферів змінної ширини з відстанню від лінійного об'єкта, пропорційною деяким атрибутам.

Для просторового об'єкта буфер може бути побудований поза вихідним просторовим об'єктом або всередині нього.

Розміри буфера можуть бути постійними або визначені автоматично за деякими правилами на основі інформації, що міститься в базі даних, або змінюватися відповідно до змінних зовнішніх умов.

2. Аналіз географічного збігу і включення

Процедура полягає у визначенні взаємного розміщення точкових, лінійних і просторових об'єктів. Варіантами є:

- визначення знаходження всіх точкових об'єктів (наприклад, метеорологічних станцій), що знаходяться в межах територіального об'єкта (наприклад, адміністративної області або річкового басейну) (операції типу «point-in-polygon»);

- ідентифікація всіх лінійних об'єктів (наприклад, магістральних трубопроводів) у межах територіального об'єкта (наприклад, адміністративної області) (операції типу «line-in-polygon»):

– визначення територіальних об'єктів (наприклад, водойм, звалищ побутових відходів, масивів лісонасаджень), що лежать у межах інших територіальних об'єктів (наприклад, території міста, річкового басейну) (операції типу «polygon-in-polygon»).

Дана процедура часто використовується разом із процедурою побудови буферів для знаходження об'єктів, що потрапляють у межі буферної зони.

3. Аналіз близькості

Завданням даного виду географічного аналізу є пошук об'єктів, що лежать на визначеній відстані від початкового об'єкта. Результати аналізу можуть бути використані для подальшої обробки. Концептуально ця процедура подібна до побудови буфера «на льоту» і не вимагає розроблення нової карти – карти буферів.

Аналіз близькості передбачає, наприклад, пошук усіх будинків, що містять небезпечні матеріали, у межах 300 м від місця пожежі. Ця процедура може також бути використана, наприклад, для виявлення всіх людей похилого віку, а також інших людей із хронічними респіраторними захворюваннями, які потрапляють у зону задимлення і потребують евакуації при пожежі тощо.

4. Оверлейний аналіз

При представленні аналітичних можливостей ГІС серед інших звичайно називають і оверлейні операції, або оверлейний аналіз, хоча тлумачення цих термінів неоднозначне. Як правило, при цьому розуміють операції «накладення один на одного двох або більше шарів, в результаті якого утворюється графічна композиція, або графічний оверлей, вихідних шарів (graphic overlay) або один похідний шар, що містить композицію просторових об'єктів вихідних шарів; топологія цієї композиції і атрибути арифметично або логічно похідні від топології і значень атрибутів вихідних об'єктів в топологічному оверлеї (topological overlay)» (Баранов и др., 1997). Таким чи-

ном, до понять «оверлейні операції» і «оверлейний аналіз» в загальному випадку можуть бути віднесені будь-які операції, пов'язані з графічним або аналітичним «накладенням» двох або більше шарів даних. Проте, враховуючи, що для растрової моделі просторових даних і арифметичні, і логічні операції з двома і будь-якою іншою кількістю шарів просторових даних виконуються з використанням алгоритмів картографічної алгебри, наведених вище (п. 7.5) уявляється доцільним в даному розділі розглянути операції, пов'язані з графічним оверлеєм векторних даних, заснованих на алгоритмах аналітичної геометрії. Фактично це операції аналізу географічного збігу і включення та їх похідні на основі векторної моделі просторових даних.

У сумісних оверлейних операціях можуть використовуватися різні типи просторових об'єктів: точкові, лінійні і полігональні. Наприклад, аналіз вартості прокладення кабелю через кілька різних ділянок передбачає операцію накладення карти траси кабелю (лінійні дані) на карту землекористування (полігональні дані). При цьому визначається довжина ділянки траси, що проходить через кожне землекористування, і залежно від типу ділянки визначається вартість прокладення. Можуть також аналізуватися перетини з іншими підземними комунікаціями, розміщеними на різній глибині, наявність додаткових споживачів та ін. Проте найчастіше спостерігаються накладення двох полігональних шарів.

Програмна реалізація векторних оверлейних алгоритмів досить складна і пов'язана з великими витратами машинного часу на пошук координат всіх перетинів і лінійних сегментів, що утворюють полігони. Аналіз перетину двох ліній – основна дія оверлейного аналізу. Багато алгоритмів ГІС для складних процесів часто містять декілька простих, що використовується, наприклад, у виробництві оверлея багатокутників (шляхом з'єднання і роз'єднання багатокутників у лінії).

На практиці найчастіше спостерігаються випадки аналізу перетину складних ліній, що складаються з безлічі прямих сегментів. Вони також можуть бути оброблені простим алгоритмом, що перевіряє кожний сегмент в

одній лінії проти кожного сегмента в іншій. Кількість роботи, яку необхідно виконати, пропорційна кількості сегментів ($лі \times n^2$). Обсяг непродуктивної роботи, спрямованої на аналіз сегментів, що явно не перетинаються, може бути значно скорочений за рахунок введення в алгоритм елементів евристичного аналізу.

Одним з таких методів є метод мінімально прилеглого прямокутника. Розміри такого прямокутника визначаються мінімумом і максимумом X і Y координат лінії. Якщо мінімально прилеглі прямокутники двох ліній не перетинаються, то і лінії не можуть перетнутися. Якщо вони перетинаються, то знаходяться мінімально прилеглі прямокутники для кожного сегмента лінії, щоб виділити ті, що мають нагоду перетнутися.

Цифрова обробка оверлея полігонів дуже трудомістка і тому є найскладнішою операцією для векторних ГС. Необхідність забезпечення топологічної точності генерації нових полігонів передбачає залучення додаткових процедур для пошуку і обробки специфічних для оверлею похибок. Прикладом такої ненавмисної похибки можуть бути оверлей лінії (дуги), що має однакове розміщення на двох аналізованих картах (річка, залізниця, адміністративна границя і т.ін.). Через похибки дигітизування, навіть які не перевищують технічні допуски пристрою введення, дві лінії матимуть дещо різні координати і кілька разів взаємно перетинатимуться. У результаті оверлею на межі може утворитися ланцюжок маленьких витягнутих «паразитних» полігонів, які згодом доведеться видаляти вручну.

Критерії для відбору полігонів, що видаляються в автоматичному режимі, можуть бути такі:

- розмір полігона, що генерується, менше заданої умови;
- форма полігона дуже вузька і витягнута;
- кількість дуг, що утворюють полігон, становить 2, що досить рідко спостерігається в реальних полігонів (звичайно 3–4 і більше);
- має місце регулярне чергування дуг у ланцюжку суміжних полігонів.

ЛІТЕРАТУРА

Базова:

1. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред. О.О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с .
2. Проектування інформаційних систем. Посібник для студентів вищих навчальних закладів/ За ред. В.С. Пономарена. – К.: «Поліграфкнига», 2001.– 488с.
3. Інформаційні системи і технології в економіці: Посібник для студентів вищих навчальних закладів/ За ред. В.С. Пономарена. – К.: «Академія», 2002.– 544с.
4. Геоінформатика.: Учеб. для студ. вузов / Е.Г. Карпалов, А.В. Кошкарев, В.С.Тикунов и др., Под ред. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр «академия», 2005. –480 с. ил.
5. Суховірський Б.І. Географічні інформаційні системи: Навчальний посібник. – Чернігів: Вид.-во філії МГОУ, 2000. – 196 с

Додаткова:

6. Дейт Людою Введение в системы баз данных. – 6-е изд. –К. : Диалектика, 1998. – 768с.
7. Берлянт А.М. Геоинформатика.– М.: МГУ, АЕН РФ, «Астрейя», 1996.– 208 с.
8. Хаксольд В. Введение в городские географические информационные системы, – Изд.-во Оксфордского университета, 1991.– 321 с.
9. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии.– М.: Финансы и статистика, 1998.– 288 с.
10. Светличний А.А., Андерсон В.Н., Плотницький С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. – Одесса: Астропринт, 1997.– 196 с.