

Геоінформаційні системи на автомобільному транспорті

Тема 1. Вступ в геоінформатику. Місце дисципліни у структурі підготовки фахівців з автомобільного транспорту та транспортних технологій. Загальна характеристика ГІС. Призначення, структура та функції геоінформаційних систем. Організація даних в ГІС.

ВСТУП

Дорожнє господарство є однією з найважливіших галузей економіки промислово розвиненої країни. Недарма автомобільні дороги називають «кровоносною системою» держави. Вони відіграють величезну роль в житті сучасного суспільства.

У провідних країнах світу фінансування дорожнього господарства становить приблизно 3–4 % ВВП (валового внутрішнього продукту) країни. Винятком є тільки США і Японія, де достатньо розвинена дорожня мережа і високий рівень ВВП визначають витрати на дорожнє господарство в розмірі 1,1–1,5 % ВВП (приблизно 120 і 80 млрд дол., відповідно), що більш ніж в 10 разів перевищує цей показник для України.

До того ж в Україні внаслідок того, що протяжність території досить велика, транспортні витрати набагато більші за середньосвітові показники.

Автомобільні дороги капіталомісткі, але водночас і дуже рентабельні споруди. Відомо, що кожна гривня, вкладена в автомобільні дороги, у перспективі багаторазово (3–5) окуповується в інших галузях економіки внаслідок зниження транспортних (логістичних) витрат, зниження аварійності, збільшення рухливості населення. Крім того, розвиток мережі автомобільних доріг регіону містить важливий соціальний ефект у вигляді забезпеченості населення медичними, освітніми, культурно-побутовими послугами. На сьогодні наявність розвиненої мережі автомобільних доріг є важливим фактором інвестиційної привабливості регіону.

Однією з особливостей дорожнього господарства порівняно з іншими галузями економіки є те, що її базові споруди (автомобільні й міські дороги) є складними інженерними лінійно-протяжними спорудами з яскраво вираженим географічним підґрунтям. Із огляду на це базова технічна

документація щодо автомобільних доріг необхідно надавати графічно – на картографічній основі або у вигляді умовних схем і креслень.

Зазначене зумовлює вибір різновидів комп'ютерних технологій, які будуть використовуватися під час управління автомобільними дорогами на різних етапах їхнього життєвого циклу. Усі етапи життєвого циклу дороги пов'язані логічними й функційними зв'язками, які можуть бути й циклічними.

Серед безлічі різновидів програмних технологій, які працюють із графічною інформацією, у дорожній галузі широко використовуються програмні технології ГІС і САПР. Крім того, для роботи з атрибутивною інформацією застосовуються технології баз даних (далі – БД). На різних етапах життєвого циклу дороги застосовуються окремі інформаційні системи, але зазвичай вони поєднуються.

Системи автоматизованого проектування (далі – САПР) необхідні для того, щоб автоматизувати різні етапи проектування автомобільних доріг. Системи мають багато засобів для роботи з кресленнями і схемами елементів доріг, а також дають змогу працювати з топографічними планами у великому масштабі. Головною метою роботи в САПР є створення проектно-технічної документації у вигляді креслень, таблиць і відомостей. Крім того, САПР використовуються і на етапі будівництва, але здебільшого тільки для документування результатів зйомки, проектування та передачі їх у ГІС і БД.

Геоінформаційні системи (далі – ГІС) призначені для управління великою кількістю різномасштабної картографічної інформації, аналізу взаємозв'язків об'єктів у просторі, управління атрибутивними характеристиками об'єктів. На етапах проектування й планування розвитку мережі доріг ГІС вони допомагають проаналізувати різні варіанти проходження автомобільних доріг України державного значення насамперед як засіб відображення тематичних карт і інструмент просторового аналізу.

Під час експлуатації автомобільних доріг найголовнішим є те, що ГІС можуть тісно співпрацювати з атрибутивною інформацією, яка зберігається в базах даних. ГІС дає змогу швидко знаходити об'єкти на карті й отримувати про них детальну інформацію. З іншого боку, за певним запитом БД результат можна наочно відобразити на карті.

Викладений вище системний підхід до формування інформаційної бази для управління автомобільними дорогами на всіх стадіях їхнього функціонування задовольняє всі сучасні вимоги дорожнього господарства, в поєднанні з можливостями сучасних інформаційних технологій.

Геоінформаційних технологій є головним елементом комплексного програмно-технічного рішення для дорожнього господарства.

1 ВСТУП В ГЕОІНФОРМАТИКУ

1.1 Поняття ГІС

Перші геоінформаційні системи (ГІС) з'явилися в 60-х рр. минулого століття в Канаді, США та Швеції. Ці системи тоді мали істотні програмні й технічні обмеження і широко не застосовувалися. Приблизно протягом 20 років (до 80-х років минулого століття) відбувалися становлення *геоінформатики* як науки, відпрацьовувалися методологічні підходи до створення ГІС, формувався математичний апарат, розроблялися моделі даних і алгоритми їхнього оброблення. Одночасно відбулося стрімке поширення комп'ютерної техніки та розширення її можливостей. Все це в підсумку призвело до якісного переходу геоінформатики на новий рівень.

Варто зауважити, що спочатку термін ГІС розшифровувався як *географічна інформаційна система*. Однак, в наш час такий термін вважається застарілим і його потрібно застосовувати тільки для позначення геоінформаційних систем, призначених для вирішення географічних завдань.

Сьогодні геоінформаційні системи використовуються для вирішення найрізноманітніших завдань у різних галузях економіки.

Визначення. *Геоінформаційна система (ГІС)* – це інформаційна система, призначена для збирання, зберігання, оброблення, відображення й поширення даних, а також отримання на їхній основі нової інформації і знань про просторово координовані об'єкти і явища.

Таким чином, фундаментальною особливістю ГІС, порівняно з іншими інформаційними системами, є те, що всі модельовані в ГІС об'єкти і явища різняться просторовим прив'язуванням, яке дає змогу аналізувати їх у взаємозв'язку з іншими певними просторовими об'єктами. Крім того, ГІС кардинально відрізняються від більшості інших інформаційних систем тим, що вся інформація в геоінформаційних системах наочно подається у вигляді електронних карт, уможливорюючи отримання нових знань.

Головною відмінністю електронних карт в ГІС від паперових карт є те, що в ГІС карта не є звичайною статичною картинкою. Кожен умовний знак, зображений в ГІС, відповідає деякому об'єкту, який можна проаналізувати, зокрема отримати вичерпну додаткову (неграфічну) інформацію з бази даних. Прикладом однієї з базових функцій ГІС є

отримання інформації за обраним на карті об'єктом. Вказавши в ГІС курсором мишки міст на дорозі, можна отримати детальну інформацію про його протяжність, кількість прогонів, балок і опор, ступінь зношення тощо.

Загалом можна зазначити, що в ГІС зображення на екрані завжди відповідає деякому набору даних, що зберігаються в базі даних ГІС. До того ж завжди можна перейти від умовного знаку на екрані до об'єкта в базі даних і отримати необхідну інформацію. Знайшовши за деяким критерієм об'єкт в базі даних, можна також швидко знайти його на карті. Розширені можливості пошуку просторових об'єктів зазвичай називають *атрибутами об'єктів*.

1.2 Функційні можливості ГІС

Класична схема функцій ГІС, запропонована «патріархом» геоінформатики канадцем Р. Томлінсом, наведена на рисунку 1.1. Відповідно до цих узагальнених функцій у ГІС розглядають підсистеми збору, обробки, аналізу даних та прийняття рішень.

Ця схема відображає функції ГІС з погляду загальних цілей ГІС і технологічного процесу обробки й аналізу просторових даних. Однак з погляду звичайного користувача робота в ГІС виглядає дещо інакше.

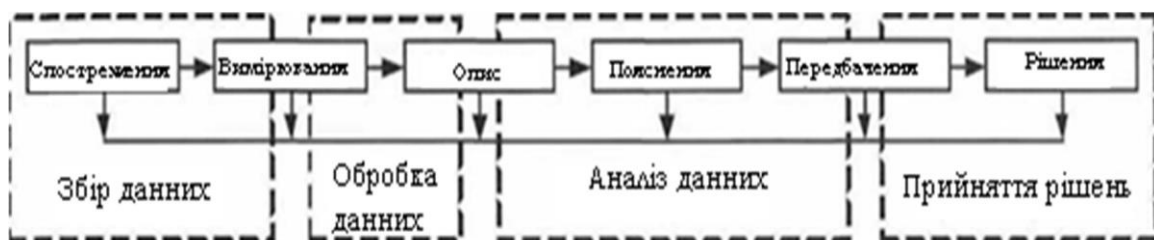


Рисунок 1.1 – Класичні функції інформаційної системи

1.3 Загальна структура ГІС

З погляду звичайного користувача геоінформаційна система – це програма для персонального комп'ютера, що дає змогу за допомогою віконного інтерфейсу переглядати електронні карти й аналізувати просторові дані, на яких базується карта.

На сьогодні склалися певні стереотипи того, як повинна виглядати ГІС. Це спричинило подібність сучасних ГІС. Отже, навчившись працювати з однією з них, можна буде користуватися і іншими.

Більшість сучасних ГІС на персональних комп'ютерах працює під управлінням операційної системи Microsoft Windows. Раніше було багато ГІС для робочих станцій під управлінням операційної системи Unix, проте зараз більшість виробників припинили розробляти ГІС для цієї ОС.

Головне вікно типової ГІС складається з п'яти головних частин. У верхній частині вікна розміщуються рядок меню і панель інструментів, а в нижній – рядок статусу для виведення різної поточної інформації. У центрі вікна розміщується зона для відображення карти, що складається з шарів (наборів однотипних даних). Збоку (зазвичай ліворуч) розташовується легенда карти – список шарів зі списком умовних знаків і позначень, що використовуються для відображення шарів.

Легенда шарів призначена для отримання інформації про спосіб відображення просторових даних на електронній карті, а також для завдання видимості тих чи інших наборів даних (країн, річок, озер, міст, градусної сітки). «Клацаючи» мишкою (натискаючи ліву кнопку мишки) в квадратик зліва від назви набору даних, можна вмикати і вимикати видимість шару на карті.

У зв'язку з тим, що картографічна інформація є насамперед графічною, а не текстовою, головним пристроєм для взаємодії користувача з ГІС є мишка, а не клавіатура, тому ключовим для ГІС є поняття *режиму роботи з картою*.

Режим роботи з картою визначає, яким чином вікно електронної карти реагує на переміщення курсора і натиснення кнопок мишки. Поточний режим зазвичай вибирають, натиснувши відповідну кнопку на панелі інструментів

(рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Панель інструментів для вибору режиму роботи карти типовою ГІС на прикладі IndorGIS 5.2

Розглянемо головні режими роботи з картою.

1. *Режим отримання інформації про об'єкти на карті.* У цьому режимі користувач може вибрати курсором мишки об'єкт на карті, і після натискання на кнопку мишки на екрані з'явиться віконце з інформацією про зазначений об'єкт.

2. *Режим збільшення зображення.* У цьому режимі користувач повинен вказати мишкою прямокутну частину видимого зображення карти, яка необхідна збільшити до розміру всього вікна карти. Для цього потрібно натиснути кнопкою мишки в одному з кутів нового видимого прямокутника, потім, не відпускаючи кнопку, перемістити курсор в протилежний кут прямокутника і відпустити кнопку. Якщо користувач натисне й одразу відпустить кнопку мишки на карті, то зображення збільшиться незначно.

3. *Режим зменшення зображення.* У цьому режимі користувач повинен натиснути кнопку мишки на карті, щоб зображення трохи зменшилося. Якщо користувач виділить деякий прямокутник на карті, все поточне видиме зображення зменшиться і опиниться у виділеному прямокутнику.

4. *Режим панорамування.* Цей режим призначений для переміщення поточної видимої області зображення. Для цього необхідно натиснути кнопку мишки на зображенні карти і, утримуючи її, перемістити зображення в потрібному напрямі, після чого кнопку мишки потрібно відпустити.

5. *Режим вимірювання відстаней.* Цей режим призначений для вимірювання відстаней по карті. До того ж послідовними клацаннями

мишкою по карті можна вказати ламану, а в рядку статусу побачити довжину всієї ламаної і її останнього сегмента.

6. *Режим вимірювання площ.* Цей режим призначений для вимірювання площі й периметра областей на карті. До того ж клацанням мишки можна вказати вершини деякого багатокутника на карті, а в рядку статусу отримати його площу й периметр.

7. *Режим редагування об'єктів.* Цей режим дає змогу змінити геометрію просторових об'єктів і їхні атрибутивні характеристики. Для цього потрібно мишкою виділити певний об'єкт на карті, після чого можна інтерактивно перемістити окремі вузли багатокутників і ламаних, а також змінити атрибути об'єкта в окремому вікні.

8. *Режим створення нових об'єктів.* Цей режим дає змогу створювати на карті нові об'єкти. Для цього потрібно вказати мишкою на карті точки або вузли створюваних багатокутників і ламаних.

Крім кнопок вибору режимів роботи з картою, на панелях інструментів є найрізноманітніші кнопки, призначені для роботи з електронними картами. Ці кнопки, як і аналогічні до них команди в головному меню ГІС, призначені для управління поточним видимим зображенням на екрані, для введення нових і редагування наявних даних, для виконання різних операцій просторового аналізу, друкування карт тощо.

1.4 Класифікація ГІС

В наш час геоінформаційними називають різні системи, за допомогою яких вирішують найрізноманітніші завдання. Із огляду на це існує декілька класифікацій, що забезпечують більш повне усвідомлення сутності ГІС.

1. Різновиди ГІС за *просторовим охопленням* (рис. 1.3):

- *глобальні* (планетарні) (рис. 1.3, а);
- *субконтинентальні* (рис. 1.3, б);
- *міжнаціональні* (рис. 1.3, в);
- *національні* (державні) (рис. 1.3, г);
- *субнаціональні* (державні) (рис. 1.3, д);
- *регіональні* (обласні) (рис. 1.3, е);
- *субрегіональні* (райони чи інші регіони всередині суб'єктів України)

(рис. 1.3, ж);

- *локальні* (місцеві, муніципальні, міські, селищні) (рис. 1.3, и);

– *ультралокальні* (ГІС окремих промислових підприємств і будь-яких обмежених територій) (рис. 1.3, к).

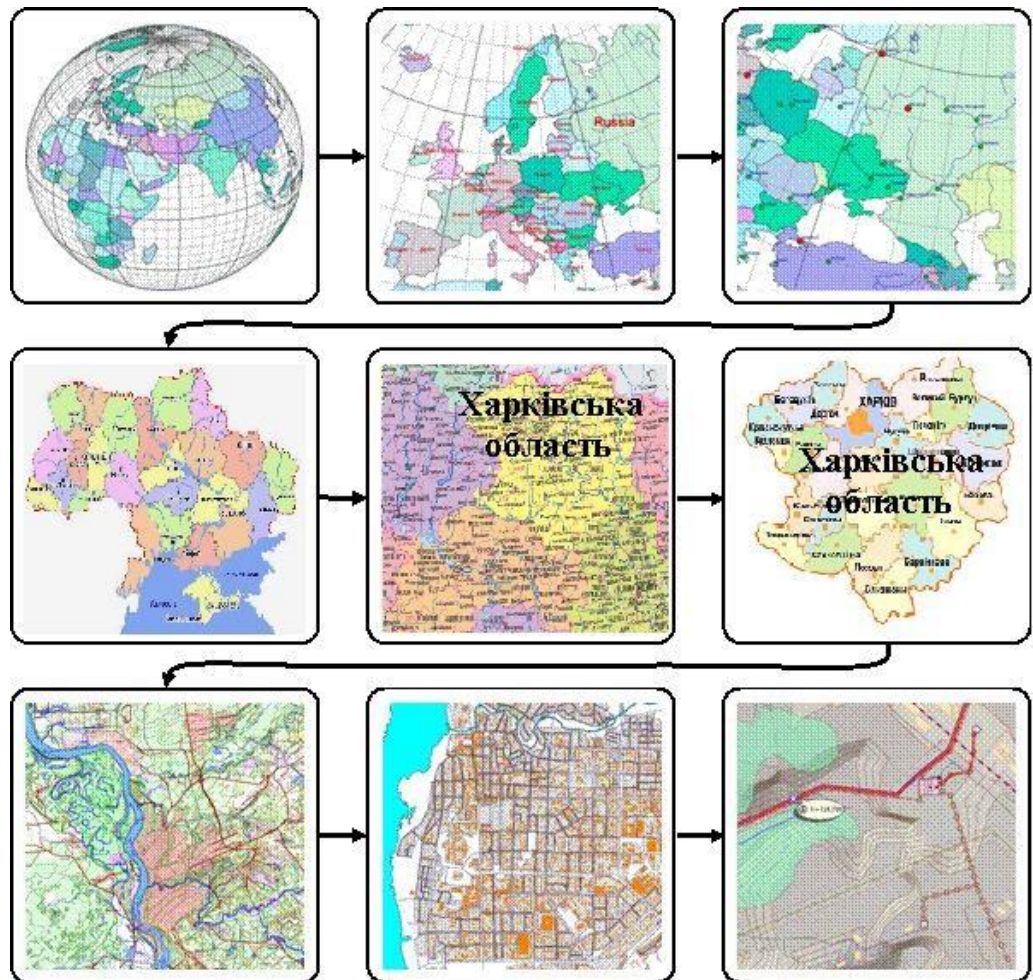


Рисунок 1.3 – Різновиди ГІС за просторовим охопленням (від глобальних до ультралокальних)

2. Різновиди ГІС за рівнем управління:

- національні ГІС;
- регіональні ГІС;
- муніципальні ГІС;
- корпоративні ГІС.

3. Різновиди ГІС за сферою діяльності, у якій вона застосовується (рис. 1.4):

- *управління* (національне, регіональне, муніципальне, корпоративне; планування розвитку);
- *землекористування* (земельні кадастри, інвентаризація земельних

- ділянок, межування земель);
- *управління нерухомістю* (кадастр нерухомості);
 - *містобудування* (генеральні плани розвитку, чергові плани, планування розвитку);
 - *архітектура* (проектування генеральних планів; ландшафтне проектування);
 - *бізнес* (оцінка інвестицій і планування бізнесу);
 - *інженерні мережі* (управління і експлуатація міських, селищних і корпоративних інженерних мереж: електричних, водопровідних, водовідведних, теплових, газових, телефонних, кабельних, телевізійних, спеціальних тощо);
 - *інженерно-геодезійні дослідження* (введення і оброблення даних геодезійних пошуків; порівняння геодезійних мереж);
 - *інженерно-геологічні вишукування* (введення і обробка даних за геологічними колонками);
 - *геологія* (моделювання геологічних пластів; обробка даних буріння, сейсморозвідки);
 - *картографія* (складання географічних і топографічних карт);
 - *проектування та будівництво* (проектування автомобільних і залізних доріг, генеральних планів, електричних і трубопровідних мереж);
 - *екстрені служби* (диспетчеризація виїздів поліції, пожежників, швидкої допомоги);
 - *служби безпеки дорожнього руху* (керування інженерним облаштуванням автомобільних доріг світлофорами, знаками тощо; диспетчеризація виїздів);
 - *навігація* (навігація на місцевості і вибір маршрутів руху);
 - *транспорт* (управління і експлуатація автомобільних доріг і залізниць; керування річковими, морськими і повітряними перевезеннями);
 - *логістика* (планування і управління транспортними перевезеннями);
 - *оборона* (планування військових операцій, тилове забезпечення);
 - *надзвичайні ситуації* (аналіз і прогноз надзвичайних ситуацій, планування і здійснення заходів щодо ліквідації наслідків);
 - *екологія* (оцінка й прогнозування впливу на навколишнє середовище);
 - *метеорологія* (прогноз погоди, управління мережею

- метеорологічних пунктів і станцій);
- *надрокористування* (управління родовищами корисних копалин);
 - *природокористування* (управління природними ресурсами);
 - *нафтогазова галузь* (управління нафтогазовидобуванням, промисловими майданчиками, магістральними трубопроводами);
 - *демографія і статистика* (демографічний і статистичний аналіз);
 - *освіта* (навчання, управління набором студентів);
 - *побутове використання* (отримання довідки про об'єкти).

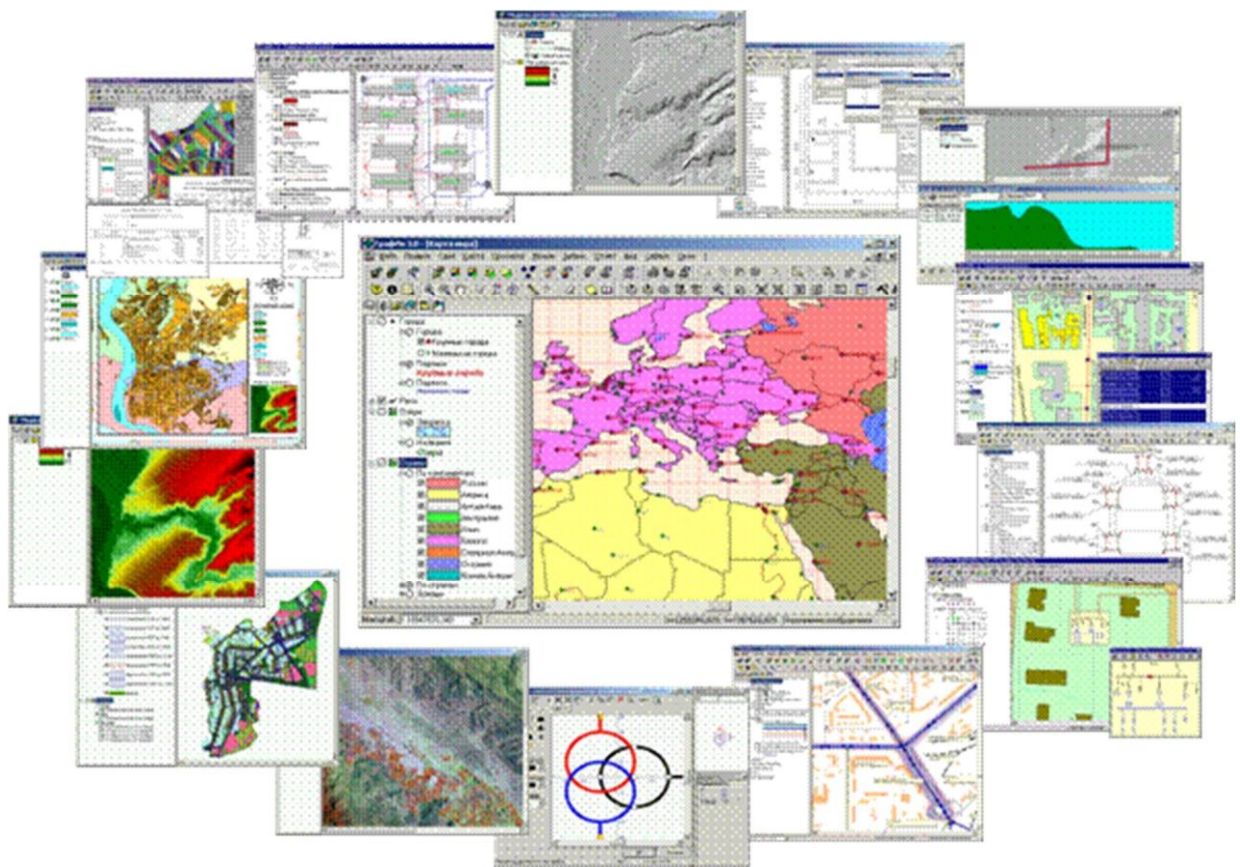


Рисунок 1.4 – Різновиди ГІС за сферами діяльності

4. Різновиди ГІС за функційністю:

- *повнофункційні* (інструментальні) ГІС. Такі програми максимально функційні, що властиво сучасним системам. Ці програми зазвичай забезпечують майже повний цикл роботи з просторовими даними – від введення і оброблення до аналізу й ухвалення рішення. Повнофункційні ГІС зазвичай забезпечують роботу усіх базових моделей даних

геоінформатики – векторних, растрових, мережних і моделей поверхонь. Такі системи, з одного боку, різняться універсальністю і стабільністю, що полегшує їхнє використання. З іншого боку, ця універсальність перешкоджає їхньому використанню під час розв’язання певних прикладних задач, оскільки універсальні інструменти незручні для кінцевих користувачів, а надлишок зайвих у таких задачах функцій заважає початківцям. Саме тому під час застосування інструментальних ГІС необхідно використовувати засоби налаштування на предметну область – від налаштування меню та панелей інструментів, до написання додаткових функцій на вбудованій мові програмування (зазвичай Microsoft Visual Basic for Applications) або підімкнення зовнішніх модулів (зазвичай за технологією ActiveX);

– *ГІС для перегляду даних.* Функціональність таких систем зазвичай обмежена переглядом і аналізом наявних наборів просторових даних. Багато ГІС-переглядачів забезпечують тільки перегляд даних і отримання короткої інформації про обрані на карті об’єкти. В наш час багато фірм-виробників пропонують свої ГІС-переглядачі безкоштовно, отримуючи гроші тільки від продажу функційніших ГІС;

– *ГІС для введення та оброблення даних.* До цієї категорії належать програми, призначені для підготування вихідних даних для ГІС шляхом векторизації і оброблення даних дистанційного зондування;

– *спеціалізовані ГІС.* До цієї категорії належать ГІС, призначені для

застосування в певній галузі.

5. Різновиди ГІС за використовуваними моделями даних:

– *векторні ГІС.* Такі системи працюють із топологічними і нетопологічними моделями даних, а також з триангуляційними моделями поверхонь;

– *растрові ГІС.* Ці системи забезпечують роботу тільки з растровими моделями даних (іноді й з регулярними моделями поверхонь);

– *гібридні ГІС.* Такі системи поєднують можливості векторних і растрових ГІС.

6. Різновиди ГІС за комп'ютерною платформою, на якій функціонує ГІС (рис. 1.5):

– *персональні ГІС*. До цієї категорії належить більшість відомих ГІС. Використовувані в них дані зберігаються здебільшого у файлах, а комп'ютери, як сервери просторових даних, якщо й використовуються, то тільки як файлсервери;

– *клієнт-серверні ГІС*. У цих системах просторові дані зберігаються повністю в базі даних, яка обслуговується особливою програмою – сервером просторових даних. Цей сервер зазвичай є високорівневою надбудовою до деякої промислової системи управління базами даних (СУБД типу Microsoft SQL Server, Oracle, DB2, Sybase тощо). Зауважимо, що багато сучасних клієнтсерверних ГІС можуть працювати не тільки з серверами, але й безпосередньо з даними в файлах, тобто ці ГІС також можна віднести до категорії настільних.

7. *ГІС для Інтернету*. Відомі два види таких систем:

– самостійні програми, що забезпечують повні функції HTTP-сервера;

– набори програмних компонентів, які можуть бути інтегровані в

наявний HTTP-код і довільно налаштовані.

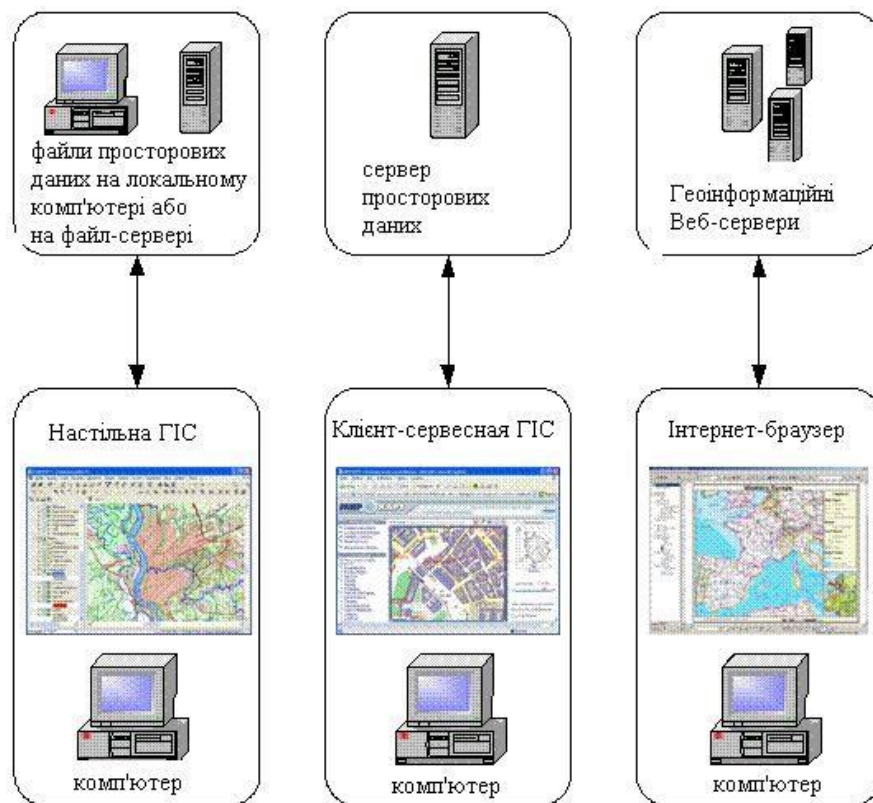


Рисунок 1.5 – Різновиди ГІС за комп'ютерною платформою

Потрібно зауважити, що термін «ГІС» означає назву різних інформаційних систем. Так називають як власне прикладні програми для різних галузей, так і самі інструментальні ГІС, на базі яких створюються певні галузеві ГІС.

1.5 Організація даних в ГІС

Геоінформаційні системи базуються на концепції пошарової організації просторових даних, коли однотипні дані про земну поверхню групуються в шари, так звані теми. Сукупність усіх шарів в ГІС утворює карту.

Об'єкти розподіляються на шари так, щоб об'єкти одного шару були однаковими за походженням (дороги, ріки, будівлі), інший шар формується з об'єктів однакової топологічної структури й розмірності, тобто їх можна було б описати точками, лініями або полігонами.

Однак утворювати дуже багато шарів небажано. Наприклад, немає сенсу створювати окремі шари для автомобілів різних марок, краще сформувати один шар для автомобілів, до того ж із кожним об'єктом, що описує автомобіль, потрібно співставити код марки автомобіля.

У верхній частині рисунка 1.6 як приклад наведено міську забудову, на якій зображено житлові будинки, фабрики, заправки, склади, автомобілі,

лісопаркову зону, річку, вулиці, міст, тунель. У геоінформаційній системі створюють п'ять базових шарів:

1. *Шар автомобілів.* Кожен автомобіль повинен виглядати як точка додатково описуються параметри кольору й марки.
2. *Шар автомобільних доріг.* Залежно від поставлених завдань автомобільні дороги можуть бути зображені у вигляді осьових ліній або багатокутників, які чітко описують проїжджу частину. У деяких випадках необхідно утворити два окремі шари для осьових ліній доріг і для проїжджих частин.
3. *Шар дерев.* Дерев в ГІС можна зобразити у вигляді точкових об'єктів, для кожного з яких задані тип дерева, висота й діаметр. Великі лісопаркові масиви можуть бути описані у вигляді багатокутників, що оточують суцільні зони насаджень. Для кожного такого масиву дерев необхідно вказати щільність посадки та середню висоту дерев.
4. *Шар будівель.* Будинки зображують у вигляді багатокутників, що описують контур будівлі на рівні землі. Для будівель потрібно вказати тип (житлова, промислова, комерційна), адресу, висоту, кількість поверхів тощо.
5. *Шар річок.* Річки на карті міста зазвичай зображуються у вигляді багатокутників. На інших, дрібніших картах (області або всієї країни), річки часто моделюють за допомогою ламаних.

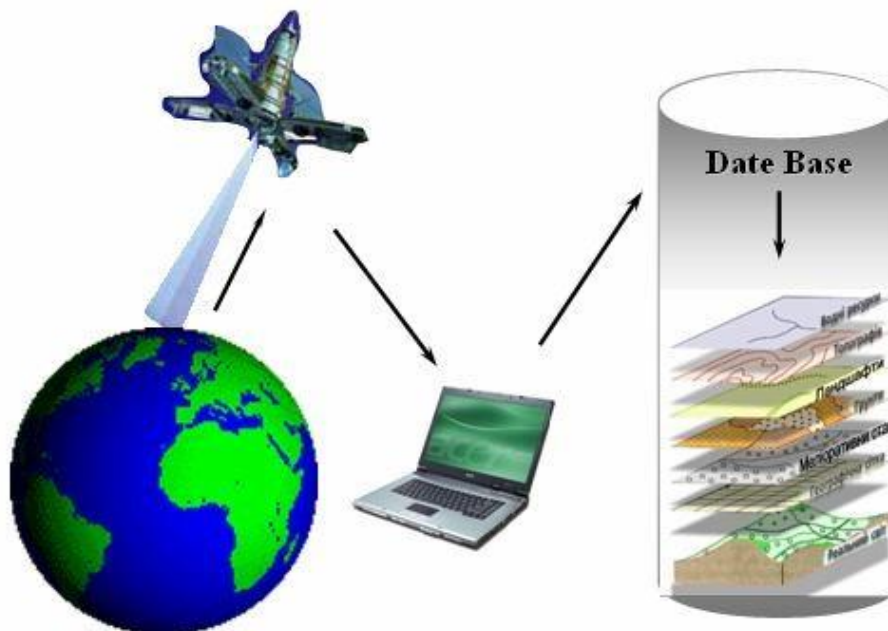


Рисунок 1.6 – Загальна схема розподілу просторових даних в ГІС на окремі шари – набори однотипних даних

Розподіл даних на шари дає змогу опрацьовувати в ГІС тільки ті дані, які необхідні для вирішення поставлених завдань. Щоб спростити розгляд можна «вилучити» ті шари, які не потрібні, і розглядати на карті те що залишиться.