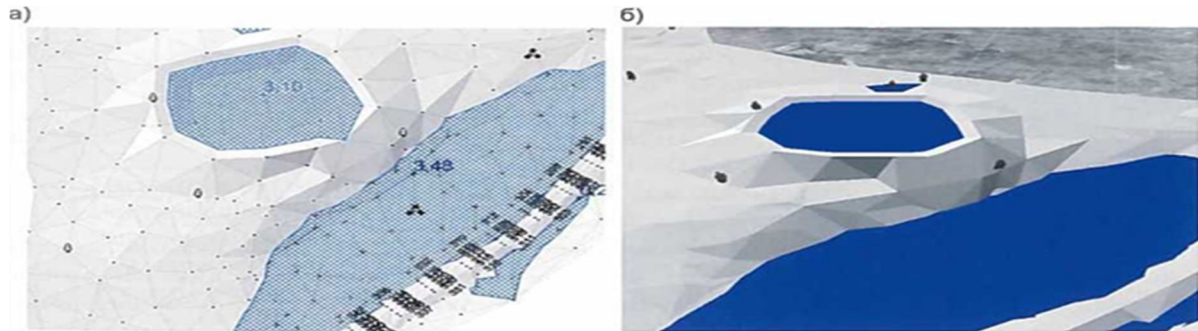


~~10. Аналіз водостоку. Ця операція призначена для аналізу рельєфу місцевості: ті в великому масштабі і визначення місць скупчення води. Для цього на місцевості спочатку визначають всі точки локального мінімуму, а потім ці місця поступово заповнюють водою доти, поки калюжі не переповняться і вода не стане переливатися через край (рис. 6.30).~~



~~Рисунк 6.30 Розрахування потенційних місць утворення калюж:
а зображення калюж на плані; б тривимірна візуалізація калюж~~

~~Цей спосіб використовується, наприклад, під час проектування автомобільних доріг і розроблення генеральних планів для визначення потенційних місць утворення калюж. Щоб унеможливити утворення калюж, необхідно перепроєктувати рельєф або запланувати встановлення в центрі цих калюж зливових колодязів.~~

7 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ГІС

7.1 Ринок ГІС

На сьогодні у світі налічується безліч ГІС, що належать до розряду повнофункціональних, тобто вони забезпечені базовими функціями ГІС для створення, візуалізації та аналізу карт.

Найпотужнішими вважаються ГІС американського виробництва: ArcGIS, MapInfo, Autodesk Map, GeoMedia, ERDAS Imagine.

Серед вітчизняних розробок можна виокремити IndorGIS, Географ, Карта-2003, ІнГео, ПАРК тощо.

За загальним набором функцій вітчизняні розробки значно поступаються західним, тим не менш багато з них мають низку переваг, що сприяє їхньому успішному поширенню на українському ринку. По-перше, це набагато менша вартість, а, по-друге, відповідність українським методикам, галузевим нормам і правилам.

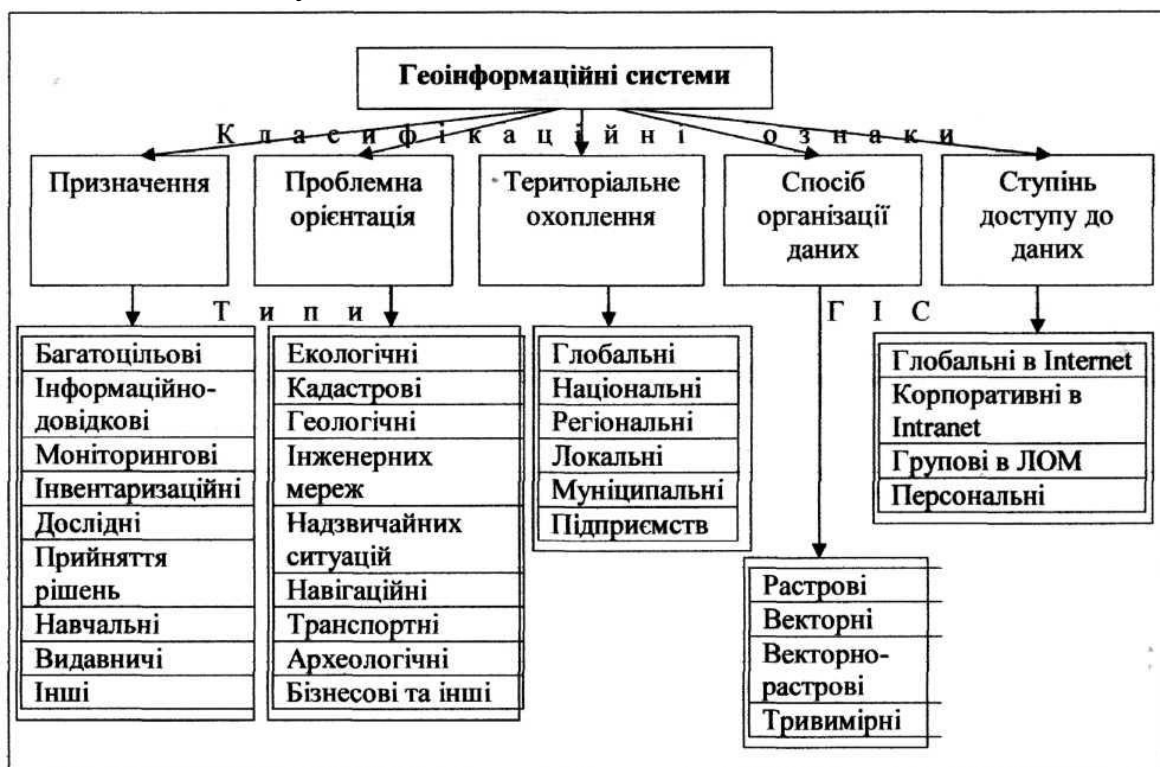
Фактично всі сучасні повнофункціональні ГІС керуються операційною системою (ОС) Windows, і тільки деякі – на інших платформах: в MS-DOS і на різноманітних Unix-клоне. На сьогодні більшість виробників ГІС припинили виробництво ГІС для MS-DOS і Unix. Це пов'язано з тим, що MS-DOS вже застаріла, а Unix використовувалася тільки тому, що під її керівництвом працювали найпотужніші комп'ютери у світі – робочі станції, і тільки вони були здатні обробляти великі масиви просторових даних, властивих ГІС. У наш час звичайні персональні комп'ютери мають достатні для ГІС потужності, а тому майже всі сучасні ГІС орієнтовані на (ОС) Windows.

Більша частина сучасних ГІС має модульну побудову. ГІС забезпечені деяким ядром, що передбачає тільки мінімальну функціональність (відображення карт, підтримку базових моделей даних, деякі функції просторового аналізу) і уможлиблює розширення функцій, застосовуючи додаткові модулі. Як програмний інтерфейс для підімкнення модулів зазвичай використовується технологія ActiveX.

7.2 Повнофункціональні ГІС

У таблиці 7.1 наведено основні функціональні можливості найбільш поширених в Україні зарубіжних і вітчизняних ГІС. Кожна ГІС розглядається в максимальній комплектації, пропонованій виробником для продажу, тобто з усіма додатковими модулями.

Таблиця 7.1 – Функціональні можливості деяких ГІС



7.2.1 ArcGIS 9.1

Геоінформаційна система ArcGIS (остання версія 9.1, 2005) виробництва американської компанії ESRI, Inc, без жодного перебільшення, на сьогодні вважається найбільш потужною і динамічно розвитковою векторною ГІС у світі. Система ArcGIS – це великий програмний комплекс, що дає змогу вирішувати найрізноманітніші завдання. Вона складається з таких ключових програмних блоків (рис. 7.1):

1. *Настільні ГІС.* Це програми лінійки ArcGIS Desktop, що включають Arc View, ArcEditor і ArcInfo. Крім них додатково використовується ще досить простий додаток для перегляду карт ArcReader. Ці додатки базуються на загальному програмному ядрі, із основного ArcObjects – набором ActiveX-компонентів, що дає змогу вирішувати найрізноманітніші ГІС-завдання і створювати власні програмні модулі, що розширюють функціональність продуктів цієї лінійки.

2. *Серверні ГІС.* Цей блок складається з ArcGIS Server – сервера додатків, призначеного для управління програмними ГІС-об'єктами в корпоративній мережі або в Інтернеті; ArcSDE – потужного сервера просторових даних, що працює на базі багатьох сучасних комерційних СУБД, і ArcIMS – повнофункціонального сервера, що уможливорює створення й поширення карти через Інтернет.

3. *Вбудовувані ГІС.* ArcGIS Engine – це бібліотека вбудованих ГІС компонентів і інструментів, за допомогою якої незалежні розробники можуть створювати нові або розширювати будь-які наявні програми, призначені для користувача.

4. *Мобільні ГІС.* Включає програму ArcPad, що встановлюється на мобільних комп'ютерах (на базі Windows) з підтримкою GPS. Ця програма широко використовується для цілеспрямованого збору даних та іншої ГІС-інформації, їх перегляду й оновлення безпосередньо в польових умовах.

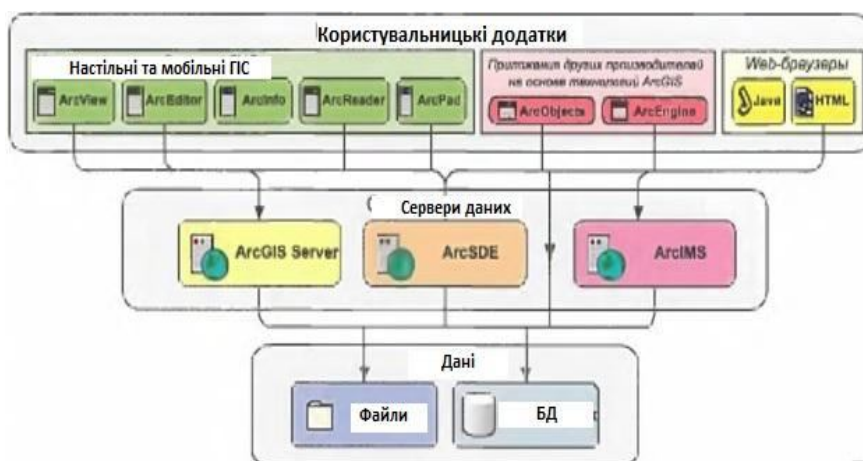


Рисунок 7.1 – Узагальнений склад програмного комплексу ArcGIS 9.1

Унаслідок підтримки різноманітних типів даних, наявності серверів просторових даних і різнофункціональних додатків система ArcGIS 9.1 характеризується прекрасною масштабістю. На її базі можна не тільки створити простий ГІС-додаток, що працює з невеликими наборами просторових даних, але й повноцінну корпоративну ГІС-систему, що працює з величезними масивами просторових даних, до яких можна звертатися як з локальної мережі, так і по Інтернету.

ГІС ArcGIS 9.1 підтримує більшість сучасних моделей просторових даних, зокрема векторні топологічні (покриття) й нетопологічні (шейп-файли), растрові моделі й нерегулярні триангуляційні мережі, а також найсучаснішу об'єктно-орієнтовану модель геобаз даних, що будується на стандартних реляційних технологіях баз даних.

Усі програмні продукти лінійки ArcGIS Desktop (варіанти комплектації Arc View, ArcEditor і ArcInfo) складаються з трьох взаємопов'язаних програмних додатків – ArcMap, ArcCatalog і ArcToolbox.

ArcMap. Це найголовніший додаток програмного комплексу ArcGIS (рис. 7.2). Він призначений для створення карт, візуалізації, редагування й просторового аналізу даних, а також для друку карт. До нього ж підмикаються більшість додаткових модулів.

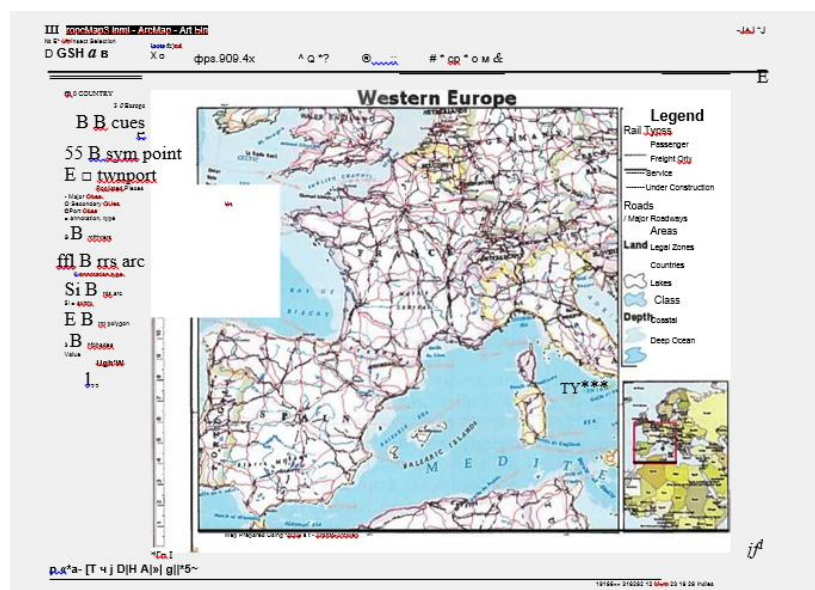


Рисунок 7.2 – Зовнішній вигляд програми ArcMap ГІС ArcGIS 9.1

У ArcMap є два режими відображення й роботи з даними: у вигляді географічних даних і у вигляді компоновання карт. У першому режимі (даних) зображуються тільки просторові дані без усякого рамкового оформлення. Другий режим (компоновання) подає карту в такому вигляді, у якому вона буде відображатися під час друкування на папері. У цьому режимі зображується, як

будуть розташовані фрагменти карти, легенда й додаткове оформлення карти на аркуші паперу.

ArcReader. Це простий безкоштовний додаток (рис. 7.3), призначений для перегляду й друкування опублікованих карт (формат PMF). Опубліковані карти створюються за допомогою додаткового модуля до ArcGIS Desktop під назвою ArcGIS Publisher, який перетворює стандартні документи карт MXD у формат PMF. Додаток ArcReader уможлиблює перегляд даних, поданих у будь-якому форматі, підтримуваному продуктами лінійки ArcGIS Desktop, але не дає змоги редагувати. Крім того, не можна змінювати склад карти, тобто не можна видаляти або додавати шари, а також змінювати правила їхньої візуалізації.

Залежно від налаштувань, зроблених автором при публікації карти, для користувача можуть бути дозволені або заборонені такі функції: доступ до гіперпосилань, перемикання між різновидами даних і компонування, відображення таблиці змісту, пошук об'єктів, отримання інформації за об'єктами, вимірювання відстаней, друк, можливість увімкнення й вимкнення видимості шарів.

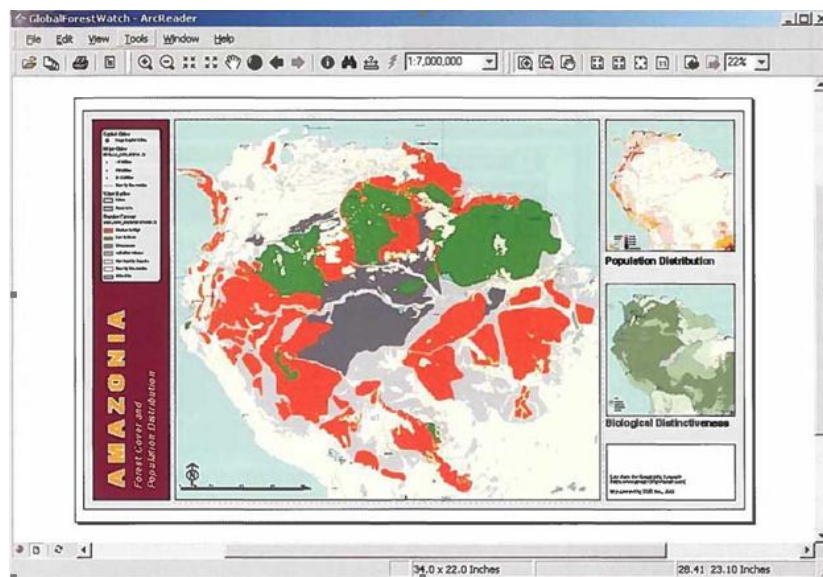


Рисунок 7.3 – Зовнішній вигляд програми ArcReader ГІС ArcGIS 9.1

ArcCatalog. Програма призначена для структурованого управління всіма даними ГІС. Вона надає інструменти для створення, маніпулювання, пошуку й швидкого перегляду просторових даних. Ця програма зовні організована як провідник Windows (рис. 7.4). У лівій частині вікна відображаються всі каталоги на комп'ютері, всі доступні геобазы даних, а також джерела просторових даних в Інтернеті. При виборі об'єкта (набору даних або карти) в лівій частині вікна в правій частині вікна відображаються відомості про об'єкт.

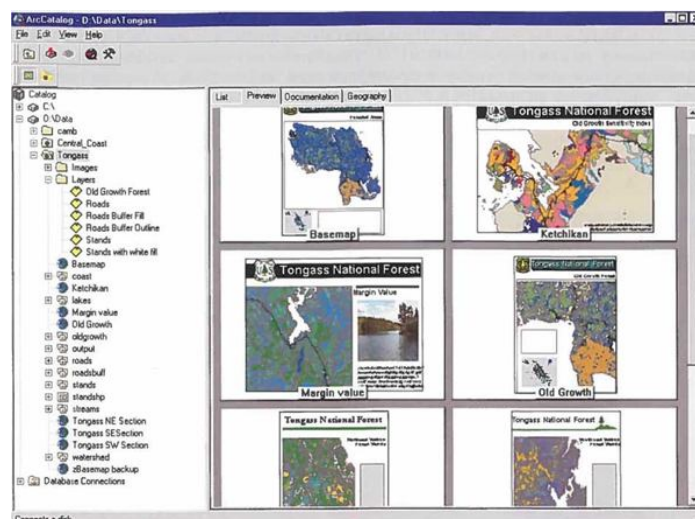


Рисунок 7.4 – Зовнішній вигляд програми ГІС ArcCatalog 9.1

ArcToolbox. Ця програма призначена для пакетного виконання різних ГІС-операцій із даними. Пакетна обробка даних передбачає, що ця обробка відбувається великими масивами, без інтерактивної вибірки окремих об'єктів. Саме тому ця програма не має графічного інтерфейсу для перегляду карт.

Додаток ArcToolbox складається з одного головного вікна, у якому у вигляді «дерева» структуровані всі команди (понад 150 в комплектації ArcInfo) для роботи з даними. При виборі в цьому «дереві» необхідної команди відкривається окреме вікно, у якому користувачеві пропонується вибрати параметри виконуваної команди, включаючи джерела просторових даних (файл і геобазу в ArcSDE) і місце, куди потрібно зберегти результат роботи. Наприклад, на рисунку 7.5 наведено приклад виклику з ArcToolbox команди побудови оверлеїв двох покриттів. При подвійному натисканні команди Overlay Wizard в «дереві» команд з'являється вікно, що дає змогу вибрати параметри побудови оверлеїв.

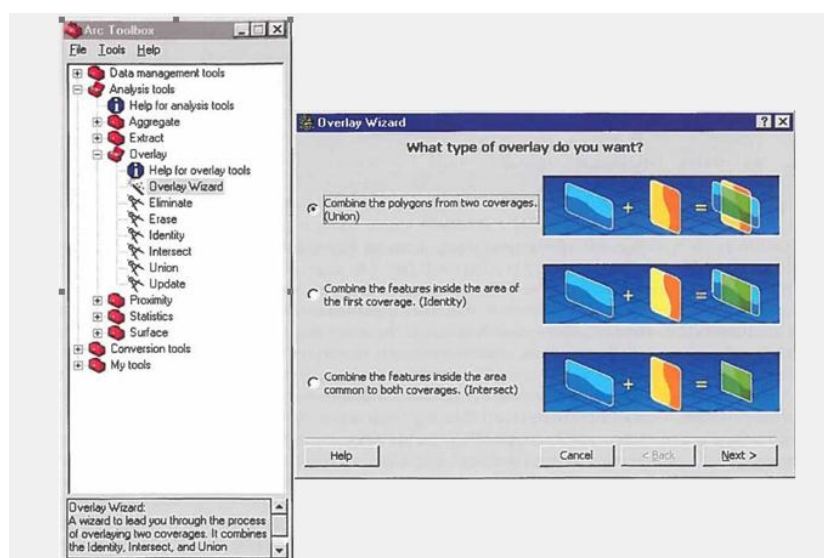


Рисунок 7.5 – Зовнішній вигляд програми ArcToolbox ГІС ArcGIS 9.1

Перевагою всіх додатків лінійки ArcGIS Desktop є те, що вони побудовані за єдиною об'єктно-орієнтованою моделлю ActiveX, доступною для розширення сторонніми виробниками. Сама фірма-виробник ArcGIS компанії ESRI пропонує декілька найважливіших модулів, цю істотно розширюють функціональність базової ГІС, а саме:

ArcGIS Spatial Analyst. Цей додатковий модуль пропонує потужні засоби просторового аналізу растрових даних. За допомогою цього модуля можна створювати нові растрові документи, редагувати, а також аналізувати їх. Модуль містить такі групи функцій:

1. Картування відстаней. Функції цієї групи дозволяють обчислювати звичайні евклідові відстані, а також відстані в інших метриках, наприклад відстані як вартість переміщення між точками на карті. Для визначення вартості переміщення по карті використовується інший растр, у кожному пікселі якого задана швидкість руху в ньому.

2. Картування щільності. Обчислення щільності використовується, коли потрібно показати концентрацію точкових або лінійних об'єктів. Наприклад, маючи відомості щодо чисельності населення міст будь-якого регіону, можна обчислити розподіл населення по всьому цьому регіону.

3. Інтерполяція растру. Інтерполяція дає змогу обчислити значення деякого параметра у всіх осередках растру за невеликим набором значень, заданих у довільних точках площини. Ця функція використовується для передбачення значень найрізноманітніших географічних явищ, що вимірюються тільки в певних точках, таких як висотні відмітки рельєфу, рівні опадів, рівні ґрунтових вод, концентрація небезпечних речовин, рівні шуму тощо. У модулі Spatial Analyst є декілька методів інтерполяції, зокрема метод зворотних зважених відстаней, метод кригінгу і сплайну. Метод обирає користувач виходячи з апіорних відомостей про предметну область.

4. Аналіз поверхні. Розрахувавши растрову поверхню, можна зауважити, що деякі закономірності розподілу не виявляються на цій поверхні, тому необхідно застосувати функції аналізу. У Spatial Analyst включено низку таких функцій. Функція побудови ізоліній відображає розташування з однаковими значеннями. Функція обчислення нахилу використовується, наприклад, під час визначення ризику зсувів. Функція обчислення експозиції нахилів корисна, наприклад, під час визначення ділянок оптимального землеробства. Функція відмивання рельєфу використовується як для реалістичного відображення поверхні рельєфу, так і для аналізу освітленості місцевості в різний час доби. Ще одна функція цього ряду – розрахування видимості – слугує для визначення ділянок поверхні, які видно із заданих точок спостереження.

5. **Статистичні функції.** Ця група функцій дає змогу за значеннями в осередках растру обчислити такі величини, як максимум, мінімум, середнє, більшість, меншість, медіана, діапазон, середньоквадратичне відхилення, сума й різноманіття.

6. **Статистика за осередками.** Ця функція призначена для обчислення

статистичних характеристик за кількома растровими верствами, наприклад для аналізу літніх температур за десятирічний період. Статистика сусідства обчислюється на підставі значень оброблюваного осередка й значень осередків у заданому довкіллі і може бути використана, наприклад, під час перевірки стабільності екосистеми для визначення різноманітності біологічних видів у кожній із сусідніх областей. За допомогою функції зональної статистики обчислюються характеристики за значеннями одного набору даних для зон, визначених іншим набором. Приміром, так можна обчислити кількість аварій на кожній дорозі в місті або середню кількість опадів для кожної лісової зони.

7. **Перекласифікація.** Ця функція виконує заміну значень осередків іншими значеннями на підставі деякого критерію. Її можна використовувати для угруповання значень осередків, наприклад для об'єднання всіх різновидів автомобільних доріг в один клас, а залізниць – в інший.

8. **Калькулятор растрів.** Це інструмент для обчислення значень в осередках растру за безліччю інших растрів. Вхідними даними для калькулятора можуть бути растрові або векторні набори даних, таблиці та окремі числа. Математичні оператори представлені арифметичними, булевими операторами й операторами відносин (зокрема порозрядні й комбінаторні); математичні функції представлені арифметичними, тригонометричними, логарифмічними й статичними функціями, а функції алгебри карт уможливають здійснення операцій типу обчислення нахилу або статистичних характеристик осередків для декількох растрових шарів.

9. **Конвертація.** Цей інструмент призначений для перетворення векторних даних (покриттів, шейп-файлів, даних САПР) в растрові й навпаки.

ArcGIS 3D Analyst. Цей додатковий модуль пропонує потужні засоби створення, візуалізації й аналізу поверхонь у вигляді регулярних (растрових) і нерегулярних (триангуляційних) моделей даних. Відмінною особливістю цього модуля стосовно більшості інших є те, що його головні функції доступні не в додатку ArcMap, а в ArcScene, який спеціально призначений для тривимірної візуалізації картографічних поверхонь і тривимірних об'єктів і явищ. ArcScene дає змогу розглядати реалістичні тривимірні зображення з різних поглядів.

Крім нової програми ArcScene, цей модуль розширює функціональність додатків ArcMap і ArcCatalog, уможливлюючи створення й візуалізацію в них моделі поверхонь (растрових і триангуляційних).

Растрові поверхні будуються за допомогою функції «Інтерполяція растру», які в модулі ArcGIS Spatial Analyst.

Триангуляційні поверхні створюються за кількома розділами векторних даних і використовуються здебільшого тільки для моделювання невеликих ділянок місцевості.

Модуль **ArcGIS Spatial Analyst** містить безліч стандартних засобів аналізу поверхонь, зокрема побудову ізоліній, ізоклінів, розрахування нахилу й експозицій схилів, аналіз видимості тощо.

У додатку **ArcScene** можна задавати такі загальні властивості сцени, як освітленість, фон, вертикальне розтягування, а також переміщати й обертати сцену, задавати координати спостерігача. Крім того, можна анімувати тривимірне зображення й віртуальний прогін над сценою.

Сцена в **ArcScene** складається з тривимірних поверхонь і додаткових тривимірних об'єктів, динамічно створюваних на базі звичайних двовимірних. Наприклад, звичайний двовимірний шар будівель може бути поданий в ArcScene як набір тривимірних фігур, які утворюються внаслідок «видавлювання» багатокутників вгору на деяку висоту, що задається в атрибуті висоти будинків. Для збільшення реалістичності поверхонь на них зазвичай «натягують» деякі растрові зображення, наприклад аерокосмознімки місцевості або скановані карти.

ArcGIS Geostatistical Analyst. Це спеціалізований модуль для виконання геостатистичного аналізу (див. п. 6.3). Він дає змогу будувати безперервні (растрові) поверхні на підставі вимірів, проведених в окремих точках простору. За допомогою цього модуля можна інтерполювати значення різними методами з високим ступенем достовірності. Зазначимо, що функції інтерполяції методом кригінгу є також в модулях ArcGIS Spatial Analyst і ArcGIS 3D Analyst, проте в цьому модулі представлені більш потужні варіанти цих функцій, а також деякі інші. Крім того, модуль ArcGIS Geostatistical Analyst містить можливості для статистичного оцінювання помилок, визначення порогових значень і непевного моделювання.

ArcGIS Network Analyst. Цей модуль дає змогу створювати й аналізувати транспортні мережі. Набір базових функцій модуля включає в себе:

- пошук найкоротших маршрутів руху;
- розрахування оптимальних маршрутів обходу заданих пунктів;
- пошук найближчих пунктів обслуговування;
- визначення зон транспортного обслуговування.

Під час здійснення цих розрахунків у транспортній мережі можна врахувати заборони на виконання поворотів на деяких перехрестях, різні розрахункові швидкості руху на дугах транспортної мережі, а також бар'єри – особливі об'єкти, які заборонено перетинати під час пошуку маршрутів руху.

ArcGIS StreetMap USA і ArcGIS StreetMap Europe. Ці модулі містять геокодовані дані щодо вулично-дорожньої мережі всієї території США і Європи. Крім власне вулиць і доріг, модулі ArcGIS StreetMap відображають і підписують на карті багато супутніх просторових об'єктів, зокрема парки, водойми, різноманітні місцеві орієнтири. Використовуючи функцію пошуку, за адресою можна знайти фактично будь-яку адресу в будь-якій країні і відобразити результати на карті. Усі дані подаються в стислому викладі на декількох компакт-дисках.

ArcGIS Business Analyst. Цей модуль призначений для аналізу місцевих ринків збуту й ступеня їхньої конкуренції, вибору оптимального місця розташування нових магазинів, а також для оптимізації прямого розсилання пошти потенційним клієнтам магазинів. Ці операції виконуються на підставі таких географічних, демографічних і маркетингових даних, що постачаються разом із цим модулем для США:

- демографічні дані. Цей блок даних включає понад 1000 різних демографічних і маркетингових параметрів за кожним штатом, округом, дорогою і кварталом;
- дані по підприємствах. Цей блок включає відомості про більш понад 12 млн підприємств, зареєстрованих у США;
- дані про споживачів. Цей блок включає відомості про понад 105 млн домовласників в США, зокрема 28 параметрів щодо їхнього віку, статі, середнього доходу, домашньої адреси тощо;
- дані про торгові центри. Цей блок містить детальні відомості про понад 14 000 великих торгових центрів (із торговою площею не менше ніж 16 000 м²), про їхню частку на ринку, ринкову стратегію, перспективи розвитку;
- відомості про вулично-дорожню мережу. По суті, сюди включені всі відомості, що постачаються разом із модулем ArcGIS StreetMap USA.

ArcPress для ArcGIS. Цей модуль призначений для виведення карт на друк. Це програмний растеризатор, який створює файли стандартних графічних (BMP, JPG, TIFF тощо) форматів, а також спеціальні Postscript-файли для друку на стандартних широкоформатних і настільних принтерах. Під час друкування карт на звичайних невеликих принтерах (формату не більше ніж А 3) зазвичай не виникає необхідності використовувати цей модуль, а процедура друку може бути виконана за допомогою стандартних засобів Windows. При друці більших і насиченіших карт Windows принтер може не впоратися через нестачу

оперативної пам'яті в комп'ютері або в самому принтері. Саме в цих випадках потрібно використовувати модуль ArcPress.

Maplex для ArcGIS. Цей модуль призначений для оптимального розміщення в автоматичному режимі підписів до об'єктів карти. Модуль має такі функції:

- на карту автоматично наносяться різні за розміром і шрифтом написи для різних об'єктів. До того ж особливістю цього модуля є те, що підписи розміщуються одразу ж для всіх шарів карти, а не окремо для кожного;
- якщо написи перекриваються, розмір окремих написів автоматично зменшується. А якщо і в цьому разі написи перекриваються, то деякі написи видаляються з карти;
- якщо написи перекриваються, можна задати правила їхнього скорочення, замінюючи їх аббревіатурами;
- під час нанесення написів на лінійні об'єкти їх згинають уздовж об'єктів, а за необхідності декілька разів дублюють для дуже довгих ліній;
- при нанесенні написів для лінійних і майданних об'єктів інтервали між буквами і словами за необхідності можуть бути збільшені, щоб напис повністю заповнив відведене йому місце;
- написи можуть розміщуватися паралельно й перпендикулярно до ліній картографічної або координатної сітки;
- написи можуть складно відформатовуватися, тобто вони можуть містити символи, оформлені різними шрифтами, кольорами, розмірами тощо.

ArcGIS Publisher. Цей модуль перетворює карти з формату MXD у формат опублікованих карт PMF для відкритого обміну цими картами між користувачами. Опубліковані карти в форматі PMF можна переглядати за допомогою безкоштовного додатка ArcReader (див. його опис вище).

ArcGIS Survey Analyst. Цей модуль призначений для обробки результатів геодезійних пошуків і їхнього відображення на карті. Перевагою модуля щодо аналогічних програм для обробки геодезійних пошуків є те, що дані ArcGIS Survey Analyst зберігаються в геобазі даних разом з іншими об'єктами ArcGIS і що координати звичайних просторових об'єктів можуть бути пов'язані з обробленими координатами знімальних точок. До того ж координати об'єктів можна автоматично вирівнювати за значеннями знімальних точок.

Використовуючи модуль ArcGIS Survey Analyst, можна зберігати в єдиній геобазі даних величезну кількість геодезійних вимірювань, зроблених у різні періоди часу. До того ж координати об'єктів можуть бути виміряні багаторазово у різний час. Окрім того, модуль дає змогу кількісно й візуально оцінити на карті точність виконаних вимірювань.

ArcGIS Tracking Analyst. Цей модуль призначений для відображення та аналізу даних, що змінюються в часі (з архіву темпоральних даних або даних, що надходять в реальному часі), таких, наприклад, як дані систем супутникової навігації GPS. Головними сферами застосування цього модуля є транспорт, служби швидкого реагування, військові, а також завдання вивчення й моніторингу навколишнього середовища. Модуль призначений для вирішення таких завдань:

- планування подій;
- супровід польотів і прокладання маршрутів;
- планування рятувальних заходів;
- управління та обслуговування будівель і споруд (склади, вокзали, станції тощо);
- контроль за дотриманням розкладів і маршрутів;
- управління парком транспортних засобів;
- складання розкладів і графіків роботи;
- відстеження переміщень транспортних засобів;
- відстеження переміщень товарів на складі;
- управління роботою громадського транспорту;
- відстеження переміщень об'єктів живої природи;
- вивчення динаміки явищ і подій.

Модуль ArcGIS Tracking Analyst передбачає такі операції:

1. *Обробка темпоральних даних.* Модуль безпосередньо підтримує ГІС-дані, що містять інформацію про час, а також дає змогу використовувати дані, що надходять у режимі реального часу з сервера ArcIMS Tracking Server. Забезпечується підтримка даних у вигляді точок (автомобілі, повітряні або морські судна), ліній (атмосферні фронти) або полігонів (смуга знімання супутника, нафтові плями).

2. *Темпоральні символи.* Такі символи дають змогу по-різному відображати дані залежно від поточного часу. Кожен шар має свій час дії, що визначає обсяг і час відображення темпоральних даних. Для наборів даних із характеристиками часу можливе комбінування звичайних і темпоральних символів. Залежно від часу символи точкових об'єктів можуть змінювати свій колір, розмір і сам символ, залежно від характеристики часу лінійні й полігональні символи можуть змінювати свій колір. Крім того, модуль ArcGIS Tracking Analyst уможливорює відображення траєкторії переміщення об'єктів.

3. *Відтворення.* Цей інструмент призначений для інтерактивного програвання даних, що мають темпоральний складник.

4. *Темпоральний аналіз.* Функція «годинник даних» відображує щільність просторових подій у часі, при цьому використовуються різні методи

визначення щільності й візуалізації. Функція «тимчасового зрушення» забезпечує одночасне відтворення даних за різні періоди часу. Крім того, у разі виконання деяких умов щодо атрибутів і їхніх просторова характеристик можуть бути виконані такі спеціальні дії, як підсвічування, приховування й проявлення об'єкта, або дія, задана користувачем (рис. 7.6).

ArcScan для ArcGIS. Із цим модулем ArcGIS стає професійним векторизатором. Модуль забезпечує виконання функцій сканування твердих копій карт (на паперових носіях) і векторизації – перетворення растрових даних у векторні шари (шейп-файли, покриття або набори даних геобаз). ArcScan повністю інтегрований у додаток ArcMap. Також він містить такі функції, як редагування («чищення») растрів перед векторизацією, напіваавтоматичної і автоматичної векторизації, постобробки векторизованих векторних об'єктів.

Режим автоматичної векторизації растрових даних може працювати у два способи, коли векторизація проводиться по центру ліній (для лінійних об'єктів) або по межі (для площинних об'єктів). Вибір способу обумовлюється апріорними відомостями про походження об'єктів на відсканованих зображеннях, а тому визначається користувачем.

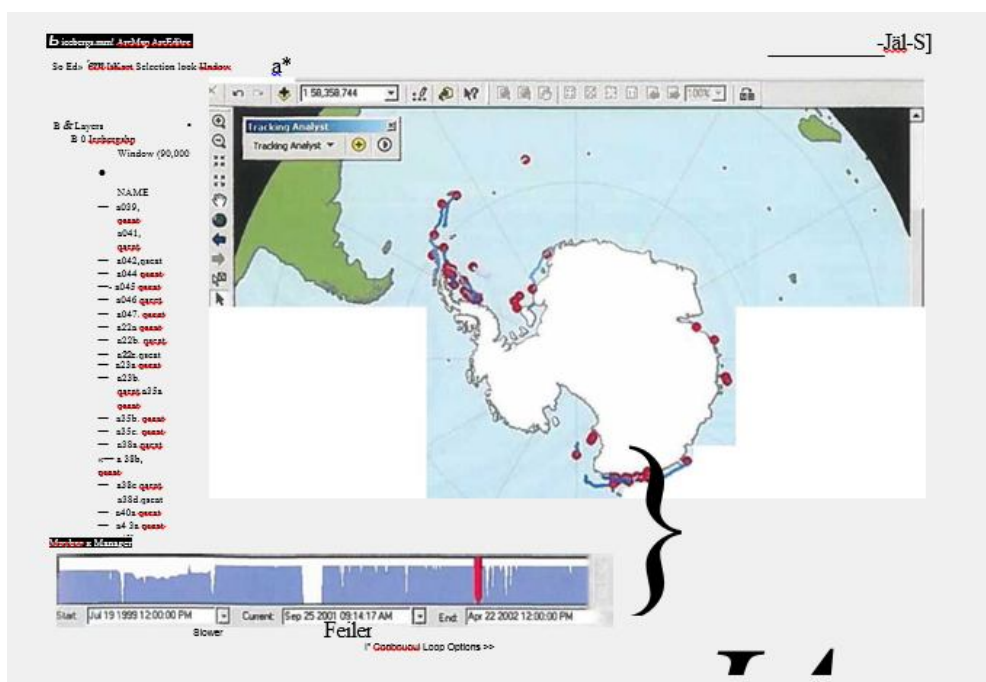


Рисунок 7.6 – Відображення темпоральних даних за допомогою додаткового модуля ArcGIS Tracking Analyst

Режим напіваавтоматичної векторизації є розширенням звичайного режиму ArcGIS для малювання нових об'єктів карти. При цьому на допомогу користувачеві надається інструмент автоматичного підтягування введених вузлів об'єктів до специфічних об'єктів на растрі. Підтягування може

здійснюватися до осьових ліній растрових об'єктів, до точок перетину ліній, кутів, кінцевих точок і компактним об'єктів.

Інструмент переміщення по растру призначений також для напівавтоматичної векторизації. З його допомогою потрібно тільки вказати курсором напрям проведення векторизації і натиснути кнопку мишки. При кожному наступному натисканні будуть створюватися векторні об'єкти і проводитися лінії через центри відповідних осередків растру.

Якщо потрібно векторизувати тільки певні різновиди об'єктів у деякій області растру, можна скористатися інструментом вибору пікселів для векторизації, що дає змогу відсіяти незначущі пікселі растру.

ArcGIS Schematics. Цей модуль призначений для створення схематичного й геосхематичного уявлення про об'єкти геобаз даних. Модуль дає змогу створювати схеми інженерних мереж (електричних, водопровідних, нафтогазових, телекомунікаційних тощо) і транспортної інфраструктури (автомобільних і залізних доріг) на підставі даних, що містяться в геобазі даних. ArcGIS Schematics обирає з геобаз інформацію про деякі мережі (об'єкти і зв'язки між ними), а потім автоматично генерує різні види подання цієї мережі у вигляді діаграм, деревоподібних структур, матриць тощо.

Для відображення елементів мережі можуть використовуватися стандартні символи ArcGIS, але в деяких випадках цього недостатньо. Наприклад, для автоматичного створення схеми електричної мережі з трьохобертовими трансформаторами потрібно мати спеціальний символ трансформатора, у якому по-особливому позначені точками висновки трансформатора. Для таких символів до ArcGIS Schematics включено спеціальний редактор символів.

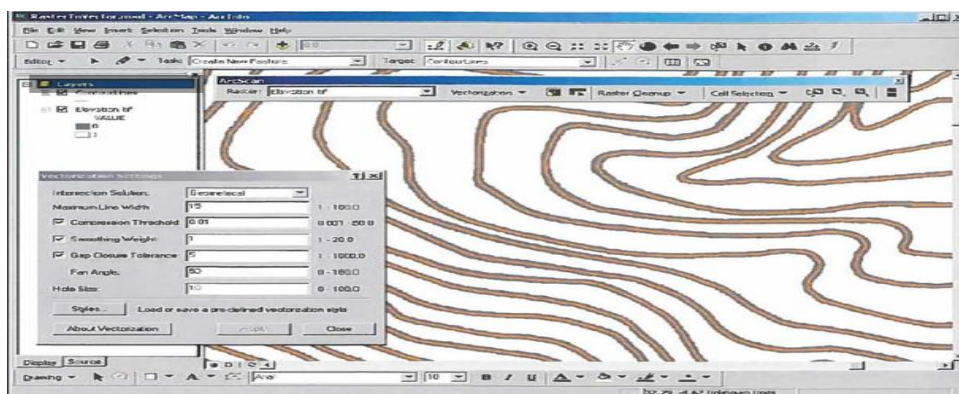


Рисунок 7.7 – Автоматична векторизація ізоліній на карті за допомогою ArcScan для ArcGIS 9.1

Компанія ESRI (виробник ArcGIS) давно і успішно співпрацює з компанією ERDAS (виробник растрової ГІС Imagine, яка нещодавно увійшла до

складу фірми Leica Inc.) – світовим лідером у сфері обробки ДДЗ. Саме тому ERDAS розробила два додаткових модулі для ArcGIS з метою вирішення всіх головних завдань обробки аерофотокосмосзнімків.

Image Analysis для ArcGIS. Цей модуль призначений для обробки даних дистанційного зондування. Модуль забезпечений такими можливостями:

1. Геометричне перетворення растру, зокрема афінне, поліноміальне, методом «гумового листа», перепроєктування (змінювання зображення з однієї проекції в іншу), а також ортокорекція зображень з використанням різних моделей фотокамер (з центральною проекцією або встановлених на супутниках Ikonos, Spot, Quickbird, Landsat і ін.).

2. Створення орієнтованих зображень, придатних для використання в модулі Spatial Analyst.

3. Складання з декількох зображень мозаїки і зміна балансу кольорів окремих зображень.

4. Класифікація (автономна класифікація IsoData і керована).

5. Відсікання частин зображення.

6. Імпорт зображень із безлічі форматів (зокрема всі, підтримувані системою ERDAS Imagine, а також TIFF, GIF, Jpeg, Generic Binary, Raw Binary, MrSID, ERDAS Imagine LAN і IMG.).

7. Перетворення растру у векторні шари й растеризація векторного зображення.

8. Виконання просторових поліпшувальних перетворень растру (фільтрація зі згорткою, ізотропний фільтр визначення країв, фокальна тематична фільтрація, злиття знімків із різною просторовою роздільною здатністю).

9. Виконання радіометричних поліпшувальних перетворень (із використанням таблиць перекодування LUT), вирівнювання яскравості гістограм, поєднання гістограм, отримання негативу.

10. Виконання спектральних поліпшувальних перетворень (перетворення колірного простору RGB в INS і навпаки, нормалізований вегетаційний індекс NDVI, перетворення в природні кольори).

11. Виконання операцій просторового аналізу растрових (аналіз околиці, перекодування растрів, підсумовування областей).

12. Класифікації зображень різними методами.

Stereo Analyst для ArcGIS. Цей модуль призначений для обробки стереозображень та отримання цифрової моделі місцевості. Модуль забезпечений такими можливостями:

1. Створення стереопар різними способами.

2. Візуалізація стереозображень анагліфічним (із використанням червоно-синіх окулярів) і апаратним (із застосуванням рідкокристалічних окулярів, керованими драйвером OpenGL із підтримкою стереозображення у вікні) способами (рис. 7.8).

3. Використання тривимірного «плаваючого» курсора для ідентифікації та збору тривимірних даних. У процесі збирання даних висота тривимірного курсора може бути точно встановлена на заданому рівні або на поверхні, яка цікавить користувача.

4. Перетворення наявних звичайних двовимірних шейп-файлів на тривимірні.

5. Контроль якості цифрових стереомоделей.

6. Вимірювання та збір просторової інформації в тривимірному вигляді, зокрема побудова й редагування об'єктів і їхніх атрибутів у форматі тривимірних шейп-файлів.

7. Точний збір безлічі тривимірних точок і ламаних ліній для створення цифрових стереомоделей рельєфу.

8. Напіваавтоматичне виокремлення доріг, будівель і земельних ділянок.

9. Автоматичне кодування об'єктів і присвоєння їм атрибутивної інформації.

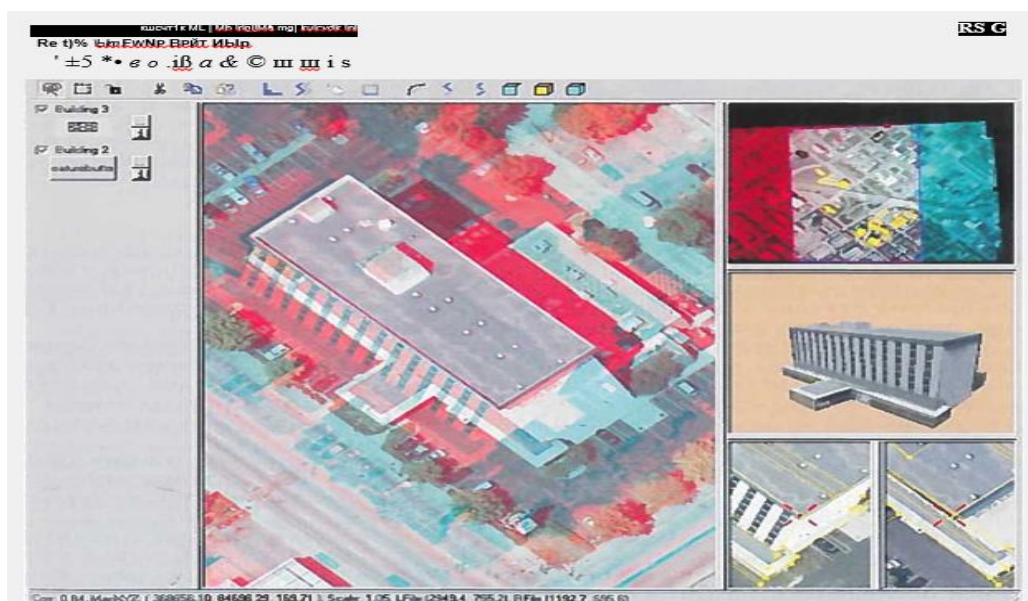


Рисунок 7.8 – Обробка стереозображень в модулі Stereo Analyst для ArcGIS 9.1

Модуль Stereo Analyst для ArcGIS підтримує всі формати растрових і векторних даних, що використовуються в ERDAS Imagine, зокрема TIFF, GIF, Jpeg, Generic Binary, Raw Binary, MrSID, ERDAS Imagine LAN і IMG. Також Stereo Analyst для ArcGIS підтримує формати даних для опису моделей, які можуть безпосередньо використовуватися в Virtual GIS, наприклад, формат

MultiGen (див. рис. 5.7). Модуль Stereo Analyst для ArcGIS уможливорює перегляд властивостей моделей сенсорів і блоків зображень ERDAS Imagine OrthoBASE.

Зазначимо, що всі програмні продукти серії ArcGIS побудовані на базі загальної відкритої об'єктно орієнтованої архітектури, що визначається технологією ActiveX. До кожного об'єкта в ArcGIS (усередині призначених для користувача додатків ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox або ArcScene, будь-якого додаткового модуля до ArcGIS або на сервері просторових даних) можна отримати прямий доступ через стандартні ActiveX-інтерфейси. Це дає змогу користувачам і стороннім розробникам за необхідності нарощувати функціональність ГІС, використовуючи будь-яку мову програмування, що підтримує технологію ActiveX, наприклад Visual Basic, C ++ або Delphi. Крім цього, можна використовувати мову Visual Basic for Applications, безпосередньо вбудовану в додатки ArcMap, ArcCatalog і ArcScene.

7.2.2 MapInfo 8.0

Геоінформаційна система MapInfo (остання версія 8.0, 2005) виробництва американської компанії MapInfo, є другою за поширеністю у світі геоінформаційною системою. Система забезпечена різноманітними функціями і додатковими модулями, що дають змогу вирішувати багато ГІС-завдань, проте загалом ця система помітно простіша порівняно з ArcGIS.

Місцем зберігання векторних просторових даних в MapInfo є так звані табличні файли з розширенням tab. У цих файлах дані зберігаються у вигляді, аналогічному до реляційних таблиць у базі даних. Крім tab-файлів просторові дані в MapInfo можуть зберігатися в реляційних базах даних під керуванням СУБД Oracle, Informix і SQL server, доповнених програмним продуктом SpatialWare виробництва корпорації MapInfo.

SpatialWare розширює можливості базової СУБД новими допустимими типами об'єктів, а також функціями індексації та аналізу просторових відношень об'єктів. У певному сенсі SpatialWare є спрощеним аналогом серверної технології ArcSDE компанії ESRI.

Для точкових об'єктів MapInfo підтримує ще одну можливість зберігання. Точки можуть безпосередньо завантажуватися з текстових файлів, з електронних таблиць Microsoft Excel і Lotus 1-2-3, а також із таблиць різних баз даних, зокрема файлів Microsoft Access (файли *.MDB) і dBase (файли *.DBF).

ГІС MapInfo має досить потужні засоби для підготовки картографічних матеріалів. Як і в багатьох інших ГІС, MapInfo забезпечена різними засобами візуалізації просторових даних, а також способами підготовки макетів карт до

друку. Однак це ще не все. Ця система підтримує технологію OLE2 у режимі «сервера», даючи змогу вставляти (і потім змінювати) карти MapInfo безпосередньо в будь-які інші документи користувача, наприклад у документи Microsoft Word, таблиці Microsoft Excel або в презентації Microsoft PowerPoint.

ГІС MapInfo дає змогу працювати за технологією OLE2, і навпаки – у режимі «клієнта». Це забезпечує можливість вставляти в карти MapInfo будь-які інші документи, створені в додатках, що підтримують режим «сервера» технології OLE2. Наприклад, на карті як додаткову інформацію можна розмістити таблицю, створену засобами Microsoft Excel.

MapInfo має досить великий модуль ділової графіки, що уможливлює створення на підставі наявної в шарах карти інформації різноманітних графіків (майданні, стовпчасті, лінійні, точкові, бульбашкові, кругові діаграми, тривимірні графіки, колонки, гістограми й поверхні).

ГІС MapInfo підтримує базові функції для роботи з растровими зображеннями (монохромними, напівтоновими й кольоровими). Растри можуть завантажуватися безпосередньо із вказаного файла або через Інтернет з будь-яких серверів, що працюють за технологією Web Map Service, стандартизованою в межах консорціуму OpenGIS Consortium.

Для розширення можливостей ГІС MapInfo пропонує своїм користувачам спеціальну мову програмування MapBasic, що базується на популярній мові Basic. Мовою MapBasic можуть бути створені елементи призначеного для користувача інтерфейсу, можна керувати картами й даними. За необхідності, використовуючи MapBasic, можна запустити будь-яку зовнішню програму або обрати операцію у зовнішній динамічній бібліотеці Windows (файли з розширенням dll).

Використовуючи можливості розширення функцій MapInfo, розробники-аматори із різних країн створили численні модулі розширення, що уможливлюють широке використання MapInfo.

7.2.3 Autodesk Map 3D 2006

Геоінформаційна система Autodesk Map 3D 2006 (введена в дію в 2005 р.) є надбудовою популярної універсальної системи автоматизованого проектування Autodesk AutoCAD 2006 (рис. 7.9). Ця надбудова вводить у знайоме багатьом проектувальникам середовище додаткові інструменти, які доповнюють AutoCAD функціями ГІС.

Головними функціями Autodesk Map 3D 2006, що додаються в середовище AutoCAD, є такі:

- підтримка найпоширеніших геоінформаційних форматів подання як растрових, так і векторних даних;
- можливість працювати з набагато більшими обсягами даних, ніж може забезпечити AutoCAD;
- тематична візуалізація просторових даних;
- функції побудови, візуалізації й аналізу поверхонь у вигляді регулярної та нерегулярної моделей даних.

Таким чином, сам по собі програмний продукт Autodesk Map 3D 2006 є досить простого ГІС, однак той факт, що він базується на найпоширеніший у світі платформі AutoCAD, забезпечує його використання в комбінації з іншими продуктами для вирішення унікальних завдань. Насамперед це такі завдання, у яких потрібно комбінувати можливості ГІС і САПР, наприклад завдання управління інженерними мережами й транспортною інфраструктурою.

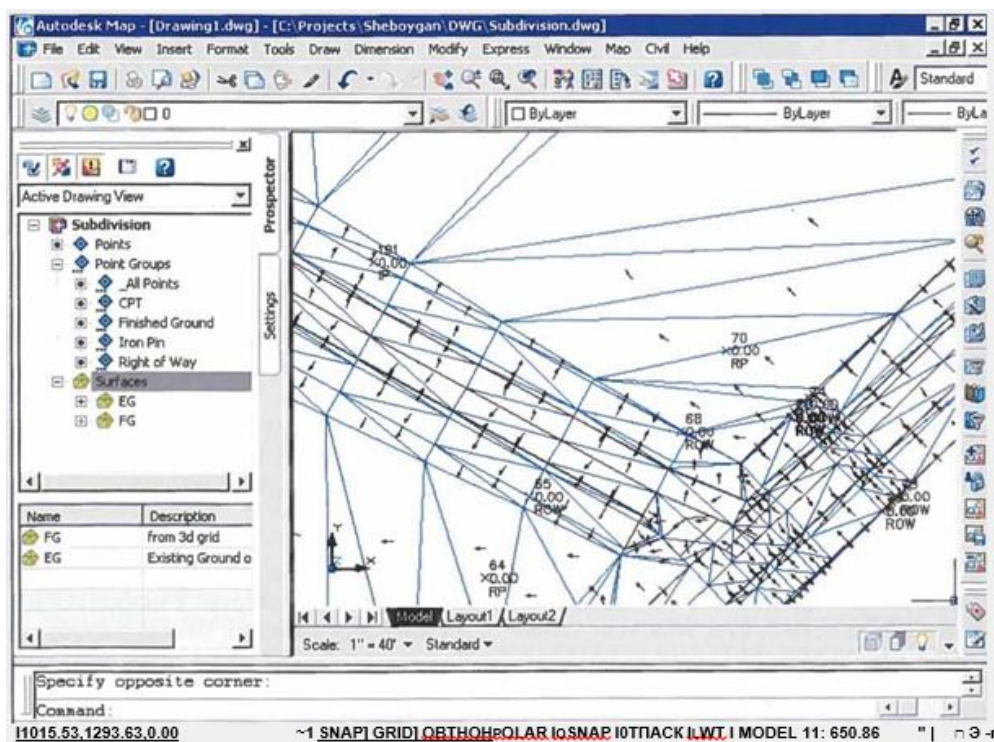


Рисунок 7.9 – Зовнішній вигляд ГІС Autodesk Map 3D 2006

На додаток до ГІС Autodesk 3D 2006 фірма-виробник Autodesk випускає ще низку супутніх продуктів, що дають змогу створювати для користувачів повноцінні ГІС-рішення.

Приміром, продукт Autodesk Survey 2006 забезпечує автоматизацію процесу оброблення даних геодезійних пошуків. За його допомогою можна безпосередньо вводити дані з найпоширеніших геодезійних і супутникових

навігаційних приладів. Після введення в програму теодолітних (тахеометричних) ходів, зрівнювання ходів і обробки знімальних вимірювань можна легко створити просторові об'єкти безпосередньо в середовищі Autodesk Map 3D 2006. Якщо геодезійні дослідження виконувалися із введенням спеціальних кодів класифікації, то просторові об'єкти можуть взагалі бути створені автоматично.

Програма Autodesk Raster Design 2006 призначена для оброблення растрових зображень, їхньої трансформації з метою прив'язки до географічних координат, а також для автоматичної й напівавтоматичної векторизації.

Autodesk GIS Design Server призначений для зберігання карт в базі даних на сервері Oracle. Із його допомогою можна без ускладнень виконувати паралельну роботу з одними і тими самими просторовими даними. До того ж для користувача робота з віддаленим сервером зовні нічим не відрізняється від роботи зі звичними файловими даними.

Програмний продукт Autodesk MapGuide 6.5 призначений для публікації карт в Інтернеті. За допомогою програми Autodesk MapGuide Author карти готують до публікації. З її допомогою можна додати нові шари на карту й задати параметри їхньої візуалізації. Далі підготовлена карта розміщується на Web-сервері для перегляду звичайними браузером Інтернету (рис. 7.14).

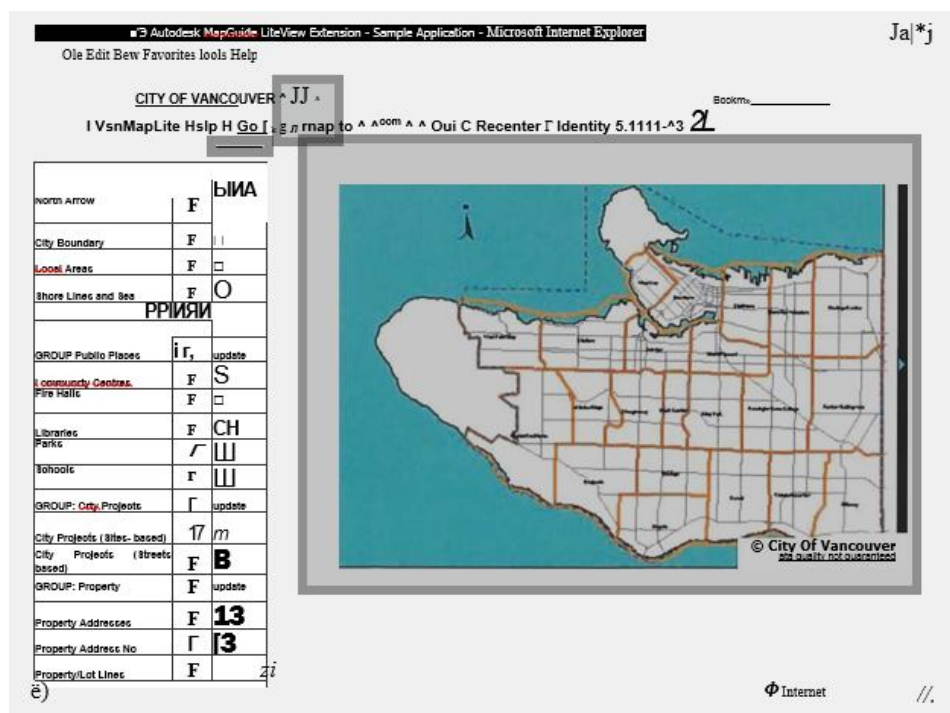


Рисунок 7.10 – Перегляд через браузер інтернет-карти, створеної засобами Autodesk MapGuide

Розглянемо ще один програмний продукт, що випускається компанією Autodesk. Програма Autodesk Envision є програмним середовищем, призначеним для одночасної роботи з картами, кресленнями й інженерними даними. Прості під час використання функції електронних позначок і редагування дають змогу виокремити спірні моменти на картах і кресленнях, забезпечуючи ефективну роботу над проектом. Підтримується робота з векторними й растровими зображеннями, а також текстовими файлами даних.

7.2.4 Geo Media 6.0

Геоінформаційна система GeoMedia (остання версія 6.0, 2005) розроблена в компанії Intergraph Зігрій. Особливістю цієї ГІС є те, що це перша в світі ГІС, розроблена повністю у відповідності із специфікаціями консорціуму Open Geospatial Consortium. Цей консорціум був створений декілька років тому для стандартизації різних питань щодо створення геоінформаційних систем, наприклад форматів подання просторових даних. Сама ж компанія Intergraph Зігрій. є одним із засновників і найактивніших учасників консорціуму.

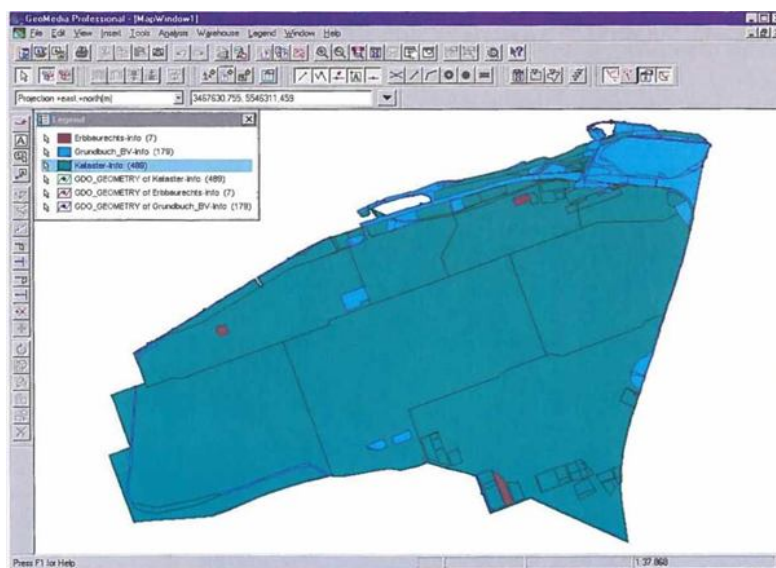


Рисунок 7.11 – Зовнішній вигляд повнофункціональної геоінформаційної системи GeoMedia

Функціональні можливості ГІС GeoMedia багато в чому подібні до інших продуктів. Система підтримує роботу з найрізноманітнішими типами даних, що зберігаються як у файлах, так і в реляційних базах даних Oracle10g, Microsoft SQL Server, Microsoft Access, IBM DB2. Крім звичайних геоінформаційних даних, у GeoMedia можуть бути використані креслення у форматах MGE, Microstation, AutoCAD, FRAMME.

На базі ГІС GeoMedia розроблено додаткові модулі й додатки.

GeoMedia Terrain. Цей модуль призначений для моделювання та аналізу поверхонь, заданих у вигляді регулярної (растрової) та нерегулярної (триангуляційної) моделей поверхонь. Модуль уможливорює виконання інтерполяції висот, побудову профілів, ізоліній, ізоконтурів, ізоклінів, а також зон видимості. Отриману поверхню можна переглянути у вікні тривимірної візуалізації.

GeoMedia Grid. Цей модуль призначений для виконання просторового аналізу на підставі растрових моделей даних, зокрема перетворення даних між векторним і растровим поданням, виконання операцій щодо алгебри карт.

GeoMedia Transportation Analyst. Цей модуль забезпечує виконання різних видів транспортних розрахунків, зокрема пошук найкоротших маршрутів, визначення найближчих сервісних пунктів, розрахування зон транспортного обслуговування тощо.

GeoMedia Transportation Manager. Цей модуль призначений для управління транспортними (дорожніми, залізничними, трубопровідними) мережами. Модуль має засоби для побудови транспортних мереж і аналізу їх коректності. Цей модуль вважається розширенням модуля GeoMedia Transportation Analyst, він додає нові функції до аналізу мереж.

GeoMedia Transaction Manager. Призначений для організації одночасної роботи (перегляду й редагування) із картами багатьох користувачів. За його допомогою можна тимчасово заблокувати певний фрагмент карти, щоб відредагувати його вміст. У разі, якщо потрібно значно змінити всю карту, можна увійти в режим «Довга транзакція». При цьому для користувача створюється нова «версія» – віртуальна копія карти, яку можна редагувати, проте всі зміни не будуть доступні іншим користувачам. Після закінчення редагування версію можна об'єднати з вихідною картою, щоб зміни стали доступними для користувачів.

З допомогою GeoMedia Transaction Manager можна також виконувати найпростіші операції темпорального аналізу, визначаючи, як було змінено, об'єкт протягом вказаного проміжку часу і як виглядала карта на вказаний період часу.

GeoMedia Parcel Manager. Цей модуль призначений для управління земельними ділянками, він надає спеціальні інструменти для обліку даних геодезійних пошуків, автоматичного підписування й нумерації ділянок, а також для виконання операцій розбиття й об'єднання земельних ділянок.

GeoMedia PublicWorks Manager. Цей модуль призначений для управління водопровідними мережами й мережами водовідведення. За його допомогою можна створити віртуальну трубопровідну мережу, зокрема труби, вентилі й різні спеціальні елементи. Додатково карта може бути забезпечена

розмірними лініями. Цей модуль дає змогу відображати потоки води й виконувати деякі специфічні розрахунки.

GeoMedia WebMap. Цей програмний продукт є повноцінним Web-сервером, що уможливлює публікацію карти в Інтернеті з метою її перегляду й аналізу. Спеціально для підготування карт до публікації в Інтернеті використовується програмний продукт GeoMedia WebMap Publisher.

7.3 Растрові ГІС

7.3.1 ERDAS Imagine 8.7

Растрова ГІС ERDAS Imagine 8.7 (належить корпорації Leica Geosystems) – це комплекс програмних продуктів для оброблення даних дистанційного зондування й роботи з просторовими даними. У наш час ця система є найпоширенішою у світі.

На відміну від багатьох сучасних ГІС, вона є багатоплатформною і встановлюється на звичайних персональних комп'ютерах (під управлінням Windows NT/2000/XP), а також на потужних робочих станціях серій Silicon Graphics SGI R4400 +(Під управлінням IRIX 6.5.x), Sun SPARCstation (під управлінням Solaris 7.0 і 8.0) і IBM RS/6000 Workstation (під управлінням AIX 4.3.3).

Саме внаслідок багатоплатформності, ця ГІС має дещо незвичний для звичайних користувачів інтерфейс, оскільки на різних платформах принципи побудови призначеного для користувача інтерфейсу різні, а за основу розробниками був узятий інтерфейс типу Unix (рис. 7.12, 7.13).

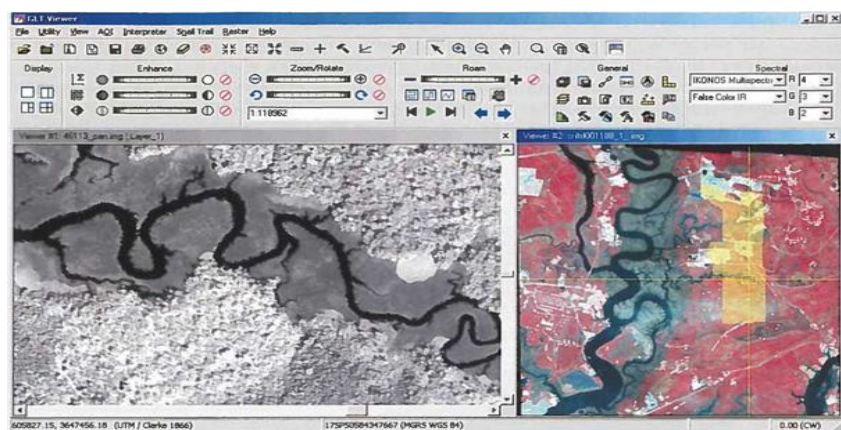


Рисунок 7.12 – Зовнішній вигляд растрової геоінформаційної системи ERDAS Imagine 8.7

Незважаючи на те що ERDAS Imagine 8.7 називають растровою ГІС, вона забезпечена багатьма функціями, властивими векторним програмним продуктам. Ця ГІС спочатку створювалася у тісній співпраці з компанією ESRI – розробником програмних продуктів серії ArcGIS, а тому ERDAS

Imagine 8.7 підтримує фактично всі різновиди даних, наявних у ArcGIS. Однак ERDAS Imagine використовується, насамперед, для роботи з тематичними й спектральними растрами, отриманими внаслідок аеро- або космозйомки.

ERDAS Imagine пропонується виробником у трьох версіях – від найпростішої до найскладнішої: Imagine Essentials, Imagine Advantage і Imagine Professional.

Пакет Imagine Essentials включає головні інструменти для роботи з картами: створення та управління шарами, редагування й візуалізація растрових і векторних даних.

Пакет Imagine Advantage додатково пропонує засоби для ортокоррекції зображень, побудови мозаїк растрів з безлічі окремих растрів, інтерполяції поверхонь на базі нерегулярного набору висотних точок. Крім того, у пакет входять численні інструменти для оброблення растрів і просторового аналізу. Для автоматизації роботи з растрами Imagine Advantage пропонує спеціальну мову програмування Spatial Modeling Language (SML).

Пакет Imagine Professional на додаток до всіх функцій, які є в Essentials і Advantage, пропонує ще декілька модулів:

1. Модуль Imagine Expert Classifier призначений для управління і застосування інформації, отриманої раніше під час дешифрування растрових зображень.

2. Модуль Multispectral Classification призначений для дешифрування мультиспектральних знімків за допомогою методів нечіткої логіки, керованої й некерованої класифікації.

3. Модуль Model Maker – це графічний інструмент, за допомогою якого можна швидко створити й виконати схему обробки знімків.

4. Модуль Imagine Radar Interpreter призначений для обробки растрових даних, отриманих за допомогою сенсорів, що працюють в невидимому діапазоні хвиль.

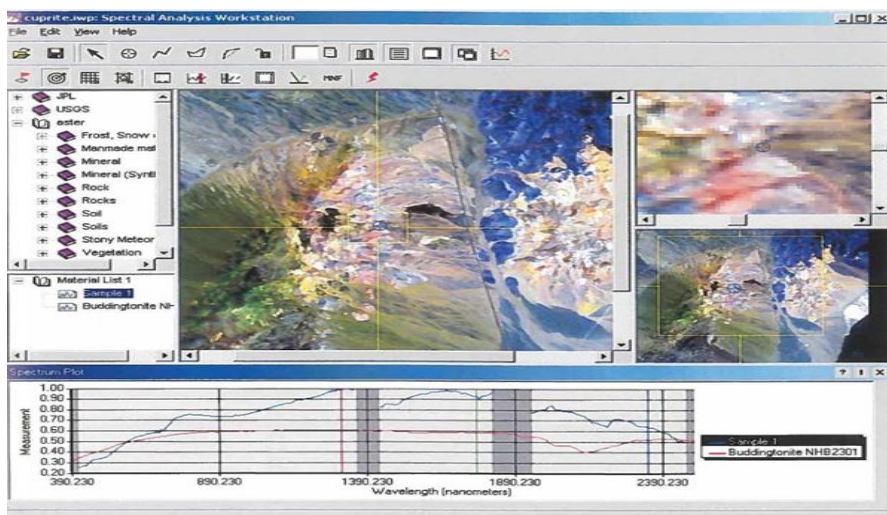


Рисунок 7.13 – Виконання спектрального аналізу растрових зображень у ГІС ERDAS Imagine 8.7

Крім базових пакетів, для ERDAS Imagine розроблено безліч додаткових програмних продуктів.

Наприклад, продукт ERDAS OrthoBASE дає змогу виконувати повний цикл фотограмметричних робіт для побудови точних тривимірних моделей місцевості за стереознімком.

Продукт ERDAS VirtualGIS призначений для тривимірної візуалізації просторових даних, зокрема моделі поверхні, растрів і векторних даних.

7.3.2 ER Mapper 7.0

Растрова ГІС ER Mapper (остання версія 7.0, 2005) виробництва компанії Earth Resource Mapper є однією з найпотужніших у світі програм для обробки ДДЗ за своєю функціональністю, вона поступається тільки ERDAS Imagine. Як і ERDAS Imagine, ER Mapper є багатоплатформною системою і працює на Windows 98/Me/NT/2000/XP, а також на різних варіантах комерційних Unix (IRIX, Solaris, AIX і ін).

ГІС ER Mapper може працювати з багатьма форматами растрових і векторних даних, які використовуються в ГІС, – усього понад 100 форматів.

Головним поняттям під час оброблення растрових даних є «алгоритм» – послідовність дій, які потрібно виконати, щоб отримати кінцеве оброблене зображення. Таким способом можна одноразово налаштувати процес обробки растру, а потім багаторазово його виконувати. До того ж проміжні результати обробки растрів, тобто проміжні растри, не потрібно зберігати на диску, оскільки вони одразу передаються на наступний етап обробки.

Одним із нововведень останніх версій цієї системи є застосування нового формату зберігання растрових даних ECW власної розробки. Цей формат дав змогу працювати з величезними за розміром файлами, які в стиснутому стані займають на диску до 50 Тб.

7.3.3 PHOTOMOD

Система PHOTOMOD є повноцінною фотограмметричною системою, призначеною для двовимірних і тривимірних цифрових моделей місцевості. Ця система керується операційною системою Windows 98/Me/NT/2000/XP на звичайних комп'ютерах.

Перевагою PHOTOMOD порівняно із західними аналогами (в особі ERDAS Imagine, ER Mapper і ін.) є менша вартість продукту при досить великій функціональності.

Система PHOTOMOD складається з декількох окремих модулів, комбінуючи які, можна вирішувати ті чи інші завдання загального технологічного ланцюжка побудови цифрової моделі місцевості.

До складу системи входять 10 головних модулів, а також утиліти для конфігурування, управління розміщенням даних, підготовки растрових файлів тощо.

Модуль **PHOTOMOD Montage Desktop** є головною керуючою оболонкою системи. Він використовується для створення, копіювання, видалення проектів, введення паспортних даних камер, візуалізації блоку зображень відповідно до етапу обробки, завантаження для перегляду й контролю триангуляційних моделей рельєфу, матриць висот, векторів тощо, а також для запуску інших модулів системи. Засобами цього модуля проводиться побудова єдиної ЦМР і ізоліній на блок зображень, а також імпорт та експорт тих чи інших різновидів об'єктів.

Модуль **PHOTOMOD AT** призначений для збирання даних для зрівнювання мереж блокової і маршрутної фототриангуляції, зокрема внутрішнього орієнтування, вимірювання опорних й сполучних точок. Вимірювання і перенесення сполучних і опорних точок може виконуватися в автоматичному режимі (за допомогою корелятора) або вручну в режимі стерео. Модуль містить засоби контролю точності за суміжними моделями й за залишковим поперечним паралаксом.

Модуль **PHOTOMOD Solver** призначений для зрівнювання мережі фототриангуляції. Інструменти контролю точності й графічні засоби подання й аналізу помилок забезпечують успішну реалізацію проекту фототриангуляції і, насамкінець, надійність і високу якість вихідних продуктів – ЦМР, ортофотопланів і цифрових карт. Засоби обміну через формат РАТ-В дають змогу використовувати систему PHOTOMOD у поєднанні з іншими фотограмметричними системами.

Модуль **PHOTOMOD DTM** призначений для побудови ЦМР (у вигляді регулярної або нерегулярної триангуляційної мережі, пікетів, структурних ліній і горизонталей). Система підтримує набір алгоритмів автоматичної побудови триангуляційної ЦМР, а також дає змогу використовувати різні алгоритми всередині обраних областей моделі. Структурні лінії підмикаються до триангуляційної ЦМР для її уточнення уздовж протяжних форм рельєфу. Модель рельєфу редагується в режимі стерео і в спеціальному 3D-вікні. Модуль містить набір інструментів групового й одиничного редагування вершин і

трикутників триангуляційної ЦМР, автоматичної фільтрації викидів і контролю точності моделі рельєфу, редагування і згладжування структурних ліній і горизонталей, конвертації ЦМР між регулярним і нерегулярним форматами.

Модуль **PHOTOMOD StereoDraw** призначений для створення і редагування тривимірних векторних об'єктів у режимі стерео (із використанням засувів або анагліфічних окулярів), а також для проведення тривимірних обчислень. Цей модуль містить такі інструменти, як автоматичне переміщення курсора по рельєфу, двовимірне й тривимірне прилипання, векторизація сегментів ліній під прямим кутом, копіювання векторних об'єктів, автоматичне проведення лінії уздовж межі наявного об'єкта, побудова буферних зон тощо.

Модуль **PHOTOMOD Mosaic** призначений для створення ортофотопланів із використанням аерофотознімків або супутникового сканера зображень на базі ЦМР, побудованої в модулі PHOTOMOD DTM або імпортованої з набору форматів. Модуль містить зручний редактор проведення «порізів» для виокремлення фрагментів вихідних зображень, що включаються в мозаїку. Інструменти автоматичного яскравісного вирівнювання й обробки порізів забезпечують відсутність швів на вихідному зображенні. Ортофотоплан створюється із заданим розміром елемента на місцевості і геоприв'язкою (передбачений прямий експорт в MapInfo і ArcGIS, а також збереження мозаїки в формат GeoTIFF). Підтримується нарізка на аркуші або трапеції заданого користувачем розміру. Система здійснює контроль точності побудови ортофотоплану за опорними й контрольними точками.

Модуль **PHOTOMOD VectOr** призначений для створення електронних карт. Побудовані в модулі PHOTOMOD Mosaic ортозображення можуть бути завантажені в PHOTOMOD VectOr для моновекторизації. Модуль містить векторний редактор, можливості пошуку й виокремлення об'єктів за запитом, бібліотеку умовних знаків, інструменти створення зарамкового оформлення, зведення й нарізки номенклатурних аркушів, побудови буферних зон і багато інших функцій. До засобів роботи з моделлю рельєфу належать інструменти побудови горизонталей, профілів і моделей видимості.

Модуль **PHOTOMOD StereoVectOr** призначений для паралельної роботи з картою формату VectOr в стерео (PHOTOMOD StereoDraw) і моно вікном (PHOTOMOD VectOr). Моновікно використовується для відображення і редагування карти в умовних знаках. Під час роботи з модулем зручним є двомоніторний режим. Призначений, головним чином, для оновлення наявних векторних карт.

Модуль **PHOTOMOD StereoLink** призначений для оброблення в середовищі MicroStation стереозйомки об'єктів місцевості, зокрема об'єктів

цифрової моделі рельєфу. Модуль уможливорює здійснення стереоспостережень орієнтованих пар знімків, корекцію фотометричних параметрів знімків стереопари, вимірювання просторових координат і стереозйомку об'єктів місцевості, а також створення таблиць об'єктів, які потрібно сфотографувати.

Модуль **PHOTOMOD ScanCorrect** призначений для геометричного калібрування планшетних сканерів. Модуль дає змогу використовувати недорогі поліграфічні сканери в точній цифровій фотограмметрії після їхнього спеціального калібрування. Зображення, оцифровані на планшетному сканері, виправляються цим модулем з метою усунення помилок сканування.

7.4 Засоби обробки геодезійних даних

Структуру і склад геодезійних робіт було розглянуто в п. 3.8. Розглянемо програмне забезпечення, що дає змогу виконати їхнє оброблення й передати результати в ГІС.

Процес оброблення геодезійних даних полягає у введенні даних у вигляді тахеометричного, пікетажного й нівелювального журналів, порівняння теодолітних (тахеометричних) мереж, розгляді геодезійних побудов (різноманітних зарубок), а також генерації підсумкових координат знімальних точок.

Для оброблення геодезійних даних використовують різноманітне програмне забезпечення, яке можна розподілити на два види: незалежні геодезійні програми і геодезійні програми, інтегровані в ГІС або САПР.

Фактично, обидва ці різновиди програм забезпечують вирішення визначених завдань, проте інтегровані програми різняться низкою істотних переваг.

По-перше, геодезійні дані в процесі введення можуть одразу ж відображатися на плані місцевості у вигляді ліній проходження теодолітного ходу й напрямів на знімальні точки, даючи змогу дослідникові візуально оцінити дані й визначити свідомо неправдиві відомості (грубі помилки під час завдання кутів і відстаней). У незалежній геодезійній програмі, без картографічної основи, досить важко уявити, як прокладений теодолітний (тахеометричний) хід на місцевості і яким реальним об'єктам відповідають знімальні точки.

По-друге, оброблені геодезійні дані в середовищі ГІС і САПР можна безпосередньо передавати на об'єкти карти у вигляді обчислених координат, а також одразу заносити атрибути цих просторових об'єктів.

Незважаючи на солідні переваги інтеграції, у ГІС обробка геодезійних даних не є поширеною функцією. ГІС, орієнтовані на роботу в дрібному

масштабі, а також ГІС-переглядач взагалі не містять ніяких геодезійних функцій.

Деякі геодезійні програми дають змогу експортувати оброблені точки в деяких форматах, поширених у ГІС. Зазвичай це точкові шейп-файли (SHP), обмінні формати MapInfo (MIF) або AutoCAD (DXF).

Інтегровані геодезійні програми зазвичай є деяким додатковим модулем, що підмикається до базової ГІС. Такі модулі є в багатьох зарубіжних повнофункціональних ГІС: в ArcGIS, MapInfo, AutoCAD Map.

7.5 Векторизатор

Векторизація сканованих растрових даних є одним з найважливіших джерел просторових даних в ГІС (див. п. 3.6).

Усі програмні засоби для векторизації розподіляються на два різновиди: інтегровані в ГІС і незалежні.

7.5.1 MapEDIT 5.0

Векторизатор MapEDIT забезпечує вирішення таких завдань:

- виконання автоматизованої і ручної векторизації за монохромними й кольоровими растрами з поділом об'єктів по верствах;
- занесення атрибутивних даних об'єктів у базу даних одночасно з векторизацією;
- виправлення викривлень паперових оригіналів і виконання прив'язки карти до географічних координат;
- контроль коректності топологічних відношень введених об'єктів (побудова топології);
- експорт отриманих цифрових векторних карт і баз даних в базові поширені формати ГІС і САПР.

MapEDIT може працювати з монохромними і кольоровими растрами. Підтримуються понад 30 форматів, зокрема BMP, PCX, TIFF, Jpeg, GIF.

Оцифрування карти можливе без створення єдиного растрового поля з послідовним переходом від одного растру до іншого. За необхідності MapEDIT забезпечує «склеювання» фрагментів карти, що зберігаються в окремих растрових файлах, у єдиний файл, трансформувати (вирівнювати) растр із урахуванням довільної мережі картографічних реперів.

Для роботи з низькоякісними вихідними растрами передбачені також різноманітні функції предоброблення растру, а саме:

- видалення одноколірних об'єктів малої площі (сміття);

- виокремлення вибраних квітів, видалення й заміна кольору;
- згладжування ліній;
- зменшення товщини ліній;
- ручне малювання (для відновлення непомітних деталей зображення).

Оброблені растри можуть бути збережені в початкових растрових форматах.

Створення цифрової векторної карти. Векторизатор MapEE1T дає змогу задавати й змінювати структуру даних цифрової векторної карти: перелік шарів, типи об'єктів для кожного шару, параметри їхнього відображення, умови трасування тощо. Структура новостворюваної карти може також задаватися шляхом копіювання структури раніше створеної карти.

Векторизатор MapEB1T може використовуватися для редагування наявних цифрових векторних карт. Для цього передбачено можливість імпорту даних із файлів обмінного формату M1E геоінформаційної системи Map1пГо.

Автоматизація оцифрування (трасування, векторизація).

Автоматичне трасування виконується в двох режимах:

1. Трасування ліній. В даному режимі здійснюється автоматичне відстеження на растрі одноколірних ліній довільного типу зі збереженням отриманої траси у вигляді послідовності координат точок, відповідних середині растрової лінії. Ця процедура дозволяє автоматично долати перешкоди на лінії у вигляді обривів, розгалужень, перетинів з іншими растровими лініями.

2. Оконтурювання полігонів. У цьому режимі здійснюється автоматичне відстеження на растрі контурів одноколірних майданних областей довільного вигляду зі збереженням отриманого контуру у вигляді послідовності координат точок, що співпадають із внутрішнім кордоном області.

Ручна векторизація. У випадках, коли лінії й контури погано помітні, а автоматизована векторизація об'єктів ускладнена або неможлива, об'єкти цифрової векторної карти можуть вводитися за допомогою інструментів ручної векторизації. При ручній векторизації оператор ставить крапки на карті, поєднуючи їх з видимими на растрі об'єктами.

У процесі ручної векторизації може використовуватися режим поєднання з лінією растру, при якому поставлена крапка або відрізок підтягуються до середини векторизованої лінії на растрі.

Допоміжні режими. Під час автоматизованої і ручної векторизації положення вузлів ліній (контурів), що вводяться, може автоматично уточнюватися відповідно до заздалегідь заданих особливостей лінії або контуру. Застосовуються такі опції уточнення:

1. *Поєднання з лінією вектора.* Якщо черговий поставлений вузол виявляється в безпосередній близькості від вузла або лінії раніше створеного векторного об'єкта, вузол поєднується з ними.

2. *Прямокутне скошення об'єкта.* Вузли контуру об'єкта зміщуються так, щоб з'єднувальна ламана лінія утворювала прямі задані кути.

3. *Паралельність вказаного відрізка,* забезпечується введенням лінії попередньо заданого базового відрізка.

Усі наведені режими можуть використовуватися одночасно.

Введення характеристик об'єктів в базу даних. Занесення атрибутівних даних, що характеризують об'єкт, у базу даних здійснюється в MapEDIT одночасно з векторизацією. Після закінчення введення чергового об'єкта цифрової векторної карти оператор може занести інформацію про об'єкт у базу даних. Тип об'єкта визначає структуру шляхом введення атрибутівних даних. Поля заповнюються значеннями, передбаченими для цього типу об'єкта за замовчуванням, або вводяться оператором. Для полів, які заповнюються оператором, може виконуватися перевірка шляхом введення значень.

Координування карти. Векторизатор MapEDIT забезпечує роботу з прямокутними й географічними системами координат. Підтримуються проекції Гаусса-Крюгера і конічні (рівнокутна, рівнопроміжна й рівновелика). Передбачена зміна параметрів проекцій користувачем.

Задання довільної кількості реперних точок із відомими координатами дає змогу отримати чітко визначену цифрову векторну карту й компенсувати деформації паперового оригіналу, обумовлені його друкуванням, зберіганням і скануванням. Для прискорення введення картографічних реперів передбачений імпорт їхніх координат із текстового файлу.

Перевірка топологічної коректності моделі даних. Векторизатор MapEDIT дає змогу перевіряти коректність топологічних відношень між об'єктами карти. Виправляти помилки можна як в автоматичному, так і в інтерактивному режимах. MapEDIT підтримує нетопологічну й топологічну (із поміченням полігонів) моделі подання цифрової векторної карти. Перевірка коректності топологічних відношень об'єктів виконується для обох моделей.

7.5.2 Easy Trace PRO 8.0

Технологія, реалізована в пакеті Easy Trace PRO, будується на мозаїчному растрово-векторному полі, фактично необмежених розмірів. Розміри окремих растрів можуть перевищувати 2 Гб і мати будь-яку глибину кольоровості.

Багатошарова растрова мозаїка може складатися з довільної комбінації растрів різної кольоровості й масштабу.

Кількість векторних шарів в Easy Trace PRO не обмежена. Зі свого боку, кожен шар може містити до мільйона об'єктів. Таким чином, на одному робочому місці можна зібрати векторне покриття цілого міста, що містить сотні тисяч об'єктів і пов'язаних із ними атрибутивних даних.

Виокремимо деякі головні можливості векторизатора Easy Trace PRO для кожного етапу технологічного ланцюжка перенесення картографічної інформації з паперу в ГІС.

Етап 1. Сканування і введення растрової інформації. Сканування растрів може бути виконано безпосередньо з векторизатора або можна завантажити наявні файли в форматах PCX, BMP, RLE, TIFF, JPEG, CALS, CIT і DIB. Файли можна відображати з прозорими пікселями, створюючи багатошарові растрові пакети.

Етап 2. Обробка (підготовка) растрів. Векторизатор Easy Trace PRO для цього етапу виконує функції геометричної корекції і фільтрації растрів, прив'язки растрів, об'єднання растрових фрагментів в єдине ціле; підтримує операції кольороподілу і створення пакета тематичних растрових шарів для кольорових растрів. За необхідності зашумлені растри можна відредагувати уручну.

Етап 3. Векторизація. Векторизатор Easy Trace PRO може працювати в таких режимах векторизації: автоматичному, напівавтоматичному (самонавчатися), ручному, ортогоналізованому, лінеарізованому. Можна також виконувати операції виокремлення меж заливок і відновлення меж заштрихованих областей. Під час векторизації можна одразу ж вводити атрибутивні дані, а для типових значень атрибутів можна задати гарячі клавіші.

Етап 4. Редагування, зшивання і верифікація векторних даних. На цьому етапі векторизатор забезпечує імпортування векторних даних із поширених ГІС для подальшого злиття векторних фрагментів в єдине ціле і одночасного їхнього редагування. Векторизатор має вбудовані засоби визначення помилок і корекції створюваних даних.

Етап 5. Експортування матеріалів у ГІС. Результати можуть бути експортовані в базові формати ГІС і САПР: SHP, DXF, MIF, GEN, DGN, CSV, ASC, TOP. При цьому для растрів також зберігаються файли геоприв'язки у форматах TFW, CPT і TAB.