

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОНИЩЕНКО СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ

ГЕОІНФОРМАТИКА І ГІС

Конспект лекцій

Одеса  
Одеський державний екологічний університет  
2016

**УДК** 681.518  
О58

Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету  
Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій (протокол №10 від 04.07. 2016 р.)

**Онищенко С.М.**

Геоінформатика і ГІС: конспект лекцій. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2016. 104 с.

В дисципліні розглядаються предмет досліджень геоінформатики, зв'язок геоінформатики з іншими дисциплінами, можливості застосування ГІС технологій, можливості сучасних ГІС пакетів, представлення атрибутивної та просторової інформації в ГІС, можливості тематичного картографування в ГІС, основні напрямки розширення аналітичних можливостей ГІС.

Конспект лекцій призначений для студентів IV курсу спеціальності "Комп'ютерних наук"

**ISBN 978-966-186-093-2**

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. СТАНОВЛЕННЯ ТА ЕТАПИ РОЗВИТКУ ГЕОІНФОРМАТИКИ	6
1.1 Поняття про геоінформатику та її зв'язок з іншими науками, технологіями і виробництвом	7
1.2 Огляд базових концепцій інформатики, її завдання основних понять	9
2. СТРУКТУРА І ФУНКЦІЇ ГІС	11
3. ВИДИ ДАНИХ В ГІС	16
3.1 Загальні підходи до подання просторових об'єктів в ГІС	16
3.2 Координатні дані	17
3.3 Атрибутивні дані	17
4. МОДЕЛІ ДАНИХ	19
4.1 Растрова модель даних	19
4.2 Векторна модель даних	21
4.3 Мережеві моделі	24
4.4 Різниця між векторної і растрової моделями	25
5 МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ	26
5.1 Псевдотривимірні моделі	26
5.2 Тривимірні моделі	30
6 ОСНОВНІ ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ГІС	32
6.1 Процес введення даних в ГІС	32
6.2 Особливості оцифровки геологічної карти	34
6.3 Перевірка помилок	34
6.4 Побудова топології	36
6.5 Генералізація	37
7. СУПУТНИКОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	39
7.1 Супутникова радіонавігаційна система NAVSTAR-GPS	39
7.2 Супутникова радіонавігаційна система «ГЛОНАСС»	41
8 КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІС	45
8.1 Засоби розробки ГІС	46
8.1.1 AutoCAD Map 3D 2010	46
8.1.2 ГІС "Карта 2011"	49
8.1.3 MapInfo Professional	53
8.1.4 Продукти ArcGIS Desktop	56
8.1.5 CREDO DAT	60
8.1.6 GeoniCS	64
8.1.7 PYTHAGORAS CAD+GIS	67
8.1.8 Digitals	69
8.1.9 Easy Trace Pro	71
8.1.10 MapEdit	73
8.1.11 Панорама-Редактор	75
8.1.12 ArcGIS Server	77

8.1.13 GIS WebServer	78
8.1.14 ENVI	81
8.1.15 ERDAS IMAGINE	83
8.1.16 INPHO	88
8.1.17 Leica Photogrammetry Suite	94
8.1.18 PHOTOMOD	98
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	104

## ВСТУП

Створення карт і географічний аналіз не є чимось абсолютно новим, однак технологія ГІС надає новий, більш відповідний сучасності, більш ефективний, зручний і швидкий підхід до аналізу проблем і вирішенню задач, що стоять перед людством у цілому, і конкретною організацією чи групою людей, зокрема. Вона автоматизує процедуру аналізу і прогнозу. До початку застосування ГІС лише одиниці мали узагальнення і повноцінний аналіз географічної інформації з метою обґрунтованого прийняття оптимальних рішень, заснованих на сучасних підходах і засобах.

Дані, що накопичуються людством про реальні об'єкти і події нашого світу, тією чи іншою мірою містять так названу «просторову» складову. Навіть, якщо ми говоримо про громадян нашої держави, то існуюча «прописка» гарантує «прив'язку» кожного громадянина до визначеної поштової адреси, що пов'язана з житловим будинком, який має точне положення на території міста. Просторовий аспект міститься в інформації яку мають будинки і споруди, земельні ділянки, водні, лісові й інші природні ресурси, транспортні магістралі й інженерні комунікації. Аварії на комунікаціях також пов'язані з визначенням місця в просторі. Отже, вся інформація по тих чи іншим об'єктах має постійні чи змінні просторові координати. Не можна знайти реальний матеріальний об'єкт чи подію, що пов'язані з об'єктом, які б не мали координат на поверхні Землі, і які не можна було б відобразити на карті. Цифрова карта в порівнянні з паперовою картою має багато додаткових і корисних властивостей. Звичайно, її можна легко масштабувати, рухати в будь-якому напрямку, додавати до неї або знищувати об'єкти, друкувати будь-які фрагменти території і т.п. Однак комп'ютерна або цифрова карта має й інші властивості. Вибравши об'єкт можна запросити атрибутивну інформацію про цей об'єкт (наприклад, висоту і площу будинку, рік будівлі й ін.). Існують і операції іншого роду, наприклад, вибрати всі об'єкти, крім тих, котрі задовольняють визначені умови, Однак і це не все. Оскільки по кожному об'єкту, відображеному на цифровій карті, у пам'яті комп'ютера зберігається атрибутивна (описова) інформація, то її можна обробити, наприклад, статистичними методами і відбити результати такого аналізу, безпосередньо «наклавши» їх на карту. Карта може розфарбуватися в різні кольори в залежності від значення параметра, що відноситься до визначеної ділянки відображуваної території. Так виробляють, карти, які ми знаємо в паперовому виді як тематичні. Результати статистичної обробки інформації, будучи накладеними, наприклад, на карту міста, дозволяють виявити деякі, дуже корисні закономірності. Так, становить великий інтерес для відповідних служб розподіл хвороб по районах міста, кварталах і навіть житлових будинках. Співставлення результатів аналізу з екологічною картою, картою енергетичних потоків біогенного характеру

та інше дозволяє знаходити взаємозв'язок між причинами (факторами) і наслідками (хворобами), більш «адресно», з'ясовувати причини локалізації захворювань на конкретній ділянці території. Інший приклад: розподіл цін на об'єкти нерухомості залежить від фізичних характеристик об'єкта (план, матеріал стін, площа), а також від того, у якій частині міста знаходиться ця нерухомість, як далеко вона розташована від центрів впливу (великих транспортних вузлів, торгових центрів), які екологічні умови в даному районі, геологічна обстановка і т.д. Ріелторські фірми ведуть по кожному об'єкту нерухомості бази даних з характеристиками. Побудувавши карту розподілу цін на житло, місцевій владі можна здійснювати продумані заходи щодо регулювання ринку нерухомості. Виграють від використання цифрової карти і інженерні служби. Вони можуть записувати по кожному елементу інженерних комунікацій різноманітну описову інформацію (аж до схем), і потім керувати нею. Нанесення на карту міста інформації про місця аварій інженерних комунікацій, їх характер, частота і т.д. дозволяє виявити, якого роду фактори, що пов'язані з територією, призводять до підвищеної аварійності комунікацій. У середовищі ГІС зручно відображати генплани заводів, плани цехів, приміщень, технологічні схеми руху виробів між технологічними підсистемами, моделювання технологічних процесів, розгорнутих у просторі і т.п.

Якщо обійтися без визначень, а обмежитися описом, то ця технологія поєднує традиційні операції при роботі з базами даних, такими як запит і статистичний аналіз, з перевагами повноцінної візуалізації і географічного (просторового) аналізу, що надає карта. Ці можливості відрізняють ГІС від інших інформаційних систем і забезпечують унікальні можливості для її застосування в широкому спектрі задач, пов'язаних і аналізом і прогнозом явищ і подій навколишнього світу, з осмисленням і виділенням головних факторів і причин, а також їх можливих наслідків, із плануванням стратегічних рішень і наслідків дій, що починаються. В даний час ГІС - це багатомільйонна індустрія. ГІС вивчають у школах, коледжах і університетах. Цю технологію застосовують практично в усіх сферах людської діяльності - будь то аналіз таких глобальних проблем як перенаселення, забруднення території, скорочення лісових угідь, природні катастрофи, так і рішення приватних задач, таких як пошук найкращого маршруту руху між пунктами, підбір оптимального розташування нового офісу, пошук будинку за його адресою, прокладка трубопроводу чи лінії електропередачі на місцевості, різні муніципальні задачі, типу реєстрації земельної власності.

# 1 СТАНОВЛЕННЯ ТА ЕТАПИ РОЗВИТКУ ГЕОІНФОРМАТИКИ

Проблема отримання, зберігання, обробки та використання інформації про території, виділилася в окрему науково-технологічну дисципліну - геоінформатику. На цій науці базуються і удосконалюються картографічні і нові геоінформаційні методи досліджень.

Геоінформатика, як область діяльності, виникла в другій половині ХХ століття, у зв'язку з розвитком електронно-обчислювальної техніки і появою перших геоінформаційних систем.

В історії геоінформаційних систем виділяються чотири періоди:

1. Піонерний період (кінець 1950-х – початок 1970-х гг.):

Дослідження принципів можливостей, межових областей знань і технологій, напрацювання емпіричного досвіду, перші великі проекти і теоретичні роботи.

2. Період державних ініціатив (початок 1970-х – початок 1980-х рр.):

Розвиток великих геоінформаційних проектів, підтримуваних державою, формування державних інститутів у області ГІС, зниження ролі і впливу окремих дослідників і невеликих груп.

3. Період комерційного розвитку (ранні 1980-ті – теперішній час):

Широкий ринок різноманітних програмних засобів, розвиток настільних ГІС, розширення сфери їх застосування за рахунок інтеграції з базами непросторових даних, поява мережових додатків, поява значного числа непрофесійних користувачів, системи, що підтримують індивідуальні набори даних на окремих комп'ютерах, відкривають шлях системам, які підтримують корпоративні та розподілені бази геоданих.

4. Користувальницький період (з кінця 1980-х по теперішній час):

Підвищена конкуренція серед комерційних виробників геоінформаційних технологій та послуг дає переваги користувачам ГІС; доступність і «відкритість» програмних засобів дозволяє користувачам самим адаптувати, використовувати і навіть модифікувати програми, поява користувальницьких клубів, телеконференцій, територіально роз'єднаних, але пов'язаних єдиною тематикою користувальницьких груп; зросла потреба у геоданих; початок формування світової геоінформаційної інфраструктури.

Сьогодні геоінформатика постає у вигляді системи, що охоплює науку, техніку і виробництво. З огляду на особливості геоінформатики, з точки зору цих трьох систем, трактування підходів у геоінформатиці та самих геоінформаційних систем зводиться до наступного:

1. Науково-користувальницький підхід. Геоінформатика - наукова дисципліна, що вивчає природні та соціально-економічні системи (їх структуру, зв'язки, динаміку, функціонування у просторі і в часі) за

допомогою комп'ютерного моделювання, на основі баз даних і географічних знань. Основна мета геоінформатики, як науки - це управління подібними системами у широкому розумінні, включаючи їх інвентаризацію, оцінку, прогнозування, оптимізацію. ГІС - засіб моделювання і пізнання таких систем.

2. Технологічний підхід. Геоінформатика – це технологія збору, зберігання, перетворення, відображення і поширення просторово координованої інформації, що має мету забезпечити вирішення завдань інвентаризації, оптимізації, управління геосистемами. ГІС - технічний засіб накопичення та аналізу інформації у процесі прийняття рішень.

3. Виробничий підхід. Геоінформатика – виробництво (геоінформаційна індустрія), що має на меті виготовлення апаратних засобів і програмних продуктів, включаючи створення баз і банків даних, систем управління, стандартних (комерційних) ГІС різного цільового призначення і проблемної орієнтації, формування ГІС-інфраструктури та організація маркетингу. ГІС - програмна оболонка, яка реалізує геоінформаційні технології.

Основним призначенням ГІС вважається формування знань про процеси та явища на земній поверхні і застосування цих знань для вирішення практичних завдань у всіх сферах людської діяльності.

Будь-яка ГІС складається з таких взаємопов'язаних компонентів:

- **Цифрові дані** – географічна інформація, яку Ви переглядаєте і аналізуєте, використовуючи апаратне і програмне забезпечення.
- **Апаратне забезпечення** – комп'ютери, які використовуються для зберігання, відображення і обробки даних.
- **Програмне забезпечення** – комп'ютерні програми, що виконуються на апаратному забезпеченні та дозволяють працювати з цифровими даними. Програмне забезпечення, що є частиною геоінформаційної системи, називається ГІС-додатком.

### **1.1 Поняття про геоінформатику та її зв'язок з іншими науками, технологіями і виробництвом**

Під геоінформатикою мають на увазі науково-технічний комплекс, який об'єднує геоінформатику, технологію і прикладну діяльність, які пов'язані з розробкою і реалізацією ГІС. Даний комплекс формується на стику географії, інформатики, теорії інформаційних систем, картографії та інших дисциплін із залученням системного підходу і новітніх досягнень в області обчислювальної техніки (рис.1.1).



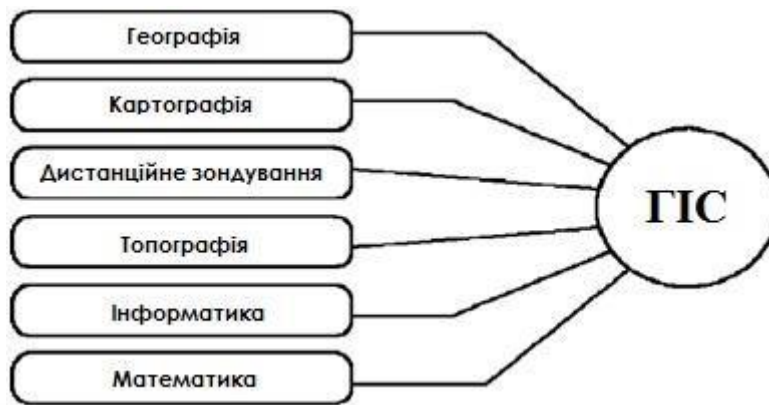


Рис. 1.1 Зв'язок ГІС з науковими дисциплінами і технологіями

Геоінформатика вивчає принципи, техніку і технологію отримання, накопичення, передачі, обробки та подання даних і як засіб отримання на їх основі нової інформації і знань про просторово-часових явища.

Термін *геоінформатика* в англomовному світі не має великого поширення. Значно частіше використовується «GIS technology» (ГІС-технології). ГІС - географічні інформаційні системи, або просто геоінформаційні системи.

Геоінформатика розташовується в одному ряду з методами (математичними, картографічними, дистанційного зондування та ін.) і по'язується з науками про землю, геологією, ґрунтознавством, лісознавством, географією, економікою, біологією і т.д.

Сфера діяльності геоінформатики пов'язана з картографією і дистанційним зондуванням, а також стосується фотограмметрії, топографії.

У свою чергу, взаємозв'язок картографії і геоінформатики проявляється в таких аспектах:

1. тематичні і картографічні карти - як головне джерело просторово-часової інформації.
2. системи географічних і прямокутних координат - які служать основою для координатної прив'язки (географічної локалізації) всієї інформації, що надходить і зберігається в ГІС.
3. засоби картографії - як основа географічної інтерпретації та організації даних дистанційного зондування та іншої використовуваної в ГІС інформації (статистичної, аналітичної і т.п.).
4. картографічний аналіз - один з найбільш ефективних методів виявлення географічних закономірностей, зв'язків, залежностей при формуванні баз знань, що входять в ГІС.
5. математико-картографічної та комп'ютерно-картографічне моделювання - як головний засіб перетворення інформації в процесі

прийняття рішень, управління проведення експертиз, складання прогнозів розвитку геосистем і т.п.

6. картографічне зображення - як доцільна форма подання інформації споживачам.

## **1.2 Огляд базових концепцій інформатики, її завдання основних понять**

Предмет геоінформатики – просторово-часові інформаційні потоки природно-географічного середовища.

Метод геоінформатики – просторово-часове моделювання територіально-розподілених (географічних) емпіричних (об'єктивно існуючих) систем будь-якої природи з використанням відповідних ГІС-технологій в різних наукових і практичних цілях.

Як наука геоінформатика розглядає управління геосистемами, включаючи їх інвентаризацію, оцінку, прогнозування, оптимізацію і т.п.

Як виробництво і технологія геоінформатика (геоінформаційна індустрія) розглядає процеси виготовлення апаратури, створення комерційних програмних продуктів і ГІС-оболонки, баз даних, систем управління, комп'ютерних систем.

Одно з основних призначень ГІС-підтримка прийняття рішень і управління.

Як системи управління ГІС призначені для забезпечення процесу прийняття рішень з оптимального управління землями, ресурсами і міським господарством, організації транспорту і роздрібною торгівлі, використання океанів і інших просторових об'єктів.

Як геосистеми, ГІС Інтегрують технології збору інформації таких систем як: географічні інформаційні системи (ГІС), системи картографічної інформації (СКІ), автоматизовані системи картографування (АСК), автоматизовані фотограмметричні системи (АФС), земельні інформаційні системи (ЗІС), автоматизовані кадастрові системи (АКС) та т.д.

Як системи, які використовують бази даних, ГІС характерні широким набором даних, зібраних за допомогою різних методів і технологій. При цьому слід підкреслити, що вони об'єднують в собі можливості текстових і графічних баз даних.

Як системи моделювання ГІС, використовують максимальну кількість методів і процесів моделювання, що застосовуються в інших автоматизованих системах і, в першу чергу, в САПР.

Як системи отримання проектних рішень ГІС багато в чому використовують концепції та методи автоматизованого проектування і вирішують ряд спеціальних проектних завдань, які в типовому

автоматизованому проектуванні не зустрічаються.

Як системи подання інформації ГІС є розвитком автоматизованих систем документаційного забезпечення з використанням сучасних технологій Multimedia. Вони мають засоби ділової графіки і статистичного аналізу і, додатково до цього, засоби тематичного картографування. Саме ефективність останнього забезпечує різноманітне вирішення задач в різних галузях при використанні інтеграції даних на основі картографічної інформації.

Як прикладні системи ГІС не мають собі рівних по широті, оскільки використовуються в транспорті, навігації, геології, географії, військовій справі, топографії, економіці, екології і т.д.

ГІС як системи масового використання дозволяють використовувати картографічну інформацію на рівні ділової графіки, що робить її доступною будь-кому. Саме тому прийняття багатьох рішень на основі ГІС-технологій не зводиться до створення карт, а лише використання картографічних даних.

## 2. СТРУКТУРА І ФУНКЦІЇ ГІС

В кінці ХХ століття, завдяки активній автоматизації та комп'ютеризації, інформатизація проникла в усі сфери науки і практики - від шкільної освіти до високої державної політики.

На базі інформаційних технологій створені географічні інформаційні системи (ГІС) – особливі апаратно-програмні комплекси, що забезпечують збір, обробку, відображення і поширення просторово координованих даних. Однак з основних функцій ГІС - створення і використання комп'ютерних (електронних) карт, атласів та інших картографічних добутоків.

Перша ГІС була розроблена в Канаді на базі ЕОМ і пакетної системи обробки даних на початку 1960-х рр. Пізніше стало розроблятися спеціальне програмне забезпечення для вирішення різних геоінформаційних задач.

В середині 1980-х рр. були створені програмні продукти для систем автоматизованого проектування (САПР), за допомогою яких проводилося автоматизоване складання карт. З'явилася можливість створювати системи пошарового типізованого уявлення креслень і інших зображень.

Поява інтегрованих програмних продуктів та інформаційних систем, що дозволяють здійснювати інтеграцію різних видів інформації, ознаменувало на початку 1990-х рр. новий етап у розвитку ГІС як автоматизованої інтегрованої інформаційної системи.

В даний час в рамках ГІС досліджується не тільки географічна інформація, але і всі процеси і явища, які відбуваються на земній поверхні. Сучасні ГІС є інтегрованими, оскільки поєднують в собі як дані, так і технології.

У промислово розвинених країнах існують тисячі ГІС, використовуваних в економіці, політиці, екології, науки, освіти і т.д.

В створенні ГІС беруть участь багато міжнародних організацій (ООН, ЮНЕСКО та ін.), урядові установи, міністерства, відомства, приватні фірми, науково-дослідні інститути та університети.

В багатьох країнах утворені національні та регіональні органи, в задачі яких входить розвиток ГІС, а також визначення державної політики в області геоінформатики.

Прийнято розрізняти такі територіальні рівні ГІС і відповідні їм масштаби (табл. 2.1).

ГІС поділяються й за проблемною орієнтацією (тематикою): створені спеціалізовані земельні інформаційні системи (ЗІС), кадастрові (КІС), екологічні (ЕГІС), навчальні, морські, і багато інших систем.

Таблиця 2.1 Територіальні рівні ГІС

Вид ГІС	Охоплення території	Масштаби
Глобальні	$5 \cdot 10^8 \text{ км}^2$	1:10 000 000 – 1:100 000 000
Національні	$\frac{4}{10} - \frac{7}{10} \text{ км}^2$	1:1 000 000 – 1:10 000 000
Регіональні	$\frac{3}{10} - \frac{5}{10} \text{ км}^2$	1:100 000 – 1:2 500 000
Муніципальні	$\frac{3}{10} \text{ км}^2$	1:100 000 – 1:1 000 000
Локальні (заповідники, національні парки та ін.)	$\frac{2}{10} - \frac{3}{10} \text{ км}^2$	1:1000 – 1:50 000

До обов'язкових ознак ГІС відносяться:

- географічна просторова прив'язка даних;
- генерування нової інформації на основі синтезу наявних даних;
- відображення просторово-часових зв'язків об'єктів;
- забезпечення прийняття рішень;
- можливість оперативного оновлення баз даних за рахунок нової інформації.

Буд-яка ГІС базується:

- на апаратних засобах - різних типах комп'ютерів;
- програмному забезпеченні - програмних продуктах, що забезпечують зберігання, аналіз, візуалізацію просторової інформації й т.п.;
- інформаційному забезпеченні – даних про географічне положення, включаючи матеріали дистанційного зондування, кадастру і т.п.

Управління ГІС здійснюють користувачі, які розробляють й підтримують систему або просто вирішують поставлені завдання.

Структуру ГІС зазвичай представляють як набір інформаційних шарів. Шар - це сукупність однотипних просторових об'єктів, що відносяться до однієї теми або класу об'єктів в межах певної території й в системі координат, загальних для набору шарів. Геоінформаційна структура даних в ГІС представлена на рис. 2.1.

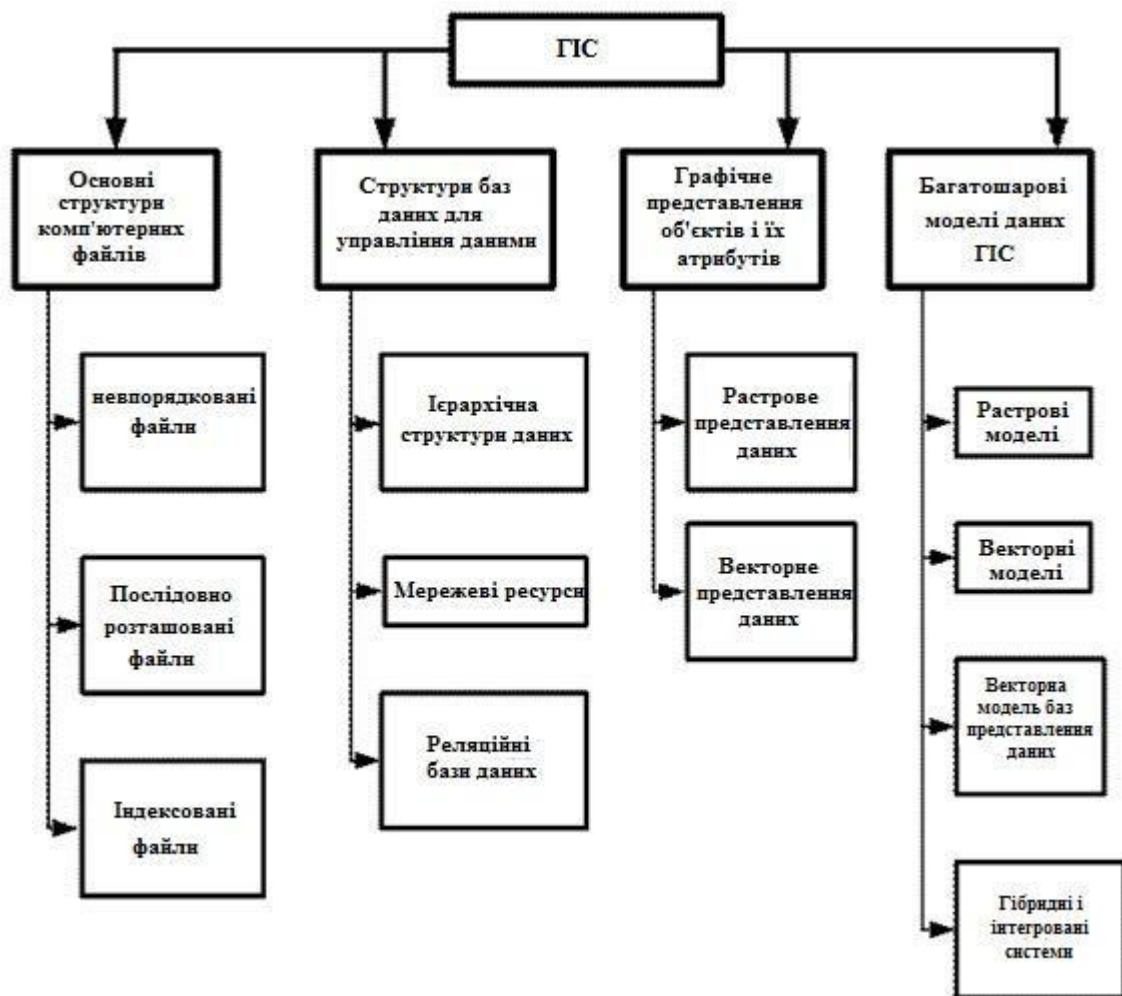


Рис. 2.1 Геоінформаційна структура даних в ГІС

Оснoву будь-якої ГІС становить автоматизована картографічна система - комплекс приладів й програмних засобів, що забезпечують створення й використання карт, яка складається з ряду підсистем, найважливіші з яких є підсистеми введення, обробки й виведення інформації.

Функціональні можливості ГІС різноманітні, основні з них:

- введення в комп'ютер цифрових даних;
- перетворення даних, трансформація картографічних проєкцій, конвертація даних в різні формати;
- зберігання й управління даними;
- картометричні операції та ін.

Функції ГІС предоставлені на рис. 2.2.

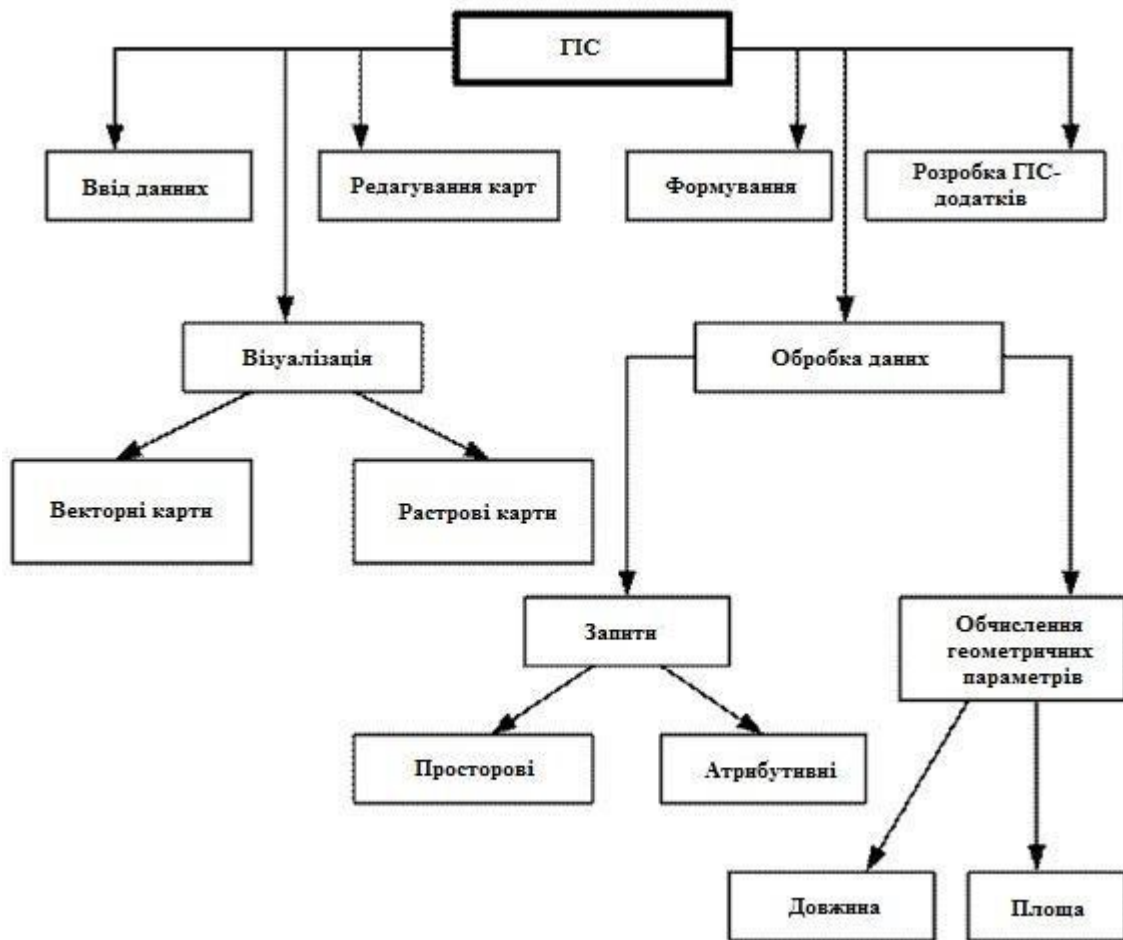


Рис. 2.2 Функції ГІС

У ГІС всі об'єкти представлені просторовими об'єктами, які поділяються на чотири типи: точки, лінії, області й поверхні. Разом вони можуть представляти більшість природних й соціальних феноменів, які ми зустрічаємо кожен день. В рамках ГІС об'єкти реального світу явно представляються трьома типами об'єктів із зазначених. Точки, лінії й області можуть представлятися відповідними символами, поверхні же представляються найчастіше або висотами точок, або контурами рельєфу або іншими комп'ютерними засобами.

Точкові об'єкти - це такі об'єкти, кожен з яких розташований тільки в одній точці простору, наприклад, дерева, позначки висот і мн. ін. А про такі об'єкти говорять, що вони дискретні, в тому сенсі, що кожен з них може займати в будь-який момент часу тільки певну точку простору. З метою моделювання вважають, що у таких об'єктів немає просторової протяжності, довжини або ширини, але кожен з них може бути позначений координатами свого місця розташування. Кажуть, що точки мають нульове кількість просторових вимірів. Насправді, звичайно, все точкові об'єкти мають деяку просторову протяжність, нехай найменшу, інакше ми просто не змогли б їх побачити.

Лінійні об'єкти представляються як одномірні в нашому координатному просторі. Такими «одновимірними» об'єктами можуть бути дороги, ріки, межі, будь-які інші об'єкти, які істотно довгі й вузькі.

Полігони або площинні об'єкти представляються як двовимірні в координатному просторі, тобто. У них є довжина та ширина. Ними можуть бути озера, поля, будівлі і т.п.

Карти призначені для того, щоб представляти не тільки об'єкти на її поверхні, але і форму Землі. Глобус - традиційний спосіб відображення форми Землі. Картографи розробили набір методів, які називаються картографічними проєкціями, які призначені для зображення з прийнятною точністю сферичної Землі на плоскому носії. Кожен з цих методів, як спочатку здавалося, створює так зване сімейство проєкцій. Сьогодні процес проєктування сферичної поверхні на плоский носій виконується з використанням методів геометрії і тригонометрії, які відтворюють фізичний процес проєктування світла через глобус.

Найбільш широко поширеною в ГІС системою проєкцій і координат є універсальна поперечна Меркатора. Вона використовується в більшості робіт з дистанційним зондуванням, підготовці топографічних карт, побудові баз даних природних ресурсів, так як вона забезпечує точні вимірювання в метричній системі, прийнятої в більшості країн і науковим співтовариством в цілому. У ній основною одиницею вимірювання довжини є метр.

Однак для опису картографічної інформації недостатньо тільки метричних параметрів-координат. Тому для визначення тематичних і тимчасових характеристик застосовується атрибутивна інформація.

Атрибут - це елементарне дані, які описують властивість будь-якого елементу моделі (об'єктами поняття). Атрибутами можуть бути символи (назви), числа (що відображають статистичні характеристики), графічні ознаки (колір, малюнок, графічна структура контуру і т. П.). Ними також зручно відображати тимчасові параметри. Зазвичай атрибути групують у вигляді спеціальних таблиць, що вельми зручно для організації взаємопов'язаного координатного і атрибутивного описів. Це обумовлено тим, що саме в таблиці можуть зберігатися як координати об'єктів (координатні дані), так і описові характеристики-атрибути. За допомогою атрибутів можна впорядковувати і типізувати дані, проводити аналіз баз даних з використанням різних алгоритмів. Таблиці виробляють суворе ранжування параметрів, що визначають різні ознаки об'єктів, оскільки кожному об'єкту відповідає рядок в таблиці, а кожній тематичній ознаці відводиться свій стовпець.

Точність обчислення в ГІС може бути дуже висока, тобто значно перевершувати точність самих даних. Тому важливе значення має приділятися отриманню первинних, вихідних даних - саме вони перш за все потребують достовірності, повноти.



### **3. ВИДИ ДАНИХ В ГІС**

Дані реального світу, які відображаються в геоінформаційних системах (ГІС), можна розглядати з точки зору просторового розташування, часових характеристик і описової (тематичної) інформації. У більшості технологій ГІС для визначення місця використовують один клас даних - координати, для опису параметрів часу і тематичних характеристик застосовується інший клас даних - атрибут.

#### **3.1 Загальні підходи до подання просторових об'єктів в ГІС**

Представлення просторових об'єктів реальної дійсності засноване на таких припущеннях.

- Просторові дані складаються з цифрових відображень реально існуючих дискретних просторових об'єктів.
- Властивості, показані на карті, наприклад, озера, будівлі, контури повинні розумітися як дискретні об'єкти.
- Зміст карти може бути зафіксовано в базі даних шляхом перетворення властивостей карти в просторові об'єкти.
- Багато властивостей, які показані на карті, насправді віртуальні. Наприклад, контури або межі реально не існують, але будівлі і озера - реальні об'єкти.

Вміст бази просторових даних включає:

1. цифрові версії реально існуючих об'єктів (наприклад, будівель)
2. цифрові версії штучно виведених властивостей карти (наприклад, контури);
3. штучні об'єкти, створені спеціально з метою побудови бази даних (наприклад, пікселі)

Деякі властивості просторових об'єктів існують всюди, змінюються безперервно над землею поверхнею (висота, температура, атмосферний тиск) і не мають реально представлених меж.

Безперервна мінливість може бути представлена в базі даних декількома способами:

- За допомогою величин вимірів в деяких характерних пунктах (точках), наприклад, метеостанції і пости;
- За допомогою описів профілів (трансект);
- За допомогою поділу площі на контури, зони, вважаючи при цьому, що деяке значення властивості всередині контуру (зони) є величина постійна;

- За допомогою побудови ізоліній, наприклад, горизонталей для відображення рельєфу.

Кожен з цих способів створює дискретні об'єкти, які можуть бути зафіксовані у вигляді точок, ліній, площ.

### 3.2 Координатні дані

Координатні дані - це цеглинки, з яких будується зображення на карті. Вони описують форму і положення об'єктів в просторі. У ГІС включають такі основні типи координатних даних: точка (вузли, вершини), лінія (незамкнута), полігон (замкнута лінія або набір ліній).

*Точкові об'єкти* - є найпростішим типом просторових об'єктів. Положення кожної точки в просторі задається парою координат (x, y). Атрибутивні дані зберігаються окремо.

Вибір об'єктів, які подаються у вигляді точок, залежить від масштабу карти. Наприклад, на великомасштабній карті точками показуються місця відбору проб, а на дрібномасштабній - родовища.

*Лінійні об'єкти* - складаються з послідовності точок, прямих відрізків або дуг, які з'єднують їх. Крайні точки ліній називають вузлами. Якщо для точкових об'єктів необхідно вказувати одну пару координат, то для лінійних - кілька, для кожної вершини.

Лінійні об'єкти часто застосовують для опису мереж. Лінійні об'єкти, як і точкові, мають свої атрибути.

*Полігональні об'єкти* - так само, як і лінійні складаються з послідовності точок і ланок, причому, початковий і кінцевий вузли збігаються

Перераховані об'єкти, звані елементарними, використовують всі ГІС. На практиці для побудови реальних об'єктів використовують також велику кількість складових моделей: мультиточка, маршрути, регіони і т.д. Такі об'єкти, будучи єдиним цілим, складаються з декількох елементарних об'єктів одного типу.

Складові об'єкти і терміни, що застосовуються для їх опису, в різних ГІС трохи відрізняються.

### 3.3 Атрибутивні дані

Картографічні об'єкти, крім метричних властивостей, мають деяку властиву їм описову інформацію (назви родовищ, дані аналізу зразків, вік і склад порід і т.д.). Характеристики об'єктів, що входять до складу цієї інформації, називають атрибутами. Таблиця, що містить атрибути об'єктів, називається *таблицею атрибутів*. Кожному об'єкту відповідає рядок таблиці, кожній тематичній ознаці - стовпець таблиці. Клітинка таблиці

відображає значення певної ознаки певного об'єкта.

Застосування атрибутів дозволяє здійснювати аналіз об'єктів бази даних з використанням стандартних форм запитів і різного роду фільтрів, а також виразів математичної логіки. Останнє ефективно при тематичному картографуванні. Крім того, за допомогою атрибутів можна типізувати дані і впорядковувати опис для широкого набору некоординатних даних.

Виділяють такі типи атрибутивних даних: *категорії, ранги, кількість, значення, відношення*.

*Категорії* дозволяють поділити дані за якісною ознакою (склад порід, металевий тип родовищ і т.д.). Вони можуть зберігатися у вигляді тексту або числових кодів, яким відповідає текстовий опис в класифікаторі. Другий спосіб краще з точки зору економії місця, часу на введення даних і коректності їх обробки (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Основні види атрибутивних даних

Категорії	Ранги	Кількість і значення		Відношення
Вмісних порід	Придатність для відпрацювання	Кількість знаків Au	Обсяг проби, м <sup>3</sup>	Склад Au на 1 м <sup>3</sup>
Піщаник	Непридатний	10	2	5
Вапняк	Малоприсадаєний	3	0,5	6
Аргилит	Придатний	5	0,5	10

*Ранги* розставляють об'єкти в ряди згідно зростанню якої-небудь ознаки. Це напівкількісний розподіл. Він застосовується, коли прямі вимірювання неможливі, можливо лише порівняння за критерієм "більше / менше". Так, при складанні прогнозних карт поділяють стратиграфічні підрозділи за ймовірністю знаходження в них родовищ цікавого для нас типу. Ранжувати дані можна, ґрунтуючись на значенні якого-небудь ознаки. Наприклад, перспективність геологічної формації на виявлення золоторудних родовищ залежить від кількості вже відкритих об'єктів, пов'язаних з цією формацією.

*Кількість і значення* показують кількісну інформацію. Перші зберігаються у вигляді цілих чисел (кількість знаків золота в шлісі), другі - можуть бути дробовими (вміст миш'яку в пробі).

Відносини показують зв'язок між двома ознаками і виходять шляхом ділення однієї ознаки на другу (наприклад, густота: відношення кількості об'єктів до площі території). Вони використовуються для більш акуратного показу розподілу ознаки. Якщо шліхові проби брали різного об'єму, зрозуміло, що просто кількість знаків золота в шліху буде не точним відображенням реальної картини поширення золота. Необхідно цю кількість поділити на об'єм проби.

## 4. МОДЕЛІ ДАНИХ

Дані в ГІС можуть мати растрове або векторне подання, причому векторне подання може містити або не містити топологічні характеристики. Всі ці моделі взаємно перетворені. Крім цього, слід зазначити GRID і TIN-моделі для відображення географічних полів і тривимірних об'єктів.

Між векторними і растровими зображеннями є велика різниця, характерна саме для ГІС. Растрові моделі відображають поля даних, тобто носять польовий (безперервний) характер. Векторні моделі в ГІС, як правило, відображають об'єкти, тобто мають об'єктний (локалізований) характер.

### 4.1 Растрова модель даних

Модель даних, іменована растровою замість застарілого найменування матричної моделі даних, має аналогії в комп'ютерній графіці, де растр - прямокутні ґрати, які розбивають зображення на складові однорідні неподільні частини, звані пікселями, кожному з яких поставлений у відповідність певний код, який зазвичай ідентифікує колір в тій або іншій системі кольорів (колірної моделі). З безлічі значень логічних пікселів складається цифрове зображення. Растрова модель даних в ГІС передбачає розбиття простору (координатної площини) з вміщеними в ньому просторовими об'єктами на аналогічні пікселям дискретні елементи, впорядковані у вигляді прямокутної матриці. Для цифрового опису (позиціонування) точкового об'єкта при цьому буде досить вказати його приналежність до того чи іншого елемента дискретизації, враховуючи, що його положення однозначно визначено номерами стовпця і рядка матриці (при необхідності координати пікселя, або його центроїда, або будь-якого кута можуть бути обчислені). Пікселу присвоюється цифрове значення, яке визначає ім'я або семантику (атрибут) об'єкта.

Точність растрових даних обмежується розміром комірки. Такі структури є зручним засобом аналізу і візуалізації різного роду інформації.

Простота машинної реалізації операцій з растровими даними знаходиться в протиріччі з іншою головною їх особливістю - значними витратами машинної пам'яті, необхідної для їх зберігання. Растрова модель особливо добре підходить для представлення явищ реального світу, які мають неперервний розподіл, наприклад температури поверхні Землі. Растр – це набір прямокутних (найчастіше квадратних) осередків - пікселів і може бути представлений як прямокутна матриця чисел подібно двовимірним масивам в мовах програмування. Для зберігання інформації в растровій моделі можна користуватися простою файловою структурою з

прямою адресацією кожного пікселя.

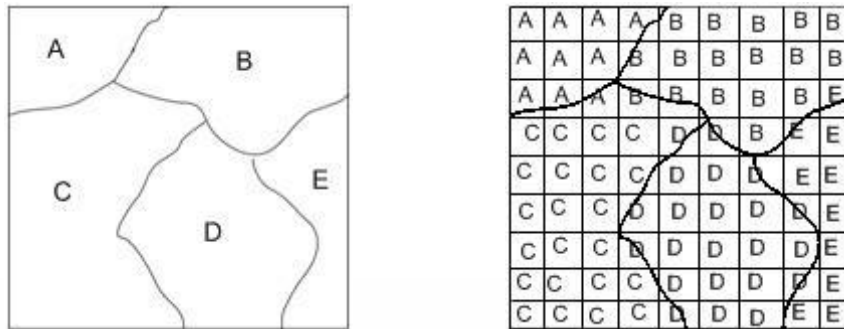


Рис. 4.1. Растрова структура даних

Растрова модель широко використовується при безпосередній обробці і аналізі цифрових зображень, отриманих за даними дистанційного зондування Землі, а також для вирішення багатьох прикладних задач, зокрема моніторингу стану навколишнього середовища. При моделюванні простору в растровому форматі основні труднощі пов'язані з тим, що просторові об'єкти можуть бути представлені з великою точністю тільки за рахунок зменшення розміру пікселя, що веде до збільшення вартості зберігання інформації. Основна перевага растрового зображення полягає в злитті графічної і атрибутивної інформації в єдину регулярну структуру.

Растр може містити один з трьох типів інформації. Растр з *тематичними даними* описує територію якісно, тобто дає уявлення про те, які властивості поверхні в даній точці. Наприклад, можливі такі градації значень тематичного растра для гірських порід: магматичні, метаморфічні, осадові. *Спектральні дані* дають кількісну характеристику, демонструють якою є величина однієї властивості в даній точці. Прикладом можуть служити варіації магнітного поля або вміст миш'яку, що мають певне значення в кожній точці. І, нарешті, просто фотографії, скановані карти та інші *графічні дані* несуть тільки візуальну інформацію.

Поняття, використовувані в растровій ГІС:

*1. Розділення.* Мінімальна лінійна розмірність найменшої одиниці географічного простору, для якої можуть бути наведені будь-які дані. У растровій моделі даних найменшою одиницею для більшості систем виступає квадрат або прямокутник. Такі одиниці відомі як сітка, комірка або піксель. Безліч комірок утворює ґрати, растр, матрицю.

*2. Площаний контур (Зона).* Набір суміжних розташувань однакової властивості. Термін «клас» (або район) часто використовується по відношенню до всіх самостійних зон, які мають однакові властивості. Основними компонентами зони є її значення і місце розташування.

3. *Значення.* Одиниця інформації, що зберігається в шарі для кожного пікселя або комірки. Комірки однієї зони (або району) мають однакове значення.

4. *Місцезнаходження.* Найменша одиниця географічного простору, для якої можуть бути наведені будь-які характеристики або властивості (піксель, комірка). Така частка картографічного плану однозначно ідентифікується упорядкованою парою координат - номерами рядка і стовпця.

## 4.2 Векторна модель даних

Векторна структура - це зображення просторових об'єктів у вигляді набору координатних пар (векторів), що описують геометрію об'єктів.

В основі векторного методу формалізації просторових даних лежить точка (point) - первинний графічний елемент з координатами  $(x, y)$ , чие місце розташування відомо із заданою точністю. Дві точки з координатами  $(x, y)$  і  $(x_1, y_1)$  формують лінію (line) - відрізок прямої, яка з'єднує ці точки, а замкнута послідовність ліній - полігон (polygon). Приклад векторного зображення просторових об'єктів (рис. 4.2).

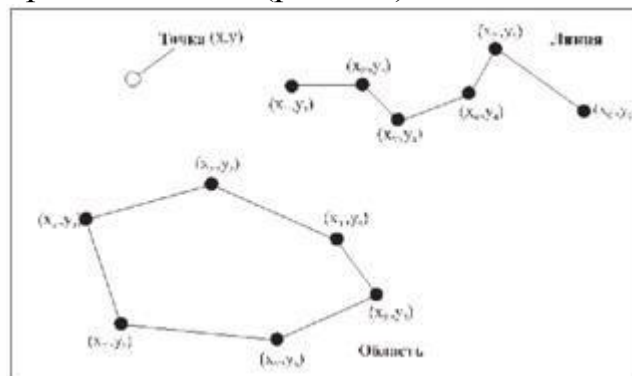


Рис. 4.2 Векторне подання просторових об'єктів

Сукупність цих елементів повністю достатня для опису форми як лінійного, так і майданні картографічних об'єктів, що в цьому випадку кодуються як сукупність координат точок, які апроксимують форму підлеглого об'єкта, наприклад, адміністративного кордону, русла річки або контуру (межі) територіального об'єкта, наприклад, території землекористування, населеного пункту, басейну річки тощо. Цей спосіб векторного зображення метричних даних, названий *точковою полігональною структурою*, відповідає початковому періоду розвитку ГІС-технології. Основний недолік цього способу полягає в відсутності топологічної інформації про взаємне розташування об'єктів, яке змушує при введенні метричних даних за допомогою дигітайзера проводити повний обхід кожного полігону. Це призводить до подвійного проходження по

загальних для двох суміжних полігонів межах, що зобумовлює значне збільшення витрат часу на введення, а також до появи двох меж просторових, які не збігаються через неточності позиціонування дигітайзера

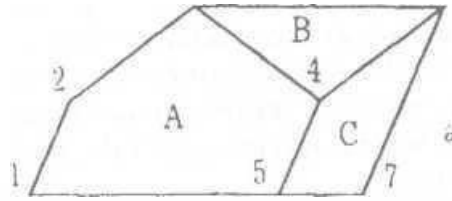


Рис. 4.3 - Зображення картографічних даних з використанням точкової полігональної структури

В кінці 60-х років була розроблена структура збереження просторової інформації, названа за першими літерами слів Dual Independent Map Encoding, - DIME структурою. Основним елементом DIME структури є сегмент - послідовність ліній, яка починається і закінчується вузловими точками. Під вузловою точкою розуміється точка перетину трьох і більше ліній. В рамках цієї структури кожен сегмент кодується трьома компонентами: ідентифікатором (унікальним індексом) сегмента, номерами початкової (from) і кінцевої (to) вузлових точок сегмента й ідентифікаторами полігонів, які примикають до цього сегмента зліва (left polygon) і справа (right polygon).

Подальшим розвитком DIME структур є векторні структури типу дуга-вузол (Arc - Node Structure), котрі потребують вказівку на сусідство. У цьому випадку опис метричної навантаження карти складається з трьох наборів даних - таблиці атрибутів полігонів, таблиці атрибутів дуг і набору пар координат (x, y), які представляють геометрію дуг (рис. 4.4).

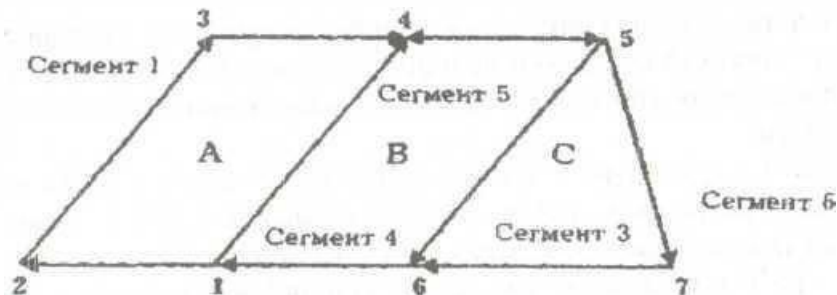


Рис. 4.4 - Зображення картографічних даних в топологічній структурі "сегмент (дуга) - вузол"

Введення топологічних характеристик в структуру векторних даних дозволило уникнути основного недоліку точкових полігональних структур – необхідності подвійного обведення спільних меж і пов'язаних з цим

похибок.

У DIME структурах, а також в більшості сучасних систем векторної формалізації метричних даних, використовуються лінійні сегменти, які представляють послідовності відрізків прилеглих прямих ліній. Теоретично, при необмеженому зменшенні відстані між точками, які розмежовують ці відрізки, таким способом може бути описана будь-яка крива. Однак, на практиці це призводить до надмірного збільшення витрат ручної праці при введенні складних кривих. Розроблено різні методи апроксимації кривих, які дозволяють не вдаватися до надмірного зменшення кроку дигітізування при введенні навіть дуже складних кривих (меж ґрунтових або ландшафтних контурів, берегової лінії, русел річок, горизонталей, трас доріг і ін.). Найчастіше з цією метою використовуються аналітичні методи опису. Типи векторних об'єктів, які ґрунтуються на визначенні просторових розмірів, можна класифікувати наступним чином:

1. Безрозмірні типи об'єктів, які характеризуються:
    - *точка* – визначає геометричне місце розташування;
    - *вузол* – топологічний перехід або кінцева точка, також може визначати місце розташування.
  2. Одновимірні типи об'єктів, котрі характеризуються:
    - *лінія* – одновимірний об'єкт;
    - *лінійний сегмент* – пряма лінія між двома точками;
    - *рядок* – послідовність лінійних сегментів;
    - *дуга* – геометричне місце точок, які формують певну математичну функцію;
    - *зв'язок* – з'єднання між двома вузлами;
    - *направлений зв'язок* – зв'язок з одним визначеним напрямком;
    - *ланцюжок* – направлена послідовність непересічних лінійних сегментів або один сегмент з вузлами на його кінцях;
    - *кільце* – послідовність неперетинних ланцюжків, рядків, зв'язків або замкнутих дуг.
  3. Двовимірні типи об'єктів, яких характеризуються:
    - *область* – обмежений безперервний об'єкт, який може включати чи не включати в себе власну межу;
    - *внутрішня область* – яка не включає власну межу;
    - *полігон* – область, що складається з внутрішньої області, одного зовнішнього кільця і декількох неперетинних, що не вкладених внутрішніх кілець;
      - *піксель* – найменший елемент зображення;
- Форми векторної моделі даних можна зобразити як:
- суцільно полігональна структура (структура типу «спагетти»);
  - лінійно-вузлова структура (топологічна структура);
  - реляційна структура;



- нерегулярна триангуляційна мережа (TIN);

### 4.3 Мережеві моделі

Мережеві моделі - це підвид векторного топологічного зображення даних. Якщо звичайна топологічна модель демонструє статичні об'єкти з їх взаємовідносинами, то мережа показує динаміку процесів, що відбуваються всередині її. За допомогою мережевої моделі в ГІС зручно описувати рух ресурсів (транспортні перевезення, течія води в річках, струму в електромережах).

Мережева модель як би складається з двох паралельних систем: геометричній мережі і логічної. Перша відбивається на карті, друга описується зв'язками між таблицями атрибутів.

Логічна мережа, по суті, є лінійно-вузловим графом. Вона складається з двох елементів - ребер і з'єднань. Якщо розглядати як приклад гідромережу, з'єднанню відповідає місце злиття двох потоків, а ребру - ділянка річки від злиття до злиття. Ребра в мережі можуть перехрещуватися без перетину (міст над дорогою).

Логічні зв'язки в мережі є основою для мережевого аналізу. ГІС, що підтримують мережеві моделі, включають в себе програмні блоки, які дозволяють вирішувати різноманітні аналітичні завдання на мережах. Вони називаються *системи пошуку рішення* (solver).

ГІС допоможе знайти найкоротший шлях між двома точками, найкраще розташування об'єкта в мережі за заданими умовами, вибрати всі водотоки вище зазначеної точки і розрахувати об'єм води, яка збирається з цієї частини басейну і т.д. Це можливо завдяки зберіганню в мережевій моделі величин і властивостей, які визначають динаміку руху ресурсів в мережі. Вони заносяться в таблиці у вигляді таких атрибутів: напрямок руху вздовж ребра і його тип (односторонній / двосторонній); пропускна здатність з'єднань і ребер (ширина річки, діаметр труб і т.д.); швидкість руху по ребру.

З'єднання можуть бути приписані до таких класів як: *джерела, місце витоку і вимикачі* - місця, в яких потік може перекриватись. Ясно, що розташування джерел і стоків само по собі визначає напрямок руху по ребрах.

*Мережеві прапори* вживаються для локалізації в мережі точкових об'єктів, які не є сполуками (автобусні зупинки на дорожній мережі або місця відбору гідрологічних проб на річковій). Прапори розташовуються на ребрах або з'єднаннях геометричної мережі і не входять в логічну.

#### 4.4 Різниця між векторною і растровою моделями

Головна відмінність між векторною і растровою моделями полягає в тому, як ці моделі представляють простір. Для зображення просторових об'єктів растрова модель використовує площинне або об'ємне перерахування, а векторна - зображення меж об'єктів. Іншими словами, растр описує об'єкти безпосередньо, а векторна модель зберігає інформацію тільки про межі об'єктів. Подання просторової інформації в векторному форматі потребує меншого об'єму пам'яті, ніж в растровому. Векторний формат також добре підходить для зображення просторових об'єктів навіть дуже складної форми.

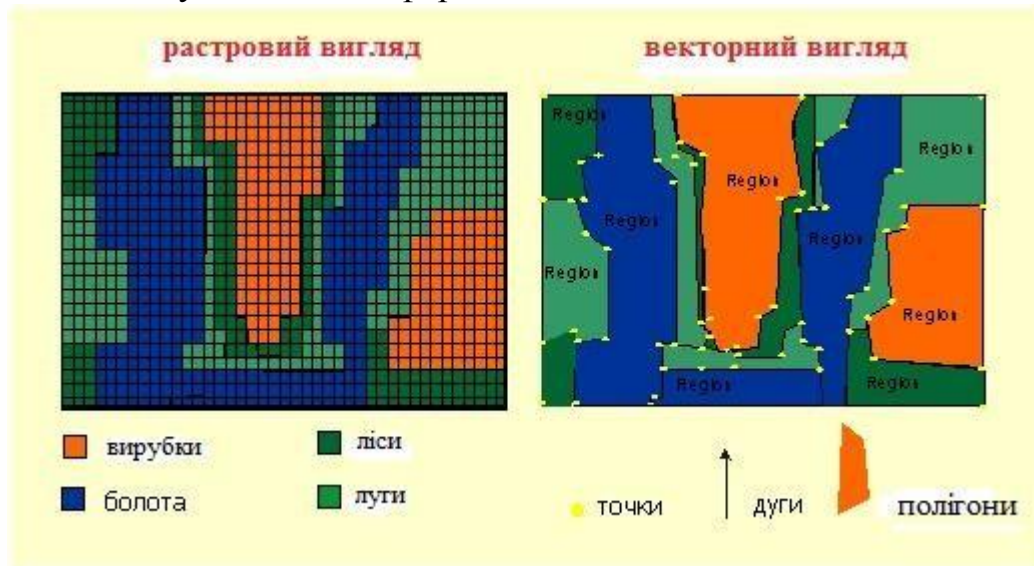


Рис. 4.4. Зіставлення растрової і векторної моделей даних

Переваги растрової і векторної моделей даних:

*Растрова модель:*

1. проста структура даних;
2. ефективні оверлейні операції;
3. робота зі складними структурами;
4. робота зі знімками.

*Векторна модель:*

1. компактна структура;
2. топологія;
3. якісна графіка

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ

Розглянемо поверхні, які є тривимірними чи, як-то кажуть, 3D-об'єктами. Тривимірний об'єкт визначається не тільки плановими координатами  $x$ ,  $y$ , але й третьою –  $z$ . Прикладами поверхонь є рельєф місцевості, геофізичні поля (магнітні, електричні поля Землі) і т.д. Всі ці поверхні іноді називають загальним терміном - географічні поля або *геополя*.

Існують два основних способи зображення тривимірних моделей в ГІС:

- псевдотривимірні моделі (2,5D)
- тривимірні моделі (3D)

### 5.1 Псевдотривимірні моделі

Псевдотривимірний спосіб подання моделі, оснований на тому, що створюється структура даних, в яких значення третьої координати  $z$  (зазвичай висота) кожної точки ( $x$ ,  $y$ ) записується як атрибут. При цьому значення  $z$  може використовуватись в перспективних побудовах для створення тривимірних зображень. Оскільки це не справжнє тривимірне зображення, його часто називають 2,5-мірним (два-з-половиною-мірним).

Такі 2,5-мірні моделі дають можливість ефективного вирішення низки завдань, а саме: подання рельєфу та інших безперервних поверхонь; розрахунок перспективної моделі, для якої задаються точки огляду; "Натяг" додаткових шарів на поверхню з використанням кольору і світлових ефектів; створення динамічної моделі "польоту" над територією.

До псевдотривимірному способу зображення можна віднести:

- GRID моделі;
- TIN-моделі;
- Ізолінії.

- **GRID зображення** - найбільш популярний спосіб опису поверхонь. Зображення основане на регулярній сітці комірок, в вузлах якої задані значення поля (висота поверхні). На практиці використовують сітки з квадратною або прямокутною формою комірок. Це зумовлено відносною простотою математичного апарату для оперування такими даними. Англійською мовою регулярна сітка прямокутників називається GRID (переклад з англ. - Решітка, сітка, мережа), тому для визначення цього способу зображення рельєфів в нашій країні набули поширення терміни «ґрід» або «ґрідінг», які рядом авторів розглядаються як приклади

наукового жаргону "грід".

По суті своїй зображення поверхні способом GRID - це растровий підхід. Точність його залежить від розміру комірки растра.

Зменшуючи розмір, ми наближаємося до більш точного опису поверхні. Однак, при зменшенні кроку сітки в 2 рази, число вузлів збільшується в 4, тобто збільшується і об'єм, необхідний для їх зберігання.

За способом обчислення значень рівнів поля між вузлами сітки розрізняють ґраткові і коміркові сітки.

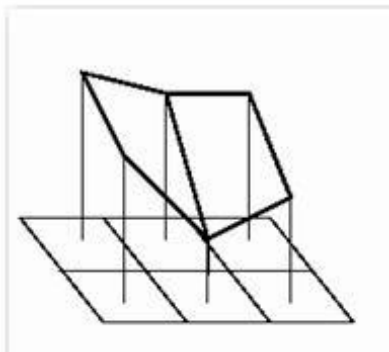


Рис. 5.1 Ґраткова

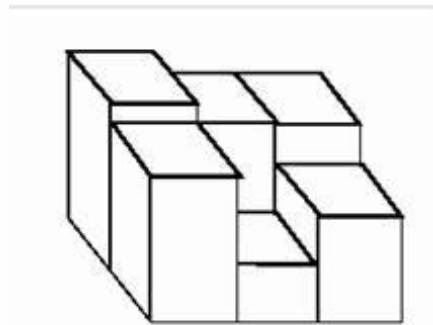


Рис. 5.2 Коміркова

У першій з них такі значення інтерполюються за значеннями висот в сусідніх точках, друга ж модель розглядає точки як центри комірок з постійним  $z$  значенням. Точність ґраткової моделі вища, ніж коміркової.

В GRID растрова модель рельєфу передбачає розбиття простору на не неподільні елементи (пікселі), утворюючи матрицю висот - регулярну мережу висотних відміток. Подібні цифрові моделі рельєфу створюються національними картографічними службами багатьох країн.

Регулярна мережа висот – це собою ґрати з рівними прямокутниками або квадратами, де вершини цих фігур є вузлами сітки (рис. 5.1, 5.2).

Одним з перших пакетів програм, в якому була реалізована можливість множинного введення різних шарів растрових комірок, був пакет GRID, створений в кінці 1960-х рр. в Гарвардській лабораторії машинної графіки та просторового аналізу.

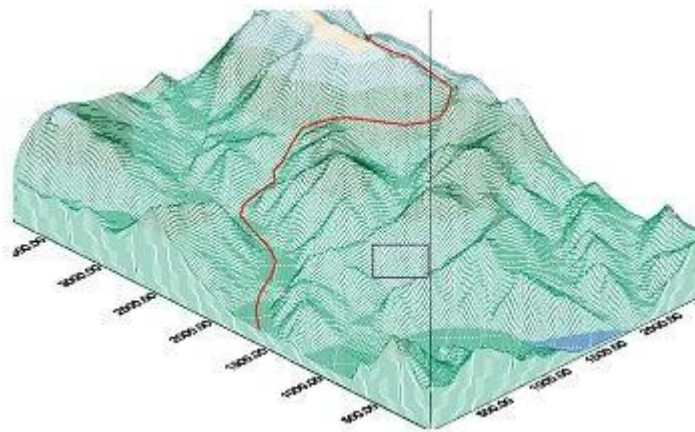


Рис. 5.3. Тривимірна модель рельєфу околиць побудована на основі регулярної мережі висот

При створенні регулярної мережі висот (GRID) дуже важливо враховувати густоту сітки (крок сітки), яка визначає її просторову роздільну здатність (см. рис. 5.4, 5.5).

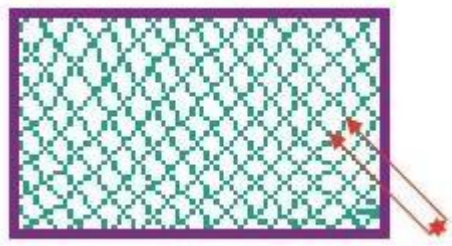


Рис. 5.4. Збільшений фрагмент моделі рельєфу показує растрову структуру моделі

5.7	5	4.5	4.1	4	4.1	4.5	5	5.7	
5	4.2	3.6	3.1	3	3.1	3.6	4.2	5	
4.5	3.6	2.8	2.2	2	2.2	2.8	3.6	4.5	
4.1	3.1	2.2	1.4	1	1.4	2.2	3.1	4.1	
4	3	2.1	1	0	1	2	3	4	
4.1	3.1	2.2	1.4	1	1.4	2.2	3.1	4.1	
4.5	3.6	2.8	2.2	2	2.2	2.8	3.6	4.5	
5	4.2	3.6	3.1	3	3.1	3.6	4.2	5	
5.7	5	4.5	4.1	4	4.1	4.5	5	5.7	

Рис. 5.5. Відображення регулярної мережі висот на площині. Модель западини, представлена у вигляді матриці висотних відміток

Чим менший обраний крок, тим точніша цифрова модель рельєфу (ЦМР) - вища просторова роздільна здатність моделі, але тим більша кількість вузлів сітки, отже, більше часу потрібно на розрахунок ЦМР і більше місця на диску. Наприклад, при зменшенні кроку сітки в 2 рази об'єм комп'ютерної пам'яті, необхідної для зберігання моделі, зростає в 4 рази. Звідси випливає, що треба шукати баланс.

- **TIN-моделі** (Triangular Irregular Network - Трикутні нерегулярні мережі) – це векторний спосіб зображення поверхонь.

Серед нерегулярних сіток найчастіше використовується трикутна мережа неправильної форми - модель TIN. Вона була розроблена на початку 1970-х рр. як простий спосіб побудови поверхонь на основі набору

нерівномірно розташованих точок.

У 1970-ті рр. було створено кілька варіантів цієї системи, комерційні системи на базі TIN стали з'являтися в 1980-ті рр. як пакети програм для побудова горизонталей. Модель TIN використовується для цифрового моделювання рельєфу, при цьому вузлам і ребрам трикутної мережі відповідають вихідні і похідні атрибути цифрової моделі. При побудові TIN-моделі дискретно розташовані точки з'єднуються лініями, які утворюють трикутники.

У межах кожного трикутника моделі TIN поверхню зазвичай представляються площиною. Оскільки поверхня кожного трикутника задається висотами трьох його вершин, застосування трикутників забезпечує кожній ділянці мозаїчної поверхні точне прилягання до суміжних ділянок. Це забезпечує безперервність поверхні при нерегулярному розташуванні точок (рис. 12).

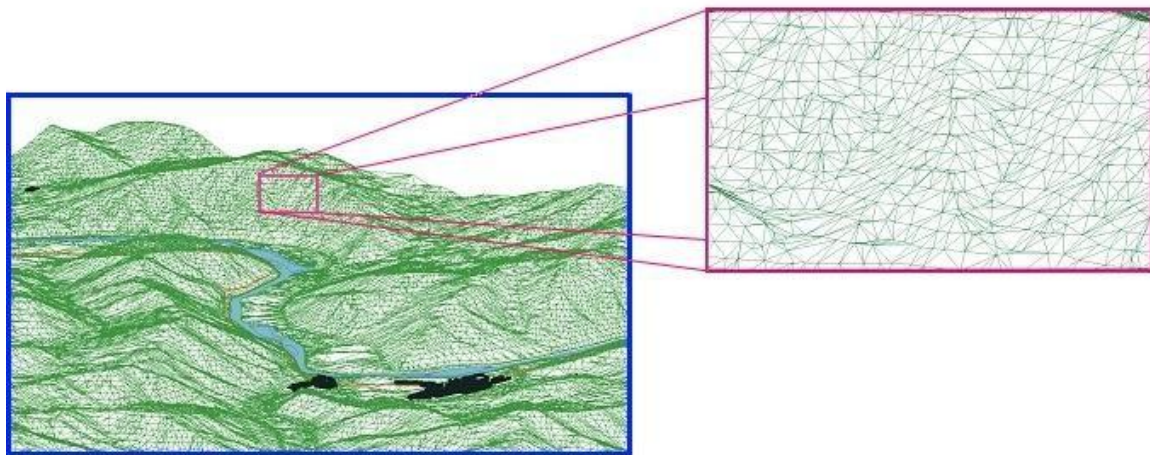


Рис. 5.6. Тривимірна модель рельєфу околиць побудована на основі нерегулярної триангуляційної мережі (TIN)

При цьому кожен трикутник моделі крім інформації про висоту має атрибути кута нахилу та експозиції, що дозволяє швидко побудувати на базі однієї моделі TIN кілька тематичних карт - гіпсометричним, ухилів, експозицій - і дає можливість зробити різні види складного просторового аналізу, наприклад розрахунок шляхів геохімічних міграцій на основі поверхневого стоку.

Основним методом розрахунку TIN є триангуляція Делоне, названа на честь російського математика Бориса Миколайовича Делоне, в якій щоб уникнути зламів изолиний на ребрах полігонів для кожної вихідної точки будується локальний поліном першого або другого ступеня, і по триангуляції ці локальні поліноми «склеюються» в одну гладку поверхню. При цьому повинна виконуватися умова Делоне - всередину кола,



описаного навколо будь-якого побудованого трикутника, не повинна потрапляти жодна із заданих точок триангуляції (рис. 5.7).

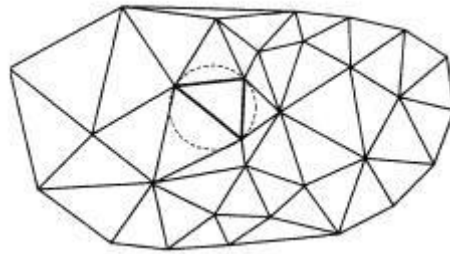


Рис. 5.7. Умова триангуляції Делоне

- **Ізолінії** є основним і традиційним методом показу поверхонь. Ізолінії - це лінії певного рівня, що представляють собою горизонтальні перетину поверхні. Перетини можуть проводитися як з рівним кроком, так і з довільним. У ГІС для опису ізоліній використовуються лінійні примітиви - лінії. Кожній такій лінії в якості атрибута ставиться висота (значення) ізолінії.

Використання сучасних геоінформаційних систем дозволяє виконати *тривимірну візуалізацію* поверхонь. Особливо це актуально для демонстрації цифрових моделей рельєфу. При такій візуалізації, для вирішення різних завдань можна використовувати як TIN, так і GRID моделі.

## 5.2 Тривимірні моделі

Другий спосіб зображення тривимірних об'єктів - то справжні тривимірні моделі, в яких розташування фіксується в трьох вимірах ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). В цьому випадку  $z$  - не атрибут, а елемент місцезнаходження точки. Такий підхід дозволяє реєструвати дані в декількох точках з однаковими координатами  $x$  та  $y$ , наприклад, при зондуванні атмосфери або при визначенні обсягів гірничих виробок.

Справжні тривимірні зображення дозволяють наочно зображати (візуалізувати) об'єми, вирішувати завдання, пов'язані з моделюванням об'ємів, виробляти синтез тривимірних структур.

Тривимірні явища характеризуються декількома властивостями:

1. *Розподіл* може бути безперервний (наприклад, поле поверхні) і дискретний (наприклад, рудникові тіла).

2. *Топологічна складність* зобумовлюється зв'язками всередині об'єкта. Наприклад, складений об'єкт складається з таких же, але

дрібніших об'єктів одного класу. Змішаний об'єкт включає кілька класів і складається з дрібніших неоднорідних об'єктів.

*3. Геометрична складність* залежить від типів кривих і геометричної конструкції.

*4. Точність зображенн* визначає допуски при проектуванні, наукових дослідженнях.

*5. Точність вимірювання* виражається допусками і похибкою засобів вимірювання.



## 6 ОСНОВНІ ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ГІС

### 6.1 Процес введення даних в ГІС

Різноманітність джерел даних для ГІС-проектів визначає список процедур ГІС, які допомагають організувати їх введення. До таких процедур (введення даних), відноситься: конвертація; трансформація проекції; геопривязка; перетворення вектор-растр; векторизація; введення атрибутів; перевірка; побудова топології; зшивання аркушів карт; генералізація.

*Конвертація* – це переведення даних з одного формату в інший. Включені в ГІС програми конвертації дозволяють звести цифрові дані інших систем до виду, прийнятного в даній системі. Це можуть бути як векторні, так і растрові дані. Також програми-конвертери уможливають перетворення між векторною і растровою інформацією всередині однієї ГІС.

*Трансформація проекції* - необхідна для імпорту даних, що зберігаються в проекції, відмінній від тієї, що використана в проекті. Така потреба часто виникає при конвертації даних з інших ГВС або при запозиченні їх з інших проектів. Програмні засоби ГІС, як правило, містять різні блоки перетворення проекцій.

Для проекційних перетворень в ГІС необхідно створити файл опису картографічної проекції і вибрати вихідний файл. З набору типів перетворень вибирають необхідний і задають потрібні параметри, після чого перетворення здійснюється автоматично шляхом створення нової картографічної проекції в заданому шарі і відповідному файлі.

*Геоприв'язка растра* – переклад відсканованого зображення карти в систему координат реального світу. Як правило, оцифровані з паперової карти дані зберігаються в плоских координатах її листа. Те ж відноситься до аерофотознімків і інших растрових файлів. Їх необхідно прив'язати до координат реального світу для того, щоб коректно порівнювати з іншими шарами і використовувати при аналізі. Так само, геопривязка необхідна, якщо для наявних даних немає інформації про параметри проекції.

Зазвичай застосовують спосіб прив'язки за кількома контрольними (опорним або реперним) точкам, координати яких відомі.

Зверніть увагу, що трансформація проекцій потребує знання про параметри вихідної проекції. Якщо ці дані неточні, коректна трансформація неможлива. Геопривязка і трансформація проекцій застосовні як до растрових, так і до векторних даних.

*Побудова за координатами* - використовується при введенні в ГІС даних з приймача GPS, або точок, координати яких розраховані в зовнішніх програмах (Excel).

*Побудова по опису* – одна з переваг професійних ГІС (наприклад, ArcInfo) те що надається можливість переведення даних про кути, відстані і відносини між об'єктами безпосередньо в креслення. На відміну від оцифрування по растру, ми не маємо ніякої готової картинки, тільки знаємо, на якій відстані або за яким азимутом розташований об'єкт, по відношенню до заданого. Отримавши ці цифри, ГІС сама будує об'єкт або його частину. Це дуже зручно для перетворення даних топографічної та геодезичної зйомки в форматі ГІС.

*Векторизація растра* - третій шлях введення просторових даних. Це одна з найбільш поширених операцій при роботі з ГІС і, одночасно, одна з найскладніших для її опису.

Векторні зображення зазвичай створюються і редагуються за допомогою спеціальних програм - графічних редакторів. Такий редактор входить до складу всіх інструментальних ГІС-систем. Проте, існує велика кількість спеціалізованих програм - векторизаторів. Векторизатор - це не ГІС, а лише зовнішній допоміжний засіб. Його перевага в можливості автоматизації процесу оцифровки, яка полегшує роботу і економить час. Прикладом такої програми може служити EasyTrace.

Відзначимо, що повністю ручна векторизація в середовищі ГІС іноді буває краща. Це випадки, коли разом з введенням просторової інформації необхідно описувати складні геометричні і логічні відносини між об'єктами.

Таким чином, векторизація може бути *ручною, напівавтоматичною* чи *автоматичною*. У графічних редакторах ГІС зазвичай використовується ручна, що зобумовлено необхідністю вирішення експертних завдань, створення топології, присвоєння ідентифікаторів об'єктів і т.д. Програми-векторизатори ж орієнтовані на автоматизацію процесу. Ручний режим в них вводиться тільки для корекції зображення, векторизованого автоматично.

Автоматизація процесу векторизації стикається з великими труднощами, тому ефективність роботи залежить від успішного поєднання автоматизованих методів з можливостями користувача інтерактивно контролювати процес і впливати на нього. Наприклад, смуга на растрі може бути або широкою лінією, або сильно витягнутим полігоном. Очевидно, що без додаткової інформації це завдання автоматично не вирішується.

Є повністю автоматичний спосіб переведення растрів (конкретніше, аеро- і космознімків) у векторний формат. Такий спосіб надають блоки ГІС, орієнтовані на аналіз зображень (ImageAnalyst в ArcGIS). Результат такої векторизації швидше тимчасовий, проміжний, тому що картинка виходить сильно спотвореною і містить велику кількість зайвих деталей.

Підготовка растра до векторизації включає три основних операції:

- зшивка;

- прив'язка;
- бінарізація.

Зшивка. Відскановане зображення, призначене для оцифровки, не завжди буває цільним. Невеликі розміри сканера не часто дозволяють охопити всю карту цілком. Тому перед векторизацією растр необхідно *зшити*.

Прив'язка. Векторний шар, оцифрований по растру, можна прив'язати до реальних координат засобами ГІС. Однак, зручніше прив'язати растр відразу у векторизатор. Тоді все створювані шари автоматично будуть отримувати потрібну проекцію. Прив'язка здійснюється кількома способами. Найпоширеніший з них - по довільних опорних точках.

Бінарізація. Деякі векторизатори дозволяють оцифровувати як чорно-білі, так і кольорові растри. Але слід враховувати, що автоматичне трасування точніше і швидше здійснюється по чорно-білих растрах. Отже, растр необхідно бінаризувати (перевести в чорно-білий режим). Для бінарізації растрів у векторизаторні програми включають спеціальні програми-конвертери. У EasyTrace це вбудований додаток Rainbow. Бінарізація - це не просто знебарвлення картинки. При бінарізації всі пікселі растра, що належать об'єктам, які нас цікавлять (наприклад, всі сині і блакитні при оцифруванні річок), набувають білого кольору, а інші, незалежно від початкового кольору, - чорного. Це і полегшує автоматичне трасування.

## **6.2 Особливості оцифровки геологічної карти**

Програми - векторизатори дозволяють створювати всі три типи об'єктів: точки, лінії і полігони. Однак, полігональні примітиви використовують тільки для введення розрізнених об'єктів таких, як ореоли розсіювання, контури рудних тіл і т.д. Геологічні карти й інші растри, що відображають суцільні полігональні поверхні, оцифровуються як пара шарів - лінійний (геологічні межі) і точковий (мітки полігонів). Атрибути, які додають під час оцифрування, різні для ліній і точок. Лінійні об'єкти несуть інформацію про тип межі (стратиграфічна, фаціальна, передбачувана, розлом). Атрибути міток же описують породи, які утворюють полігон (вік, петроскад, вторинні зміни). Полігональний шар створюється пізніше, в ГІС, при побудові топології.

*Введення атрибутів* може здійснюватися двома способами. У простому випадку дані вносяться безпосередньо в таблицю атрибутів шару. У більш складно побудованих проектах створюється необмежену кількість додаткових таблиць, пов'язаних з атрибутивними таблицями

шарів.

Дані в атрибутивну таблицю заносять вручну при оцифруванні у векторизаторі або пізніше в середовищі ГІС. Пов'язані таблиці можна створювати в зовнішніх програмах і вводити в ГІС у вигляді текстових файлів (.txt) або в форматі бази даних (.dbf).

### 6.3 Перевірка помилок

Перевірка коректності оцифровки - важливий етап при векторизації растра. Крім чисто зовнішньої непривабливості, існують і більш вагомі причини, з яких неточна оцифровка неприйнятна. Перерахуємо деякі з них:

1. При побудові полігональних покриттів з лінійного шару, недоведення лінії не дозволяють виділити два незалежних полігони, програма об'єднає їх в один. Перекладені лінії просто розріжуть в місці перетину і утворять додатковий коротенький відрізок. Само по собі це не впливає на результат, але велика кількість таких відрізків захаращує проект.

2. Лінії, не виправдано розрізані на кілька частин (псевдовузли), також сильно збільшують розмір проекту і ускладнюють аналіз. Відсутність мітки полігону дозволить ГІС при побудові топології присвоїти йому випадкові атрибути. Ізолінії, які перетинають самі себе, сильно спотворюють тривимірне зображення рельєфу. Те ж можна сказати і про неправильно проставлені висоти горизонталей.

Виправлення помилок необхідно, якщо ми збираємося створювати суцільний полігональний шар з лінійного, або цифруємо майбутню мережу.

Помилками оцифровки є:

- висячі дуги - дуги не з'єднані ні з чим;
- псевдовузли - вузли, в яких з'єднуються тільки дві дуги;
- полігони з множинними мітками;
- помилки введення атрибутивної інформації.

Висячі дуги і псевдовузли не завжди є помилками. В лінійних шарах висячі дуги цілком припустимі (закінчення розломів). Часто зустрічаються і логічно обгрунтовані псевдовузли (місця переходу від достовірного розлому до передбачуваного).

Помилки перевіряють і виправляють в програмі - векторизаторі зазвичай вручну. Після виправлення шари експортуються в формат ГІС. Відзначимо, що деякі помилки, як приклад - не доведені дуги, ГІС може виправляти автоматично.

Є ще один вид помилок - логічні, пов'язані вони з неправильним

введенням атрибутів. Наприклад, річка не може переходити в розлом, а два полігони з однаковими значеннями атрибутів повинні бути об'єднані. Такі помилки легше виявити і виправити в ГІС після створення попередньої карти. Справа в тому, що програми - векторизатори зазвичай не дозволяють відображати інформацію одного шару різними символами, в залежності від атрибута. У ГІС така можливість існує і сильно полегшує пошук логічних помилок.

#### 6.4 Побудова топології

Побудова топології ГІС це процедура, при якій комп'ютерна програма розраховує всі просторові зв'язки між об'єктами і кодує їх у вигляді атрибутів. Якщо після побудови топології проводили будь-які зміни, рекомендується перебудувати топологію заново, так як взаємовідносини об'єктів могли змінитися.

*Зшивка аркушів карти* необхідна при роботі з великомасштабними картами на великій території. Кожен лист паперової карти при цьому векторизується окремо, а потім векторні шари об'єднуються воедино.

Процес зшивання включає підгонку форми об'єктів, перевірку ідентичності атрибутів сусідніх об'єктів, *злиття* чи *об'єднання* частин об'єкта в єдине ціле.

*Підгонка* сусідніх покриттів - це процедура редагування, застосовувана для того, щоб бути впевненим в координатному збігу всіх об'єктів, розташованих уздовж спільних меж покриттів.

При підгонці покриттів є два варіанти змін:

1 об'єкти одного покриття залишаються незмінними, інше покриття коригується;

2 обидва покриття підганяються один до одного.

При підгонці аркушів карт однакового масштабу доцільніше використовувати другий варіант. При стикуванні ж дрібно- і великомасштабної карти правильніше підігнати менш докладну карту під детальну.

Перед початком підгонки необхідно задати відстань "непомітності" для визначення, які два об'єкти вважати одним, розділеним межами листів, а які - різними об'єктами.

Наприклад, ArcInfo використовує при підгонці так званий метод "гумової" трансформації. Сенс цього методу в тому, що разом з вузлом, який пересувається зсуваються або трансформуються і всі об'єкти в його найближчій околиці. Такий метод можна застосовувати тільки в межах одного покриття. При симетричній підгонці обох покриттів можна

змінювати тільки редаговані об'єкти, не пересуваючи сусідні. Після підгонки сусідні листи необхідно *зв'язати*

Об'єкти на межі шарів при злитті (а іноді і при об'єднанні) повинні бути попередньо підігнані як за координатами вузлів, так і за значеннями всіх атрибутів. При злитті об'єкта в результуючу таблицю заноситься значення атрибутів однієї із з'єднуючих його частин. Отже, ці значення для обох частин повинні бути однакові.

Іноді виникає необхідність вирізати з готової карти фрагмент певної форми або розбити цілу карту на кілька частин (зробити з однієї карти масштабу 1: 1 000 000 чотири - масштабу 1: 500 000). Для цього в ГІС також є спеціальні команди.

## 6.5 Генералізація

Генералізація - процес, в чомусь зворотний до злиття, і одночасно доповнює його. При створенні дрібномасштабних карт з більш детальних виходить невиправдано складна карта, багата деталями, які все одно неможливо буде показати на дрібномасштабній карті. Доцільно, таким чином, спростити карту, зняти зайві деталі. Для цього в ГІС і включають блок генералізації.

Генералізація в ГІС - це набір процедур класифікації та узагальнення, призначених для відбору і відображення об'єктів відповідно до масштабу, змісту і тематики карти. Генералізація дозволяє зберегти обсяг інформації навіть при зменшенні обсягу даних. Наприклад, при скороченні числа точок, на лінії точки повинні бути обрані так, щоб зовнішній вигляд лінії не змінився. При генералізації відбувається геометричне маніпулювання з ланцюжками координатних пар  $(x, y)$ .

Генералізація включає в себе такі кілька процедур:

1. *Спрощення* - вилучення зайвих або непотрібних точок, виходячи з певного геометричного критерію (наприклад, відстань між точками, зміщення від центральної лінії).

2. *Згладжування* - переміщення або зсув точок з метою усунути дрібні порушення і виділити тільки найбільш значущі тенденції зміни лінії.

3. *Періщення* об'єктів - процедури зсуву двох об'єктів, що проводяться з метою уникнення їх злиття або накладення при зменшенні масштабу. Більшість алгоритмів переміщення об'єктів у векторному форматі орієнтована на інтелектуальний інтерактивний режим, коли вектори початкового переміщення задаються фахівцем-картографом. В інших випадках для регулювання процесу переміщення використовується зменшена копія об'єкта.

4. *Злиття* - об'єднання двох паралельних об'єктів при зменшенні

масштабу. Наприклад, береги річки або узбіччя дороги в дрібному масштабі зливаються, острів перетворюється на точку.

5. *Коригування (текстурування)* - набір процедур, які дозволяють в уже прогнозоване введення даних знову ввести деякі деталі. Наприклад, згладжена лінія може втратити схожість з оригіналом, тоді для поліпшення її вигляду буде проведено текстурування в випадкових точках.

Спростити полігональний шар можна також злиттям дрібних полігонів в більші на основі їх атрибутів. Від того, який атрибут ви виберете для злиття, залежить вид результуючого шару. Наприклад, ми можемо об'єднати всі шари в відповідне їм вікові підрозділи, або злити території поширення тих чи інших порід, незалежно від їх віку.

## 7. СУПУТНИКОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

### 7.1 Супутникова радіонавігаційна система NAVSTAR-GPS

NAVSTAR/Global Position System (GPS) – глобальна навігаційна супутникова система позиціонування. Розробник США. Перший супутник був запущений в 1978 р, а на повну потужність система запрацювала в 1995 р.

До складу супутникової системи NAVSTAR / GPS входять 24 штучних супутників землі (ШСЗ), розташовані на 6 різних колових орбітах, які розташовані під кутом  $60^\circ$  один до одного. Період обертання одного супутника - 12 год. Вага кожного супутника близько 787 кг, розмір більше 5 м, включаючи сонячні батареї. На борту кожного супутника встановлений атомний годинник, який забезпечує точність  $10^{-9}$  с, обчислювально кодувальний пристрій і передавач потужністю 50 Вт, що випромінює на частоті 1575.42 МГц.

Це система, що дозволяє з точністю не нижче 100 м визначити місце розташування об'єкта, тобто визначити його широту, довготу і висоту над рівнем моря, а також напрямок і швидкість його руху. Крім того, за допомогою GPS можна визначити час з точністю до 1 мілісекунди.

Як абонентське обладнання служать індивідуальні GPS- приймачі, здатні приймати сигнали з супутників і за прийнятою інформацією обчислювати своє місце розташування.

Середній термін служби одного супутника приблизно 10 років, тому в програму входить постійне виробництво і виведення на орбіту нових супутників, на заміну тих, які використали свій ресурс. Вартість створення і запуску 24 супутників – \$12 млрд.

#### Принципи роботи

#### Кожну мілісекунду супутники передають на Землю:

- свій статус (повідомлення про справність або несправність);
- поточну дату;
- поточний час;
- дані альманаху;
- точний час відправлення всієї сукупності повідомлень.

Визначення координат відбувається за такою схемою: GPS-приймач на основі отриманої з супутників інформації визначає відстань до кожного супутника, їх взаємне розташування і обчислює свої координати за законами геометрії. При цьому, для визначення двох координат (широта і



довгота) досить отримати сигнали з трьох супутників, а для визначення висоти над рівнем моря - з чотирьох.

Оскільки швидкість поширення радіосигналів постійна і дорівнює швидкості світла, відстань до супутників визначається за затримкою часу прийому повідомлення GPS-приймачем щодо часу відправлення повідомлення з борту супутника. Для точного визначення цієї затримки годинник на супутниках і годинник в GPS-приймачі повинні бути синхронні, що забезпечується синхронізацією годинника приймача за інформацією, яка міститься, як вказувалося вище, в сигналах супутників.

### Класи приймачів

Система GPS дозволяє визначити місце розташування в будь-якій точці на суші, на морі и в навколосемному просторі. Залежно від області застосування, ДІАПАЗОН якої є достатньо широкий, а також від вартості, яка может коливатися від сотень до декількох тисяч доларов, будова GPS-приймачів такоже вельми різноманітно. В цілому весь спектр моделей можна поділити на чотири великі групи.

1. Персональні GPS-приймачі індивідуального застосування. Ці моделі відрізняються малими габаритами і широким набором сервісних функцій: від базових навігаційних, включаючи можливість формування і розрахунку маршрутів руху, до функції прийому і передачі електронної пошти.

2. Автомобільні GPS-приймачі, які призначені для установки в будь-якому наземному транспортному засобі і мають можливість підключення зовнішньої приймально-передавальної апаратури для автоматичної передачі параметрів руху на диспетчерські пункти.

3. Морські GPS-приймачі, оснащені ультразвуковим ехолотом, а також додатковими змінними картриджами з картографічною і гідрографічною інформацією для конкретних берегових районів.

4. Авіаційні GPS-приймачі, які використовуються для пілотування літальних апаратів, включаючи комерційну авіацію.

В системі GPS на орбітах близько 30 супутників (в різних джерелах ця цифра незначно коливається), з них одночасно працюють близько 22 - 24 шт. (Інші знаходяться на ремонті або на консервації). В одній точці поверхні земної кулі, при ідеально відкритому горизонті, на небосхилі «видно» 8-12 супутників одночасно. Тобто виходить, що будь-який сучасний прилад з 12-канальним приймачем, в найсприятливіших умовах зачепить всі доступні супутники.

Прилади з великим числом каналів, додатково приймають (намагаються приймати) сигнали інших супутників, відбиті від верхніх шарів атмосфери. Плюс до всього, сучасні чіпи мають кращу чутливість, і

здатні коректно приймати слабкіший сигнал, що теоретично дозволяє їм працювати навіть в закритих приміщеннях. В результаті, більша кількість каналів впливає в першу чергу не точність визначення координат, а скоріше на комфортність роботи, тобто швидше відбувається прив'язка до супутників, розширюються можливості прийому сигналу в несприятливих умовах (наприклад, в густому лісі). Так як в базовому варіанті, для визначення географічних координат приладу, досить прийому сигналу від 3 супутників (для додаткового визначення висоти над рівнем моря необхідно піймати 4 супутники), то в разі, якщо приладу доступні сигнали від більшої кількості джерел, для навігації вибираються 3 найпотужніших і найбільш вдало розташованих супутника. Або координати визначаються по одній трійці супутників, потім по іншій (третій, четвертій ...) і підсумковий результат визначається аппроксимацією всіх вимірювань.

Реальність же така, що будь-який сучасний 12-канальний GPS-приймач без особливих проблем визначає своє місцезнаходження з вікна будинку (коли доступна, в кращому випадку третина горизонту), перебуваючи в машині, біля вікна потягу і т.п.

GPS зараз є великим монополістом у сфері надання навігаційних даних. Однак супутники системи GPS стрімко старіють і тому потребують серйозних удосконалень.

Основна причина, з якої система GPS не влаштовує інші держави, - це те, що права на систему належать США, які можуть керувати нею, виходячи з власних геополітичних інтересів, або навіть просто відключити її, якщо виникне необхідність.

Такий стан справ ніяк не може влаштовувати великі держави, тому зараз відразу в багатьох країнах ведуться роботи зі створення власних незалежних супутникових навігаційних систем.

## **7.2 Супутникова радіонавігаційна система «ГЛОНАСС»**

### Функції та склад

Глобальна Навігаційна Супутникова Система (ГЛОНАСС) призначена для визначення місця розташування, швидкості руху, а також точного часу морських, повітряних, сухопутних та інших видів споживачів. Розробник СРСР / РФ. Перший супутник ГЛОНАСС був виведений на орбіту 12 жовтня 1982 року, а 24 вересня 1993 р. система була офіційно введена в експлуатацію.

Управління орбітальним сегментом ГЛОНАСС здійснює наземний комплекс управління. Він включає в себе Центр управління системою і мережу станцій спостереження і керування, розосереджених по території Росії.

Загальна кількість супутників системи Glonass: - 24.

Система ГЛОНАСС складається з трьох підсистем:

- підсистеми космічних апаратів (КА);
- підсистеми контролю та управління (КУ);
- навігаційної апаратури споживачів (АС).

Підсистема космічних апаратів системи ГЛОНАСС складається з 24 супутників, що знаходяться в трьох орбітальних площинах. Орбітальні площини рознесені по довготі. У кожній орбітальній площині розміщуються по 8 супутників з рівномірним зрушенням по аргументу широти  $45^\circ$ . Крім цього, в площинах положення супутників зрушені відносно один одного по аргументу широти на  $15^\circ$ . Така конфігурація ПКА дозволяє забезпечити безперервне і глобальне покриття земної поверхні і навколоземного простору навігаційним полем.

Підсистема контролю та управління складається з Центру управління системою ГЛОНАСС і мережі станцій вимірювання, управління і контролю, розміщеної по всій території Росії. До завдань ПКУ входить контроль правильності функціонування ПКА, безперервне уточнення параметрів орбіт і видача на супутники тимчасових програм, команд управління і навігаційної інформації..

Навігаційна апаратура споживачів складається з навігаційних приймачів і пристроїв обробки, призначених для прийому навігаційних сигналів супутників ГЛОНАСС і обчислення власних координат, швидкості і часу.

### Принципи работы

Принцип визначення позиції аналогічний американській системі NAVSTAR / GPS. Супутники системи ГЛОНАСС безперервно випромінюють навігаційні сигнали двох типів: навігаційний сигнал стандартної точності (СТ) в діапазоні L1 (1,6 ГГц) і навігаційний сигнал високої точності (ВТ) в діапазонах L1 і L2 (1,2 ГГц). Інформація, яку надає навігаційним сигналом СТ, доступна всім споживачам на постійній і глобальній основі і забезпечує, при використанні приймачів ГЛОНАСС, можливість визначення:

- горизонтальних координат з точністю 50–70 м (ймовірність 99,7 %);
- вертикальних координат з точністю 70 м (ймовірність 99,7 %);
- складових вектора швидкості з точністю 15 см/с (ймовірність 99,7 %);

- точного часу з точністю 0,7 мкс (ймовірність 99,7 %).

Ці точності можна значно поліпшити, якщо використовувати диференційний метод навігації і / або додаткові спеціальні методи вимірювань.

Сигнал ВТ призначений, в основному, для споживачів Міністерства оборони Росії, і його несанкціоноване використання не рекомендується. Питання про надання сигналу ВТ цивільним споживачам знаходиться в стадії розгляду.

Для визначення просторових координат і точного часу потрібно прийняти і обробити навігаційні сигнали щонайменше від 4 супутників ГЛОНАСС. При прийомі навігаційних радіосигналів ГЛОНАСС приймач, використовуючи відомі радіотехнічні методи, вимірює дальності до видимих супутників і вимірює швидкості їх руху.

Одночасно з проведенням вимірів в приймальнику виконується автоматична обробка містяться в кожному навігаційному радіосигналі міток часу і цифрової інформації.

Результати вимірювань і прийнята цифрова інформація є вихідними даними для вирішення навігаційного завдання з визначення координат і параметрів руху. Навігаційна завдання вирішується автоматично в обчислювальному пристрої приймача, при цьому використовується відомий метод найменших квадратів. В результаті рішення визначаються три координати розташування споживача, швидкість його руху і здійснюється прив'язка шкали часу споживача до високоточної шкалою Універсального координованого часу (UTC).

### ГЛОНАСС сьогодні

На даний момент орбітальне угруповання складається з 21 працюючих в системі супутників, ще двох тимчасово виведених з експлуатації та двох поки не введених в систему. Такої кількості недостатньо для глобального покриття земної кулі.

- Інтегральна доступність ГЛОНАСС по Землі: 80 %.
- Інтегральна доступність ГЛОНАСС по Росії: 94 %.
- Максимальна перерыва навігації по Землі: 2,4 г.
- Максимальна перерыва навігації по Росії: 0,5 г.

При збільшенні кількості супутників до 18 на території Росії забезпечується практично 100% -ва безперервна навігація. На решті частини Земної кулі при цьому перерви в навігації можуть досягати 1,5 ч. Практично безперервна навігація по всій території Земної кулі забезпечується при орбітальній угруповання з 24 супутників.

На спутник ГЛОНАСС покладено виконання таких функцій:

- випромінювання високостабільних радіонавігаційних сигналів;
- прийом, зберігання і передача цифрової навігаційної інформації;
- формування, оцифровка і передача сигналів точного часу;
- ретрансляція або випромінювання сигналів для проведення траєкторних вимірювань для контролю орбіти і визначення поправок до бортової шкалою часу;
- прийом і обробка разових команд;
- прийом, запам'ятовування і виконання тимчасових програм управління режимами функціонування супутника на орбіті;
- формування телеметричної інформації про стан бортової апаратури і передача її для обробки і аналізу наземного комплексу управління;
- прийом і виконання кодів / команд корекції і фазирования бортовий шкали часу;
- формування і передача «ознаки несправності» при виході важливих параметрів, що контролюються за межі норми.

Управління супутниками ГЛОНАСС здійснюється в автоматизованому режимі.

Спільне використання для навігації двох систем - ГЛОНАСС і GPS, дає користувачам додаткові переваги, головними з яких є підвищення достовірності навігаційного визначення за рахунок збільшення числа доступних КА в зоні радіовидимості споживача. Цілий ряд передумов істотно полегшує інтеграцію двох систем, зокрема, приводячи лише до незначного ускладнення і подорожчання комбінованих приймачів ГЛОНАСС-GPS.

До таких передумов можна віднести:

- схожість принципів синхронізації і вимірювання навігаційних параметрів;
- мала відмінність в використовуваних системах координат;
- близький частотний діапазон;
- спільність принципів балістичного побудови;
- готовність правительств Росії та США надати системи для використання різноманітними споживачами світової спільноти.

## 8 КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІС

На ринку програмних продуктів пропонуються різні ГІС, що відрізняються за функціональними можливостями, вимогам до апаратних ресурсів і іншим характеристикам.

Програмне забезпечення ГІС діляться на п'ять основних використовуваних класів.

Перший, найбільш функціонально повний клас програмного забезпечення – це інструментальні ГІС. Вони можуть бути призначені для найрізноманітніших завдань: для організації введення інформації (як картографічної, так і атрибутивної), її зберігання (в тому числі і розподіленого, що підтримує мережеву роботу), відпрацювання складних інформаційних запитів, рішення просторових аналітичних задач (коридори, оточення, мережеві завдання та ін.), побудови похідних карт і схем (оверлейні операції), для підготовки висновку на твердий носій оригінал-макетів картографічної і схематичною продукції. Як правило, інструментальні ГІС підтримують роботу як з растровими, так і з векторними зображеннями, мають вбудовану базу даних для цифрової основи і атрибутивної інформації або для зберігання атрибутивної інформації підтримують одну з поширених баз даних: Paradox, Access, Oracle та ін. Найбільш розвинені продукти мають системи run time, що дозволяють оптимізувати необхідні функціональні можливості під конкретну задачу і здешевити тиражування створених із їх допомогою довідкових систем.

Другий важливий клас - ГІС-вюверів (переглядачі), тобто програмні продукти, що забезпечують користування створеними за допомогою інструментальних ГІС базами даних. ГІС-вювери надають користувачеві (якщо надають взагалі) вкрай обмежені можливості поповнення баз даних. В усіх ГІС-вюверів включається інструментарій запитів до баз даних, які виконують операції позиціювання і підсумовування картографічних зображень. Вювери завжди входять складовою частиною в середні і великі проекти, а відтак, скоротити витрати на створення частини робочих місць, не наділених правами поповнення бази даних.

Третій клас – це довідкові картографічні системи (СКС). Вони поєднують в собі зберігання і більшість можливих видів візуалізації просторово-розподіленої інформації, містять механізми запитів по картографічній та атрибутивній інформації, але при цьому істотно обмежують можливості користувача по доповненню вбудованих баз даних. Їх оновлення (актуалізація) носить циклічний характер і проводиться постачальником СКС за додаткову плату.

Четвертий клас програмного забезпечення - засоби просторового моделювання. Їх завдання - моделювати просторовий розподіл різних

параметрів (рельєфу, зон екологічного забруднення, ділянок затоплення при будівництві гребель і ін.). Вони спираються на засоби роботи з матричними даними і забезпечуються розвиненими засобами візуалізації. Типовим є наявність інструментарію, що дозволяє проводити найрізноманітніші обчислення над просторовими даними (додавання, множення, обчислення похідних та інші операції).

П'ятий клас - це спеціальні засоби обробки і дешифрування даних зондувань Землі. Сюди відносяться пакети обробки зображень, забезпечені в залежності від ціни різним математичним апаратом, що дозволяє проводити операції зі сканованими або записаними в цифровій формі знімками поверхні Землі. Це досить широкий набір операцій, починаючи з усіх видів корекцій (оптичної, геометричної) через географічну прив'язку знімків аж до обробки стереопар з видачею результату у вигляді актуалізованого ТОПОПЛАНУ. Крім згаданих класів, існує ще різноманітні програмні засоби, що маніпулюють з просторовою інформацією. Це такі продукти, як засоби обробки польових геодезичних спостережень (пакети, що передбачають взаємодію з GPS- приймачами, електронними тахометрами, нівеліри і іншим автоматизованим геодезичним обладнанням), засоби навігації та програмного забезпечення для вирішення ще більш вузьких предметних завдань (вишукування, екології, гідрогеології та пр.).

Масовість ринку і конкуренція призводять до того, що споживачеві за ту ж, або меншу ціну пропонується все більш якісний товар. Для провідних постачальників інструментальна ГІС стала вже правилом постачання разом із системою і цифрової картографічної основи того регіону, де поширюється товар. Два-три роки тому функції автоматизованої векторизації і довідкових систем можна було реалізувати тільки за допомогою розвинених і дорогих інструментальних ГІС (Arc/Info, Intergraph).

Сьогодні навіть пакети, які обслуговують будь-якої технологічний етап, наприклад, векторизатор, можна придбати як в повному, так і в скороченому наборі модулів, бібліотек символів.

Такі продукти, як GeoDraw / GeoGraph, Sinteks / Tri, GeoCAD, EasyTrace володіють не тільки значною кількістю користувачів, але і мають вже всі атрибути ринкового оформлення та підтримки.

## **8.1 Засоби розробки ГІС**

### **8.1.1 AutoCAD Map 3D 2010**

AutoCAD Map 3D 2010 - рішення для картографів, геодезистів і фахівців з ГІС, що надає можливість прямого доступу до різних форматів

даних САПР і ГІС, їхнього редагування, візуалізації й аналізу в середовищі AutoCAD. Програма поєднує можливості САПР і ГІС, що дає можливість працювати з програмою як інженерам-проектувальникам, так і фахівцям з ГІС.

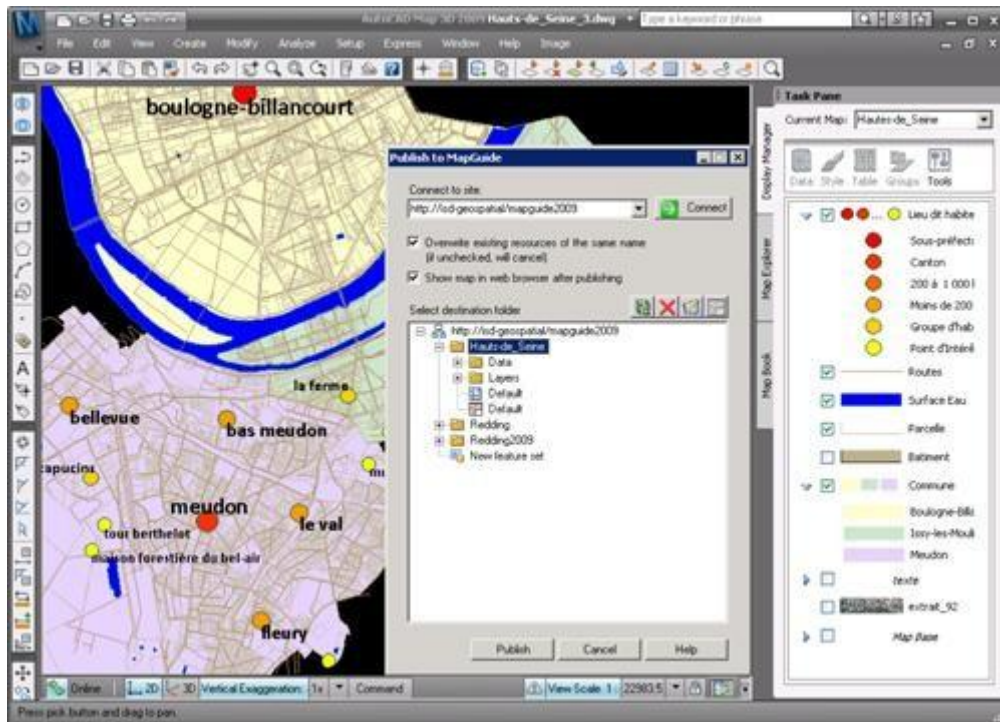


Рис. 8.1 Інтерфейс AutoCAD Map 3D 2010

AutoCAD Map 3D розроблена на основі останньої версії AutoCAD і містить всі функціональні можливості цієї системи.

AutoCAD Map 3D дозволяє збирати дані в різних форматах і будувати на їхній основі карти. У новій версії з'явилися додаткові можливості обробки даних, отриманих у польових умовах. Це - безпосередній імпорт:

- точок ASCII і даних у форматі LandXML;
- даних топографічної зйомки й схем;
- груп точок;
- компонентів топтозйомки за допомогою FDO (Feature Data Objects).

AutoCAD Map 3D 2010 підтримує роботу з Microsoft® SQL Server 2008 Spatial, що надає додаткову можливість зберігання картографічних даних. Інші FDO-провайдери Autodesk, у тому числі Autodesk FDO Provider for GE Smallworld, доступні тільки передплатникам через Центр підписки Autodesk.

В програмі можливо вибрати кожен з більш ніж 4 тисяч світових систем координат, або створити свою власну. Такі функції, як лінійне й нелінійне трансформування, а також відстеження координат полегшать



прив'язку проектних даних, підготовлених в AutoCAD.

Прямий доступ до даних в AutoCAD Map 3D реалізований за допомогою технології Feature Data Object (FDO). Ця технологія має відкритий вихідний код і забезпечує роботу з геопросторовими даними в безлічі форматів, включаючи файли ESRI SHP, Oracle®, Microsoft SQL Server, MySQL і керовані бази даних ESRI ArcSDE. Програма дозволяє працювати з аерофото і супутниковими знімками, у тому числі у форматах Mr.SID, ECW, файлами TIFF з геоприв'язкою, має доступ до картографічних сервісів WMS й WFS в Інтернет. Прямий доступ здійснюється без перетворення даних, що гарантує їх цілісність.

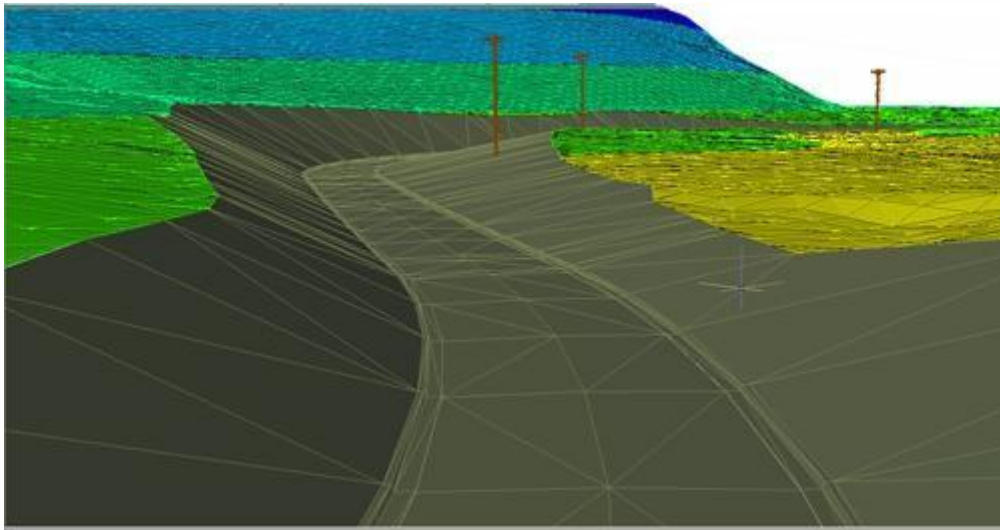


Рис. 8.2 3D-модель, створена у AutoCAD Map 3D

AutoCAD Map 3D взаємодіє з багатьма розповсюдженими САПР і ГІС. Ви можете зчитувати, зберігати й перетворювати дані в стандартних САПР- і ГІС-форматах:

- DWG™
- Arc/Info® coverages
- SHP й E00, створені в ESRI
- MapInfo MIF/MID™
- MapInfo TAB
- MicroStation® DGN (V7 й V8)
- Generalized Markup Language (GML 3.1.1)
- Ordnance Survey MasterMap (DNF) (GML2, тільки читання)
- Vector Product Format (VPF, тільки читання)
- ASCII
- LandXML
- SDF
- Spatial Data Transfer Standard (SDTS, тільки читання)

## 8.1.2 ГІС "Карта 2011"

Професійна ГІС "Карта 2011" - універсальна геоінформаційна система, що має засоби створення й редагування електронних карт, виконання різних вимірів і розрахунків, оверлейних операцій, побудови 3D моделей, обробки растрових даних, засоби підготовки графічних документів в електронному й друкованому вигляді, а також інструментальні засоби для роботи з базами даних. ГІС "Карта 2011" - один з основних продуктів лінійки універсальних ГІС російської компанії КБ "Панорама".

Можливі напрямки застосування програми - геодезія, картографія, землевпорядження, автоматизація бізнесу та ін. Продукти системи надають користувачу широкий набір інструментів по створенню й редагуванню електронних карт різних типів, вирішенню різноманітних розрахункових й аналітичних задач.

Основу технології становить унікальна система управління базами даних (СУБД), створена спеціально для зберігання й обробки великих обсягів просторових даних. Обсяг векторних, растрових і матричних даних, одночасно оброблюваних системою, може досягати терабайтів.

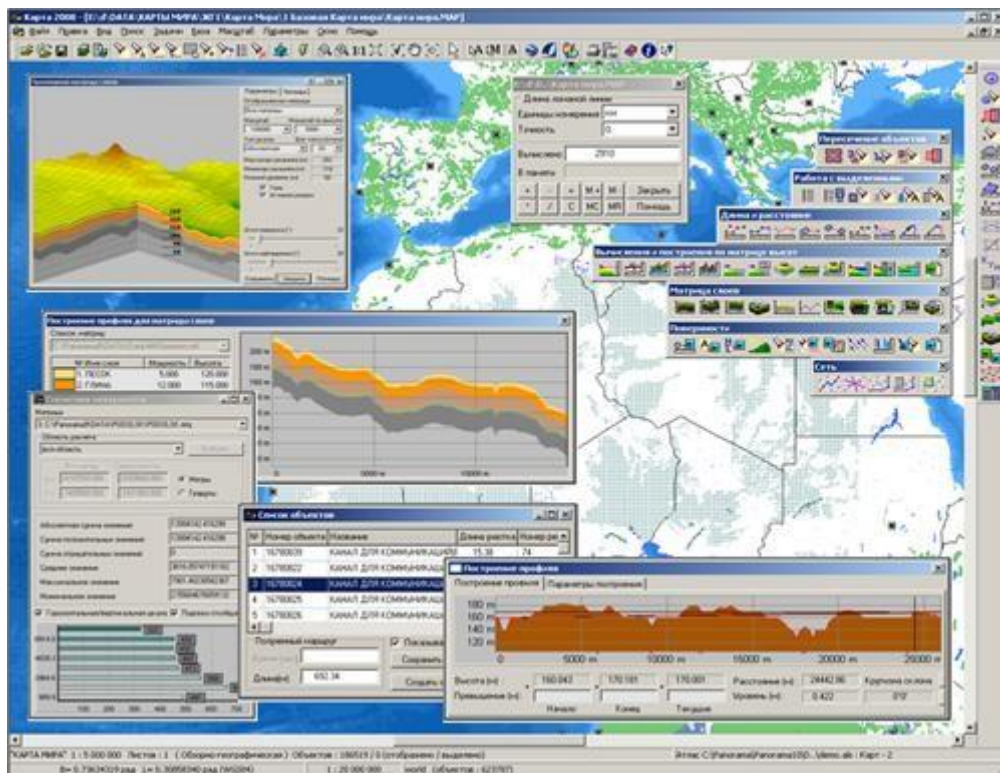


Рис. 8.3 ГІС "Карта 2011"

ГІС "Карта 2008" дозволяє користувачам працювати із загальносвітовими й звичними нам системами координат СК-42 і СК-63 у

прийнятій у нас системі умовних знаків і позначень. Користувачі можуть створювати власні системи координат, перетворювати карти з однієї системи в іншу. Крім загальних топографічних і спеціальних класифікаторів (наборів умовних знаків і правил опису об'єктів) поставляються спеціально локалізовані для України топографічні шрифти, класифікатори для великомасштабних карт і планів, класифікатор для роботи із земельно-кадастровими даними.

Користувачі ГІС "Карта 2011" можуть обмінюватися даними із самими популярними ГІС і САД-системами, такими, наприклад, як ArcInfo, MicroStation, MapInfo або Autocad. Програма має зручний російськомовний інтерфейс (підтримується також інтерфейс англійською мовою) і докладно описана у файлах довідкової системи і документації.

У ГІС "Карта 2011" реалізовані наступні функції:

- створення та редагування векторних, растрових та матричних карт;
- тривимірне моделювання;
- побудова мозаїки зображень;
- побудова ортофотопланів;
- виконання логічних і математичних операцій над списками об'єктів;
- побудова й аналіз мережевої моделі;
- виконання геодезичних і геологічних побудов і розрахунків;
- інтерактивне проектування інформаційних систем;
- тематичне картографування;
- розрахунки на площині в просторі;
- побудова й аналіз поверхонь;
- побудова зон затоплення;
- обробка даних лазерного сканування;
- робота з базами даних;
- підготовка карт до видання.

Тривимірна модель місцевості у ГІС "Карта 2011" являє собою поверхню, побудовану з урахуванням рельєфу місцевості, на яку може бути накладене зображення векторної, растрової або матричної карти, і розташовані на ній тривимірні об'єкти, що відповідають об'єктам двомірної карти. Така модель є повноцінною тривимірною картою, що дозволяє вибирати об'єкти на моделі з метою запиту інформації про об'єкт, редагувати їх зовнішній вигляд і характеристики.

Засобами "Карта 2011" можливо будувати мозаїки з будь-якого числа векторних, растрових і матричних карт. Також реалізована підтримка багат шарових матричних карт (геологічних), матриць рельєфу й матриць якісних характеристик місцевості зі своїми легендами.

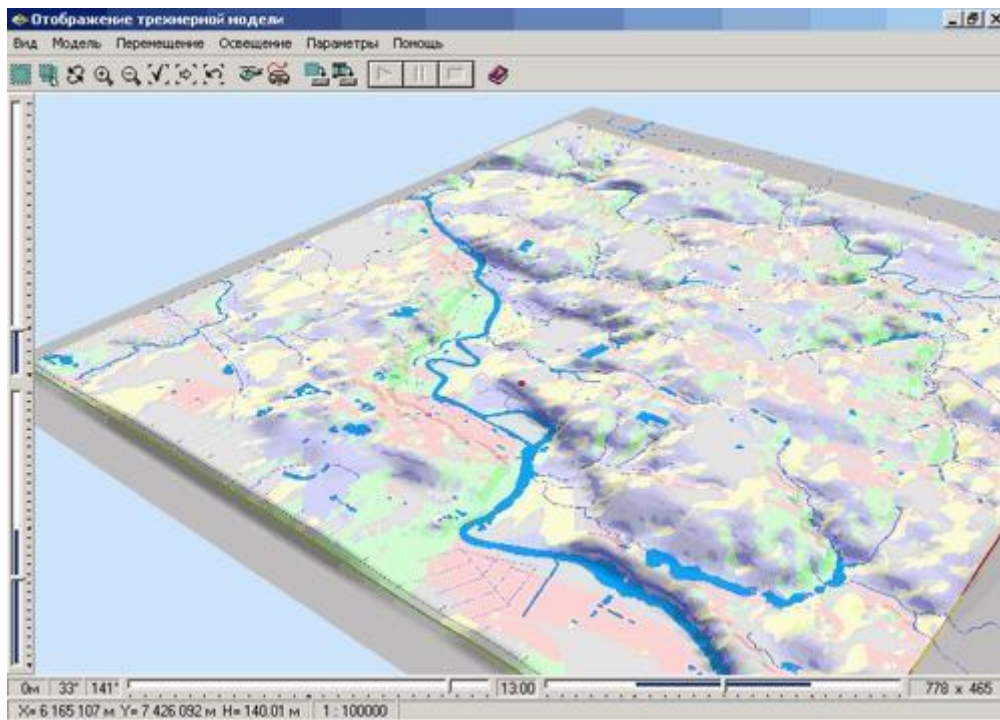


Рис. 8.4 Тривімірне відображення поверхні у ГІС "Карта 2011"

У програмі виконується побудова ортофотопланів за матеріалами космічної зйомки центральної проекції, панорамним і щільним знімкам, аерофотозйомки. Реалізовано функцію побудови регулярних і нерегулярних (TIN - моделі) матриць висот по векторних картах або по набору точкових вимірів.

Для створення мережевої моделі використовуються лінійні та векторні об'єкти карти. Наприклад, об'єкти шару, що містить дороги та дорожні споруди, застосовуються для створення транспортних мереж, промислові об'єкти - для створення інженерно-комунікаційних мереж. Задачами мережевого аналізу в ГІС Карта 2008 є пошук мінімального маршруту між двома вузлами з урахуванням значень семантичних характеристик ребер мережі, знаходження об'єктів у межах заданої відстані від зазначеного вузла (графів віддаленості) і визначення мінімального шляху між декількома зазначеними вузлами.

У ГІС Карта 2011 передбачений набір функцій, орієнтованих на обробку даних інженерно-геологічних вишукувань місцевості, обробку результатів вимірів, нанесення їх на карту й формування на основі метричного й семантичного опису об'єктів інженерних креслень в автоматичному й автоматизованому режимі. Для наочного подання інформації про геологічну будову місцевості застосовується матриця шарів, по якій можна побудувати розріз уздовж будь-якої лінії й одержати інженерно-геологічну колонку в будь-якій точці карти.

У програмі можливе конвертування даних у форматах SXF, TXF, DXF/DBF, MIF/MID, SHP, KML, GDF, S57/S52, GEN, DGN, MP, UPT, RTE,

WPT, RTE, PLT, EVT, XLS, TXT, GRD, TIFF, JPEG, SID, NITF, EPS, EMF і т.д. Виконується підтримка стандартних систем класифікації й кодування карт, інтерактивне настроювання бібліотек умовних знаків і програмування нових примітивів.

Однією з важливих функцій ГІС-аналізу є тематичне картографування, яке дозволяє формувати графічні зображення, що наочно ілюструють співвідношення значень обраної характеристики для окремих об'єктів електронної карти. ГІС "Карта 2011" дозволяє створювати тематичні карти двох типів: картограми та картодіаграми (картограма показує розподіл однієї характеристики між зазначеними об'єктами карти, а по картодіаграмах можна оцінити співвідношення декількох характеристик для кожного з об'єктів).

Для виконання розрахунків по карті та аналізу даних користувачам надається вбудована в ГІС "Карта 2011" система виконання вимірів і розрахунків, оверлейних операцій, мережевого аналізу з використанням електронної карти, представленої у вигляді векторних, растрових, матричних даних або їхньої сукупності.

ГІС "Карта 2011" дозволяє створювати й аналізувати моделі поверхонь, що відображають зміну заданої характеристики. Модель поверхні може відображати такі властивості місцевості як висоти рельєфу, концентрацію забруднення, кількість опадів, рівень радіації, далекість від заданого об'єкта та інші. Вихідними даними для створення моделі можуть бути об'єкти векторної карти або інформація з бази даних.

Програма дозволяє створювати моделі зон затоплення, використовуючи виміри глибин і дані про рельєф місцевості - матриці висот (MTW), TIN-моделі. Модель зони затоплення може бути побудована двома способами: на зазначеній ділянці уздовж обраного об'єкта гідрографії та по набору оцінок рівня води на заданій території.

У ГІС "Карта 2011" реалізована функція створення й відновлення електронних карт, цифрових моделей рельєфу й математичних моделей місцевості за даними повітряного лазерного сканування та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Складовою частиною системи ГІС Карта 2011 є прикладна задача "База Даних", призначена для роботи з даними СУБД Oracle, SQL-Server, Access, Firebird, а також таблицями dBase та Paradox, що зберігаються на локальному або мережевому диску. "База Даних" дозволяє створювати та редагувати таблиці баз даних, окремі записи в них, пов'язувати записи в таблицях БД з об'єктами карт, автоматично оновлювати атрибутивні дані об'єктів карт за даними в таблицях, виконувати розрахункові та аналітичні операції над записами в базах даних.



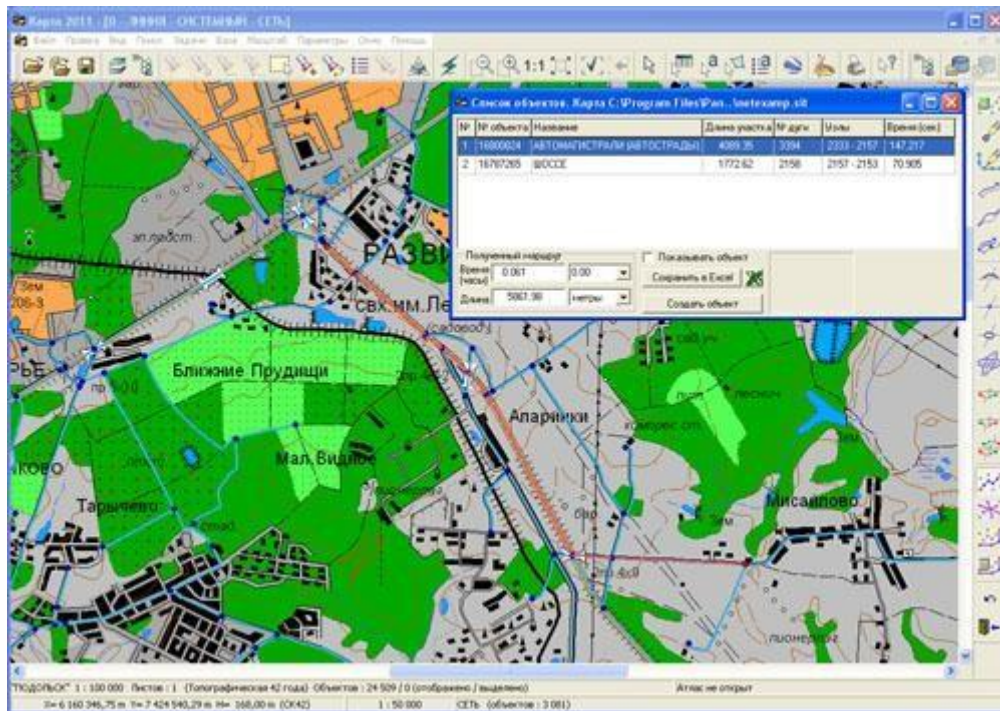


Рис. 8.5 Розрахунок маршруту по графам дорожньої мережі

До базової ГІС можуть підключатися додаткові модулі: комплекс геодезичних розрахунків, комплекс підготовки карт до видання, блок генералізації топокарт, блок гідрологічних задач та інші.

Комплекс геодезичних розрахунків призначений для обробки даних топографо-геодезичних вимірювань у камеральних умовах, нанесення результатів обчислень на електронну карту й формування звітних документів. Програмні засоби, що входять до складу геодезичного комплексу, дозволяють вирішувати більшість задач, що стоять перед організаціями, які виконують польові роботи для складання великомасштабних планів і постановки земельних ділянок й об'єктів нерухомості на кадастровий облік.

Комплекс підготовки карт до видання призначений для поліпшення наочності друкованої карти з урахуванням вимог щодо оформлення карт, підготовки схем, атласів і формування розчленованих зображень карти для офсетного друку. (<http://www.gisinfo.ru/>)

### 8.1.3 MapInfo Professional

MapInfo Professional - універсальна географічна інформаційна система, призначена для збору, зберігання, відображення, редагування й аналізу просторових даних.

Сфери застосування ГІС MapInfo: бізнес і наука, освіта й управління, соціологічні, демографічні й політичні дослідження, промисловість і

екологія, транспорт і нафтогазова індустрія, землекористування та кадастр, служби комунального господарства й швидкого реагування, армія й органи правопорядку, а також багато інших галузей народного господарства.

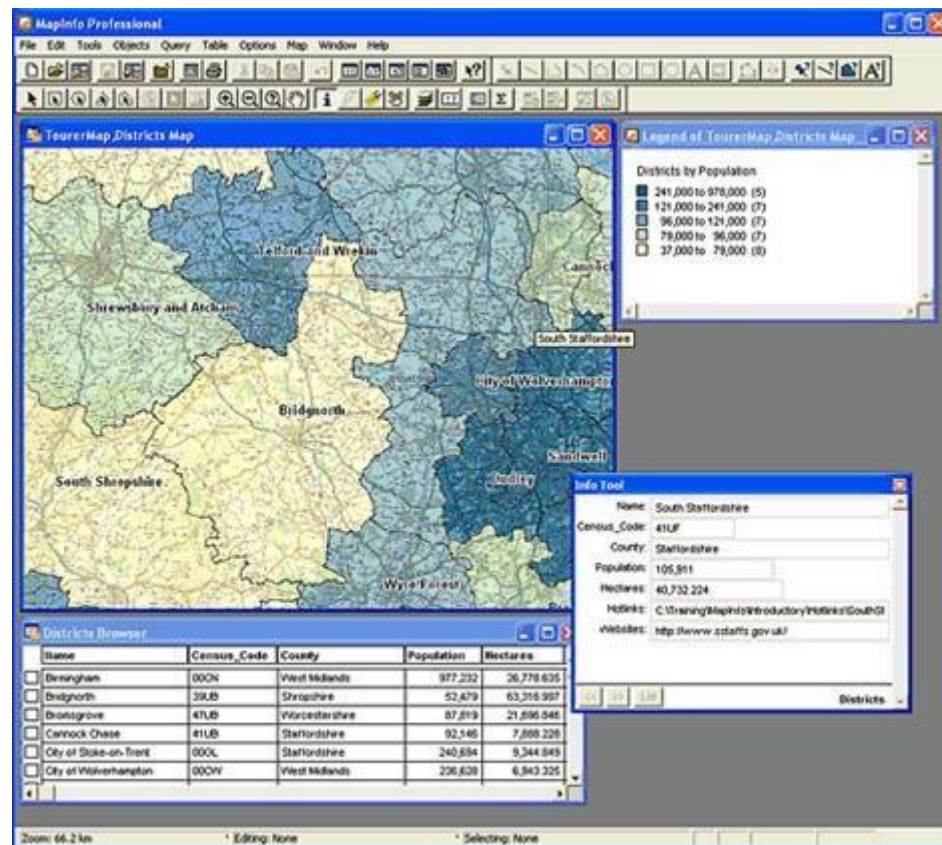


Рис. 8.6 Робота з даними векторної карти MapInfo Professional

Вихідними даними для MapInfo можуть бути:

- таблиці MapInfo;
- обмінні векторні формати САПР і геоінформаційних систем: AutoCAD (DXF, DWG), Intergraph/MicroStation Design, ESRI Shape файл, ARC/INFO Export, а також растрові карти у форматах GIF, JPEG, TIFF, PCX, BMP, MrSID, PSD, ECW, BIL (знімки SPOT) і GRID (GRA, GRD), а також дані, отримані за допомогою GPS й інших електронних геодезичних приладів;

- файли Excel, Access, xBASE, Lotus 1-2-3 і текстові, у яких крім атрибутивної інформації можуть зберігатися координати точкових об'єктів.
- ГІС MapInfo може виступати в ролі "картографічного клієнта" при роботі з СУБД Oracle, DB2 та іншими завдяки протоколу ODBC. Доступ до даних із СУБД Oracle можливий і через внутрішній інтерфейс (OCI) цієї бази даних.

MapInfo поєднує переваги обробки інформації, властиві базам даних (включаючи мову запитів SQL), і наочність карт, схем і графіків. В MapInfo Professional суміщені ефективні засоби аналізу й представлення

даних.

#### Основні можливості MapInfo Professional:

- прямий доступ до файлів, які створені в dBASE або FoxBASE, ASCII з роздільниками, файлів CSV з роздільником-комою, Shape-файлів, Lotus 1-2-3, Microsoft Excel й Microsoft Access; імпорт графічних файлів різних форматів; можливість створювати файли баз даних MapInfo;
- перегляд даних у будь-якій кількості вікон трьох видів: у вікнах карт, списків і графіків. Технологія синхронного подання даних дозволяє відкривати одночасно кілька вікон, що містять ті самі дані, причому зміна даних в одному з вікон супроводжується автоматичною зміною подання цих даних у всіх інших вікнах;
- прямий доступ до вилучених баз даних, таких як Oracle або SQL Server;
- зшивка карти, що дозволяє обробляти кілька карт як одну;
- створення легенди для будь-яких шарів карти.
- побудова тематичних карт;
- складання запитів різної складності;
- збереження вікон і вибірок у вигляді робочих наборів, що дозволяє починати роботу відразу з того місця, на якому закінчився попередній сеанс;
- використання Геолінк, що дозволяє відкривати асоційовані з об'єктами карти файли або переходити по URL-адресах з вікна карти;
- перенесення вмісту вікон MapInfo у документи інших програм за допомогою OLE;
- універсальний набір засобів малювання й редагування, а також інших функцій зміни вигляду карт;
- створення професійних звітів за табличними даними за допомогою пакета Crystal Reports;
- зміна проекцій карт на екрані в процесі оцифрування;
- функції обробки об'єктів, що виправляють неточності у вихідних даних, настройка параметрів сполучення вузлів різних об'єктів.



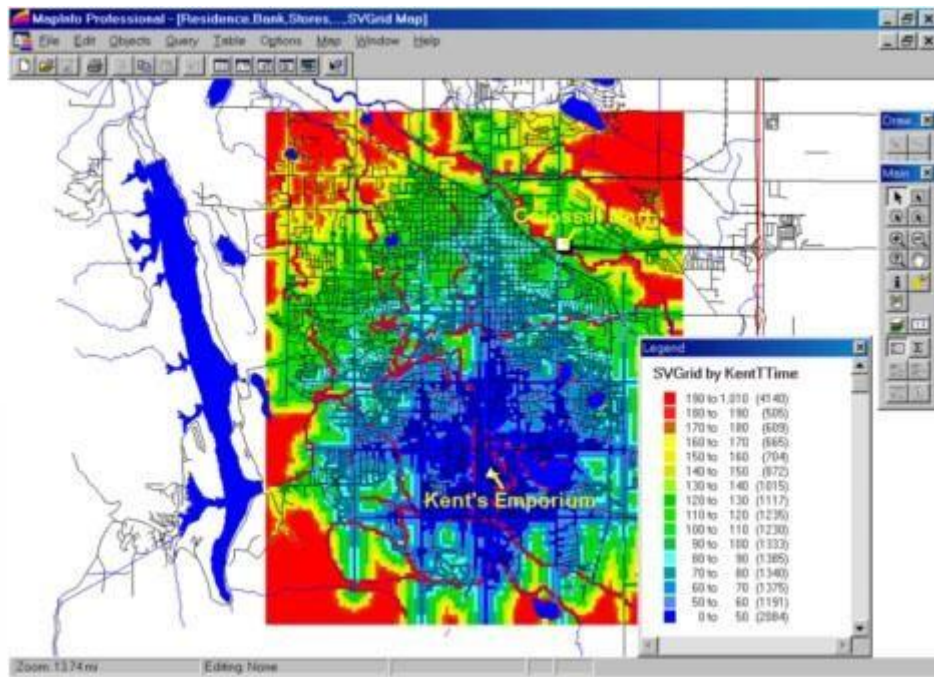


Рис.8.7 Просторовий аналіз в MapInfo Professional

Крім власних форматів, MapInfo працює без конвертації із векторними даними у форматах ArcView Shape File, ESRI ArcSDE, ESRI Geodatabase (mdb), ARC/INFO E00, AutoCAD DXF/DWG, Intergraph/MicroStation Design DGN, SDTS, VPF і табличними даними у форматах Access, Excel, Lotus 1-2-3, xBASE й ASCII. Універсальний транслятор MapInfo дозволяє здійснювати імпорт й експорт даних в інші ГІС і САПР системи (ESRI Shape File, AutoCAD DXF/DWG, Intergraph/MicroStation Design DGN, AtlasGIS, ARC/INFO E00).

MapInfo має можливість роботи з даними в растрових форматах GIF, JPEG, TIFF, GEO TIFF, PCX, BMP, TGA, BIL й ін., включаючи новітні формати стислого растра - ECW, MrSID, JPEG2000.

В MapInfo реалізовані такі способи створення тематичних карт: картограми, кругові й стовпчасті гістограми, градуйовані символи, щільність точок, окремі значення, безперервна поверхня, карта-призма, карта ізоліній (у російській версії) і т.д.

MapInfo підтримує понад 300 координатних систем і дозволяє користувачу створювати власні координатні системи. ([www.mapinfo.ru](http://www.mapinfo.ru))

#### 8.1.4 Продукти ArcGIS Desktop

ArcGIS Desktop - лінійка ГІС-продуктів від американської компанії ESRI (Environmental Systems Research Institute - Інститут Дослідження Систем Навколишнього Середовища), що призначена для роботи на настільних комп'ютерах самостійно або в якості робочих місць в

корпоративних мережах, створених на основі ArcGIS Server. Лінійку програмних продуктів ArcGIS Desktop складають системи: ArcView, ArcEditor, ArcInfo.

- ArcGIS ArcView - базовий продукт сімейства ArcGIS, повнофункціональна ГІС з набором потужних інструментів для створення, управління, аналізу та візуалізації просторових даних.
- ArcGIS ArcEditor - поєднує функціональність ArcView з можливостями створення та моделювання баз геоданих (БГД). Унікальний механізм забезпечує підтримку цілісності і багатокористувацького редагування БГД, управління версіями, побудову топології та геометричних мереж.
- ArcGIS ArcInfo - розширює функціональність вищеперелічених продуктів (ArcView, ArcEditor) набором потужних інструментів для просторового аналізу і геообробки даних.

Настільні продукти ESRI сімейства ArcGIS (ArcView, ArcEditor, ArcInfo), базові програми ArcMap (вирішення картографічних задач), ArcCatalog (доступ і керування просторовими даними в локальній мережі або через інтернет) і ArcToolbox (геообробка просторових даних) об'єднує загальна архітектура й інтерфейс, але вони розрізняються за функціональністю, кількістю інструментів геообробки і просторового аналізу.

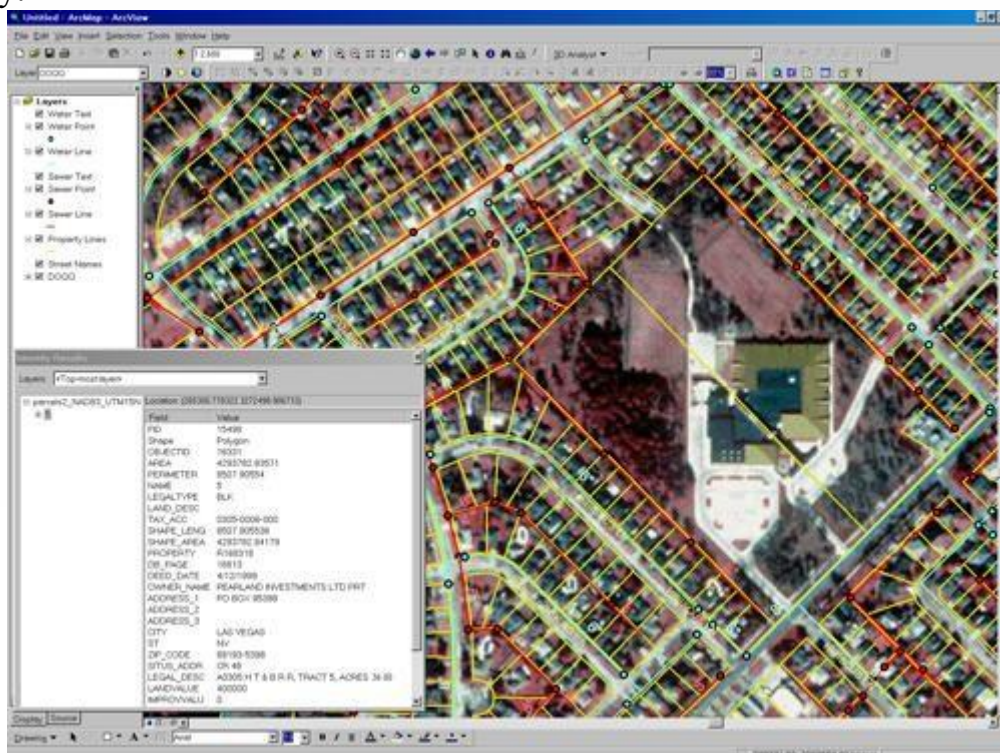


Рис.8.7 Редагування векторних карт в ArcMap

## **ArcView**

До складу ArcView входить три програми: ArcMap, ArcCatalog і ArcToolbox для ArcView. Це набір потужних інструментів для картографування, створення звітів та картографічного аналізу.

Основні можливості ArcView:

- взаємодія з картою;
- створення карти;
- аналіз картографічних матеріалів;
- створення даних;
- управління геоданими;
- створення структури додатків.

## **ArcEditor**

ArcEditor - новий настільний програмний продукт, який з'явився у версії 9. Його функціональність більша, ніж у ArcView, але менша, ніж у ArcInfo. ArcEditor містить всі функції ArcView 9. Крім них додаються можливості побудови будь-яких баз геоданих в ArcCatalog і розширені можливості редагування баз геоданих в ArcMap.

## **ArcInfo**

ArcInfo - це найбільш потужний клієнтський додаток ArcGIS Desktop. В ArcInfo входять всі функції ArcView і ArcEditor. Крім того, ArcInfo містить повну версію додатку ArcToolbox, який підтримує розширені функції геообробки, а також класичні додатки ArcInfo Workstation (Arc, ARCPLOT, ARCEDIT, AML и ODE) з повною підтримкою всіх функцій системи. ArcInfo - це повнофункціональна ГІС система, яка дозволяє створювати та оновлювати дані, вирішувати картографічні задачі, виконувати аналіз даних і карт.

## **Додаткові модулі до продуктів ArcGIS**

**ArcGIS Spatial Analyst** містить набір функцій для просторового моделювання та аналізу: інтерполяція різними методами, створення растрових даних, просторова фільтрація і растрова алгебра, гідрологічний аналіз, побудова профілів, зон видимості й об'ємів. Дозволяє вирішувати безліч аналітичних задач, наприклад, виявлення просторових взаємозв'язків, побудова вартісних поверхонь, багатофакторний аналіз і визначення відповідних місць розташування.

**ArcGIS 3D Analyst** надає користувачам функції моделювання та аналізу поверхонь, а також програми для створення і тривимірного відображення моделей місцевості як локального (додаток ArcScene), так і глобального (додаток ArcGlobe) масштабу. Інформація про рельєф і



двовимірні просторові дані, що становлять основу тривимірної моделі місцевості, можуть бути доповнені реалістичними моделями об'єктів, написами та анімацією.

**ArcGIS Geostatistical Analyst** містить набір інструментів для геостатистичного аналізу просторових даних і побудови статистично достовірних поверхонь, виявлення глобальних і локальних трендів, аномалій і взаємозв'язків між наборами даних.

**ArcGIS Schematics** дозволяє автоматично створювати і відображати схеми, побудовані на основі геометричних мереж, що зберігаються в базі геоданих. Вбудований механізм дає можливість оперативно створювати схеми мереж у різних графічних зображеннях, які визначаються користувачем, і забезпечує інтерактивний зв'язок схеми і просторових даних.

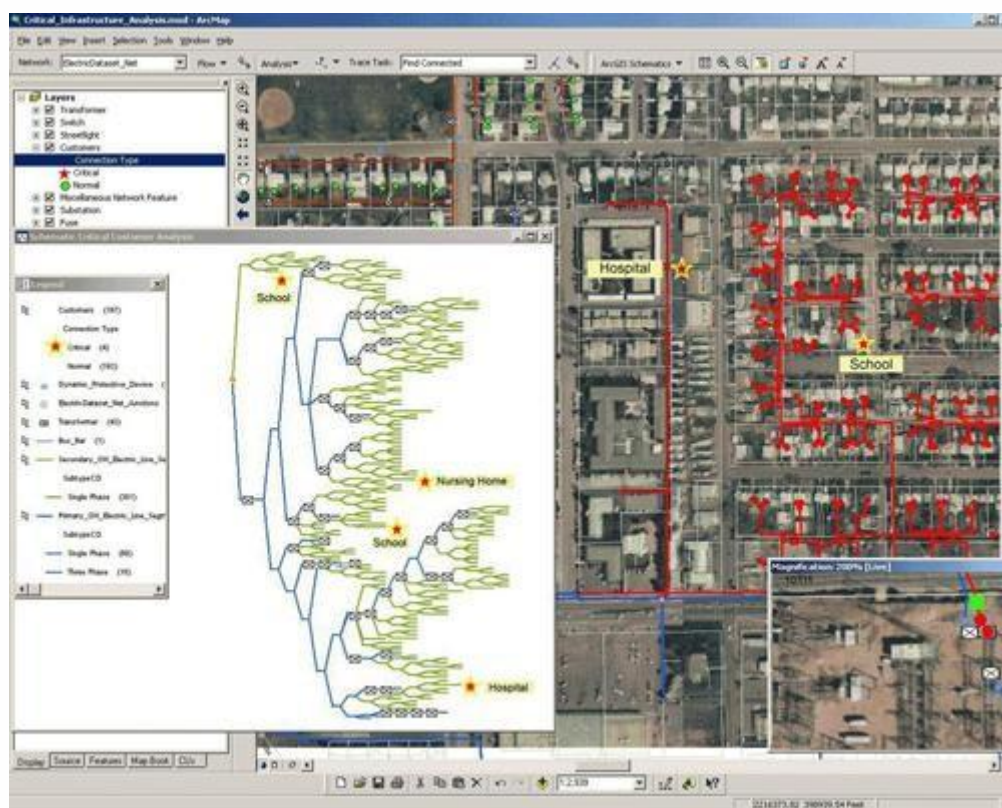


Рис. 8.8 Робота з мережевими структурами в ArcGIS Schematics)

**ArcPress for ArcGIS** - програмний растеризатор, що дозволяє виводити картографічний матеріал у стандартних для друку форматах. Вирішує задачі кольороподілу, підготовки і виведення на друкувальні пристрої.

**ArcGIS Publisher** призначений для публікації проектів, створених в настільних продуктах, для перегляду в безкоштовному додатку ArcGIS

ArcReader. ArcGIS Publisher забезпечує захист проектів від несанкціонованого використання і тиражування, виконує архівацію даних для подальшого поширення.

**ArcGIS Survey Analyst** - поліпшує традиційні технологічні процеси по збору та обробки геодезичної інформації. Всі необхідні інструменти тісно інтегровані з функціоналом настільних ГІС, що дозволяє забезпечити безперервний процес роботи в багатокористувальницькому режимі.

**ArcGIS Tracking Analyst** дозволяє відображати і вивчати динаміку розвитку різних подій чи явищ, створювати системи спостереження за об'єктами в режимі реального часу, планувати хід розвитку подій, забезпечувати управління та координацію оперативних дій.

**ArcGIS Data Interoperability** забезпечує роботу з просторовими даними в 70 форматах (GML, XML, DWG / DXF, Microstation Design, MapInfo MID / MIF і TAB, Oracle і Oracle Spatial, Intergraph GeoMedia Warehouse та ін.) Дозволяє створювати описи власних форматів для читання, імпорту та експорту з ArcGIS, а також переносити дані зі стандарту в стандарт.

**Maplex for ArcGIS** істотно знижує трудомісткість підготовки картографічного матеріалу. Включає унікальний механізм автоматичної розстановки написів відповідно до заданих правил, функції для вирішення конфліктних ситуацій, перенесення і використання абревіатур.

**ArcScan for ArcGIS** - програмний векторизатор. Основною функцією є перетворення відсканованих паперових карт у векторні шари. Модуль інтегрований в середовище ArcGIS, використовує всі можливості для редагування растрових і векторних даних.

**Production Line Tool Set (PLTS) for ArcGIS** - спеціалізоване програмне середовище для створення автоматизованого виробництва картографічної продукції. Містить в собі повний набір простих у використанні інструментів контролю якості даних, дозволяє створювати бази знань картографічних специфікацій і виробляти картографічну продукцію в цифровому та друкованому вигляді.

### 8.1.5 CREDO DAT

Система CREDO виробництва білоруської компанії "Кредо-Диалог" - один з найстаріших продуктів для обробки матеріалів геодезичних вишукувань та автоматизованого проектування, що використовуються в

країнах колишнього СРСР. Ядром системи є програмне забезпечення CREDO DAT, призначене для обробки матеріалів польових вимірювань та створення цифрових планів і карт.

Вихідними даними для програми CREDO DAT є растрові файли картографічних матеріалів, файли даних електронних тахеометрів (виміри й/або координати), GNSS-систем (координати й/або вектори) рукописні журнали вимірів кутів, ліній і перевищень, координати й висоти вихідних точок, робочі схеми мереж і розрахунків.

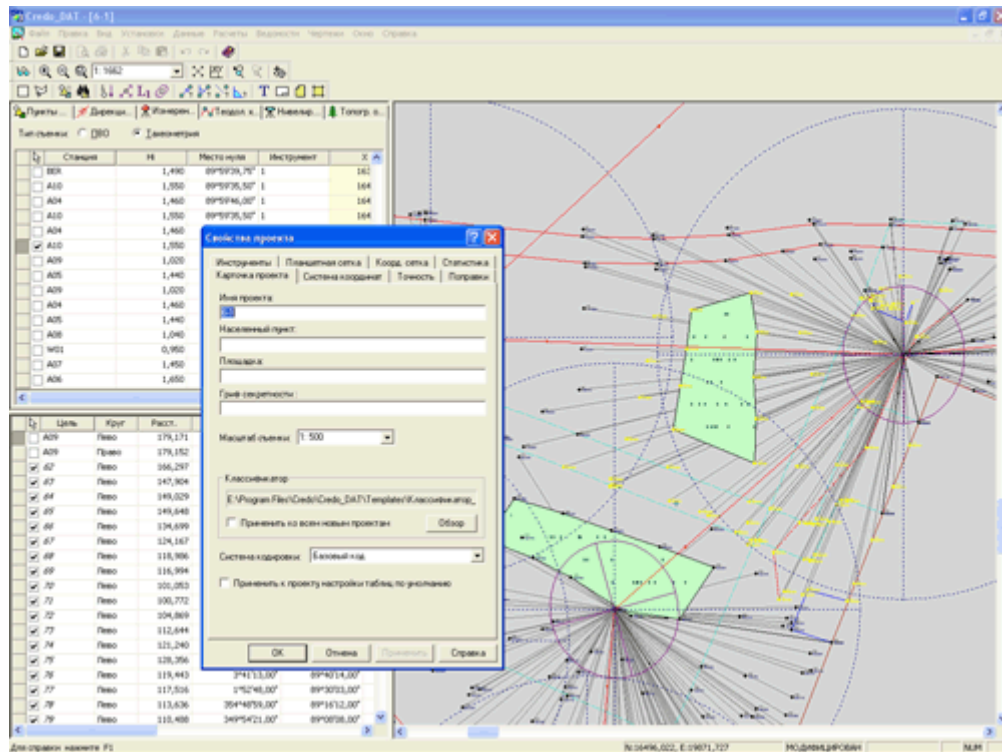


Рис. 8.9 Обробка геодезичних зйомок в CREDO\_DAT

Основні функції CREDO DAT:

- імпорт даних електронних тахеометрів у форматах: Sokkia (SDR2x, 3x), Nikon (RDF), Geodimeter (ARE, JOB), Leica (GRE, GSI, IDEX), Topcon (GTS6, GTS7), Trimble (M5), YOM3 (3TA5, 4TA5), PENTAX (DC1, AUX, CSV), FOIF(RTS600, 680), KOLIDA (KTS440,550);
- імпорт результатів постобробки ГНСС вимірів з файлів форматів: SNAP-файли (PINACLE), дані по станціях і базових лініях \*.txt, \*.csv (LGO), \*.asc (TGO, TBC), \*.tvf (Topcon Tools), звіти за рішенням базових ліній (Spectrum Survey);
- імпорт прямокутних координат і вимірів з текстових файлів у довільних форматах, що налаштовуються користувачем;

- завантаження растрових підложок, підготовлених у програмах ТРАНСФОРМ, MapInfo, ArcView/ArcInfo, Photomod, растрових файлів без прив'язки у форматах BMP, TIFF, JPEG;
- настроювання і використання декількох класифікаторів, обробка кодових рядків розширеної системи кодування для польової реєстрації геометричної й атрибутивної інформації про топографічні об'єкти;
- створення й використання власних систем (наборів кодів) польового кодування;
- введення й табличне редагування даних, включаючи роботу з буфером обміну для станцій, ходів, пунктів, векторів ГНСС й окремих вимірів, відключення/відновлення пунктів і вимірів, робота з блоками даних, використання інтерактивних графічних операцій;
- попередня обробка вимірів, облік різних виправлень - атмосферних, вплив кривизни Землі та рефракції, перехід на поверхню відносності. Приведення напрямків і ліній на еліпсоїд, площину в проекції Меркатора в системах координат СК42, СК63, СК95, МСК NNN, UTM та їм подібних або користувальницьких зі значеннями довготи осьового меридіана, що налаштовується, зсуву по X, Y і масштабом по осьовому меридіану;
- облік аномалій висот геоїда (модель EGM2008) у супутникових висотних вимірах;
- виявлення, локалізація й нейтралізація грубих помилок у вихідних даних, лінійних кутових вимірах і нівелюванні автоматично (Lp-метрика), у діалоговому режимі (трасування);
- спільне або роздільне зрівнювання планових супутникових вимірів (лінійно-кутових) і висотних (систем і ходів геометричного, тригонометричного нівелювання), геодезичних мереж різних форм, класів і методів (комбінації методів) створення, що виконується параметричним способом за методом найменших квадратів. Забезпечена можливість виконувати спільне зрівнювання вимірів різної точності й різних методик з розгорнутою оцінкою точності, що включає еліпси помилок;
- зрівнювання геодезичних побудов з урахуванням помилок вихідних даних;
- поетапне або спільне зрівнювання багаторангових мереж;
- перетворення координат, перерахування координат із прямокутних у геодезичні;
- розрахунок зворотних геодезичних задач у різних видах з видачею відомостей;
- обробка тахеометричної зйомки з формуванням точкових, лінійних і площинних топографічних об'єктів і їхніх атрибутів за даними польового кодування;

- інтерактивне формування точкових, лінійних і площинних топографічних об'єктів і їхніх атрибутів за даними польових абрисів;
- проектування опорних геодезичних мереж (у тому числі з урахуванням помилок вихідних пунктів), вибір оптимальної схеми мережі, необхідних і достатніх вимірів, підбір точності вимірів;
- створення відомостей і каталогів, видача їх у прийнятній формі. Настроювання вихідних документів відповідно до національних стандартів або стандартів підприємства, настроювання на будь-які мови, включаючи мови типу іврит або арабська з використанням редактора шаблонів;
- створення креслень і планшетів (1:500-1:5000), схем планово-висотного обґрунтування в прийнятих або власноруч створених умовних позначеннях, повне оформлення в креслярській моделі та друк графічних документів;
- експорт результатів у розповсюджені формати: DXF (AutoCAD), MIF/MID (MapInfo), у формати CREDO (CDX), у текстові формати, що настроюються користувачем;
- експорт даних через послідовний порт безпосередньо в електронні тахеометри.

Результатом роботи програми є: креслення й планшети планів масштабу 1:500 - 1:5000 із зарамковим оформленням, векторні плани у форматах CREDO (CDX), DXF, MIF/MID (MapInfo), Shape-file (ArcView), текстові файли у форматах, що настроюються користувачем, каталоги й відомості вимірів, координат і оцінок.

Основними сферами застосування CREDO DAT є:

- лінійні та площові інженерні пошуки при проектуванні об'єктів промислового, цивільного та транспортного будівництва;
- геодезичне забезпечення будівництва;
- маркшейдерське забезпечення робіт при видобутку й транспортуванні нафти та газу;
- підготовка інформації для кадастрових систем (наземні методи збору інформації);
- геодезичне забезпечення геофізичних методів розвідки;
- маркшейдерське забезпечення видобутку корисних копалин відкритим способом;
- створення й реконструкція міських, межових, державних опорних мереж.



## 8.1.6 GeoniCS

GeoniCS - це модульна CAD-система створена на основі Autocad. Ядром системи є програма GeoniCS ТОПОПЛАН, до якої додаються спеціалізовані модулі, призначені для обробки певних видів просторових даних чи вирішення проектних завдань.

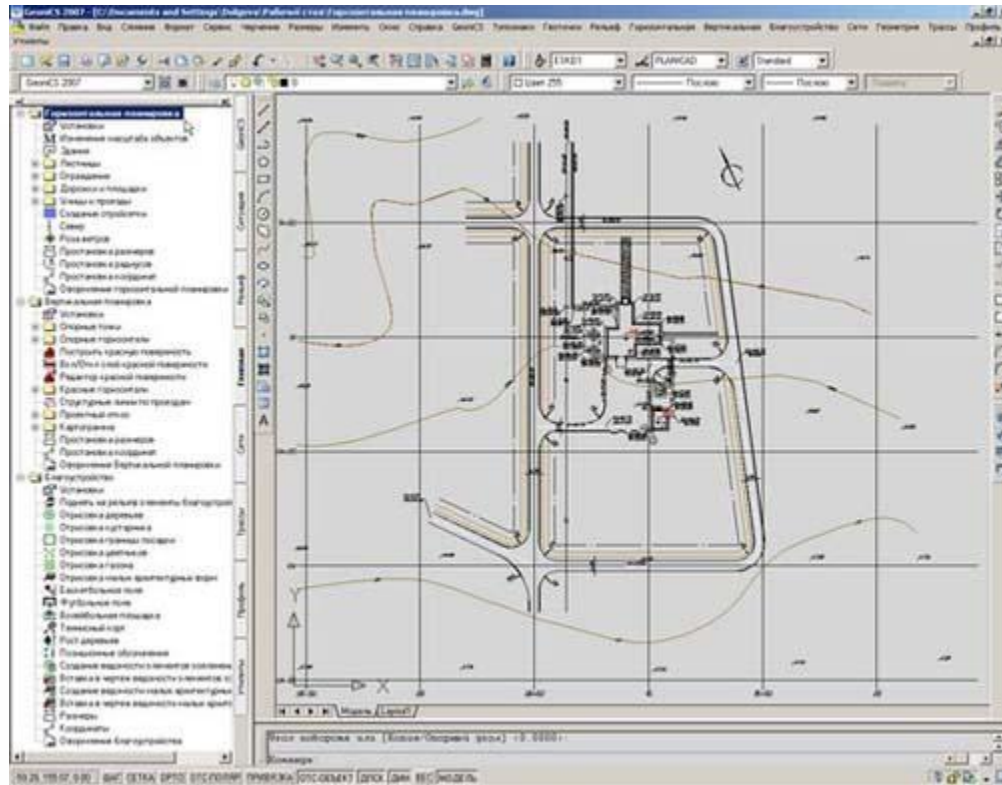


Рис. 8.10 Розбивний план в GeoniCS

## GeoniCS ТОПОПЛАН

Програма ТОПОПЛАН - ядро, обов'язкова частина комплексу. Включає модулі СИТУАЦІЯ і РЕЛЬЄФ.

СИТУАЦІЯ - створення й ведення цифрових моделей ситуації (ЦМС) і великомасштабних топографічних планів (масштабів 1:5000 і крупніше) у стандартних умовних знаках у середовищі Autocad.

РЕЛЬЄФ - дозволяє на основі масиву вихідних точок, меж і структурних ліній різних типів створювати цифрові моделі рельєфу (ЦМР), які є основою цифрових моделей місцевості (ЦММ) (разом з моделями ситуації, мереж й інженерно-геологічної будови). Дозволяє вирішувати на них різні задачі.



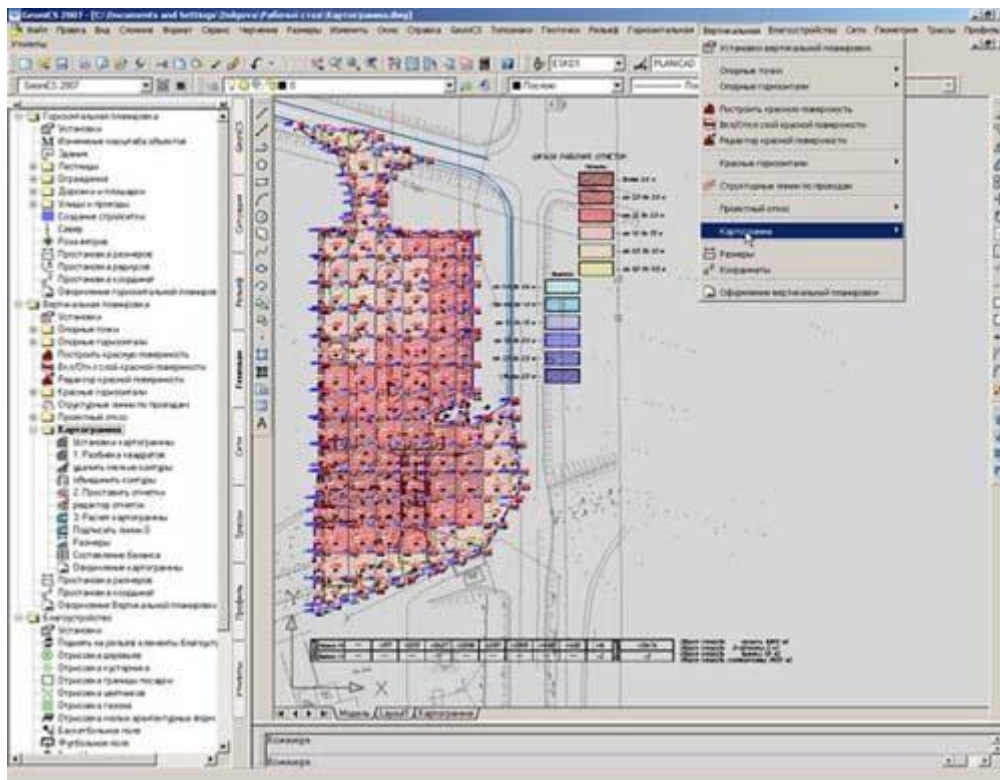


Рис. 8.12 Розрахунок обсягів земляних робіт в Geonics

## Geonics МЕРЕЖІ

Програма дозволяє проектувати зовнішні інженерні мережі й оформляти необхідні вихідні документи. Мережі подаються у вигляді спеціального тривимірного об'єкта, що має відповідний зовнішній вигляд і поведінку. Програма дозволяє використовувати дані про існуючий і проектний рельєф, топоніми існуючих мереж. Забезпечує повний набір операцій створення й редагування мереж, оформлення стандартного набору вихідних документів (зведений план інженерних мереж, поздовжні профілі, деталювання колодязів, таблиці колодязів, специфікації устаткування й ін.)

## Geonics ТРАСИ: План+Профіль

Програма складається із двох модулів: Робота з планом (створення геометричних елементів, робота з трасами, горизонтальними осями) і Поздовжній профіль. Забезпечує повний набір операцій створення, редагування й гранично гнучкого оформлення креслень плану й профілю трас.





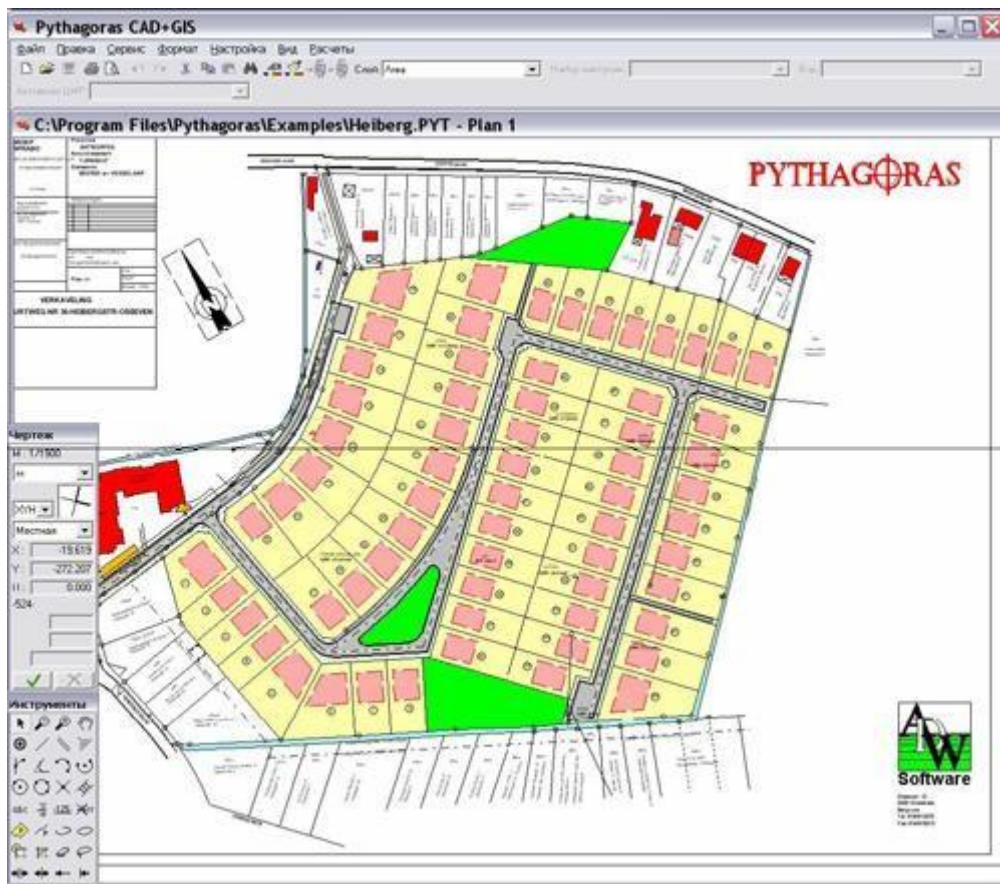


Рис. 8.14 Інтерфейс програми Pythagoras

У програмі Pythagoras CAD+GIS є можливість створювати тематичні карти, бази даних і зв'язувати їх з об'єктами креслення. Також розроблений потужний апарат дорожнього проектування.

Відкрита архітектура програми та можливості функцій CAD і GIS дозволили створити єдиний комплекс для збору, накопичення, зберігання й використання земельно-кадастрових даних при кадастровому картографуванні й обліку відомостей про об'єкти нерухомості.

Pythagoras PRO v.11 CAD-GIS для камеральної обробки інженерно-геодезичних даних містить у собі такі модулі:

- базовий модуль (Base) містить в собі всі креслярські інструменти, інженерні й основні геодезичні розрахунки;
- модуль польового кодування (GeoCoding) - автоматична відрисовка ситуації на основі кодів, які задаються точками й лініями під час польових вимірів;
- модуль ЦМР (Digital Terrain Model - DTM) - побудова цифрових моделей рельєфу, відрисовка й виправлення горизонталей, побудова вертикальних перерізів й обчислення об'ємів;
- модуль Дорожнього Проектування (Road Design - RD) - інтерактивне створення плану, профілю дороги, розміщення поперечників,

відведення підвищень на віражах, розширення дорожнього полотна, розрахунки земельних робіт, підготовка проекту дороги в цифровому вигляді;

- растровий модуль (Raster) - імпорт, редагування й трансформація графічних зображень у форматах Windows BMP, TIFF, GeoTIFF, JPEG;
- модуль ГІС (GIS) - створення внутрішніх баз даних, тематичних карт, підтримка формату Shape;
- модуль VBA - створення підпрограм-макросів мовою Visual Basic for Application.

### 8.1.8 Digitals

*Digitals* - це програмне забезпечення від українського виробника - компанії "Геосистема" (м. Вінниця), призначене для вирішення завдань цифрової картографії й землевпорядкування.

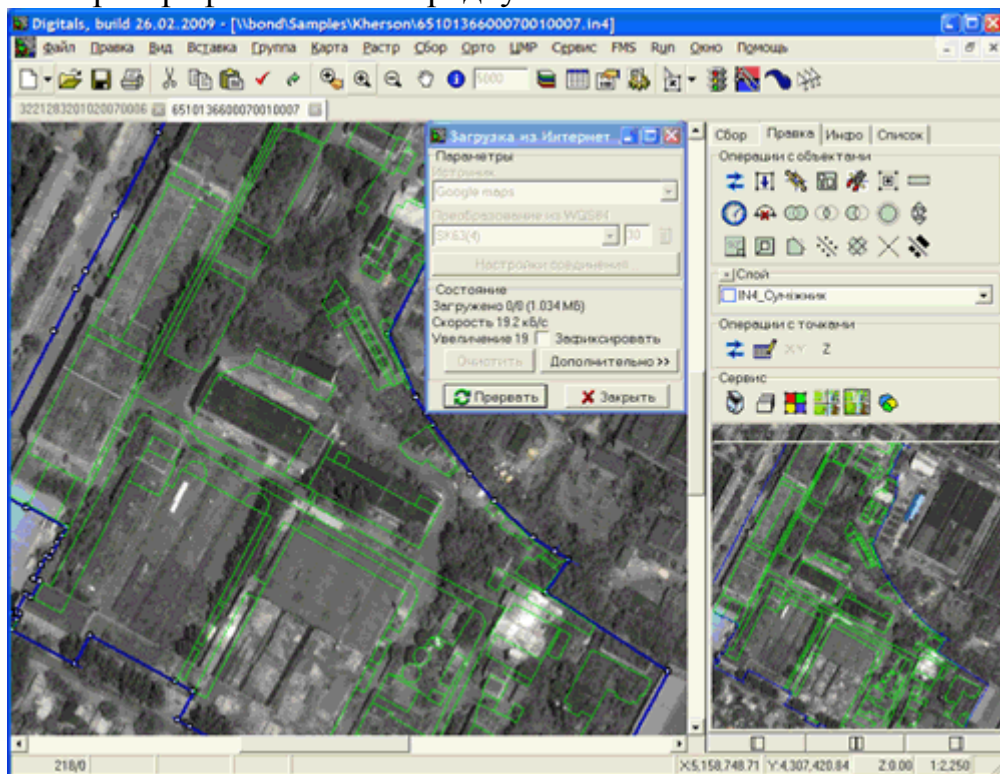


Рис. 8.15 Редагування кадастрового плану в Digitals

Серед основних можливостей програми Digitals:

- розвинені засоби редагування карт і планів;
- робота з растровими зображеннями;

- завантаження супутникових знімків з Google Maps і Virtual Earth;
- вставка в карту й зшивка безлічі растрів;
- мережевий режим роботи;
- розширюваність програми;
- відображення карт у тривимірному вигляді.

Програмне забезпечення Digitals поставляється користувачам в двох варіантах: Digitals Standard та Digitals Professional.

***Digitals Standard*** - це початкова версія програми, яка містить всі основні можливості: створення цифрових карт в умовних знаках, читання й запис In4 та інших форматів, моделювання рельєфу, розрахунок площ і об'ємів, друк держактів та інших графічних документів.

***Digitals Professional***, крім перерахованих функцій, дозволяє працювати з растровими зображеннями, а також зберігати карти на SQL-сервері, з можливістю одночасного багатокористувальницького доступу.

Існує також ряд додаткових модулів, які можуть використовуватись як з Digitals Standard, так і з Digitals Professional.

#### ***Модуль Geodesy***

Модуль Geodesy - обробка геодезичних вимірів - дозволяє імпортувати дані з більшості файлів електронних тахеометрів, або вводити журнал вимірів вручну, будувати різні види теодолітних ходів, проводити їх спільне зрівнювання з видачею звітів за результатами. Виконує контроль помилок у вхідних даних з можливістю коректування вимірів. Отримані в результаті зрівнювання координати пікетів передаються потім в основний модуль Digitals.

#### ***Модуль Reports***

Модуль Reports - створення таблично-текстових звітів - дозволяє автоматично створювати готові для друку документи, такі як каталог координат, поземельна книга, форма 6-зем, реєстраційна картка й ін. на основі інформації, що міститься в карті або обмінному файлі. Заснований на ядрі Fast Reports. Шаблони всіх документів настроюються користувачем. Є можливість створення власних звітів і документів. Містить вбудовану мову, що дозволяє додатково обробляти дані при генерації звіту. Модуль повністю автоматизує видачу техдокументації на земельну ділянку.

#### ***Модуль Topotracer***

Модуль Topotracer - напівавтоматичний векторизатор - векторизатор, оптимізований для оцифрування топографічних елементів, таких як

горизонталі, точкові контури, оцінки висот й ін. Може застосовуватись для напівавтоматичної векторизації різних схем і планів. Дозволяє виконувати векторизацію без попередньої обробки й приведення растра до монохромного представлення. Містить інструменти для швидкого присвоєння висоти горизонталям, редагування об'єктів, згладжування/проріджування контурів, додавання семантичної інформації. Зручний процес оцифровки не потребує постійного перемикання в ручний режим при проходженні складних ділянок - це виконується автоматично. Забезпечує швидку роботу з растровими зображеннями розміром у декілька гігабайт.

### **8.1.9 Easy Trace Pro**

Пакет Easy Trace Pro - програмний комплекс для підготовки картографічних матеріалів у векторному вигляді.

У якості вихідних даних для векторизації в Easy Trace PRO використовуються:

- ксерокопії картографічних даних;
- оригінали карт у паперовому вигляді й ін.

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 не обмежена, у свою чергу, кожен шар може містити до мільйона об'єктів. Таким чином, існує можливість на одному робочому місці зібрати векторне покриття цілого міста, яке містить сотні тисяч об'єктів і пов'язаних з ними атрибутивних даних.



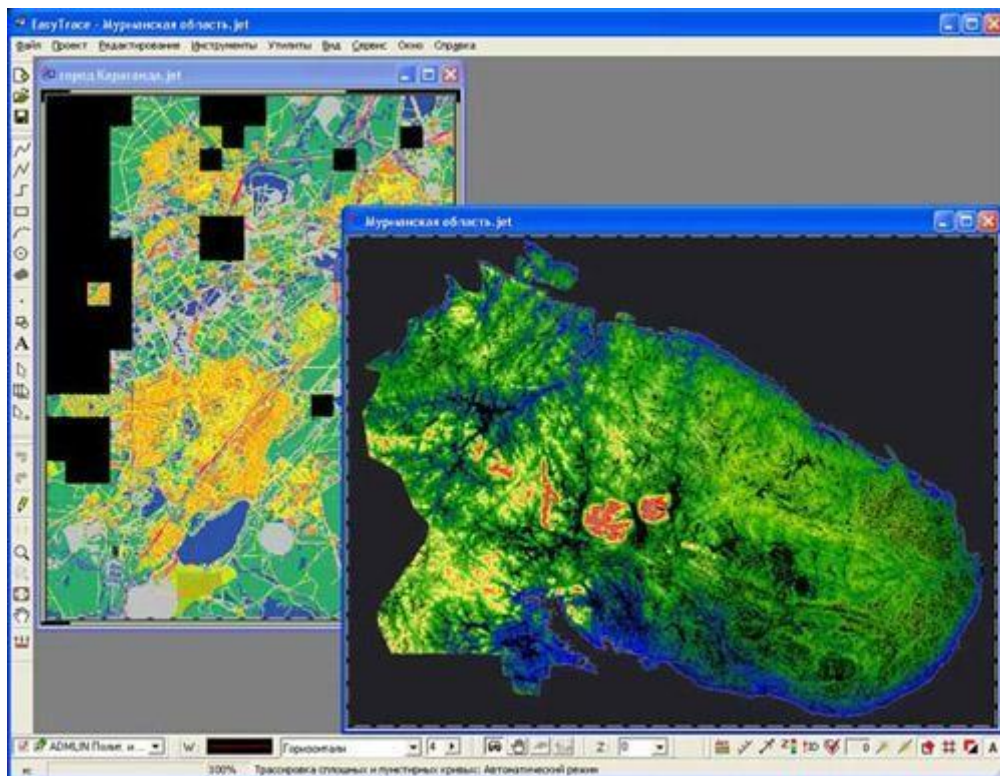


Рис. 8.16 Обработка пространственных данных в Easy Trace Pro

Технологічний ланцюжок переносу картографічної інформації з паперу в ГІС складається з таких етапів:

1. Сканування й введення растрової інформації.
2. Обробка (підготовка) растрів.
3. Векторизація.
4. Редагування, зшивка й верифікація векторних даних.
5. Експорт матеріалів у ГІС.

При введенні растрової інформації в Easy Trace PRO підтримуються такі формати: PCX, BMP, RLE, TIFF, JPEG, CALS, CIT, DIB.

Підготовка растрових даних для векторизації містить у собі геометричну корекцію й фільтрацію растрів, їхню прив'язку, об'єднання фрагментів й ін. операції.

В Easy Trace PRO векторизацію можливо здійснювати в декількох режимах: автоматичний, напівавтоматичний, ручний, ортогоналізуючий, лінеаризуючий, виділення меж заливань, відновлення меж заштрихованих областей. При цьому здійснюється багатокритеріальний контроль і редагування векторних примітивів. Також виконується автоматичний вихідний контроль інформації зі збереженого в проекті набору тестів.

При обробці векторних карт можливо інтерактивне об'єкто-орієнтоване, групове, топологічне редагування. При цьому можливо генерувати й заповнювати таблиці баз даних в DBF-форматі, окремо для ліній і точок кожного шару. В процесі обробки виконується безперервний

контроль даних, що вводяться.

Експорт даних здійснюється в такі формати ГІС: ArcINFO, ArcView, AutoCAD, Credo, MapInfo, MicroStation, WinGIS й ін. Підтримуються векторні формати - SHP, DWG, DXF, MIF, GEN, DGN, CSV, ASC, TOP, а також файли реєстрації растрів у форматах TFW, CPT, TAB. Можливо здійснювати перетворення координат на основі контрольних точок при експорті й імпорті.

### 8.1.10 MapEdit

Програми MapEDIT/MapEDIT PRO призначені для створення й редагування цифрових векторних карт, а також інших графічних даних по растрових зображеннях, що одержуються у результаті сканування карт, планів, фотознімків з паперових, пластикових й інших твердих носіїв.

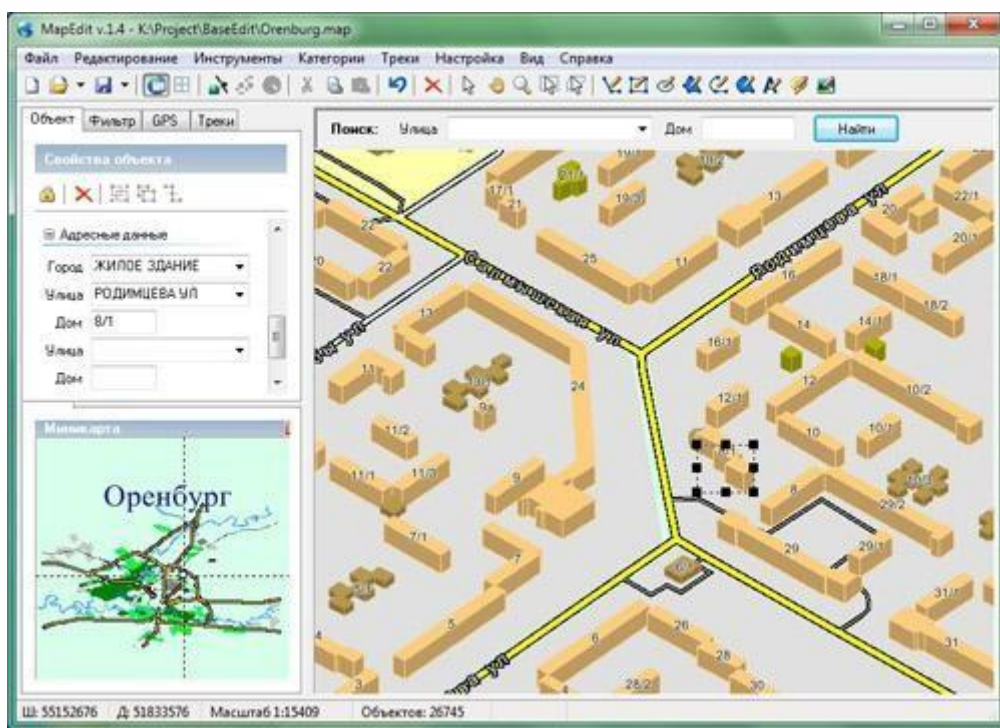


Рис. 8.17 Робота з картою в MapEdit

При роботі з програмою на екрані комп'ютера оператор одночасно спостерігає як растрове зображення вихідних матеріалів, так і створюване (те, що редагується) векторне зображення карти, що є додатковим контролем якості векторизації. Інструментальна палітра MapEDIT/MapEDIT PRO містить всі необхідні інструменти, від ручних процедур до повністю автоматичних, для редагування растрових і векторних шарів електронної цифрової карти.

Програми MapEDIT/MapEDIT PRO можуть працювати з растровими зображеннями більш ніж 30 форматів (PCX, BMP, TIFF, GIF, JPEG й ін.) довільної кольоровості й практично необмеженого розміру.

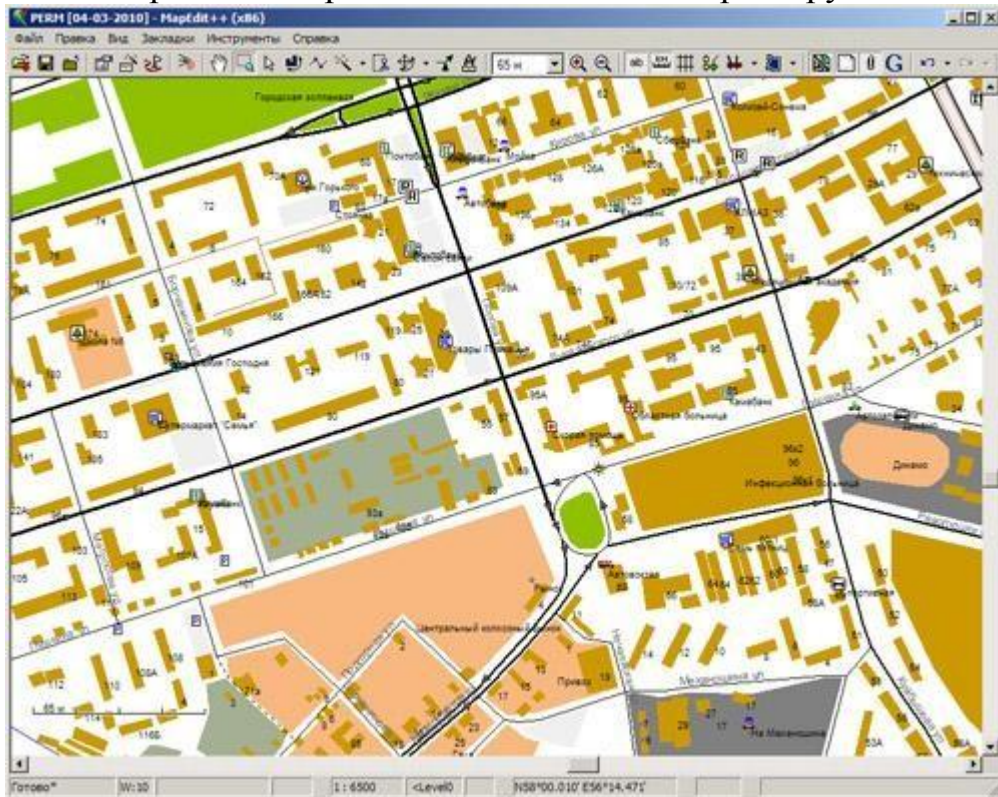


Рис. 8.18 Цифрова карта в MapEdit

Фотограмметрична обробка аеро- і космічних знімків (тільки в програмі MapEDIT PRO) містить у собі спеціальні перетворення растрових зображень для усунення геометричних і фотометричних спотворень, зобумовлених кривизною Землі, нерівностями рельєфу місцевості, похибками знімальної апаратури й ін., характерних для знімків, а також само перетворення, пов'язані з переведенням у задану картографічну проекцію. Програма дозволяє обробляти два типи знімків: знімки центральної проекції (аеро- й космічні) і сканерні знімки (космічні).

Формати даних (векторних й атрибутивних), що оброблюються:

- GEN/GPN/DBF;
- SHP/SHX/DBF;
- MIF/MID;
- ASC/ADF;
- DXF/DBF.



### 8.1.11 Панорама-Редактор

Професійний векторизатор "Панорама-редактор" - це система для створення професійних векторних топографічних та тематичних карт, один з продуктів лінійки КБ "Панорама" (Росія). "Панорама-редактор" може працювати в автономному режимі, в одноранговій мережі та виступати клієнтом в корпоративній мережі, створеній на основі ПС-Сервер 2008.

"Панорама-редактор" дозволяє створювати карти різної тематики на довільні за розмірами території. Програма підтримує різноманітні картографічні проекції та системи координат, включаючи СК-42, СК-63, місцеві системи координат всіх типів. Нанесення картографічної інформації виконується за допомогою системи умовних позначень, визначених нормативними документами для певної галузі.

В основі продукту лежить власна система управління базами даних (СУБД), створена спеціально для зберігання й обробки великих обсягів просторової інформації. Обсяг векторних, растрових і матричних даних, одночасно оброблюваних системою, може досягати терабайтів.

"Панорама-редактор" включає в себе:

- спеціалізовану систему управління базами даних, створену спеціально для зберігання й обробки великих обсягів просторової інформації;
- систему відображення карт;
- редактор векторних карт;
- редактор растрів;
- редактор класифікатора карти;
- навігатор для роботи з картами на великі території;
- підсистему атласу карт, для управління роботою з набором різномасштабних карт однієї і тієї ж території;
- набір спеціалізованих додатків.



Рис. 8.19 Топографічний план у вікні "Панорама-редактор"

Редактор векторних карт у "Панорама-редактор" реалізує такі функції:

- створення карт, планів у довільній системі координат, створення карт з поділом на номенклатурні аркуші;
- створення об'єктів всіх типів локалізації (площинні, лінійні, точкові, векторні, підписи та шаблони) за допомогою умовних позначень електронного класифікатора карти;
- створення об'єктів за допомогою графічних примітивів (для точкових, лінійних, площинних та підписів), та перетворення примітивів у об'єкти цифрового класифікатора;
- автоматичне створення складних об'єктів (насипи, виїмки, естакади, дробини, зіставлення кварталів у населених пунктах та інші), напівавтоматичне створення лінійних об'єктів по растрових даних;
- заповнення семантичних (атрибутивних) характеристик об'єктів, обробка семантик окремого об'єкта та груп вибраних об'єктів;
- редагування окремих точок об'єктів, ділянок контуру об'єкта або об'єктів в цілому (переміщення, поворот, масштабування та інші);
- поділ об'єктів на частини та поєднання окремих об'єктів одного типу в один об'єкт (злиття ділянок дороги в одну дорогу, поєднання частин будови в одну будову та т.п.);
- узгодження метрики суміжних об'єктів, створення точок перетину та інші топологічні операції;
- автоматичне нанесення підписів по семантиках об'єктів, вирівнювання, узгодження та інші операції над підписами;
- поєднання об'єктів в набори (об'єкти, пов'язані між собою логічно: будівля з окремими частинами, земельні ділянки з угіддями і т.п.) та спільна обробка метрики набору.

Для обробки растрових карт у системі використовуються спеціалізовані власні формати, що дозволяє працювати одночасно з кількома сотнями растрів великих розмірів. Завантаження даних для формування растрових карт можливе з форматів BMP, PCX, JPEG, TIFF. Редактор растрів дозволяє користувачу змінювати склад кольорів, виконувати геоприв'язку растрів (швидко або точну за наборами опорних точок), операції рисування, стиснення/оптимізації, зберігати растрові карти в інші графічні формати.

До "Панорама-редактора" можуть підключатися різноманітні додаткові модулі, наприклад, блок геодезичних розрахунків чи блок генералізації топокарт та інші.

До карт "Панорама-редактор" можна додавати дані з файлів форматів Shape, MID/MIF, DXF, DGN, KML та інших. Готові векторні карти користувач може в свою чергу зберігати у відкритому обмінному форматі SXF або у форматі DXF (Autodesk).

### 8.1.12 ArcGIS Server

ArcGIS Server - серверний додаток, призначений для спільного використання географічної інформації необмеженим числом користувачів. ArcGIS Server дозволяє створювати web-додатки, з функціональністю, схожою з можливостями настільних ГІС ArcGIS Desktop. Можливості ArcGIS Server дозволяють створити на підприємстві єдине захищене ГІС-середовище і централізовано керувати всіма просторовими даними й картографічними службами.

ArcGIS Server дозволяє створювати корпоративну ГІС з необмеженим числом повністю функціональних клієнтських місць, причому клієнтом може бути як настільний, так і веб-додаток.



Рис. 8.20 Інформаційна система на основі ArcGIS Server

Пакет ArcGIS Server може використовуватися для створення веб-додатків, веб-служб й інших корпоративних додатків, що працюють під управлінням стандартних .NET й J2EE Веб-серверів. ArcGIS Server також може використовуватися для реалізації клієнт-серверної моделі для настільних ArcGIS Desktop. Пакет дозволяє забезпечити централізоване керування географічними ресурсами, службами геокодування й задіяними в додатках програмними об'єктами.

ArcGIS Server складається із двох компонентів: ГІС-сервера й середовища розробки додатків (Application Developer Framework, ADF) для .NET й Java.

ГІС-сервер управляє програмними об'єктами (ArcObjects) у процесі їхнього використання в настільних й веб-додатках. Він дозволяє використовувати кореневу бібліотеку ArcObjects, надає середовище для виконання програмних об'єктів на сервері.

Середовище розробки додатків (ADF) дозволяє працювати з .NET або Java настільними й веб-додатками, які в процесі роботи використовуються програмними об'єктами ArcObjects.

У пакет ArcGIS Server включений набір елементів керування для веб-додатків (Web Controls), що складається з компонентів Map (карта), PageLayout (компонування), TOC (таблиця змісту карти), OverviewMap (оглядова карта), Toolbar (панель інструментів). Це спрощує процес включення картографічної функціональності у веб-додатки користувачів і дозволяє розроблювачам зосередитися на більш складних питаннях вибору необхідної ГІС-функціональності даних додатків.

Користувачами ArcGIS Server можуть виступати:

- користувачі ArcGIS Desktop, які можуть працювати з картами й службами геокодування, опублікованими як об'єкти map server objects й geocode server objects, використовуючи ArcMap й ArcCatalog для з'єднання з ГІС-сервером через локальну мережу або через Internet.
- користувачі веб-додатків, яким досить мати на своєму комп'ютері тільки Інтернет-браузер для зв'язку з веб-додатками, які опубліковані розроблювачем.

### **8.1.13 GIS WebServer**

GIS WebServer призначений для публікації в мережах Інтернет/Інтранет усього спектра геопросторових даних - електронних карт, даних ДЗЗ й інформації з баз даних (БД). Забезпечується робота з атласом карт, що дозволяє інтегрувати різні просторові дані. Додаток використовує технологію комплексної обробки статичних (фонові карти, растри, матриці, космічні знімки) і динамічних даних (навігація й моніторинг у режимі реального часу, банк просторових даних, оперативна обстановка). Статична інформація виводиться в браузер при першому звертанні до неї і кеширується. При подальшій роботі клієнт одержує тільки динамічні дані.

Додаток розроблений за технологією ASP.NET, функціонує в середовищі .NET Framework 3.5 під керуванням Internet Information Services (IIS). Картографічні дані додатку GIS WebServer представляються у форматах електронних карт ГІС "Карта 2008". Довідкові дані можуть зберігатися у базах даних Oracle, SQL-Server, Access, Firebird.

Для запуску GIS WebServer досить ввести його URL в Web-браузері. Число клієнтів, що підключаються, необмежено. Підтримується робота з усіма основними типами браузерів на операційних системах Windows, Linux, Solaris й інших.

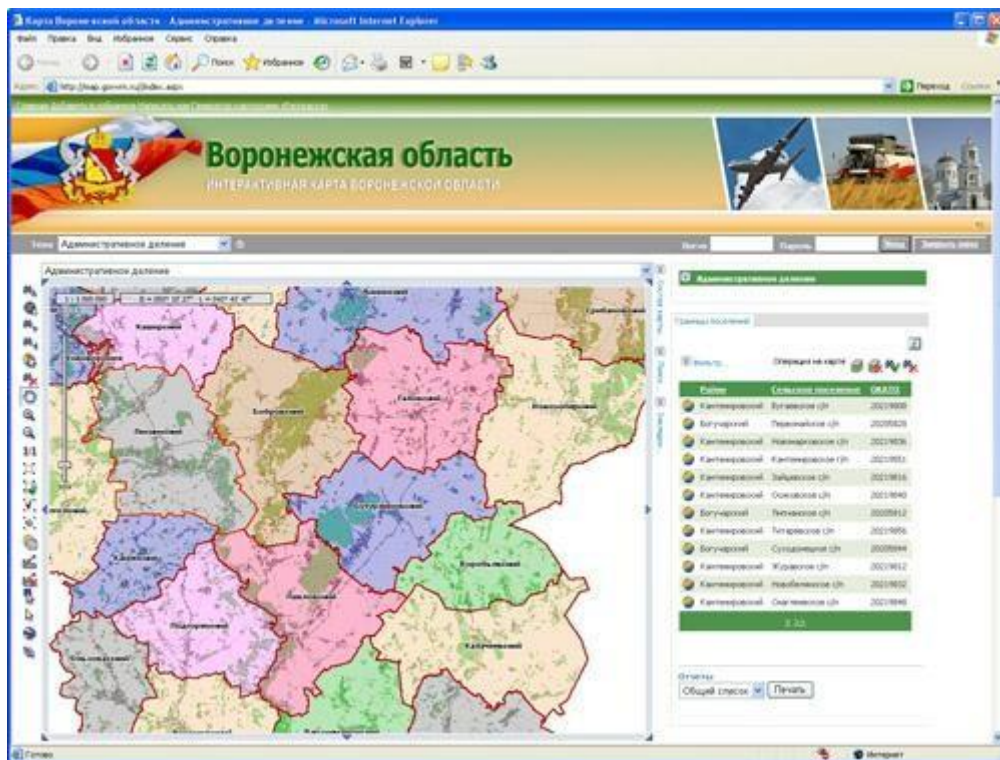


Рис. 8.21 Приклад інформаційної системи на основі GIS WebServer

#### Можливості GIS WebServer:

- робота з атласом карти;
- розмежування прав доступу;
- одержання інформації про об'єкт карти;
- редагування точкових об'єктів карти;
- зміна розміру малюнка карти;
- зміна складу відображення об'єктів карти;
- різні види пошуку (пошук по відстані; пошук по області, заданої об'єктом карти; пошук об'єктів за назвою; пошук об'єктів карти по області; пошук об'єктів карти за адресою; пошук перехресть; пошук запису таблиці бази даних, пов'язаної з об'єктом карти);
  - визначення відстані по карті;
  - робота зі спливаючими підказками й гіперпосиланнями;
  - перехід у Google Maps і Космознімки Сканекс;
  - зміна параметрів виділення об'єктів карти;
  - спостереження за об'єктами карти; періодичне відновлення зображення карти (дозволяє створювати системи спостереження за рухливими об'єктами);
    - створення й використання користувальницьких закладок на картах;
    - робота з картою посилань;



- 

У додатку застосовується механізм ідентифікації користувачів для захисту інформації й забезпечення безпеки даних. Можуть використовуватися різні бази даних: MS SQL Server, Oracle, MS Access й інші.

Вигляд і склад даних веб-сторінки визначається описом теми, обраної в цей момент часу, а також правами доступу користувача до даних

теми. Формуючи теми відповідно до характеру діяльності компанії й змісту її бази даних, користувачі мають можливість відображати в Web різну інформацію, що має просторову прив'язку: облікову, статистичну, довідкову, результати моніторингу й іншу.

Для створення та налаштування проектів, настроювання логіки роботи GIS WebServer, визначення структур даних й Web-сторінок використовується спеціальний інструментарій GIS WebAdministrator, що дозволяє адаптувати GIS WebServer для конкретного застосування.

Параметри настроювання включають елементи опису, що відносяться до додатка в цілому: назва додатка, тип й ім'я бази даних, параметри підключення до БД, параметри авторизації, а також елементи опису вхідних даних - теми. Тема містить список таблиць бази даних і перелік карт для спільного використання (проект карт). Є набір параметрів, що настроюються, для опису структури таблиць БД, параметрів зв'язку карти і таблиць, вигляду відображення таблиць бази даних і можливості їхнього редагування. Виконується настроювання інтерфейсу для GIS WebServer: вказуються параметри формування спливаючих підказок на карті, параметри пошуку, кольори фону, яскравість і контрастність карти, границі масштабування, видимість карти, елементи оформлення web-сторінки.

Настроювання зберігаються у файлі проекту й використовуються додатком GIS WebServer при роботі. GIS WebAdministrator дозволяє створювати, перевіряти й коректувати проекти, розміщені на GIS WebServer.

Веб-сервіс метаданих і карт WMS OGC - GIS WebService забезпечує GIS WebServer загальноприйнятим міжнародним протоколом пошуку, обміну й використання геопросторових даних. GIS WebService реалізований відповідно зі специфікацією інтерфейсу "OGC Web Map Service Interface" - OGC 03-109r1.

Для прискорення відображення карт GIS WebServer дозволяє використовувати комбінації векторних карт та їх копій, попередньо растрованих та розподілених на фрагменти. Такі дані створюються за допомогою спеціальної програми Panorama ImageCreator.

#### **8.1.14 ENVI**

Програмний комплекс ENVI ліцензований провідними операторами космічних даних, одержуваних із супутників QuickBird, Ikonos, Orbview, Cartosat-1, Formosat-2, Resourcesat-1, SPOT, IRS, Landsat й ін. Крім фіксованих моделей сенсорів, включених у програмний комплекс, користувач може виконати геометричну корекцію довільного сканерного

зображення, використовуючи модифікований алгоритм DLT (Direct Linear Transformation), закладений у програмний комплекс ENVI.

ENVI призначений для візуалізації й обробки даних і містить у собі набір інструментів для проведення повного циклу обробки даних від ортотрансформування й просторової прив'язки зображення до одержання необхідної інформації та її інтеграції з даними ГІС.

Відмінною рисою програмного комплексу ENVI є відкрита архітектура й наявність мови програмування IDL (Interactive Data Language), за допомогою якої можна істотно розширити функціональні можливості програми для вирішення спеціалізованих задач: автоматизувати існуючі алгоритми, а також створювати власні алгоритми обробки даних і виконувати пакетну обробку даних.

ENVI містить спектральні бібліотеки, алгоритми та інструменти для виконання спектрального аналізу, які постійно оновлюються.

ENVI підтримує широкий діапазон растрових і векторних форматів, таких як ESRI SHP, MapInfo TAB, MapInfo MID/MIF і багато ін. Можливе створення й редагування растрових і векторних шарів, перегляд і редагування атрибутивних таблиць.

Програмний комплекс ENVI відповідає всім основним вимогам, необхідним при обробці зображень, та включає в себе такі основні функції:

- візуалізація й обробка даних дистанційного зондування;
- обробка та глибокий спектральний аналіз мультиспектральних і гіперспектральних зображень;
- просторова прив'язка зображень;
- ортотрансформування;
- створення ЦМР на основі стереозображень;
- тривимірна візуалізація;
- топографічний аналіз;
- обробка й аналіз даних радарної й лідарної зйомки;
- інтерактивне дешифрування й класифікація;
- аналіз рослинності з використанням вегетаційних індексів (NDVI);
- геометрична й радіометрична корекція;
- інтерактивне спектральне й просторове поліпшення зображень;
- калібрування й атмосферна корекція;
- підтримка растрових і векторних форматів;
- забезпечення підтримки даних дистанційного зондування, отриманих із супутників WorldView-1, QuickBird, FORMOSAT-2, IKONOS, CartoSat, ALOS, EROS, Orbview, SPOT, IRS, TERRA (ASTER), Landsat.

### 8.1.15 ERDAS IMAGINE

ERDAS IMAGINE - це одна з найбільших та найвідоміших систем для обробки даних дистанційного зондування землі. Ця система дозволяє виконувати фотограмметричну та аналітичну обробку всіх типів зображень, формувати на їх основі топографічні та тематичні карти, моделі території.

ERDAS IMAGINE має три базові комплектації різного рівня функціональності та складності:

- **Essential** - мінімальний набір інструментів для роботи з даними дистанційного зондування. Основою Imagine Essentials є блок перегляду, що забезпечує основу всього інтерактивного перегляду й обробки зображень. Ця система дозволяє переглядати зображення, виконувати геоприв'язку зображення, створювати по знімку векторні карти в форматах Shape, формувати та аналізувати бази геопросторових даних, виконувати проекційні перетворення та виводити карти і зображення на друк.
- **Advantage** - комплектація, що охоплює всі функціональні можливості IMAGINE Essentials і дає користувачу нові функції для обробки зображень. У IMAGINE Advantage можна виконувати ортореєктивізацію зображень, створювати з окремих знімків мозаїку, формувати модель рельєфу, виконувати радіометричну корекцію, покращення спектральних якостей зображення, неконтрольовану класифікацію даних зображення. У користувача IMAGINE Essentials є також багато інших операцій обробки зображень завдяки підключенню модулів розширення, доступних тільки для цієї комплектації (наприклад, ATCOR).
- **Professional** - це професійний інструмент для обробки аерокосмічної інформації. Крім всіх можливостей Imagine Essentials й Imagine Advantage ця система дає змогу виконувати різноманітний аналіз зображень, обробляти дані радарного знімання. Тільки за цієї комплектації можливе використання деяких унікальних функцій системи, таких як субпіксельний аналіз, аналіз гіперспектральних властивостей зображення, використання функціоналу ERDAS ER Mapper.

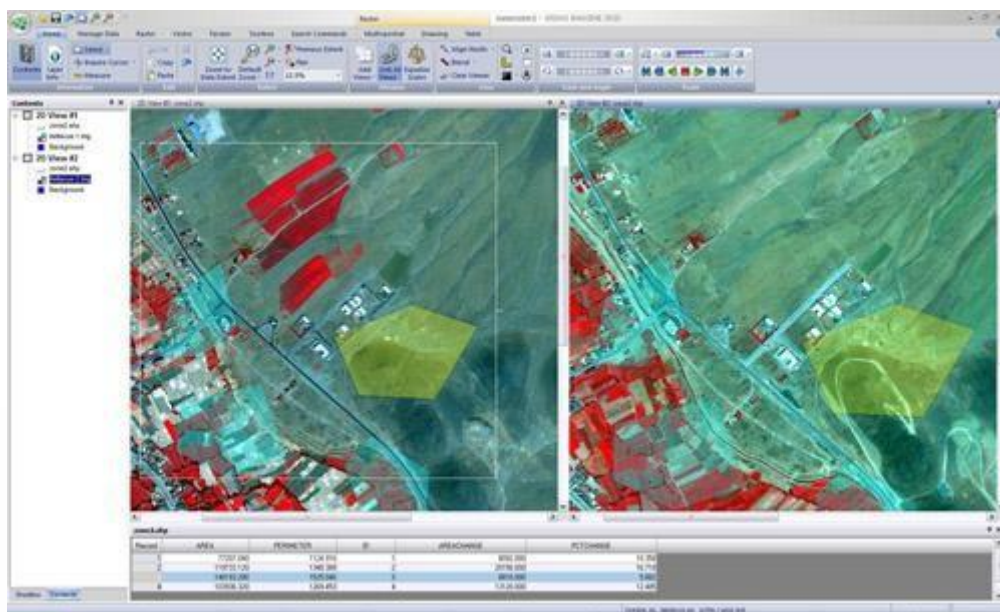


Рис. 8.23 ERDAS IMAGINE 2010

**AutoSync** - модуль призначений для полегшення й автоматизації процесу геометричної корекції знімків. Цей модуль має у своєму складі математичний корелятор, що використовується в LPS (Leica Photogrammetry Suite) для розрахунку точок в автоматичному режимі. Для запуску процесу автоматичного розрахунку цих точок користувачеві досить визначити всього 3 контрольні точки самостійно - далі все зробить AutoSync.

**IMAGINE Vector** розроблений для підтримки форматів, представлених компанією ESRI. Даний модуль дозволяє імпортувати й експортувати векторні дані ArcInfo й Shape форматів, працювати з топологією даних файлів без додаткових конвертацій. IMAGINE Vector забезпечує роботу з форматами геобаз даних SDE.

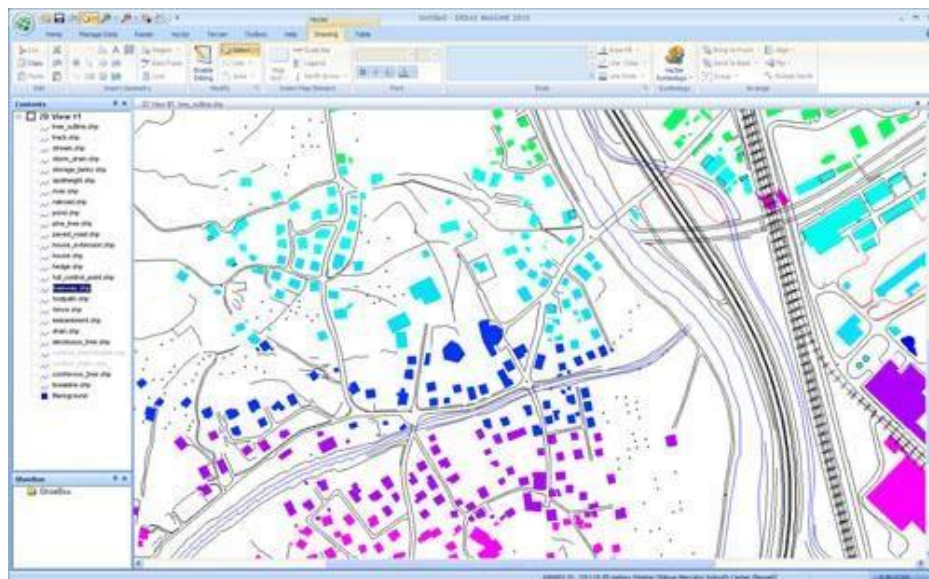


Рис. 8.24 Робота з векторною картою у форматі ESRI в IMAGINE Vector

**IMAGINE Objective** - модуль, призначений для пошуку й векторизації таких об'єктів як будинки, дороги, площинні об'єкти. Використання даного інструмента значно заощаджує час для створення векторних шарів. Objective включає інструменти для пошуку заданих оператором характеристик. Принципова відмінність від класифікації - об'єкти виділяються відповідно до своїх геометричних характеристик і ніяк не залежать від спектральних властивостей. Таким чином, не важливо, яке зображення обробляється - мультиспектральне, PAN або RGB.

**IMAGINE Easytrace** істотно полегшує роботу людини-оператора, яка виконує оцифровку або виділення об'єктів на аерофото- або космічних знімках. Користувачеві необхідно вказати об'єкт інтересу, потім почати векторизацію, яку продовжить комп'ютер.

**ERDAS Image Compressor** - модуль для стиснення зображень. Функціонал цього модуля залежно від рівня базової комплектації дозволяє працювати з ECW, JPG2000, MrSID, TIFF, CDRG файлами, що містять зображення розміром від кількох гігабайт до кількох терабайт.

**DeltaCue** - модуль, спрямований на пошук й автоматичну реєстрацію змін між різночасовими знімками. Зміни фіксуються у вигляді тематичного шару. Активно використовується спектральний і просторовий аналіз даних, спектральна сегментація, різні просторові фільтри, є діалог налаштування критеріїв пошуку.

**Subpixel Classifier** - модуль, призначений для виділення на багатозональному знімку об'єктів, менших за розмір пікселя. Він дозволяє ідентифікувати об'єкти, що займають лише 15-20% від загальної площі



пікселя. Цей модуль може бути цікавий у дослідженнях рослинності й ґрунтів.

**IMAGINE Stereo Analyst** розроблений для роботи зі стереознімками. Цей програмний продукт дозволяє створювати тривимірні проекти на основі наявних стерео зображень. Використовуючи стерео, можливо проводити повноцінні тривимірні виміри та створювати образи й моделі для подальшого зображення їх у модулі **IMAGINE Virtual GIS**.

**IMAGINE Virtual GIS** - засіб тривимірної візуалізації, призначений для побудови тривимірної картини, створення імітації польоту над місцевістю, дії у віртуальному тривимірному географічному просторі. Користувач може виконувати процедури поліпшення зображення, опитувати значення пікселів і їхні атрибути для растрового зображення, накладеного на модель рельєфу, візуалізувати поверх цифрової моделі місцевості шари векторних карт у форматі ArcGIS, змінювати їх символію, одержувати значення атрибутів векторних об'єктів.

**ATCOR** - це модуль атмосферної корекції, що повертає істинні спектральні яскравості об'єктам. Модуль усуває з космічних знімків димку й проводить топографічну нормалізацію знімків. Функціонально **ATCOR** ділиться на **ATCOR2** (робота з мультиспектральними даними без врахування цифрової моделі висот) і **ATCOR3** (робота з мультиспектральними даними з урахуванням цифрової моделі висот). У всіх версіях цього модуля є можливість роботи зі спектрами у вигляді сформованих графіків спектральних кривих, а також можливість вимірювати температуру в обраній точці.

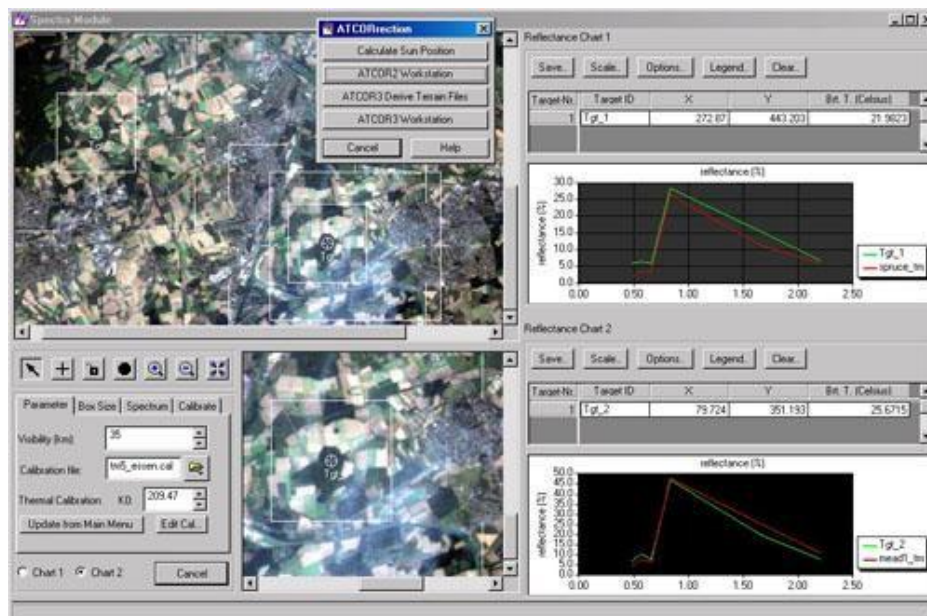


Рис. 8.25 Усування димки з космічних знімків у модулі **ATCOR**

**IMAGINE Map2GeoPDF** - модуль, призначений для формування документа в PDF форматі, але з підтримкою систем координат і проєкцій. Отриманий документ можна переглядати в Acrobat Reader 7 і вище. Модуль є додатковим і може використовуватися, починаючи з функціональної версії Imagine Essential.

**Leica MosaicPRO** - це потужне рішення для створення мозаїк по наборам різноманітних знімків. Оператор має можливість контролювати "стики" знімків у їх істинному просторовому розділенні, оцінювати повну якість створюваної мозаїки у вікні попереднього перегляду, інтерактивно аналізувати баланс кольорів, самому генерувати лінії зшивки знімків або імпортувати їх з інших джерел (шейп-файли або AOI файли).

**IMAGINE Enterprise Loader** дозволяє необмеженому числу користувачів використовувати растрові й векторні дані, які зберігаються в Oracle Spatial Log. Зображення можуть читатися як незалежні георастри. Також можливо використовувати деякий функціонал від ERDAS IMAGINE або LPS для автоматичного формування мозаїки.

**IMAGINE Enterprise Editor** - перший додаток, що поєднує в собі процес обробки зображень і редагування даних через Web доступ, підключаючись до бази даних Oracle Spatial Log. Enterprise Editor дає можливість редагувати геометрію растрів, топологію й атрибутивні дані в середовищі Інтернет. Цей модуль включив у себе весь інструментарій, властивий серверному варіанту Oracle Spatial Log.

**IMAGINE Developers' Toolkit** - модуль, що складається з набору вбудованих бібліотек і документації, які дозволяють розширювати можливості ERDAS IMAGINE. Цей модуль є засобом для розробки власних скриптів і модулів.

Крім наведених вище існує спеціальний набір модулів для обробки радарних знімків:

- **IMAGINE Radar Interpreter** - модуль, призначений для видалення шумів, текстурного аналізу, злиття знімків, основного радіометричного й геометричного калібрування з поліпшення знімків SAR.



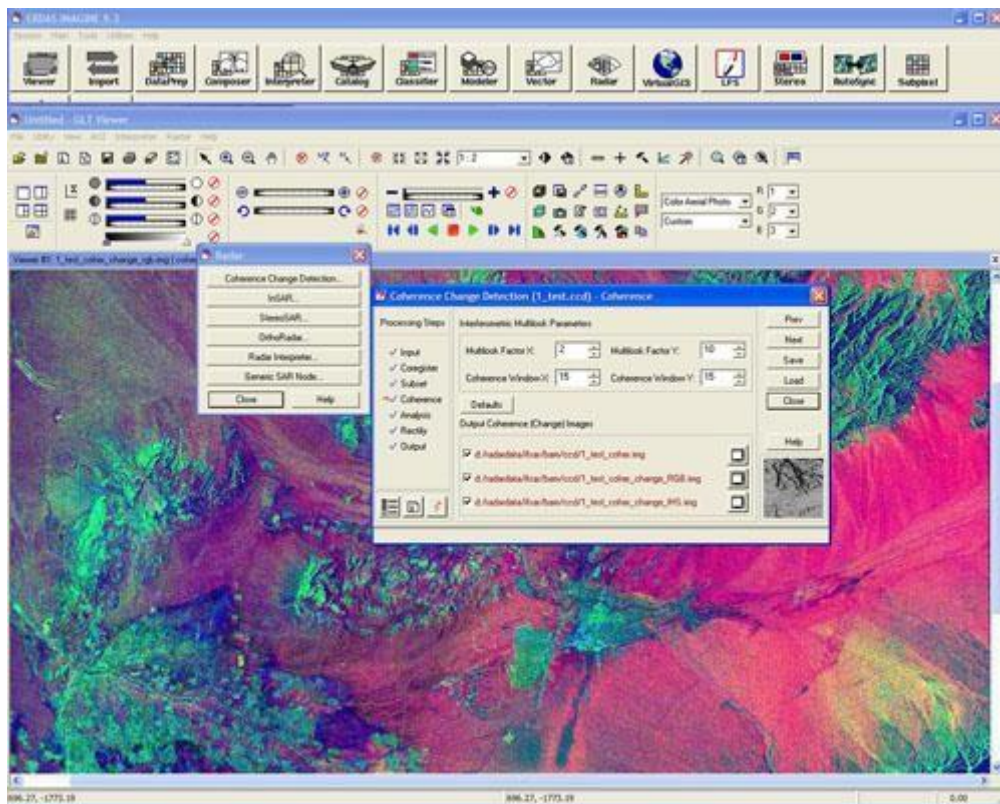


Рис. 8.25 Пошук часових змін на радарних знімках у IMAGINE Coherence Change Detection

- **IMAGINE OrthoRadar** - модуль, що виконує точну корекцію й ортотрансформування знімків SAR з побудовою моделі сенсора SAR.
- **IMAGINE StereoSAR DEM** - модуль, що виконує генерування ЦМР за допомогою кореляції пар знімків SAR.
- **IMAGINE InSar** - модуль, який забезпечує роботу з даних SAR і який використовує інтерферометричну технологію. Цей модуль дозволяє створювати точну ЦМР з високим просторовим дозволом по даним SAR знімків.
- **IMAGINE Coherence Change Detection** - модуль для пошуку змін на інтерферометричних SAR даних.

### 8.1.16 INPHO

Лінійка програмних продуктів INPHO закриває весь технологічний ланцюжок виконання фотограмметричних проектів, включаючи аеротриангуляцію, побудову стереозображень, моделювання рельєфу, виробництво ортофотопланів і сканування аерофотознімків.

INPHO - це повнофункціональна фотограмметрична система для всіх стандартних задач у цифровому фотограмметричному проекті, включаючи

геокодування, створення ЦМР, ортотрансформування й стереоскопічну оцифровку.

Система підтримує широкий спектр цифрових даних, включаючи скановані аерофотознімки, дані, одержувані з цифрових авіаційних камер і з різних космічних апаратів ДЗЗ.

Ядром фотограмметричної системи INPHO є ApplicationsMaster, який містить розширений набір інструментів для формування проекту, таких як імпорт-експорт даних, перерахування координат, а також обробку зображень, їхнє орієнтування й роботу з ЦМР.

Основними компонентами фотограмметричної системи INPHO є:

- ApplicationsMaster - ядро системи, що представляє собою користуальницький інтерфейс і дозволяє працювати зі всіма модулями системи.
- MATCH-AT - модуль автоматичної тріангуляції для всіх типів кадрової зйомки, отриманої за допомогою як аналогових, так і цифрових камер.
- Match-AT Stereo sw - модуль виміру точок прив'язки в стереорежимі.
- DTM Box - пакет для автоматичного створення й редагування цифрових моделей місцевості (ЦММ), до складу якого входять два продукти: MATCH-T Ver. 5.0 (Windows XP) і DTMaster stereo Ver. 5.0 (Windows XP).

**MATCH-T** призначений для автоматичного створення ЦММ і надає такі можливості:

- автоматичне створення ЦММ для областей інтересу;
- створення регулярної ЦММ методом послідовних ітерацій;
- використання об'єктно-орієнтованих методів кореляції і стійкої інтерполяції ЦММ;
- створення регулярної ЦММ, що формується з урахуванням кривизни поверхні;
- використання структурних ліній рельєфу при автоматичній побудові ЦММ;
- -спеціальні інструменти для роботи з рельєфом гірських територій.

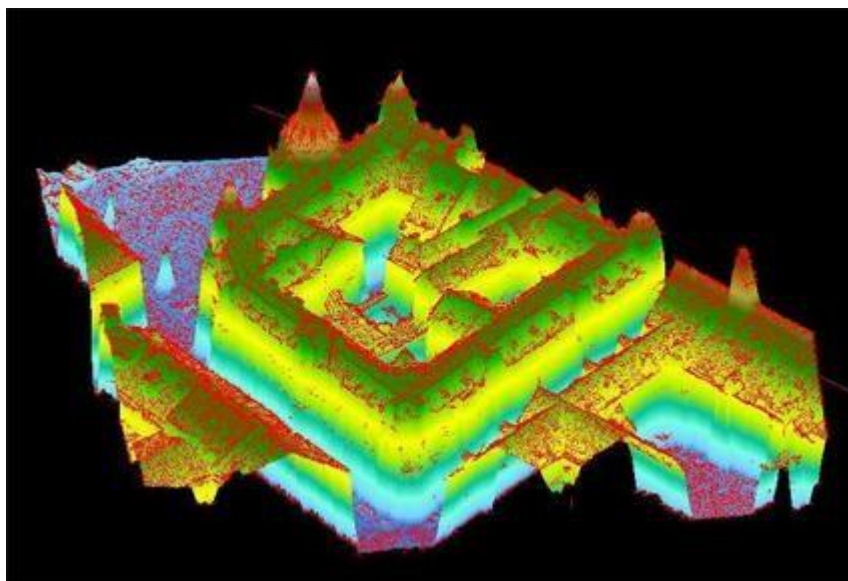


Рис. 8.26 Хмара точок, які були отримані за допомогою модуля MATCH-T

**DTMaster stereo** включає такі можливості:

- вимірювання та редагування координат лінійних і точкових об'єктів;
- робота в стереорежимі для вимірювання координат об'єктів;
- використання геоприв'язаних растрових зображень як опорної інформації (наприклад, ортофотоплани, дані аерозйомки, карти);
- підтримка широкого діапазону форматів даних, наприклад, DXF, ASCII XYZ, ESRI / Shape, LAS, WINPUT;
- автоматичне виявлення помилок при створенні ЦММ.

**OrthoBox** - пакет для створення ортофотопланів, що складається з двох продуктів: OrthoMaster Ver. 5.0 (Windows XP) і OrthoVista Ver. 4.2 (Windows XP).

**OrthoMaster** дозволяє створювати ортофотоплани для одного або пакета зображень. Продукт представляє наступні можливості:

- підтримка мультиспектральних даних аналогових і цифрових камер;
- створення true-ortho (при використанні OrthoVista);
- підтримка різних растрових форматів: GeoTIFF, TIFF / TFW, ECW і т.д.;
- імпорт файлів проектів з MATCH-AT, SUMMIT, Z / I Imaging;
- імпорт параметрів орієнтування даних з MATCH-AT, PAT-B, PHOREX2, BLUH, BINGO, Aerosys;

- створення ЦММ "на льоту" з використанням технології SCOP з різних форматів: XYZ ASCII, SCOP binary, DXF, GeoTIFF, TIFF / TFW, ERS;
- використання різних алгоритмів дискретизації і геометричного моделювання;
- конвертування в різні картографічні проекції.

**OrthoVista** - потужний інструмент для створення мозаїк і ортофотопланів, що включає алгоритми автоматичного визначення ліній порізу та зшивки з радіометричною корекцією по всьому блоку зображень.

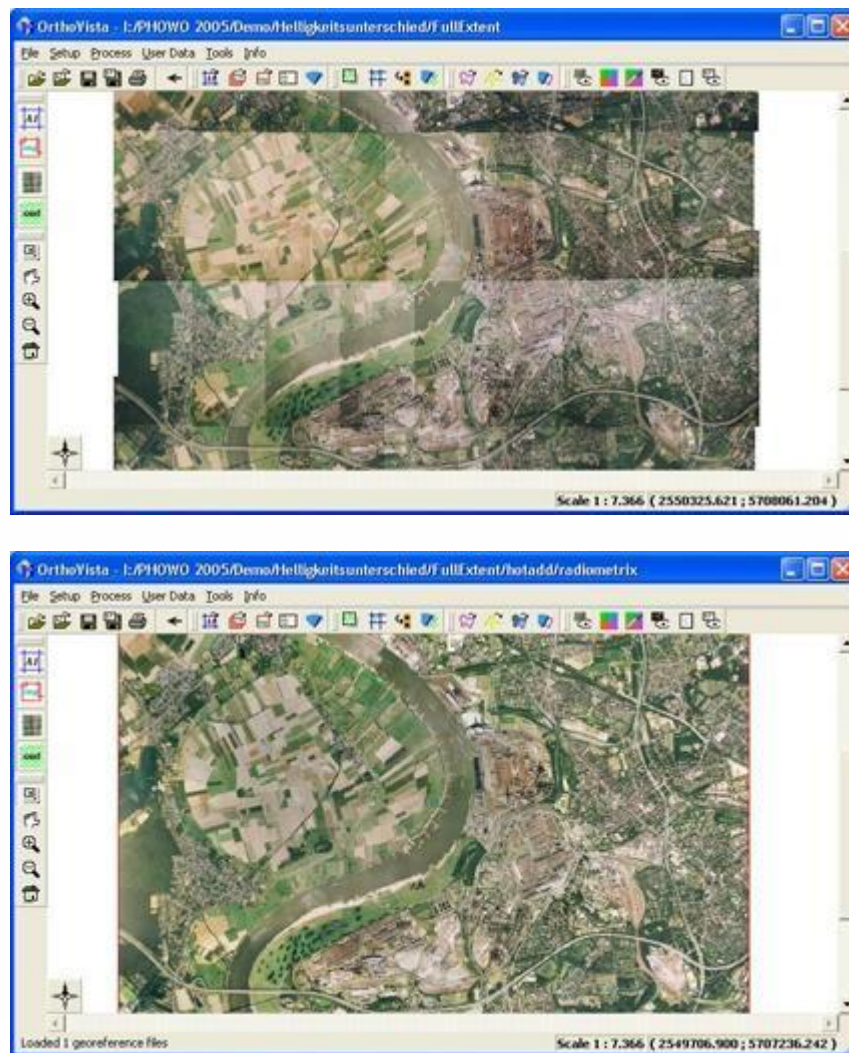


Рис. 8.29 Створення мозаїки в модулі OrthoVista

Даний продукт включає такі можливості:

- автоматична корекція і вирівнювання кольору окремих зображень; балансування кольору й інтенсивності для мозаїки в цілому;
- радіометрична корекція кольору, яскравості і контрастності;

- створення мозаїк зображень з автоматичним визначенням ліній порізів та їх візуалізація;
- редагування ліній порізів і зшивання (OrthoVista SE);
- імпорт/експорт ліній порізів і зшивання у форматі DXF;
- підтримка різних форматів, таких як GeoTIFF, TIFF / TFW, Zeiss inp, Vision RPT, ERS і т.д.;
- підтримка мультиспектральних зображень;
- пакетна обробка даних.

### **Summit Evolution "Professional"**

Спеціалізований продукт для цифрової векторизації об'єктів місцевості по стереопарах аеро- і космічних знімків. До можливостей продукту відносяться:

- робота інструментальними засобами AutoCAD, MicroStation або ArcGIS;
- внутрішнє, відносне і абсолютне орієнтування стереопар;
- тріангуляція в інтерактивному режимі;
- імпорт проектів та елементів орієнтування з інших програмних продуктів;
- інтерактивне отримання даних з використанням інструменту CAPTURE;
- робота з гістограмами зображень;
- редактор карт (тільки для AutoCAD і MicroStation).

Додаткове устаткування:

- DAT/EM Keypad - функціональна клавіатура для Summit Evolution.
- Stealth Mouse S2-E - 3D контролер.
- Planar StereoMirror - стереосистема, що складається із двох спеціалізованих 20-дюймових LCD моніторів з розрізненням (1600x1200).

**SCOP++** - програмний модуль для роботи із тривимірними моделями місцевості. Цей модуль ефективний для роботи із проектами цифрових моделей місцевості будь-яких розмірів. SCOP++ має широкі можливості з обробки й аналізу тривимірних даних, у тому числі з редагування, фільтрації й візуалізації даних.

### **LIDAR Box**

LIDAR Box - повнофункціональне рішення для роботи із цифровими моделями місцевості, у тому числі й лідарними даними. LIDAR Box складається з модулів SCOP++ Kernel, SCOP++ LIDAR й DTMaster.

Модуль **SCOP++ Kernel**:



- Точна інтерполяція ЦММ, як із застосуванням фільтрів, так і без них
- Створення ЦММ, що складається з більйона точок
- Створення горизонталей картографічної якості
- Профілювання
- Гнучкі засоби відображення моделей
- Об'єднання растрової й векторної інформації
- 3D-візуалізація з використанням геокодованих карт і знімків
- Підтримка широкого кола форматів, наприклад, DXF, XYZ, ArcInfo, LAS (ASPRS Lidar data exchange format), HPGL, TIFF, JPEG, PDF, SCOP DTM, ArcInfo Grid, DTED, VRML, і ін.

#### Модуль **SCOP++ LIDAR**:

- Фільтрація бортових лазерних даних для автоматичної класифікації сирової хмари точок на наземні точки й точки на висотних об'єктах, для формування цифрової моделі рельєфу
- Ефективні методи інтерполяції з адаптацією до типу рельєфу й покриття
- Користувальницький контроль на кожному етапі роботи
- Усунення грубих помилок у даних будь-якого виду

#### Модуль **SCOP++ Visualizer**:

- Перспективне відображення ЦММ у вигляді растра, створеного в модулі SCOP++ Kernel;
- Панорамне зображення з підписом географічних об'єктів
- Модуль **SCOP++ Analyzer**:
- DTM алгебра (об'єднання ЦММ даних різного типу)
- Розрахунок об'ємів
- Створення розрізів, профілів
- Мозаїки ЦММ

#### Модуль **SCOP++ TopDM**:

- TopDM (Topographic Data Management) створено для зберігання, управління й архівування цифрових моделей місцевості навіть на значні території
- Геокодування відносних висотних моделей
- Суворі обробка геокодованих даних (робота з картографічним проєкціями, датами, прийнятими в різних країнах, можливість впровадження своїх картографічних систем)
- Керування ЦММ, редагування, експорт, імпорт, об'єднання й т.п.
- Створення зв'язків з базою даних ORACLE.

### 8.1.17 Leica Photogrammetry Suite

Leica Photogrammetry Suite (LPS) - фотограмметричне рішення від ERDAS Inc. Дане програмне забезпечення є незалежним програмним продуктом і побудовано за модульним принципом. LPS по суті своїй є цифровою фотограмметричною станцією, призначеною для:

- прив'язки знімків;
- проведення блокової аерофототріангуляції;
- створення ортофотопланів;
- створення й редагування цифрової моделі рельєфу;
- розрахунку зв'язкових точок;
- формування орієнтованих стереопар;
- точних вимірів на знімках для збору й відновлення різних даних.

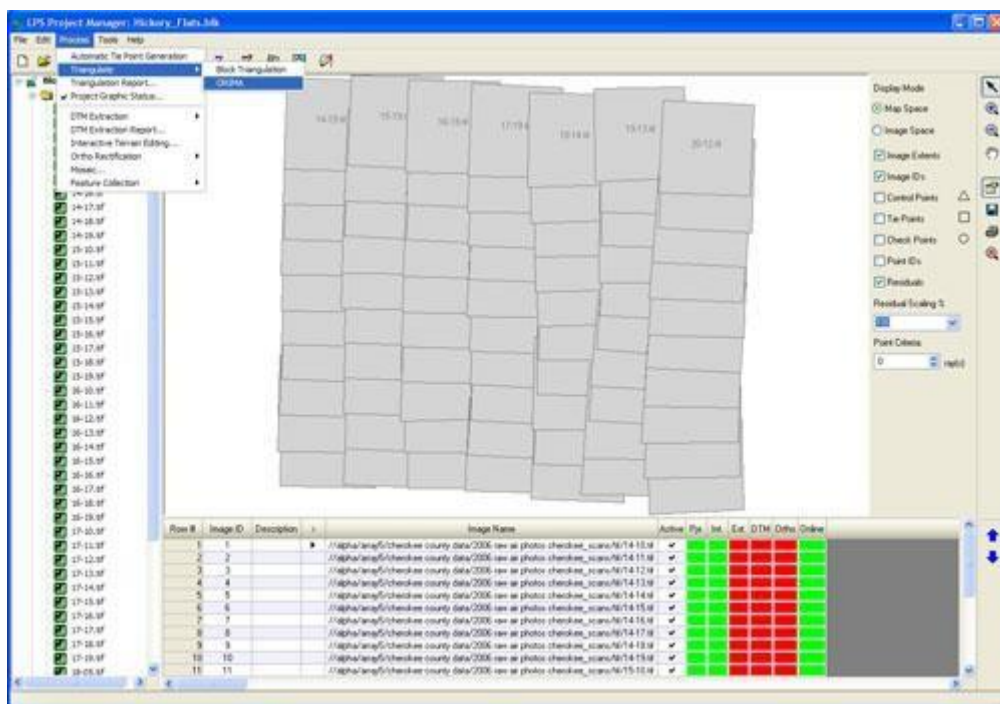


Рис. 8.30 Обробка блоку знімків в Leica Photogrammetry Suite

LPS підтримує такі категорії геометричних моделей:

**Camera** - вибір цієї категорії дозволяє користувачеві працювати зі знімками, зробленими звичайними аналоговими, цифровими, відеографічними (безперервний потік) або не метричними камерами. При виборі аналогової камери не має значення, яким чином знімки цієї камери були відскановані (позитив або негатив). Більше того, є можливість врахування умов сканування цих знімків для часткового усунення тіней.

**Rational Functions** (раціональні функції) - ця категорія призначена, в

основному, для роботи з космічними знімками, параметри внутрішньої орієнтації яких описані за допомогою коефіцієнтів раціональних поліномів (RPC). У даній категорії доступні такі моделі: DPPDB, IKONOS, NITF RPC, Quick Bird RPC, ORBIMAGE RPC, CARTOSAT RPC, RESOURCESAT RPC.

**Polynomial-based Pushbroom** - ця категорія призначена для роботи зі знімками, зробленими з космічних апаратів, де внутрішня орієнтація знімків описується схемою Pushbroom (наприклад SPOT, IRS, Landsat). Існує окрема геометрична категорія Orbital Pushbroom.

**Mixed Sensor** - категорія призначена для роботи й налаштування змішаних сенсорів.

Leica Photogrammetry Suite складається з модулів Leica Photogrammetry Suite Core, Stereo, Automatic Terrain Extraction, eATE, Terrain Editor, PRO600, ORIMA, Stereo Analyst, Geo Vault, Image Equalizer, GPro.

## LPS Core

LPS Core - цей модуль є "фундаментом" LPS. Він дозволяє здійснювати базові операції обробки знімків, а саме: імпорт різних даних, балансування кольорів, створення ортомозаїки, компоновання карт, ортотрансформування.

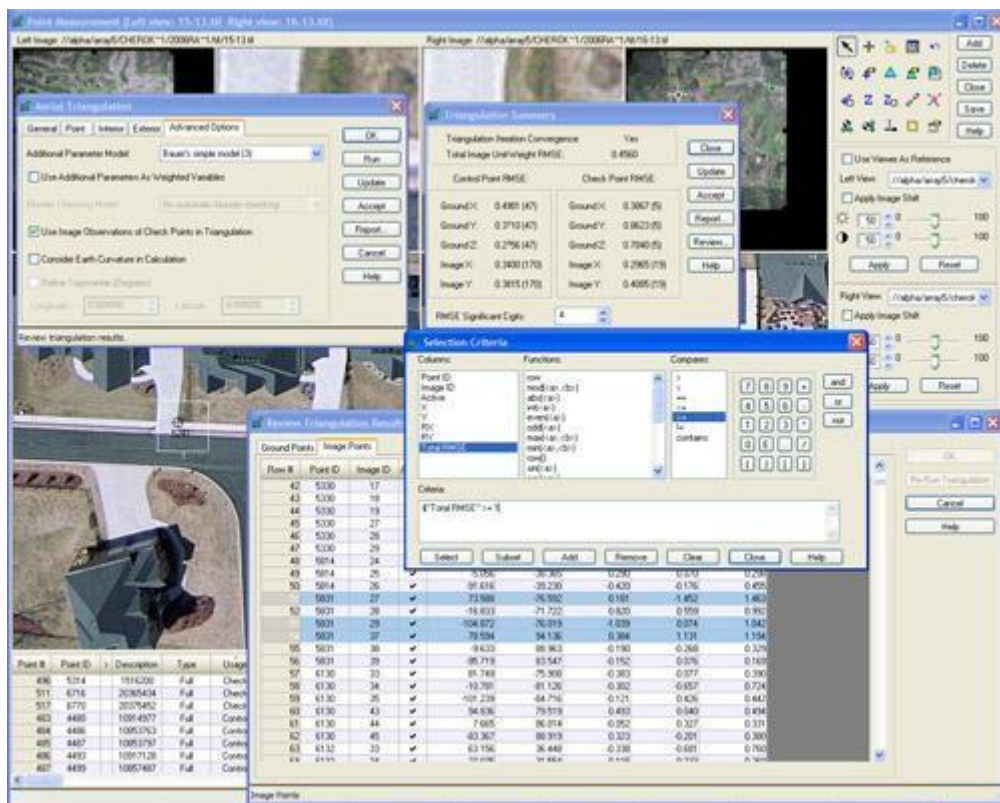


Рис. 8.31 Аналіз опорної основи знімання в LPS Core



### **LPS Stereo**

LPS Stereo - модуль, призначений для роботи в стереоскопічному режимі (поляризаційному або аналіграфічному). Використання цього модуля дозволить Вам робити точне позиціонування курсору й повноцінно використовувати стереоскопічне дешифрування.

### **LPS eATE**

Модуль eATE забезпечує формування цифрових моделей рельєфу по стереознімках. eATE дозволяє опрацьовувати дані супутникового знімання та аерофотознімання, покадрові знімки та полоси знімання.

### **LPS Automatic Terrain Extraction**

LPS Automatic Terrain Extraction (ATE) - модуль, призначений для швидкого й точного добування цифрової моделі рельєфу зі знімків. Розрахунок цієї моделі здійснюється методом інтерполяції поверхні за розрахованими зв'язковими точками. Розрахунок супроводжується звітом про точність сформованої ЦМР.

### **LPS Terrain Editor**

Terrain Editor (TE) - забезпечує точкове, площинне й лінійне редагування рельєфу. Підтримує такі формати ЦМР як SOCET SET TIN, SOCET SET GRID, TIN й інші.

### **PRO600**

PRO600 - модуль, призначений для роботи з CAD-додатками. Підтримує роботу з великою кількістю цифрових даних у стереоскопічному режимі. Є можливість нагромадження й використання умовних картографічних знаків, які настраюються користувачем. Працює з даними MicroStation.

### **ORIMA**

Назва модуля ORIMA походить від скорочення двох слів (Orientation Management), що буквально можна перевести як керування орієнтуванням знімків. Даний модуль здатний обробляти велику кількість знімків (більше 1000). Для порівняння базовий модуль Core розрахований на роботу з проектом, в якому є до 200 знімків. Цей модуль підтримує пряме читання GPS даних зі спеціального пристрою й роботу з камерою ADS40.

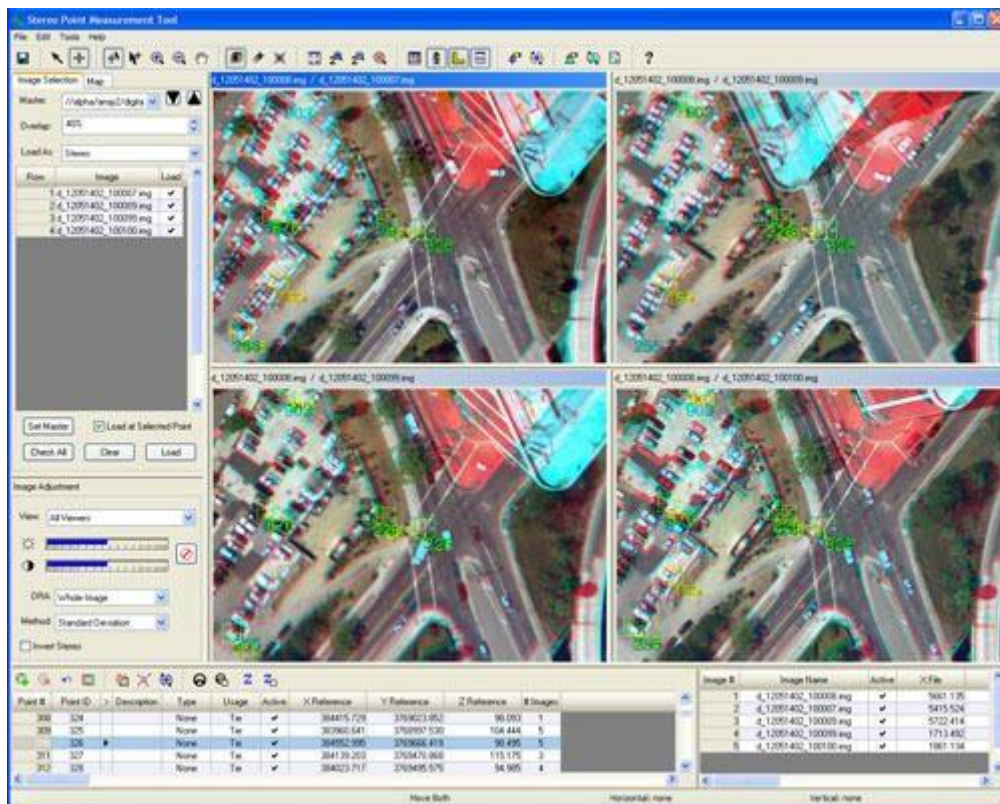


Рис. 8.32 Багатовіконний режим для вимірювання спільних точок в LPS Stereo

## Image Equalizer

Image Equalizer - важливий і корисний додаток для користувачів, які працюють з відсканованими аерофотозображеннями або незбалансованими космічними знімками. Image Equalizer використовує алгоритми, здатні значно поліпшити якість вихідних даних й усунути проблеми, пов'язані з атмосферними ефектами, проблемами знімальної апаратури й інше. Оброблені в цьому додатку дані можна більш ефективно використовувати при створенні мозаїки. За такими даними набагато ефективніше працює просторовий корелятор LPS.

## GPro

GPro - модуль, який є базовим продуктом для зчитування й формування геопросторових даних з камери ADS40. Цей модуль так само дозволяє розраховувати в автоматичному режимі з'єднувальні точки для знімків, зроблених камерою ADS40.

## 8.1.18 PHOTOMOD

Система PHOTOMOD, розробником якої є російська компанія

"Ракурс", поєднує широкий набір програмних засобів цифрової фотограмметричної обробки даних ДЗЗ, що дозволяють одержувати просторову інформацію на основі зображень практично всіх комерційно доступних знімальних систем, таких як кадрові цифрові й плівкові аерофотокамери, космічні скануючі системи високорозділення, а також системи повітряного лазерного сканування.

Серед основних завдань фотограмметричної обробки матеріалів дистанційного зондування, що виконує PHOTOMOD:

- усунення спотворень зображення та його геоприв'язка;
- створення ортофотопланів;
- побудова цифрових моделей рельєфу (ЦМР) і горизонталей;
- створення тривимірних і двовимірних цифрових карт місцевості.

Система PHOTOMOD має модульну структуру, щоб планувати витрати на придбання програмного забезпечення, виходячи із завдань, вирішення яких планується. До складу системи входить керуюча оболонка PHOTOMOD Core й 11 основних модулів:

- PHOTOMOD AT - підготовка даних для фототріангуляції;
- PHOTOMOD Solver - зрівнювання мереж фототріангуляції для знімків у центральній проекції;
- PHOTOMOD Solver - зрівнювання мереж фототріангуляції для сканерних знімків;
- PHOTOMOD DTM - побудова ЦМР;
- PHOTOMOD StereoDraw - стереовекторизація й тривимірне моделювання;
- PHOTOMOD Mosaic - побудова ортофотопланів;
- PHOTOMOD VectOr - створення цифрових карт місцевості (у монорежимі);
- PHOTOMOD StereoVectOr - паралельна робота з картою VectOr у моно/стереорежимах;
- PHOTOMOD StereoACAD - 3D векторизація зображень у стереорежимі в середовищі AutoCAD;
- PHOTOMOD StereoLink - стереозйомка об'єктів місцевості в середовищі MicroStation;



Рис. 8.33 Система PHOTOMOD

- PHOTOMOD ScanCorrect - геометричне калібрування планшетних сканерів.

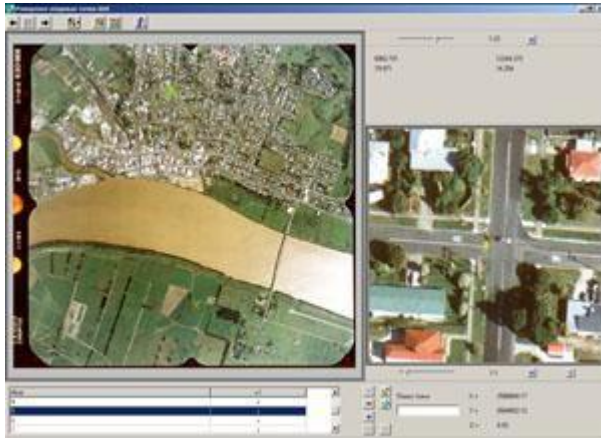


Рис. 8.34 Система PHOTOMOD Core

### ***PHOTOMOD Core***

PHOTOMOD Core є єдиним програмним середовищем для виконання будь-яких етапів цифрової фотограмметричної обробки проекту й включає функціональні можливості набору придбаних модулів, що відповідають певним етапам. При цьому відсутні переходи між етапами, тобто всі підключені модулі відкриті для роботи, і доступність їхніх функцій

визначається тільки наявністю необхідних вхідних даних для виконання конкретного етапу. Також PHOTOMOD Core містить базові можливості, основними з яких є створення й керування проектами.

### ***PHOTOMOD AT***

Програмний модуль PHOTOMOD AT служить для виконання етапу виміру мережі - збору даних для побудови маршрутних і блокових мереж просторової фототріангуляції. Етап збору даних у модулі PHOTOMOD AT включає внутрішнє орієнтування знімків, введення координат і вимір опорних точок, вимір сполучних точок в областях поздовжнього й поперечного перекриття. Дані вимірів мережі використовуються далі в модулі PHOTOMOD Solver для виконання зрівнювання (розрахунку параметрів зовнішнього орієнтування знімків).

### ***PHOTOMOD Solver***

Модуль PHOTOMOD Solver призначений для зрівнювання маршрутних і блокових мереж фототріангуляції. Крім виконання власне процедури урівнювання, модуль має потужний графічний інтерфейс для перегляду результатів і виявлення помилок у вихідних даних.



### ***PHOTOMOD DTM***

Модуль PHOTOMOD DTM призначений для створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР). Можливість роботи із ЦМР у різних видах (набір пікетів, TIN, матриця висот, горизонталі), редагування в моно/стереорежимі, перегляд й аналіз в 3D-вікні й широкий набір допоміжних функцій для обробки ЦМР роблять модуль PHOTOMOD DTM гнучким і зручним інструментом для вирішення більшості задач, пов'язаних з побудовою тривимірних моделей рельєфу.

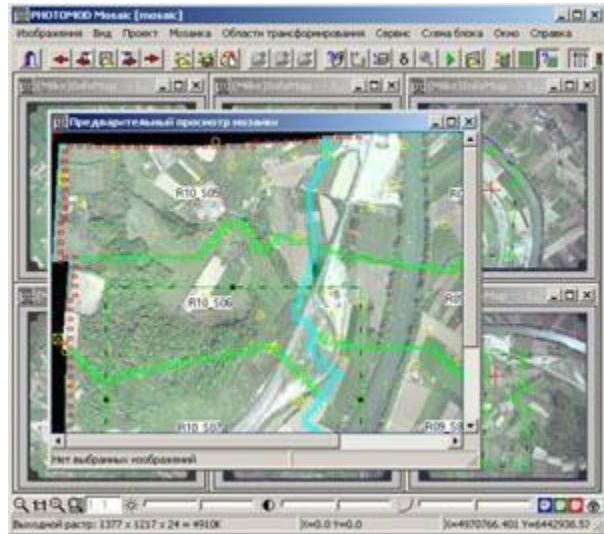


Рис. 8.35 Модуль PHOTOMOD DTM

### ***PHOTOMOD StereoDraw***

Модуль PHOTOMOD StereoDraw призначений для створення й редагування тривимірних векторних об'єктів у стереорежимі із прив'язкою до класифікатора. Тривимірні векторні об'єкти (3D-вектори) надалі можуть використовуватися для створення цифрових карт, а також як базова основа для побудови моделі рельєфу при завантаженні в модуль PHOTOMOD DTM. Крім того, модуль PHOTOMOD StereoDraw містить програму 3D-Mod для тривимірного моделювання й експорту результатів у формат AutoCad. Підтримується імпорт створених векторних об'єктів з безлічі розповсюджених форматів й експорт у різні формати.

### ***PHOTOMOD Mosaic***

Модуль PHOTOMOD Mosaic призначений для побудови безперервних ортофотопланів з окремих растрових зображень. У процесі побудови коректуються геометричні й фотометричні спотворення. Результат ортотрансформування у вигляді єдиного кадру або набору аркушів представляється в заданій картографічній проекції. Результатом є файли у форматах TIFF, Windows BMP, VectOr RSW, GeoTIFF, ERDAS Imagine, NITF, JPEG, PNG. Геоприв'язка у вигляді окремого файла може бути задана у форматах PHOTOMOD Geo, ArcWorld TFW (BPW, JGW), MapInfo TAB.

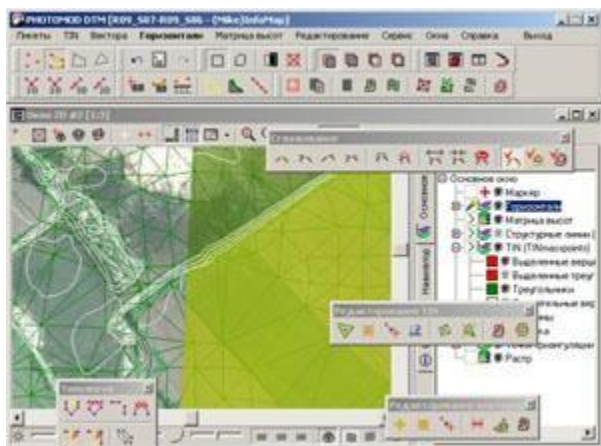


Рис. 8.36 Модуль PHOTOMOD VectOr

### ***PHOTOMOD VectOr***

PHOTOMOD VectOr - це модуль, призначений для створення, редагування й роботи з електронними картами. Система дозволяє створювати векторні, растрові й матричні карти, а також 3D моделі місцевості, оперативно обновляти різну інформацію про місцевість на основі аеро- і космічних знімків, результатів геодезичних вимірів, графічних матеріалів. Може

використовуватись як самостійно, так і разом з іншими модулями PHOTOMOD.

### ***PHOTOMOD StereoVectOr***

Модуль PHOTOMOD StereoVectOr призначений для паралельної роботи з картою формату PHOTOMOD VectOr у стерео- і монорежимах. Використання модуля рекомендується у випадку, якщо планується подальша робота з картою в модулі VectOr або в системі Панорама. Якщо ж планується подальша робота зі створеними векторами в інших системах, рекомендується використовувати модуль StereoDraw.

### ***PHOTOMOD StereoLink***

PHOTOMOD StereoLink - програмний комплекс, призначений для виконання стереозйомки об'єктів місцевості, у тому числі об'єктів ЦМР, у середовищі MicroStation. Дозволяє здійснювати стереоспостереження орієнтованих пар знімків, корекцію фотометричних параметрів знімків стереопари, виміру просторових координат місцевості, стереозйомку об'єктів місцевості, створення таблиці об'єктів, що підлягають зйомці.

### ***PHOTOMOD StereoACAD***

PHOTOMOD StereoACAD - призначений для 3D векторизації зображень у стереорежимі в середовищі AutoCAD 2007/2008. Тривимірні векторні об'єкти, створені в PHOTOMOD StereoACAD, зберігаються у форматі DWG/DXF і доступні для перегляду й редагування за допомогою стандартних інструментів AutoCAD.

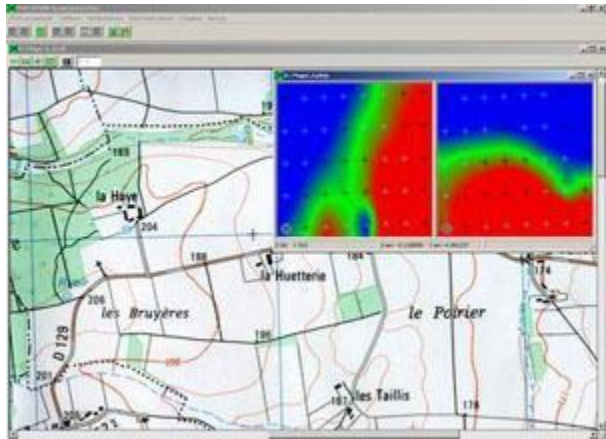


Рис. 8.37 Модуль PHOTOMOD StereoACAD

### ***PHOTOMOD ScanCorrect***

Програма PHOTOMOD ScanCorrect призначена для виправлення геометричних спотворень, внесених при скануванні графічного матеріалу планшетними поліграфічними сканерами.

Основні області застосування PHOTOMOD:

- картографія (створення й відновлення топографічних і тематичних карт по аеро- і космічних знімках);
- кадастр (створення кадастрових планів і карт, інвентаризація земель і споруд);
- створення ортофотопланів;
- створення великомасштабних карт при проектуванні й будівництві автомобільних, залізничних магістралей, а також трубопроводів;
- екологічний моніторинг і картографування наслідків катаклізмів (наприклад, повеней, землетрусів і ін.);
- виміри рельєфу й будинків при проектуванні телекомунікаційних мереж;
- тривимірне моделювання.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Светличный А.А., Андерсон В.П., Плотницкий С.В., Географические информационные системы: технология и приложения. - Одесса: Астропринт, 1997.- 196с.
2. Кошкарров А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.:“Картгеоцентр”, 1993.
3. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.:”Финансы и статистика”, 1998.
4. Информационный бюллетень ГИС-ассоциации.
5. Берлянт А.М. Геоинформатика. М.: “Картгеоцентр”, 1996.
6. Изучение ГИС. Методология ARC/INFO, 1995.
7. Королев Ю.К. Общая геоинформатика. М.:“Картгеоцентр”, 1998
8. Основы ГИС. Теория и практика. М.:WinGis, 1995.



Навчальне електронне видання

ОНИЩЕНКО СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ

ГЕОІНФОРМАТИКА І ГІС

Конспект лекцій

**Видавець і виготовлювач**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

Е-mail: [info@odeku.edu.ua](mailto:info@odeku.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016