

8 ЗАСТОСУВАННЯ ГІС

8.1 Довідкові ГІС

У наш час геоінформаційні технології широко застосовуються в найрізноманітніших сферах діяльності людини (див. п. 1.4).

Однією з найпростіших і зрозумілих для пересічного користувача сфер застосування геоінформаційних технологій є довідкові ГІС, функціями яких є:

- перегляд карти на екрані комп'ютера і роздрукування її фрагментів на принтері;
- отримання інформації за вказаними мишею на карті об'єктів;
- пошук об'єктів (будівель, підприємств, вулиць) на карті за ім'ям, адресою або іншим параметром;
- вимірювання відстаней і площ.

На сьогодні довідкові ГІС зазвичай, поширюються безкоштовно для користувача. Джерелом доходу для їхніх виробників є пряма або непряма реклама фірм, що розміщується іноді на самій карті.

З погляду програмної технології довідкові ГІС зазвичай реалізуються:

- 1) як окремий додаток;
- 2) як сторінка в Інтернеті.

У першому випадку додаток можна завантажити з Інтернету, встановити на своєму комп'ютері і безкоштовно використовувати. У даний час у багатьох великих міст вже з'явилися такі довідкові ГІС.

Другий випадок варто обговорити окремо. Для створення і публікації карт в Інтернеті провідні виробники ГІС пропонують свої власні інструменти, найвідомішими з яких є ArcIMS (ESRI, США), Autodesk MapGuide (Autodesk, США) і MapXtreme (MapInfo, США). Наприклад карта, доступна через браузер Internet на сайті компанії Rambler (<http://nakarte.rambler.ru/rnoscw>). Ця карта працює на основі картографічного сервера Internet Atlas компанії NetLogic.

Незважаючи на доступність інструментів для створення карт в Інтернеті, такі повноцінні Web-карти можна перерахувати по пальцях. Це пов'язано з двома проблемами: із секретністю і авторськими правами на картографічні матеріали. Як підсумок, підприємства витрачають великі кошти, закупаючи необхідні їм картографічні матеріали і, звичайно, не поспішають ділитися ними з усім світом. Саме тому до останнього часу в Інтернеті не розміщувалося значущих Web-карт, які б користувалися великим попитом.

Ситуація різко змінилася у 2005 році, коли компанія Google випустила революційний сервіс Google Maps (<http://maps.google.com>), що включає

векторні карти і космознімки всієї території США і Канади, проте в майбутньому компанія Google планує підімкнути карти на всій Землі.



Рисунок 8.1 – Растрова карта в Google Maps

Переглядати карти в Google Maps можна трьома способами:

- 1) **Map** – тільки векторне зображення;
- 2) **Satellite** – тільки космознімки,
- 3) **Hybrid** – гібридне зображення, коли поверх космознімків напівпрозоро накладається векторна карта місцевості.



Рисунок 8.2 – Комплекс будівель МАДИ (ГТУ) в Google Maps

Наведені в Google Maps космічні знімки мають дві роздільні здатності – високу й низьку. Знімки з високої роздільної здатністю в наш час представлені майже на всій, освоєній людиною території США, Західної Європи і фрагментарно у великих містах інших частин світу (рис. 8.2–8.4). Для решти

поверхні Землі компанія Google пропонує знімки тільки з низькою роздільною здатністю, однак ситуація стрімко змінюється на краще.

Представлені в Google Maps космічні знімки отримані на підставі даних з супутника QuickBird компанії DigitalGlobe. Знімки з високою роздільною здатністю мають просторову роздільну здатність пікселів приблизно 60–70 см.



Рисунок 8.3 – Центральна будівля в Google Maps

Зауважимо, що супутник QuickBird забезпечує отримання космічних знімків з максимальною роздільною здатністю 60 см, але тільки чорно-білі. Кольорові знімки з супутника QuickBird можна отримувати тільки з роздільною здатністю 2 м. У Google Maps відображаються кольорові знімки з високою роздільною здатністю (до 60 см), отримані внаслідок підмішування до високоточних чорно-білих знімків колірною складника з кольорових знімків з меншою здатністю за допомогою алгоритму pan-sharpening. Приклад використання такого алгоритму наведено на рисунку 8.4.



Рисунок 8.4 – Поєднання чорно-білого знімка з високою роздільною здатністю (зліва) із менш чітким, але кольоровим знімком (в центрі) для отримання кольорового знімка з високою роздільною здатністю (праворуч) за допомогою алгоритму pan-sharpening

Визначальною особливістю сервісу Google Maps, яка забезпечила його приголомшливий успіх у всьому світі, є те, що він інтегрований з пошуковою системою Google, унаслідок чого створюються унікальні можливості для пошуку об'єктів на поверхні Землі. У рядку пошуку достатньо набрати назву міста, селища, вулиці чи підприємства або будь-яку пам'ятку в будь-якій частині світу – і пошукова система Google Maps знайде об'єкт і покаже його на карті.

Після виходу Google Maps корпорація Microsoft ще запропонувала широкому загалу аналогічний сервіс MSN Virtual Earth (<http://maps.microsoft.com>), який забезпечує фактично ті самі можливості (рис. 8.5). Цей сервіс компанія Microsoft побудувала на підставі свого картографічного сервера MapPoint Web Service, інтегрованого з текстовою пошуковою системою MSN Search.

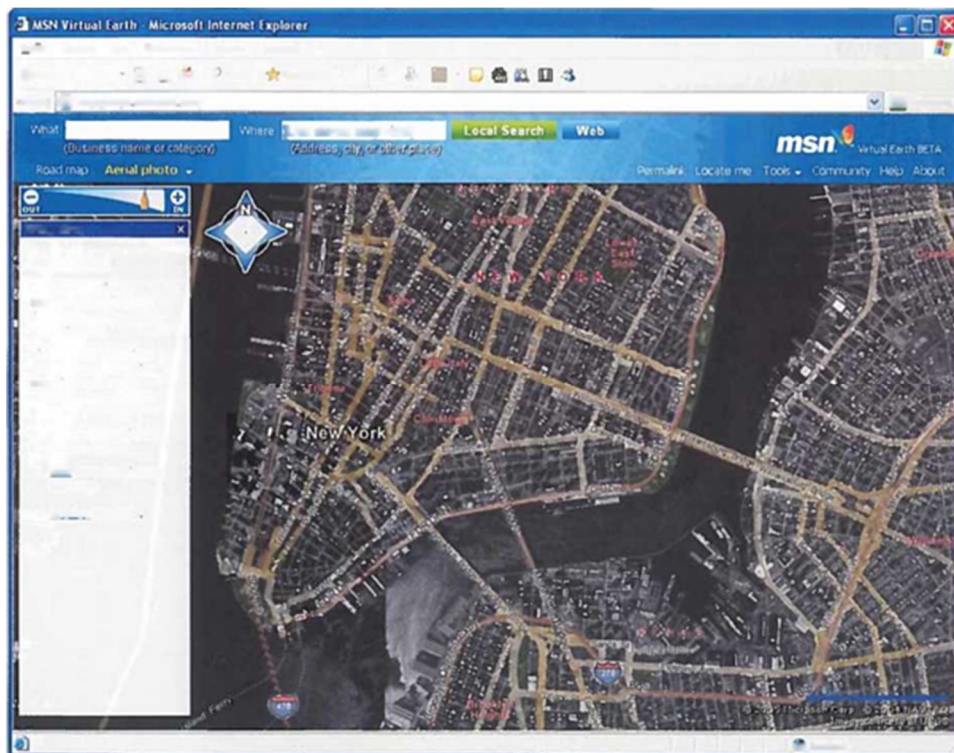


Рисунок 8.5 – Гібридна карта Нью-Йорка в MSN Virtual Earth

Незабаром після виходу продукту Google Maps корпорація Google представила ще один різновид довідкової ГІС – Google Earth, що дає змогу переглядати ті самі карти, що і в Google Maps, але вже в тривимірному вигляді. На додачу до двовимірних векторних карт і космознімків сервіс Google Earth пропонує тривимірні моделі найбільших міст світу, при цьому зберігаються функції пошуку об'єктів і отримання інформації (рис. 8.6). Наявна в Google Earth тривимірність ще досить обмежена і значно поступається

спеціалізованим програмним продуктам (див. п. 5.7), однак такого величезного масиву двовимірних і тривимірних даних (у розрахунку на весь світ) не пропонує жодна інша фірма світу.



Рисунок 8.6 – Тривимірна карта Нью-Йорка в Google Earth

8.2 Навігаційні ГІС

Найближчим часом ГІС-технології найбільше будуть застосовуватися у вигляді *навігаційних систем* – які складаються з приймача GPS, комп'ютера і цифрової карти. Призначенням такої навігаційної системи є відображення на екрані комп'ютера поточного розташування об'єктів у просторі, одержуваного за допомогою модуля GPS, і прокладання маршруту з видачею рекомендацій щодо виконання маневрів.

Однак тільки функціями навігації багато НС не обмежуються. Багато НС забезпечені функціями нанесення на наявні карти власних об'єктів: можна запам'ятати деякі точки на місцевості, траєкторію руху користувача тощо.

У міських умовах (поблизу високих будинків, у тунелях, під мостами) сигнал із супутника GPS може зникати, а тому навігаційна система не працює. Для усунення такого тимчасового пошкодження зв'язку із супутником, навігаційні системи доповнюються гіроскопами й давачами пришвидшення. Крім того, готуються для масового виходу на ринок навігаційні системи, що

використовують замість GPS мережі базових станцій мобільних телефонних мереж і Wi-Fi-мережі.

Відокремлюють декілька різновидів навігаційних систем:

Персональні навігаційні системи, які базуються на кишеньковому (pocket, КПК) або надолонному (handheld) персональному комп'ютері, що можна носити в кишені. Такі комп'ютери функціонують під керуванням різних спеціалізованих мобільних операційних систем типу Palm OS, проте в даний час все більшого поширення набувають КПК під управлінням Windows PC і Windows Mobile (рис. 8.7).

Останнім часом багато портативних комп'ютерів дають змогу виходити в Інтернет (через мережі мобільних телефонів або через Wi-Fi-мережі), у зв'язку з чим для навігаційних систем у КПК відкриваються нові перспективи. Деякі такі системи дають змогу за необхідності автоматично довантажувати з Інтернету необхідні карти місцевості, не перевантажуючи пам'ять кишенькового комп'ютера.



Рисунок 8.7 – Різноманітні портативні пристрої, із мобільного ГІС ArcPad і побудованих на базі технологій (зліва направо) handheld , WindowsPC, Pocket PC, Windows Mobile , Tablet PC

Останнім часом персональні навігаційні системи зазвичай будуються на базі мобільного ГІС ArcPad компанії ESRI (рис. 8.8). Ця ГІС може працювати майже на всіх сучасних мобільних платформах. ArcPad має користувацький інтерфейс, звичний для користувачів настільних продуктів компанії ESRI, а також дає змогу легко обмінюватися даними з усіма іншими продуктами ESRI, зокрема продуктами ArcGIS.

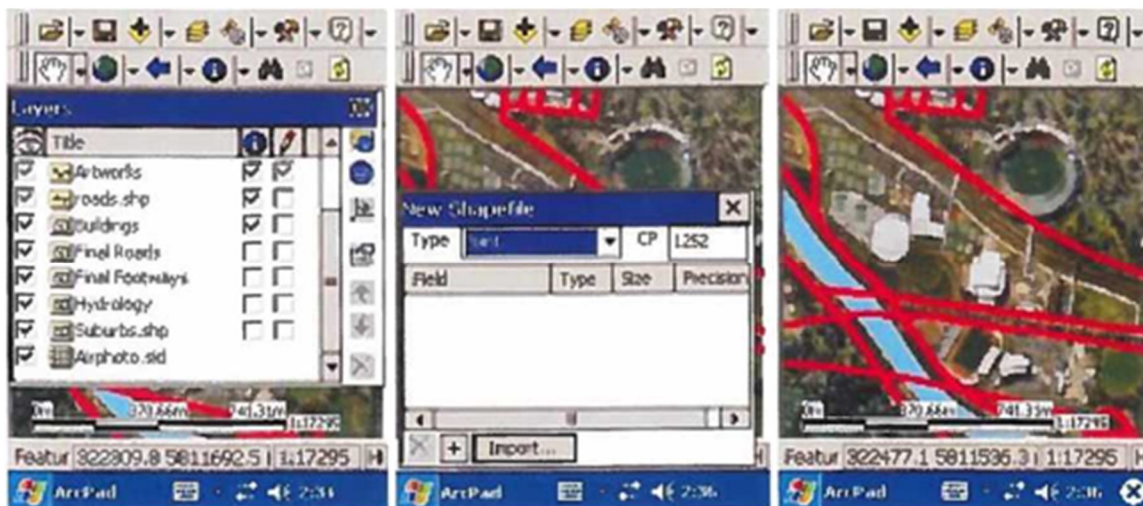


Рисунок 8.8 – Зовнішній вигляд навігаційної ГІС ArcPad, що функціонує під керуванням операційної системи Windows PC в КПК

Зазначимо, що провідні світові фірми-виробники стільникових телефонів найближчим часом збираються випустити на ринок мобільні телефони, які б забезпечать виконання функції навігаційної системи на підставі даних або GPS, або станцій стільникового зв'язку.

Автомобільні навігаційні системи (далі – АНС). На сьогодні майже всі провідні світові виробники автомобілів і багато незалежних фірм пропонують різні *автомобільні навігаційні системи (АНС)*, які працюють на штатних бортових (рис. 8.9) або додаткових комп'ютерах (рис. 8.10). Крім того, прослідковується тенденція до запровадження керування всім автомобілем одним потужним бортовим комп'ютером, який поєднує в собі функції контролера механіки автомобіля, мультимедійного комплексу й навігаційної системи.



Рисунок 8.9 – Вбудована навігаційна система в автомобілі BMW

Найбільш потужні сучасні автомобільні навігаційні системи відображають траєкторію руху автомобіля на карті і показують в тривимірному

вигляді, куди потрібно рухатися водієві (рис. 8.10) (у лівій частині екрана відображається карта, а в правій – тривимірна схема руху).



Рисунок 8.10 – Автомобільний розважально-навігаційний комплекс Sanyo NV-HD550

Морські навігаційні системи. Навігаційна система для морських перевезень ще простіша за автомобільну – її функціями є тільки відображення на електронній карті поточного становища судна на підставі даних GPS.

Авіаційні навігаційні системи (чотири-мірні системи супроводу польоту, оскільки береться до уваги рух у часі в тривимірному просторі). Майже практично на всіх сучасних моделях літаків звичайні механічні індикатори (висоти, курсу, тангажу, крену тощо.) замінені комп'ютерними дисплеями. Крім того, тепер літаки обладнують приладами супутникової навігації, унаслідок чого з'являється можливість відображати на електронній карті бортового комп'ютера розташування літака в просторі. До того ж термін ГІС для відображення карт виробниками авіоніки не вживається, хоча фактично саме такою системою фактично і є відповідні програмні продукти.

На рисунку 8.11 зображено типову кабінку сучасного літака з двома головними дисплеями, на одному з яких показується орієнтація літака в просторі (висота, курс, тангаж, крен, горизонтальна і вертикальна швидкості), а на іншому – навігаційна карта з розташуванням літака на ній.

Такої інформації цілком достатньо для виконання будь-яких різновидів цивільних польотів. Однак для військових цілей при виконанні завдань в умовах поганої видимості і незнайомої місцевості (наприклад при низькому польоті на винищувачі в горах) цього не завжди достатньо. Саме тому наступним логічним кроком у розвитку сучасної авіоніки є застосування концепції тривимірних ГІС для високоякісного відображення моделі місцевості на дисплеї пілота літака. Саме такі рішення вже зараз пропонують деякі

провідні світові виробники авіоніки, наприклад, німецька фірма Diehl Avionics Systems.

Зазначимо ще один програмний продукт, що є поєднанням авіаційних навігаційних систем, тривимірних ГІС і комп'ютерних ігор, комп'ютерну гру – Microsoft Flight Simulator 2004 року (рис. 8.11). Більшість знає цей продукт тільки як звичайну гру – симулятор польотів, однак його призначення на сьогодні розширюється. У створенні цього симулятора брали участь професійні пілоти, інструктори польотів і математики, що забезпечило створення симулятора, який дуже чітко моделює реальні польоти майже на всіх різновидах сучасних та історичних літаків із урахуванням найрізноманітніших (зокрема погодних) чинників. Ліворуч – дисплей з параметрами польоту, праворуч – з навігаційною картою.



Рисунок 8.11 – Кабіна сучасного літака із вбудованими навігаційними системами

У наш час Microsoft Flight Simulator використовується для професійного тренування пілотів багатьох країн світу. Для всіх найбільших аеропортів світу компанія Microsoft створила докладні карти й тривимірні моделі місцевості, що забезпечує дуже високий рівень реалістичності тренувань.

8.3 Диспетчерські ГІС

Диспетчерські ГІС призначені для автоматизації роботи диспетчера, що керує рухом різноманітних транспортних засобів. Насамперед такі ГІС дають змогу:

- контролювати в режимі реального часу фактичне переміщення транспортних засобів, обладнаних навігаційними пристроями;

- планувати оптимальні маршрути пересування транспортних засобів;
- проводити аналіз і накопичувати статистичні дані щодо використання транспортних засобів.

Диспетчерська система складається з центрального диспетчерського пункту, абонентського обладнання автомобілів, а також системи зв'язку та обміну даними. Абонентське обладнання автомобілів складається з приймача GPS і приймача для передачі координат із GPS у диспетчерський центр і отримання звітних керівних команд для водія.

Сучасна система зв'язку та передачі даних у міських умовах зазвичай базується на місцевій мережі зв'язку. Передача виконується за допомогою модему, SMS-повідомлень або спеціального режиму роботи стільникових мереж для передачі даних, наприклад за допомогою сервісу GPRS в мережах стандарту GSM.

Останнім часом у багатьох великих містах світу почали створювати спеціалізовані високошвидкісні комп'ютерні мережі передачі даних – так звані Wi-Fi-мережі, що дають змогу безпосередньо під'єднуватися до Інтернету за допомогою будь-якого кишенькового або портативного комп'ютера. Побудова диспетчерської системи на базі Wi-Fi-мережі технічно досить проста і відносно дешева порівняно з іншими варіантами системи зв'язку.

На сьогодні вартість приладів GPS із приймачем істотно знищилося, у зв'язку з чим стало можливим масово використовувати диспетчерські ГІС не тільки на транспорті. Наприклад, у США масово застосовуються такі системи в сільському господарстві для керування гуртами великої рогатої худоби, у зв'язку з чим на кожну корову встановлюється індивідуальне абонентське обладнання.

Наведена вище схема побудови диспетчерської системи на базі GPS дає змогу отримати високу точність координат об'єктів, що відслідковуються. Однак через відносно велику вартість абонентського обладнання (не менше кількох сотень доларів) до останнього часу воно застосовувалося дещо обмежено. Ситуація різко змінилася в 2005 році. Багато провідних стільникових компаній світу, а також і російські стільникові оператори мереж, зокрема «Мегафон» і MTS, пропонують на загальний принципів іншу схему побудови навігаційної системи без GPS-приймача. До того ж для визначення географічних координат об'єкта використовується будь-який стільниковий телефон у звичайній мережі стандарту GSM. Для цього вимірюється час проходження сигналу між стільниковим телефоном і декількома (не менше трьох) найближчими станціями стільникового зв'язку. На підставі цього і обчислюється розташування стільникового телефона.

Головним недоліком цієї технології є відносно невелика точність визначення координат – 50–1000 м (залежно від близькості до базових станцій і їх щільності), але цього цілком достатньо для вирішення широкого кола завдань. До того ж недоліки точності визначення координат компенсуються дешевизною технології, адже крім стільникового телефону інше обладнання не потрібно.

У наш час диспетчерські ГІС використовуються для диспетчеризації виїздів спеціальних служб (поліції, ДАІ, швидкої допомоги, пожежників, рятувальників, аварійних бригад інженерних мереж), для диспетчеризації викликів таксі, для відстеження руху маршрутного транспорту в місті, для управління рухом поїздів і морських суден, для відстеження ефективності використання вантажної техніки на кар'єрах, тракторів і комбайнів у сільському господарстві тощо.

Одним з типових прикладів диспетчерських систем є диспетчеризація викликів спеціальних, охоронних і аварійних служб, а також таксі. У разі надходження виклику диспетчер вводить адресу або безпосередньо вказує на карті в ГІС місце виникнення події. Після цього диспетчерська ГІС пропонує декілька варіантів найближчих вільних автомобілів. Диспетчеру залишається тільки обрати один із запропонованих варіантів і передати команду екіпажу автомобіля на виїзд (рис. 8.12).

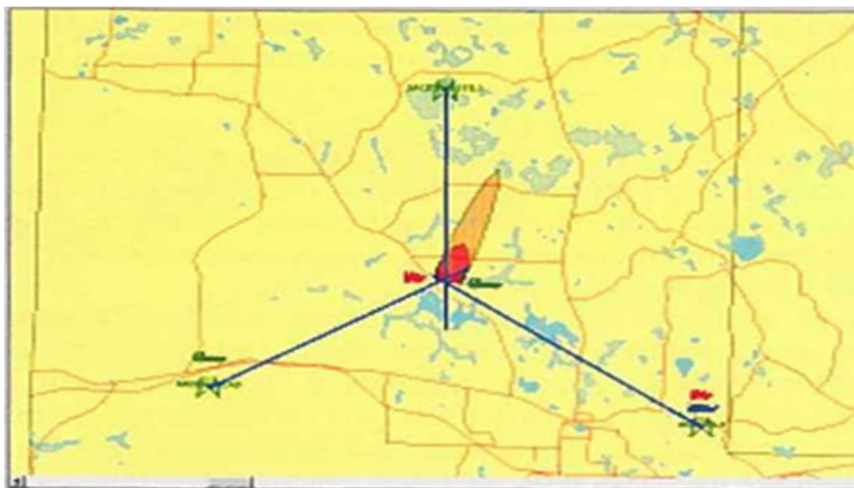


Рисунок 8.12 – Диспетчерська ГІС для керування пожежними машинами (у центрі розміщується вогнище загоряння з областю задимлення; система вказує три найближчі вільні пожежні команди)

Особливістю руху містом є те, що в різних районах і на вулицях міста швидкість повідомлення може істотно відрізнятись, тому не завжди можна візуально помітити неприпустиме скупчення маршрутного транспорту на звичайній карті у звичайній проекції. У таких випадках дуже зручною є *лінійна*

схема руху транспорту, на якій весь маршрут надається як лінійний графік зі змінним масштабом. При цьому по горизонталі відкладається відстань від кінцевої зупинки або розрахунковий час повідомлення.

8.4 ГІС і бізнес

У сучасній ринковій економіці *бізнес* – будь-яка діяльність, спрямована на отримання прибутку. Це поняття стосується як дрібного бізнесу (приватні особи), так і діяльності великих транснаціональних корпорацій.

Геоінформаційні системи можуть використовуватися не тільки в тих різновидах діяльності, які безпосередньо пов'язані з великими просторовими об'єктами і явищами (транспорт, інженерними мережами, кадастром), але й у інших. Це обумовлено тим, що споживачами результатів діяльності будь-якого бізнесу, є, як і постачальники, такі фірми та окремі особи, які можуть перебувати у будь-якій точці Землі. Саме облік цих просторових аспектів (під час проведення маркетингових досліджень, планування бізнесу й керування його діяльністю) забезпечує істотне підвищення ефективності ведення бізнесу.

Розглянемо деякі такі сфери застосування ГІС.

Демографічний аналіз. Демографічний аналіз є базовим для прийняття рішень у багатьох сферах людської діяльності, зокрема і в бізнесі. Демографічні відомості (інформація про поточні та перспективні потреби й можливості клієнтів) важливі для аналізу потенційних клієнтів, які проживають на певній території; під час вибору майданчиків для будівництва магазинів, підприємств, пунктів обслуговування; під час виконання маркетингових досліджень і проведення рекламних кампаній.

За допомогою геоінформаційних систем створити тематичні карти, на яких можливе відображається інформація про віковий склад, середньодушові доходи населення, структуру витрат, переваги під час здійснення покупок і тощо. Візуально поєднуючи цю інформацію з іншими просторовими даними, можна прослідкувати закономірності і тенденції, очевидні при звичайному перегляді таблиць з такими даними.

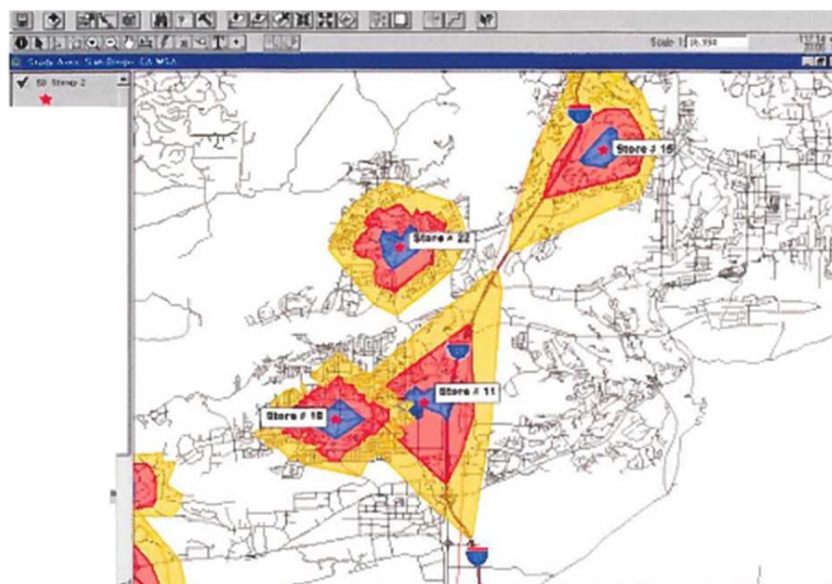


Рисунок 8.13 – Аналіз зон обслуговування магазинів

Вибір і аналіз місць розташування об'єктів. (Вкладеними полігонами показані області доступності магазинів в межах 1, 2 і 3 хв)

ГІС надає зручні засоби для вибору відповідних місць для розміщення нових магазинів, пунктів обслуговування, сервісних центрів, складів, заводів.

Обравши варіант розміщення об'єктів, за допомогою ГІС його можна детально проаналізувати. Наприклад, на рисунку 8.13 надано приклад аналізу зон обслуговування мережі магазинів у м. Сан-Дієго (США). Зіставивши в ГІС ці зони з демографічними даними, можна визначити потенційну кількість клієнтів, які проживають в цих зонах, середній рівень їх доходів тощо.

Вулична реклама. За допомогою ГІС можна оптимізувати вибір місць розміщення вуличних рекламних щитів. Вибравши певний варіант розміщення щитів на магістралях міста, можна прорахувати, скільки мешканців міста буде охоплено цією рекламою і чи не буде вона дублюватися уздовж деяких маршрутів руху автомобілів, а також встановити наявність недоліків уздовж інших. Для цього потрібно мати необхідні відомості про маршрути руху автомобілів у місті і демографічні відомості про людей, які прямують цими маршрутами. Типові маршрути руху окремих автомобілів і їхню кількість у місті зазвичай обчислюють на підставі демографічних відомостей за допомогою гравітаційної моделі кореспонденцій між транспортними районами міста (див. п. 6.4).

У разі, якщо отримати відомості про маршрути руху складно, для розрахування ефективності реклами використовують тільки інформацію про інтенсивність транспортних потоків поблизу рекламних щитів.

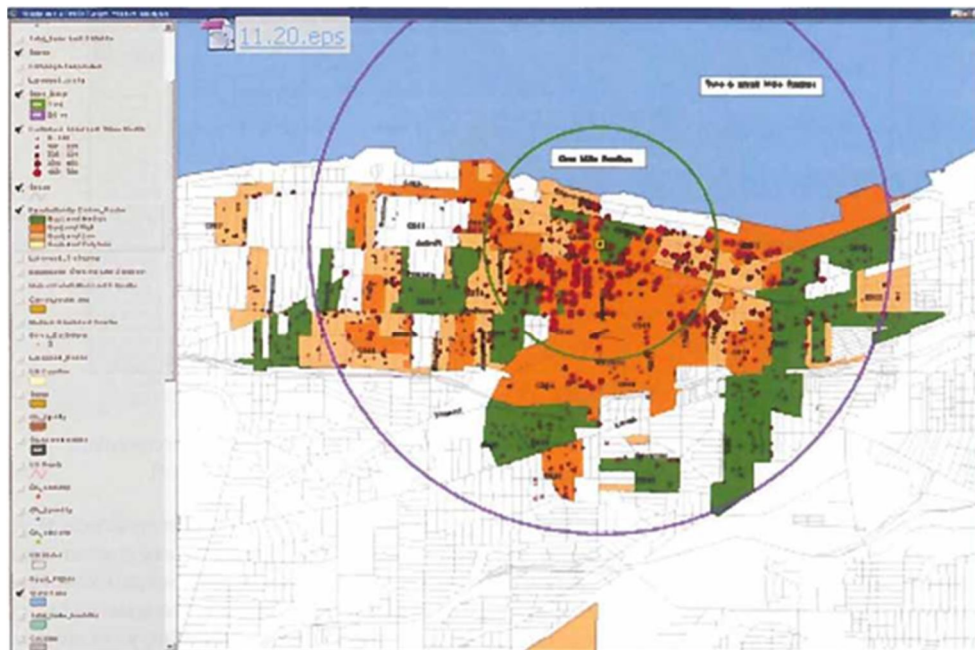


Рисунок 8.14 – Вибір мешканців міста для прямої розсилки реклами піцерії

Пряме розсилання реклами. Під час розсилання поштової реклами дуже важливо правильно обрати цільову групу клієнтів, яких ця реклама може зацікавити.

На рисунку 8.14 надано приклад карти в ГІС, на якій зображено піцерію і два концентричні кільця, що показують відстані від магазину в 1,6 і 4 кілометри. На карті як точки назначено домоволодіння. Більший розмір точок показує, що мешканці будинків останні три місяці витрачали більше коштів на замовлення в даному магазині. На карті також різними кольорами виділені квартали, до мешканців яких виконувалося різну кількість виїздів кур'єрів із замовленнями.

Таким чином, під час вибору адреси розсилання реклами перевагу варто надавати активним клієнтам, рівнем яких великий, а також мешканцям прилеглих кварталів тих, у яких часто замовляють піцу.

Купівля нерухомості. ГІС забезпечують оптимізацію процесу купівлі земельних ділянок та будівель на підставі аналізу близькості до транспортних комунікацій, ділових і промислових центрів, вивчаючи демографічні особливості населення поблизу потенційних об'єктів купівлі, рівня злочинності, місць розташування конкурентів, наявності потенційних природних і техногенних ризиків.

Як один із прикладів застосування ГІС-технологій можна привести сайт Американської асоціації ріелторів www.realtor.com. на якому можна підібрати підходящий будинок у будь-якому місці США по карті, перебуваючи вдома біля

комп'ютера (рис. 8.15). На сьогодні на цьому сайті пропонується до продажу понад 2 мільйони будинків.

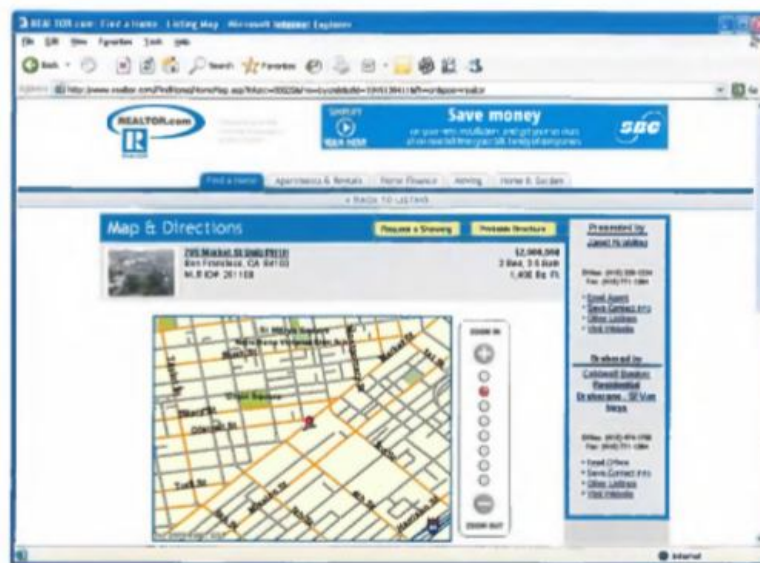


Рисунок 8.15 – Вибір об’єкта нерухомості на сайті Американської асоціації ріелторів www.realtor.com

Доставка товарів і послуг. Завдання оптимізації процесу доставки товарів і послуг забезпечує така галузь, як *логістика*. Із огляду на те, що всі постачальники й споживачі товарів географічно розподілені на поверхні Землі, очевидного є необхідність залучення геоінформаційних систем для оптимального вибору транспортних засобів, режимів їхньої експлуатації та маршрутів руху.

Транспортні ГІС призначені для вирішення завдань транспортної логістики, наочно надаючи на електронних картах просторове розміщення клієнтів і пропонуючи інструменти для оптимізації маршрутів переміщення транспортних засобів для мінімізації витрат під час доставки товарів і послуг.

Крім того, деякі сучасні логістичні ГІС виконують функції диспетчерських систем, у реальному режимі часу уможлиблюючи відслідковування маршрутів переміщення транспортних засобів із товарами й послугами ,а також оперативно коригувати маршрути й обсяги перевезеного товару.

Сучасні логістичні ГІС забезпечують:

- Підімкнення будь-яких бази даних до карт і виконання геоприв’язки об’єктів за допомогою геокодування (див. п. 4.3);
- виконання оптимізації маршрутів руху вантажних і транспортних потоків під час доставки товарів і послуг, із урахуванням різних обмежень щодо обсягу складів, потреб магазинів, терміну придатності товарів тощо;

- проведення обліку організації дорожнього руху, вантажопідйомності й місткості транспорту, обмежень щодо прохідності на ділянках вулиць і доріг;
- формування різноманітних звітів.

Одним з типових представників таких ГІС є продукт ArcLogistics компанії ЕБІІ. На рисунку 8.16 зображено зовнішній вигляд цього продукту на прикладі оптової компанії, що постачає своїм клієнтам (магазини) продукти харчування.

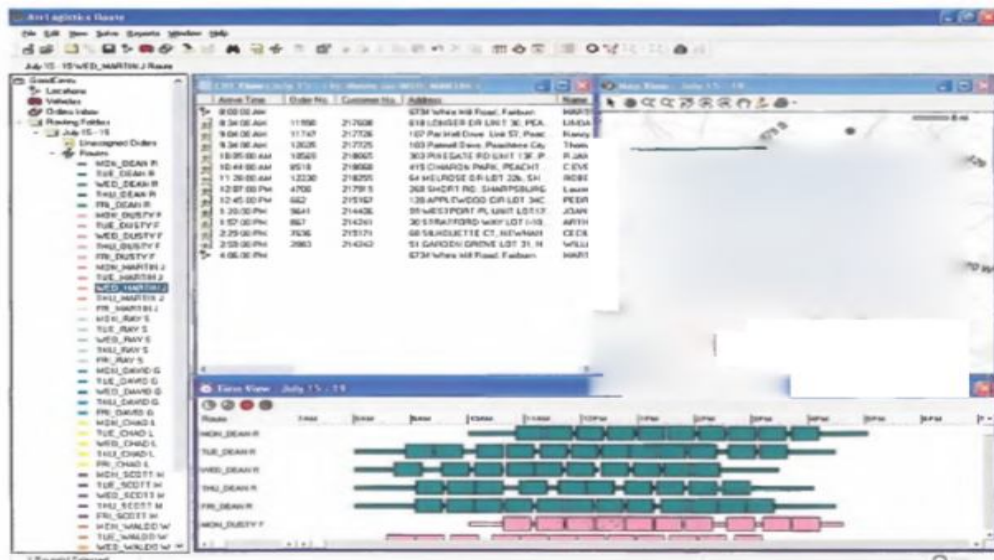


Рисунок 8.16 – Логістична ГІС ArcLogistics Route компанії ESRI

У лівій частині вікна зазначені всі заплановані робочі дні кожного водія. У центрі вікна для обраного з лівої частини водія вказується маршрут руху – усі пункти призначення. У правій частині на карті умовно відображаються всі магазини, які необхідно обслужити з різних складів. У нижній частині вікна подано діаграму використання робочого часу водіями вантажівок.

8.5 ГІС і органи влади

Одним з найважливіших завдань урядів будь-якого рівня влади є створення належної інфраструктури для сталого розвитку території та забезпечення гідного рівня життя населення. Одним з найважливіших елементів цієї інфраструктури є єдиний інформаційний простір країни, що включає безліч єдиних базових інформаційних ресурсів, зокрема реєстр населення, реєстр юридичних осіб і єдину картографічну базу – єдину інфраструктуру просторових даних.

Будь-яка міжнародна або національна інфраструктура просторових даних містить три базові складники:

- просторові дані (широкодоступні цифрові картографічні основи загального користування), що постійно регулярно оновлюються різними державними і приватними структурами;
- стандарти подання й обміну просторових даних;
- бази метадані (каталоги наявних даних).

Навіть на політичному рівні в нашій країні не досягнуто відповідного консенсусу.

На сьогодні в нашій країні цифрові просторові дані створюються різними відомствами, унаслідок чого їхня актуальність і достовірність ставляться під сумнів.

Навіть створювані державні інформаційні ресурси (Державний земельний кадастр, Державний банк цифрової геологічної інформації, Державний лісовий кадастр, водний кадастр тощо.) не узгоджені з єдиною картографічною базою, єдиної системного класифікаторів і побудови єдиних структур даних.

Ведення різноманітних кадастрів здійснюють не тільки органи влади. Органи будь-якого рівня влади (федерального, регіонального чи муніципального) забезпечують керівництво усім муніципальним господарством і виконують безліч важливих державних завдань. Геоінформаційні системи на урядовому рівні допомагають у плануванні діяльності уряду, формуванні та виконанні бюджету, зборі податків, використовують під час розроблення планів економічного розвитку, міського й регіонального планування. ГІС використовуються під час проведення виборів для забезпечення дотримання закону, оборони країни, збору податків, а також для виконання багатьох інших завдань.

Наведемо узагальнений перелік сфер застосування ГІС в органах влади:

- соціально-економічна ;
- економіка та фінанси;
- екологія, ресурси і природокористування;
- транспорт, енергетика і зв'язок;
- комунальне господарство і будівництво;
- сільське господарство;
- охорона здоров'я, освіта, наука і культура;
- громадський порядок, оборона і безпека;
- соціально-політична діяльність.

8.6 ГІС і містобудівний кадастр

Головні функції Державного містобудівного кадастру (далі – ДМК) узагальнено в Містобудівному кодексі.

Зазначимо, що в цьому законі не йдеться про використання геоінформаційних систем для ведення кадастрів: у главі 7 Кодексу регламентуються *інформаційні системи забезпечення містобудівної діяльності*, якими, по суті, і є використовувані геоінформаційні системи ведення містобудівного та інших різновидів кадастрів.

Відповідно до Містобудівного кодексу, містобудівний кадастр базується на відомостях:

- про документи територіального планування держави в частині, що стосується територій муніципальних утворень;
- про документи територіального планування суб'єктів держави в частині, що стосується територій муніципалітетів;
- про документи територіального планування муніципальних утворень, матеріали по їхньому обґрунтуванню;
- про правила землекористування й забудови;
- про документацію щодо планування територій;
- про вивченість природних і техногенних умов на підставі результатів інженерних пошуків;
- про вилучення й про резервування земельних ділянок для державних або муніципальних потреб;
- про геодезійні й картографічні матеріали.

Крім того, ГГК містить відомості про забудовані ділянки й земельні ділянки, що мають бути забудові, а також інші документи та матеріали.

Щодо комп'ютерної організованості геоінформаційна система ДМК складається з двох головних частин – картографічної та атрибутивної.

Атрибутивна база даних містить відомості про стан території та її використання.

Картографічна інформація надаватися в ДМК як сукупність карт топографічних планів різних масштабів і включає точний просторовий опис усіх необхідних об'єктів обліку.

З огляду на кількість і різноплановість відомостей, що зберігаються в ДМК, а також відповідно до Кодексу, містобудівний кадастр можна розглядати як зібрання незалежних блоків:

- 1) реєстр містобудівної документації;
- 2) земельний кадастр;

- 3) картографо-геодезійний кадастр;
- 4) геоінженерний кадастр;
- 5) кадастр нерухомості.

Реєстр містобудівної документації призначений для відстеження наявності й розробки нової документації, на підставі якої здійснюється містобудівне планування розвитку територій і поселень, а також їхня забудова.

Містобудівна документація має декілька рівнів: федеральний, регіональний і муніципальний. На муніципальному рівні вона містить відомості про планування розвитку територій поселень і про забудову поселень, які в свою боку включають: схеми містобудівного планування територій районів, сільських Рад; генеральні плани міських і сільських поселень (схеми функціонального використання та зонування території, схеми транспортного розвитку, схеми магістральних інженерних комунікацій і споруд, історико-архітектурний план, схеми розвитку будівельного комплексу, схеми затверджених зон охорони пам'яток історії та культури, схеми ландшафтно-екологічного зонування, схеми природних комплексів тощо.); проекти риси поселень; проекти планування частин територій поселень; проекти межування земель; проекти забудови кварталів, мікрорайонів тощо.

Містобудівні регламенти використання територій, що мають бути обов'язково занесені в підсистему містобудівної документації, встановлюються у таких зонах:

- а) особливо остережуваних територій;
- б) охорони пам'ятників історії та культури;
- в) санітарно-захисних;
- г) водоохоронних;
- г) залягання корисних копалин;
- д) надзвичайних екологічних ситуацій;
- е) що зазнають впливу надзвичайних ситуацій;
- є) житлових;
- ж) суспільно-ділових;
- з) виробничих;
- и) інженерної і транспортної інфраструктур;
- і) рекреаційних;
- ї) спеціального призначення;
- й) військових об'єктів та інших режимних територій;
- к) сільськогосподарських.

Крім цього, підсистема містобудівної документації повинна містити:

- а) початково-дозвільну документацію;
- б) відомості про містобудівну значущість території;

- г) відомості про дотримання регламентів;
- г) містобудівні паспорти;
- д) іншу проектну та містобудівну документацію.

Земельний кадастр містить дані з реєстру федеральних земель, реєстру земель суб'єкта федерації, реєстру муніципальних земель і реєстру приватних земель. Реєстр муніципальних земель, зі свого боку, ділиться за функціональним використанням так: забудови сільськогосподарські, загального користування; запасу; зайняті лісами, промисловістю, транспортом тощо.

База даних земельного кадастру повинна містити дані щодо власників земель, їхньої оцінки, обмеження, сервітути тощо.

Наслідок специфіки поняття «земельна ділянка», яке передбачає заборону взаємного накладання різних ділянок одна на одну і відсутність проміжків між ділянками, для ведення земельного кадастру здебільшого використовується модель даних «покриття» (див. п. 2.3). Однак оскільки, що не всі ГІС підтримують цю модель (вона не проста на технічній реалізації), на практиці зазвичай використовується звичайна шейп-модель (див. п. 2.2), що може призвести виникнення до помилок під час роботи звичайних користувачів земельного кадастру.

Для ведення земельного кадастру використовуються найрізноманітніші ГІС і САПР: від повнофункціональних універсальних продуктів зарубіжного (ArcView GIS, ArcGIS, MapInfo, AutoCAD) і російського виробництва (Панорама, ObjectLand, Географ, IndorGIS) до таких вузькоспеціалізованих систем, як GeoCad Systems (ТОВ «Геокад плюс»), АІС Землекористування (ЮРКЦ Земля), ТИСА (НВО «Сібгеоінформатика»), Геополіс (РКЦ «Земля») тощо.

На рисунку 8.17 наведено фрагмент системи ведення земельного кадастру IndorGIS/Land, побудованої на базі геоінформаційної системи IndorGIS. Система забезпечує ведення графічної і атрибутивної баз даних щодо земельних ділянок, типів угідь, власникам ділянок і інших об'єктів. В системі передбачена автоматична генерація різноманітних звітів щодо окремих ділянок, кварталів і населених пунктів загалом. Наприклад, так можна отримати план земельної ділянки, баланс площ за складом угідь, список платників податків на заданій території тощо. Система IndorGIS/Land забезпечує тематичну розмальовку карти відповідно до типів угідь, приналежності ділянок та інших характеристик. Крім того, система автоматично обчислює площі ділянок за їхніми контурами, зокрема, з урахуванням окремо розташованих об'єктів та охоронних зон, що потрапляють всередину ділянки.

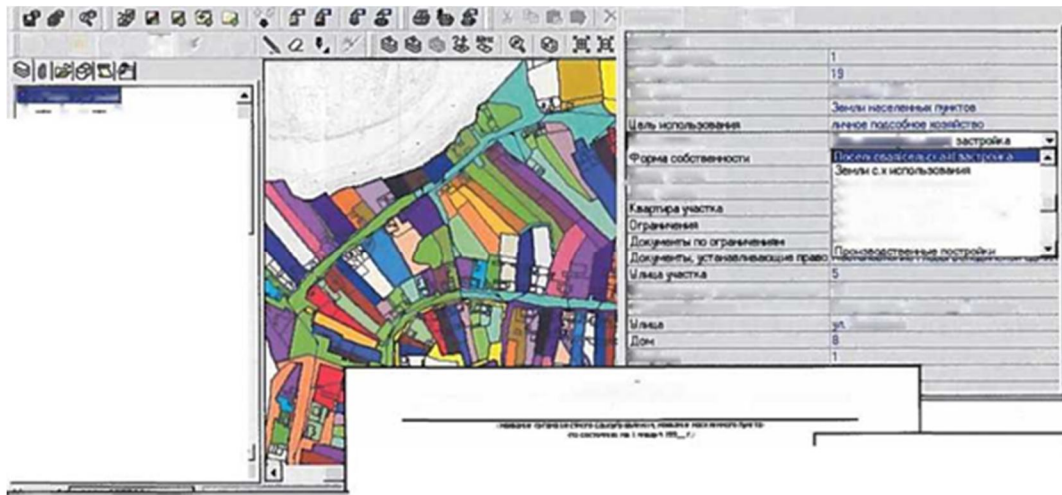


Рисунок 8.17 – Система проведення земельного кадастру на базі IndorGIS

Картографо-геодезійний кадастр містить такі геодезійні та картографічні відомості про територію:

- а) картографічні карти з масштабом 1: 5000 – 1:50 000;
- б) топографічні плани з масштабом 1: 500 – 1: 2000;
- в) карти-схеми з масштабом 1:25 000 – 1: 100 000;
- г) нормативно-правову й технічну документацію щодо геодезійного виробництва та архівного діловодства, зокрема інструкції, ліцензії, БНіП, постанови, положення, розпорядження тощо.;
- г) каталоги координат і висот;
- д) акти винесення в натуру осей об'єктів нерухомості і земельних ділянок.

Кадастр нерухомості включає адресний план муніципальної освіти, черговий план забудови, а також реєстр об'єктів нерухомості. Щодо об'єктів нерухомості база даних повинна містити відомості про місце розташування, адресу, належність, вартість, стадію будівництва, наявність правовстановлювальних документів, поверховість, матеріал стін тощо.

Геоінженерні кадастри містять відомості щодо:

- а) інженерно-геологічного забезпечення та екології, зокрема щодо мікросейсмічного районування, гідрогеології, ґрунтів, ландшафтно-екологічного зонування, забруднення і шумів;
- б) інженерного забезпечення, зокрема всіх надземних і підземних лінійних споруд і технічних пристроях на них;
- в) транспортної інфраструктури;
- г) соціальної інфраструктури та упорядкування зокрема щодо демографії, вищів, дитячих садків кінотеатрів, поліклінік, аптек, спорткомплексів.

8.7 ГІС і планування розвитку міст та регіонів

Прийняття рішень щодо містобудівного розвитку передбачає :попередній розгляд різноманітних схем містобудівного планування територій, генеральних планів забудови, транспортних схем, схем зонування, проектів планування та забудови; оцінювання інвестицій у той чи інший варіант розвитку; оцінювання повернення інвестицій і загального економічного та соціального ефекту.

Традиційні безкомп'ютерні технології внаслідок своєї високої трудомісткості не забезпечували детального опрацювання і двох варіантів. Застосування сучасних комп'ютерних і, зокрема, геоінформаційних технологій уможливило істотне збільшити опрацьованих варіантів і підвищення якості їхнього опрацювання.

Для опрацювання декількох варіантів містобудівного розвитку території та їхнього порівняльного аналізу цілком достатньо штатні засоби поширених універсальних ГІС. Хоча деякі зарубіжні фірми пропонують спеціалізовані програмні продукти для підтримання прийняття рішення.

Один з таких найвідоміших продуктів – це Scenario 360 компанії CommunityViz (США). Цей продукт працює як надбудова до ГІС ArcView GIS 3.2 і ArcGIS версій 8.x/9.0. Компанія-виробник системи Scenario 360 позиціонує її як систему підтримки прийняття рішень на базі ГІС для проектувальників і менеджерів.

Система Scenario 360 забезпечує перегляд, проаналізувати і усвідомлення наслідків прийняття тих чи інших варіантів (сценаріїв). Наведемо перелік способів використання Scenario 360, рекомендованих фірмою-виробником:

- комплексне містобудівне планування;
- вибір будівельних майданчиків і їхнє оцінювання;
- аналіз поточних містобудівних рішень;
- аналіз пропозицій щодо розвитку;
- оцінювання інвестицій;
- візуальний аналіз впливу різних чинників;
- оцінювання земель;
- аналіз стабільності розвитку;
- оцінювання впливу на навколишнє середовище;
- планування лісогосподарських заходів;
- оцінювання пожежонебезпеки;
- оцінювання зонування території;
- керування визначенням якості водних басейнів.

На рисунку 8.18 наведено зовнішній вигляд системи Scenario 360, у якій подано два варіанти зонування територій. У верхній частині зображено дві карти для двох варіантів зонування, на яких різними кольорами показано зони з різним ступінем придатності для проживання людей. Придатність обумовлюється функціональним призначенням цих та суміжних зон, способом забудови території, транспортною системною тощо.

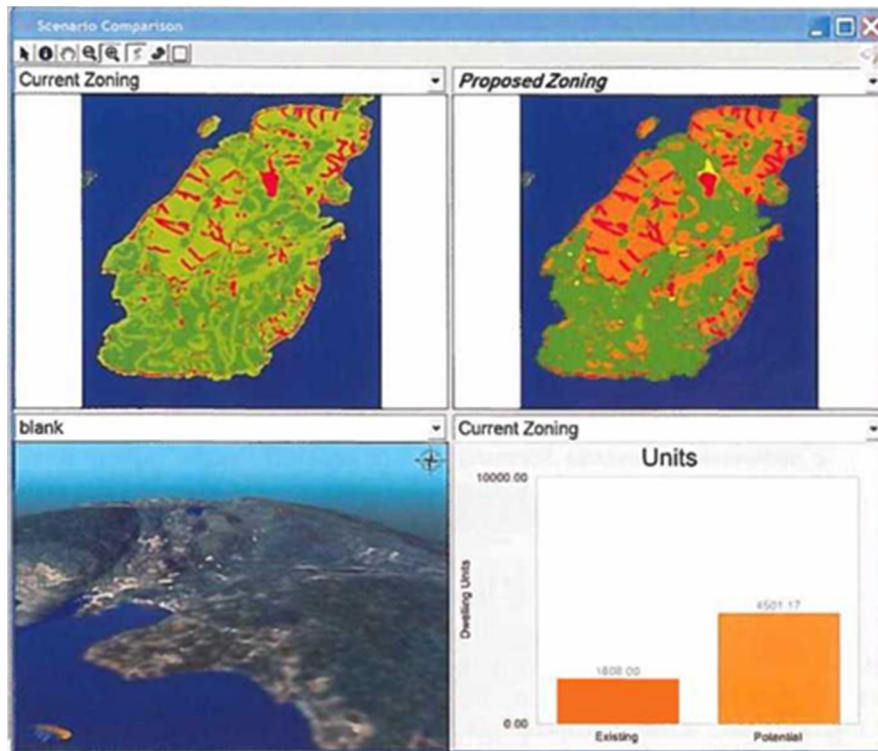


Рисунок 8.18 – Розробка і порівняння двох варіантів зонування території за допомогою системи Scenario 360

На рисунку 8.19 подано фрагмент цієї ж системи Scenario 360 при порівнянні трьох різних варіантів комплексного містобудівного планування забудови території: рідкісна («сільська») забудова, щільна котеджна забудова і забудова малоповерховими багатосімейними будинками. У нижній частині екрана у вигляді графіків наведені результати укрупненого порівняльного економічного аналізу цих варіантів, зокрема такі параметри як кількість дітей, транспортні потоки, збирання податків, потреби щодо водопроводу, кількість будинків тощо.



Рисунок 8.19 – Економічне оцінювання трьох варіантів забудови території за допомогою системи Scenario 360

Для кожного варіанта на підставі схеми зонування, транспортної схеми, прогнозованої чисельності населення, кількості домоволодінь система Scenario 360 уможливорює розрахування та подання у вигляді діаграм обсягів транспортних потоків, потреби щодо водопостачання та електрики, збирання податків тощо. (у верхній частині екрану показаний тривимірний вигляд цих варіантів, а в нижній – прогнозні оцінки).

8.8 ГІС та інженерні мережі

У найзагальнішому розумінні інженерні мережі можуть бути трубопровідними (відповідно тепловими, газовими, вентиляційними, нафтогазовими тощо.), кабельними (електричними, телефонними, телевізійними, комп'ютерними тощо.) і транспортними (автодорожніми, залізничними та ін.). Незважаючи на таку велику різноманітність, у мережі об'єднуються просторовістю розташування на поверхні Землі. Саме тому ГІС є незамінним інструментом на всіх етапах життєвого циклу мереж: від планування розвитку, проектування й будівництва мереж до експлуатації та управління режимами їхньої роботи. На сьогодні ГІС найбільше застосовується під час експлуатації і управління режимами роботи інженерних мереж. Зазначимо, що фактично для всіх різновидів інженерних мереж розроблено багато потужних ГІС, що уможливають автоматизацію найрізноманітніших аспектів експлуатації інженерних мереж.

Розглянемо одне з комплексних рішень, які пропонуються на ринку компанією «ІНДОРСОФТ». Ця компанія пропонує рішення для електричних (IndorGIS / Power), водопровідних (IndorGIS / Water), теплових (IndorGIS / Heat) і газових (IndorGIS / Gas) мереж, а також для автомобільних доріг (IndorGIS / Road, див.розд.10). Усі ці продукти побудовані за єдиною методикою на базі універсальної ГІС IndorGIS, тому для прикладу розглянемо електричні мережі.

Призначенням і функціями IndorGIS / Power є:

1) ведення всієї технічної і технологічної інформації за всіма об'єктами електричних мереж, а саме зображення об'єктів і обладнання на схемах, плани споруд і карт місцевості; зображення технічних паспортів об'єктів та обладнання, а також їх складових частин; уявлення експлуатаційної інформації (опису ремонтів, оглядів, випробувань, робіт, несправностей тощо); зображення документації щодо об'єктів і поточної документації, що формується в процесі експлуатації;

2) вирішення завдань, пов'язаних із точним розташуванням трас ліній електропередач і планів підстанцій на карті місцевості. На підставі цього вирішуються такі завдання: подання трас ЛЕП та інших інженерних трас, узгодження робіт, формування зон відчуження, обтяження і взаємовплив, формування профілів трас ліній із урахуванням провисання проводів; оцінювання впливу різних природних і техногенних факторів; чітке уявлення про траси ліній необхідних систем координат для вирішення завдань, узгодження землекористування й межевої справи;

3) вирішення завдань оперативного отримання інформації про об'єкти, зокрема пошук за назвою, розташуванням, адресою, отримання інформації про об'єкт, вказаний на схемі, карті, плані;

4) автоматичне формування планів робіт на підставі наявної інформації про несправності, проведені роботи й поточні технічні параметри об'єктів;

5) автоматизація робіт із оперативними диспетчерськими схемами: зазначення стану комутаторів і об'єктів, виділення кольором відімкнених об'єктів, виділення кольором фідерів, ведення журналів дат і причин перемикачів.

6) робота з абонентами: відображення їх на карті із зазначенням живлення фідерів; автоматичне формування списку відімкнення абонентів;

7) інтегрування з системою розрахунків усталених режимів. Ця функція дає змогу автоматизувати процес розрахування поточного режиму мережі на підставі актуальних даних, одержуваних з інформаційної системи.

Геоінформаційна система IndorGIS/Power складається з декількох розділів: наборів карт або схем, призначених для виконання деякого циклу робіт, і може розглядатися як автоматизований засіб для служб ліній і

підстанцій, виробництв воєнного, технічного та абонентського відділів, диспетчерської служби, служби релейного захисту та інших користувачів інформаційної системи. Кожен розділ характеризується набором різновидів і уявлень об'єктів, а також режимом роботи з цими об'єктами.

Розглянемо типові розділи системи IndorGIS/Power.

Розділ 1. Траси ЛЕП і плани підстанцій на карті місцевості (плани території). Цей розділ призначений для служб ліній і підстанцій, а також для відділу узгодження. У розділі представлені траси ЛЕП і плани підстанцій (рис. 8.20), суміщені з детальною електронною картою місцевості. Траси ЛЕП відображають розташування й плани опертів, фундаментів, контурів заземлення, габарити прогонів. Плани підстанцій становлять плани фундаментів, споруд та обладнання, ошиновці, контури заземлення, кабельні канали, під'їзні шляхи й контури заземлення різних шарів. На карті місцевості зображені контури (можливі й поверхові плани) будівель і споруд, траси інженерних комунікацій, вулично-дорожня мережа, різновиди угідь, гідрографія, рельєф.

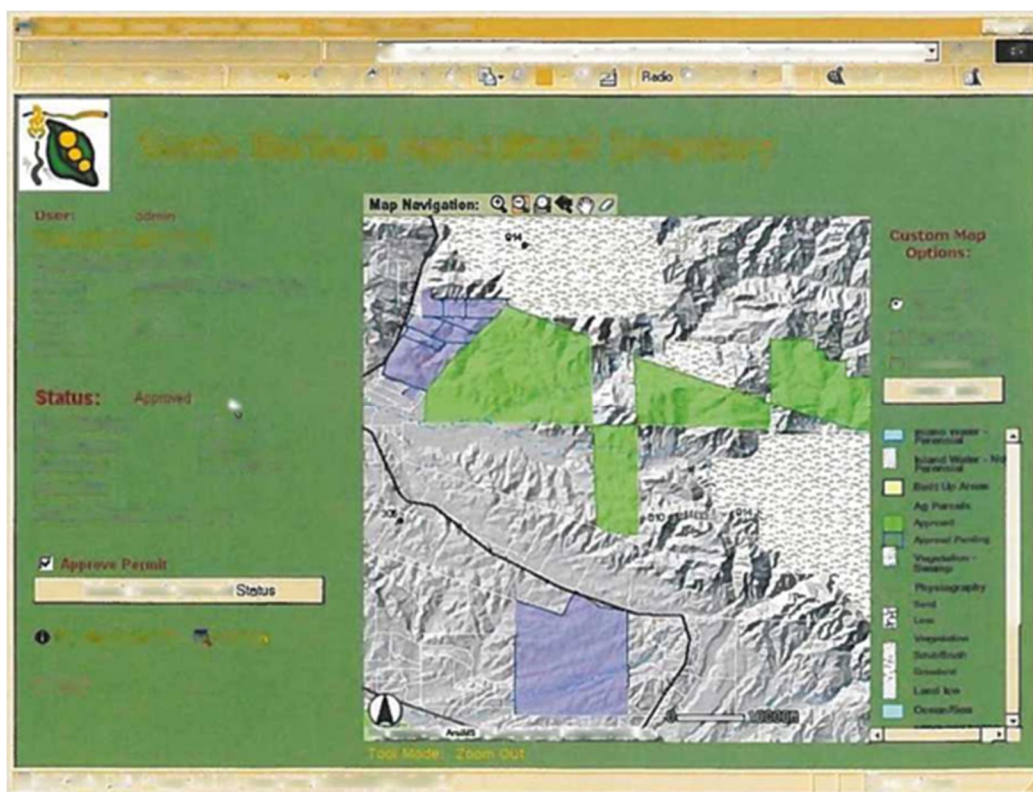


Рисунок 8.20 – Кадастр сільськогосподарських земель Санта-Барбари

Розділ 2. Технологічна схема на карті місцевості. Цей розділ призначений для виробничого й технічного відділів, служби підстанцій, релейного захисту, абонентського відділу. У цьому розділі представлені технологічні схеми підстанцій і схеми ліній електропередач, а також умовне

розташування абонентів. Підстанції схематично зображуються на карті в місцях їх приблизного розташування. Лінії електропередач також представлені схематично. У разі збільшення масштабу перегляду, у контурах підстанцій з'являються їхні оперативні технологічні схеми. У розділі представлені обладнання підстанцій, а також абоненти, розміщені на карті.

Розділ 3. Оперативна (диспетчерська) схема. Цей розділ головним чином призначений для диспетчерської служби і служби режимів. У ньому розглянуто спрощену однолінійну схему всієї мережі – аналог диспетчерського щита .

Особливістю розділу порівняно з іншими є те, що на оперативній схемі можна одночасно представляти мережі різних класів напруг – від 1100 кВ до 0,4 кВ. До того ж з метою уникнення перевантаженості схеми мережі нижчих класів напруг зображуються в зменшених масштабах. При збільшенні масштабу вони з'являються на схемі, а при зменшенні – приховуються.

Для роботи з певним об'єктом потрібно вказати його зображення в будь-якому з розділів ,після чого буде здійснено певну дію з об'єктом (перегляд або редагування паспортів, робіт, змінювання стану, розташування, форми й розмірів тощо.)

Усі дані, які містяться в геоінформаційній системі ГпбогШБ / Рошег, можна передати безпосередньо в комплекс розрахування усталених режимів IndorCircuit – одну з найпотужніших систем цього класу, пропонованих на ринку.

Програмний комплекс IndorCircuit призначений для аналізу поточних режимів, можливих після аварійних ситуацій із оцінкою варіантів резервування харчування, формування оптимального розімкненого графа мережі, режимної оцінки різних варіантів розвитку мереж, вирішення завдання введення режиму в допустиму область напруги. Крім того, цей комплекс дає змогу розрахувати покази струму коротких замикань усіх різновидів і селективність захисту автоматики.

Зазначимо, що оперативні схеми можна також використати з метою інтеграції з телеметричними системами для відображення поточного стану комутаторів і показників вимірювань.

8.9 ГІС і залізничний транспорт

Залізничний транспорт і дорожнє господарство за своїм функціональним призначенням, за методами й засобами управління тісно пов'язані з дорожнім

господарством і обслуговуються автомобільним транспортом. Без огляду на це досвід, набутий в одній зі сфер транспорту, можна застосовувати в інших.



Рисунок 8.21 – Схема міжнародних транспортних коридорів Європа – Азія

Відділення покликано вирішити такі завдання:

- координування робіт, розроблення та впровадження геоінформаційних технологій в управлінні залізничним транспортом;
- автоматизація управління інфраструктурою залізничного транспорту;
- забезпечення інформаційної взаємодії з автоматизованими системами управління перевезеннями;
- забезпечення інформаційної взаємодії з автоматизованими системами управління безпекою руху;
- автоматизація стратегічного моніторингу експлуатаційних потужностей залізнодорожнього транспорту;
- створення системи автоматизованого ведення нормативно-довідкової інформації галузі;
- автоматизація управління майновим комплексом федерального залізничного транспорту;
- Створення єдиного інформаційно-обчислювального середовища й загальносистемних програмно-технічних комплексів для функціонування інформаційних технологій.

Геоінформаційні технології активно розробляються і впроваджуються в МПС з 2000 року.

На сьогодні з метою автоматизованого вирішення завдань роботи ведуться за такими головними напрямками:

1. **Управління перевізним процесом.** ГІС використовуються для диспетчеризації процесу доставки пасажирів і вантажів (рис. 8.22).



Рисунок 8.22 – Центральний диспетчерський пункт в ВАТ РЖД

2. **Управління інфраструктурою.** У цій сфері ГІС використовуються для відображення різних даних щодо інфраструктури окремих (12) служб на схемах доріг. У разі зміни ситуації фахівці служб змінюють атрибутивні дані в базі даних. Графічне зображення змінюється автоматично, відповідно до цих змін.

3. **Підвищення безпеки перевезень.** Головним призначенням ГІС є підвищення ілюстративності відображення найрізноманітніших даних щодо обставин в розрізі доріг, ділянок, перегонів, станцій, парків. Крім того, тут можуть бути відображені небезпечні й негабаритні місця на схемах усіх рівнів.

4. **Забезпечення довідковою інформацією.** Ця сфера застосування ГІС є найрозповсюдженішою. За допомогою ГІС можна подати таку інформацію:

– *схема мережі залізниць*, зокрема конфігурацію ділянок і співвідносне розташування станцій, а також атрибутивна інформація стосовно станцій, дільниць, характеристик визначальних, стикових станцій, кількості шляхів і **електрифікованих перегонів**;

– *схеми диспетчерських ділянок, зокрема відомості по дорожнього розвитку в межах диспетчерської ділянки і план-профіль колії за головним ходом;*

– *масштабні схеми станцій, зокрема інформацію про конфігурацію й розташування шляхів, стрілок, будівель і світлофорів, а також атрибутивну інформацію про об'єкти схеми (експлікації шляхів, стрілок і будов, відомість відстаней).*

8.10 ГІС і сільське господарство

Сільське господарство є в багатьох країнах є досить прибутковою справою і в нього вкладаються великі кошти.

Провідними сферами застосування ГІС в агропромисловому комплексі – це управління виробництвом сільськогосподарської продукції, її транспортуванням та збутом.

У сфері виробництва сільгосппродукції дуже важливим є комплексний облік найрізноманітнішої інформації про землю, зокрема таких відомостей:

- типи і характеристики ґрунтів;
- вміст мінеральних речовин у ґрунті;
- цифрова модель рельєфу;
- погодні та кліматичні умови;
- гідрологічні умови;
- типи посівів і багаторічна динаміка врожайності;
- типи проведених механічної і хімічної обробки ґрунтів;
- просторовий розподіл захворювання культур;
- просторовий розподіл шкідливих комах;
- відомості про джерела й типи забруднення навколишнього середовища.

Якщо ця інформація буде регулярно оновлюватися (будуть постійно брати проби ґрунтів і рослин, виконуватимуть метеорологічні вимірювання) і узагальнюватися в ГІС, то можна буде забезпечити провадження так званого *точного сільськогосподарського виробництва* (землеробство високої точності, англ. precision farming, precision agriculture). Цей новий метод управління сільськогосподарським виробництвом є досить революційним, але він вже забезпечив істотне підвищення ефективності роботи багатьох зарубіжних сільськогосподарських підприємств.

Головною відмінністю точного сільгоспвиробництва (на відміну від старих методів) є так зване «локальне (індивідуальне, точкове) втручання». Ідеться про те, щоб на підставі комплексного аналізу найрізноманітніших даних для підвищення продуктивності виробництва для трактористів приймалося

рішення тільки про локальне внесення добрив і отрутохімікатів у ґрунт, щоденно складати детальні карти, куди і в якій кількості потрібно вносити добрива.

Використання сучасних ГІС-технологій (зокрема актуальних даних дистанційного зондування Землі) дає змогу в оперативному режимі складати карти стану посівів на поточний момент. Наприклад, на ділянках з найкращим проростанням посівів швидше зменшуються запаси азоту в ґрунтах. Таке раннє визначення відмінності стану посівів дає змогу своєчасно визначати ті ділянки полів, на яких необхідно додатково внести добрива й отрутохімікати.

Зазначимо, що ще одним способом інноваційного застосування ГІС у тваринництві є управління розведенням худоби.

У наш час ГІС застосовуються для оптимального управління полями для випасу худоби: у ГІС збирають і аналізують відомості про структуру та стан цих полів.

Крім того, ГІС використовуються для моніторингу стад або навіть окремих екземплярів за допомогою індивідуальних GPS-приймачів з радіопередавачами (див. п. 8.3).

8.11 ГІС і лісове господарство

У наш час у багатьох країнах світу створені спеціалізовані геоінформаційні системи, призначені для управління лісовим господарством. За допомогою ГІС відносно легко вирішувати завдання розробки довгострокової стратегії поставок деревини, складання прогнозів запасів, вибору системи лісозаготівлі, вибору варіантів будівництва доріг, виконання візуального аналізу ландшафту, встановлення меж природних середовищ існування, моделювання сценаріїв поширення лісових пожеж, вибору місць розташування пожежних вишок (рис. 8.23), захворювання рослин і тварин, здійснення тактичного планування щодо ліквідації пожеж тощо.

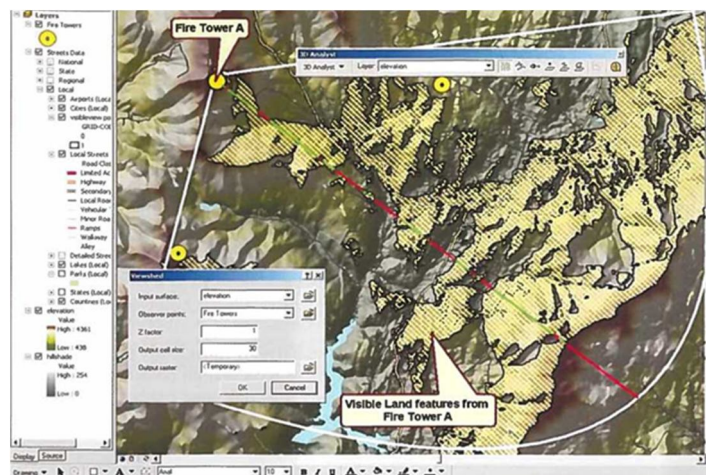


Рисунок 8.23 – Планування місць розташування пожежних вишок у лісі

8.12 ГІС і надровикористання

У наш час геоінформаційні системи застосовуються у сфері надрокористування дуже широко. Найрозповсюдженіший напрям застосування ГІС – це створення і зберігання різноманітної геологічної і топографічної інформації: різноманітних видів геологічних, географічних і топографічних карт, планів, геологічних перерізів, даних дистанційного зондування Землі тощо.

На сьогодні ГБЦГІ є багаторівневою територіально розподіленою системою, що включає фонд цифрової геологічної інформації, а також комплекс нормативно-правових і програмно-технічних технологій, що забезпечують збір, облік, зберігання, захист і використання просторової інформації, отриманої шляхом геологічного вивчення та використання надр.

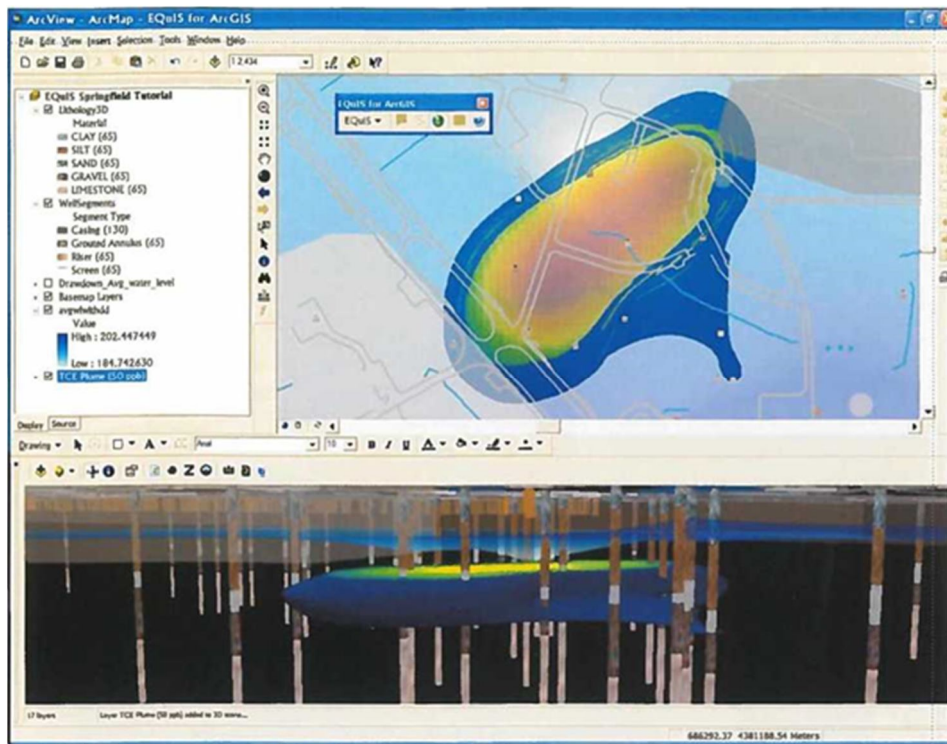


Рисунок 8.24 – Геологічна інформаційна система EQulS компанії Earth Soft

Головною відмінністю комп'ютерних геологічних карт порівняно зі звичайних паперовими є, звісно, величезні можливості для просторового аналізу геологічних даних. Наприклад, у мінерально-сировинній сфері вуглеводневої сировинної бази за допомогою ГІС вирішують такі завдання:

1. Оцінювання мінерально-сировинної бази регіонів, надрокористувачів, ліцензійних ділянок, родовищ щодо динаміки запасів і ресурсів, їхнього

відтворення, темпів приросту запасів і видобутку, забезпеченості видобутку запасами.

2. Раціоналізація надрокористування щодо оцінки виконання умов за/проти, угод у частині рівнів видобутку й відтворення ресурсної бази.

3. Виокремлення об'єктів для планування першочергових об'єктів геологорозвідувальних робіт і переоцінювання запасів із використанням нових методів підрахунку.

4. Виокремлення груп важко видобувних запасів, залишкових запасів зниженої якості і таких ,що перебувають у складних гірничо-геологічних і економіко-географічних умовах з метою регулювання платежів за користування надрами, розподілу фінансових надходжень між бюджетами різних рівнів.

5. Регулювання надходжень до бюджету різних рівнів під час розробки родовищ, зокрема прикордонних.

6. Оцінювання зміни якості запасів у процесі розробки, розподілу товарних типів вуглеводнів з метою планування інфраструктури паливно-енергетичного комплексу (далі – ПЕК) і визначення впливу розробки вуглеводнів на навколишнє середовище, оскільки в них містяться шкідливі для здоров'я людини, тваринного та рослинного світу домішки.

Для вирішення завдань надровикористування у світовій практиці використовуються звичайні універсальні ГІС, а також розроблено низку спеціалізовані програмні комплекси. Із російських програмних продуктів найвідомішою є геологічна інформаційна система ПАРК. За кордоном широко використовуються EQulS , RockWorks EVS тощо.

8.13 ГІС і екологія

Екологія – це наука, що вивчає взаємовідношення тваринного і навколишнього середовища і, насамперед, їхні позитивні або негативні прояви. Одним з головних завдань екології є вивчення, запобігання й ліквідація наслідків забруднень навколишнього середовища, насамперед , людиною. Саме для вирішення цих завдань і застосовується, геоінформаційні технології, як засіб збирання, каталогізації та аналізу найрізноманітніших даних, а саме проби води, ґрунтів, повітря, шуму, дані дистанційного зондування землі з літака або з космосу, відомості про стан здоров'я людей, флори й фауни.

Геоінформаційні системи є дієвим інструментом для узагальнення отриманих даних і складання прогнозів. Розглянемо лише деякі особливості застосування ГІС в екології.

Моніторинг навколишнього середовища. За допомогою ГІС можна легко створювати різноманітні тематичні карти за результатами збору різних параметрів навколишнього середовища. Надалі, збираючи нові дані, такі карти можна використовувати для визначення масштабів і темпів змінювання флори й фауни.

Екологічний аналіз. ГІС дає змогу проаналізувати результати моніторингу навколишнього середовища, використовуючи різні методи просторового і геостатистичного аналізу в ГІС. Ці методи уможливають визначення нових непомітних закономірностей і залежностей, які неможливо встановити, аналізуючи звичайні табличні дані в ГІС. Одним із важливих результатів екологічного аналізу є комплексна характеристика території проживання людей, стосовно безпеки проживання.

Екологічне прогнозування. Регулярний збір даних про стан навколишнього середовища забезпечує визначення темпоральних змін і на їхній підставі уможливорює створення прогнозів щодо зміни ситуації в майбутньому.

За допомогою ГІС можна змодельовати виникнення різноманітних природних і техногенних аварій та катастроф, наприклад наслідки ураганів, виверження вулканів або розливів нафти, а також ступінь впливу постійно діючих забруднювачів.

Заповідники. Однією з найвикористовуваніших сфер застосування ГІС за кордоном є збір і керування даними стосовно охоронюваних територій (заповідників, заказників і національних парків). У межах цих територій за допомогою ГІС проводиться регулярний просторовий моніторинг стану рослинності, цінних і рідкісних різновидів тварин, визначається рівень вплив антропогенних втручань – туризму, доріг, ліній електропередачі, плануються і проводяться природоохоронні заходи.

8.14 ГІС і оборона

Будь-яка розвинена країна приділяє величезну увагу рівню готовності своїх збройних сил, здатності убезпечитися від будь-яких потенційних загроз. Саме тому величезна частка державного фінансування у сфері науково-технічних розробок надається військовим відомствам. Не є винятком і різноманітні ГІС-технології, розроблення яких активно фінансується з військового бюджету. У цій сфері безумовним світовим лідером є США, де, власне, було винайдено багато елементів сучасних ГІС-технологій.

З усього спектра таких технологій, безпосередньо пов'язаних із ГІС і виниклих внаслідок військових потреб, можна відокремити супутникову навігацію (американську GPS) і космічну зйомку. Системи супутникової

навігації спочатку створювалися тільки для військових цілей (насамперед, для наведення ракет). Космічна ж зйомка мала подвійне призначення: картографування місцевості і високодетальна розвідувальна зйомка окремих об'єктів.

На сьогодні супутникова навігація стала широко доступною для цивільних цілей. Нещодавно цивільні приймачі GPS визначали координати з набагато меншою точністю, ніж їхні військові аналоги, проте тепер таке обмеження ліквідовано міністерством. Аналогічною є ситуація і з космозйомкою. Спочатку супутники працювали винятково для потреб оборонних відомств, проте сьогодні можна досить легко придбати знімки фактично будь-якої частини світу, і з дуже високою роздільною здатністю.

Користувачі відповідно до чинного законодавства, можуть отримувати високодетальні знімки з роздільною здатністю не менше 2 м на піксель. Проведення таких покупок проводиться через спецвідділи, які повинні бути в кожній організації. Така процедура не узгоджується пропозицією на світовому ринку знімків із роздільною здатністю до 60 см на піксель (з американського супутника QuickBird). До того ж зарубіжні компанії зазвичай не вимагають ліцензій на роботу з секретними матеріалами, а знімки можна отримати безпосередньо через Інтернет або поштою.

Поточний стан інших елементів ГІС-інфраструктури військових відомств різних країн світу визначити складніше, але можливо, оскільки багато провідних світових виробників ГІС-технологій пропонують програмні продукти, призначені для автоматизації різних аспектів управління і тилового забезпечення збройних сил. Наприклад, компанія ESRI випускає додатковий модуль ArcGIS Military Analyst, який у поєднанні з іншими модулями (ArcGIS Network Analyst, ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS Geostatistical Analyst, ArcGIS Tracking Analyst, ArcLogistics Route і ін.) перетворює ArcGIS на потужну ГІС для вирішення таких завдань:

- загальне керування військами;
- картографування поля бою;
- управління інженерними комунікаціями військових баз;
- управління евакуацією поранених;
- логістика (доставка боєприпасів, продовольчих товарів та ін.);
- розмінування мінних полів;
- планування військових операцій;
- проведення миротворчих операцій;
- управління інженерними спорудами;
- моделювання (симуляція) бойових операцій;

- розвідка та рекогносцировка;
- аналіз рельєфу місцевості;
- візуалізація.

8.15 ГІС і освіта

Навчальні заклади – це заклади, що надають послуги населенню у вигляді переданих учням знань і навичок. Навчальні заклади функціонують на ринку освітніх послуг, конкуруючи за абітурієнтів з іншими навчальними закладами.

На сьогодні у світі роль геоінформаційних систем у сфері освіти зростає, зокрема :

1. У сфері загальної освіти ГІС використовуються для проведення **демографічного аналізу в різних районах суб'єктів федерації і міст** з метою оптимального (зокрема з урахуванням довгострокової перспективи) вибору місць розташування нових загальноосвітніх, початкових, спеціалізованих, музичних, художніх, спортивних, технічних та інших шкіл і навчальних закладів. Це завдання вирішується з використанням методів просторового та мережевого аналізу геоінформаційних систем.

2. ГІС можуть застосовуватися для **аналізу якості надання освітніх послуг** в різних районах країни, суб'єктах федерації, містах. Такий аналіз повинен регулярно проводитися органами державної влади з метою моніторингу поточної якості навчання і забезпечення гарантованої Конституцією доступності освіти для населення. З іншого боку, цей аналіз можуть проводити і окремі навчальні заклади з метою пошуку нових ринків і прийняття рішень про відкриття нових філій.

3. У сфері вищої освіти ГІС можуть застосовуватися для **аналізу розподілу потенційних абітурієнтів із різних районів суб'єкта федерації** з метою вибору місць для розташування кабінетів дистанційної освіти або філій вищих навчальних закладів. Як головний критерій для вибору місць для таких кабінетів зазвичай обирають кількість потенційних абітурієнтів, які проживають в межах оптимальної часової доступності від кабінету, наприклад, 10 км .

4. У сфері підготовки кадрів вищої кваліфікації (кандидатів і докторів наук) ГІС можуть використовуватися Вищою атестаційною комісією для **оптимального вибору опорної мережі спеціалізованих учених рад** (в даний час їх діє близько 2500), рівномірно розподіленими по всій країні в розумній доступності від провідних науково-освітніх центрів країни.

9 ЗАСТОСУВАННЯ ГІС У ДОРОЖНЬОМУ ГОСПОДАРСТВІ

9.1 Інформаційні технології в дорожньому господарстві

Застосування ГІС в дорожньому господарстві відрізняється великою різноманітністю, оскільки автомобільні дороги є географічно розподіленими об'єктами.

ГІС-технології, що в широкому розумінні є сукупністю багатьох ,пов'язаних між собою інформаційних компонентів, здатні забезпечити ефективне управління технічним і транспортно-експлуатаційним станом мереж доріг на муніципальному, територіальному й федеральному рівнях у процесі всього їхнього життєвого циклу: від дослідження і проектування до будівництва й визначення змісту в процесі експлуатації. Такий комплексний підхід за сучасними термінами інформаційних технологій називають PLM (Product Lifecycle Management). На сьогодні PLM-рішення досить добре розроблені для галузей мікроелектроніки, машинобудування, авіабудування. Дорожня галузь у цьому сенсі істотно відрізняється за своєю специфікою від зазначених вище галузей ,а тому переносити готові рішення не видається неможливим. Проте можна зауважити, що на сучасному ринку програмного забезпечення представлені майже всі головні елементи комплексних PLM-рішень дорожньої галузі.

У попередніх розділах досить докладно було описано ГІС-технології, що розвиваються досить швидко уже майже півстоліття. Однак незрозуміло таке :якщо можливості ГІС настільки вражаючі, то чому вони на сьогодні недостатньо затребувані і не розвинуті повною мірою в дорожній галузі? Назвемо лише декілька причин, у зв'язку з якими ГІС-технології ще не стали звичним інструментом у діяльності інженерів-шляховиків.

1. Інформаційну базу ГІС становить атрибутивна й просторова інформація. Остання (в усталеному розумінні) становить картографічні матеріали. Оскільки низка масштабів карт має обмеження щодо використання (гриф секретності), то в ГІС відсутня ця інформація. До того ж на сьогодні не вироблено єдиних стандартів на представлення цифрової картографії в ГІС. Реалізація цього проекту може істотно пришвидшити запровадження ГІС у всіх сферах життєдіяльності нашої країни. Але наявність цієї концепції не виключає необхідності розроблення аналогічних стандартів обміну просторовими даними на галузевому рівні. Розроблення такого стандарту в дорожній галузі істотно активізує застосування САПР і ГІС в інженерній діяльності та сприяє обміну даними між цими системами. Потрібно зауважити, що в деяких сферах діяльності (наприклад нафто-, газо- транспортування) такі стандарти вже

створені й стали стимулюючим фактором упровадження ГІС для проектування, планування та управління відповідними процесами.

2. ГІС можуть застосовуватися для **аналізу якості надання освітніх послуг** в різних районах країни, суб'єктах федерації, містах. Такий аналіз повинен регулярно проводитися органами державної влади з метою моніторингу поточної якості навчання. З іншого боку, цей аналіз можуть проводити і окремі навчальні заклади з метою пошуку нових ринків і прийняття рішень про відкриття нових філій.

3. Специфіка автомобільних доріг як лінійно-протяжних об'єктів обумовила їхнє відображення в графічному вигляді. Зазвичай це лінійні графіки доріг, які не повністю відповідають реальним контурам. Це і є причиною спотворення інформації про дороги. Точне уявлення про геометричні параметри доріг дають великомасштабні плани в складі проектів доріг і кадастрові плани доріг. Однак ще не відпрацьована технологія збирання та накопичення цих матеріалів в єдиному графічному стандарті, що перешкоджає їхній передачі цих матеріалів у геоінформаційні системи.

4. У сфері вищої освіти дорожньої галузі упровадженню інформаційних технологій у навчальний процес, на жаль, стали приділяти належну увагу тільки в останні роки, увівши відповідні навчальні курси з автоматизованого проектування й геоінформаційних систем. А це означає, що ці технології ще тільки стають обов'язковим елементом підготовки інженерних кадрів цієї галузі.

5. Перехід на нові технології проектування, планування та управління завжди для будь-якої галузі, оскільки стосується як загальної організації робіт та взаємодії, так і долі багатьох людей, а тому потрібно прикласти певні зусилля, щоб розпочати процес переходу.

І все ж постійно збільшуваний потік інформації, ускладнення структури галузі, зародження ринкових механізмів, що сприяють розширенню міжнародних зв'язків і кооперації, повинні привести до активного впровадження геоінформаційних технологій як одного з факторів науково-технічного прогресу в дорожній галузі.

9.2 Програми розвитку й обґрунтування інвестицій

Перехід економіки до ринкових відносин призвів до прискореного зростання рівня автомобілізації населення. Якщо в 1985 р. рівень автомобілізації населення становив лише 45 авт. / 1000чол. і за прогнозами планової економіки повинен був зрости до 2005 р. до 140 авт. / 1000 ос., то фактичний рівень автомобілізації населення на сьогодні – це вже

приблизно 250 авт. / 1000 ос. і він продовжує стрімко зростати (приблизно на 8 % за рік), наближаючись до середньоєвропейського рівня, який становить приблизно 400 авт. / 1000 ос. У цих умовах неминуче постає проблема істотного збільшення протяжності доріг, так і якісного підвищення їхнього споживчого рівня.

У найближчі роки розвиток мережі автомобільних доріг відбуватиметься за сценарієм, на якому базується «Національна програма модернізації та розвитку автомобільних доріг до 2025 року». Розробленню Національної програми передували аналогічне розроблення програм на всій території, потім вони були укрупнені й узагальнені на рівні федеральних округів. Таким чином, був дотриманий принцип від часткового до загального.

Якщо концепції і програми розвитку доріг визначають як передпроектні стадії, то першою стадією проектування доріг вважається обґрунтування інвестицій (далі – ОІ). На цій стадії проводиться збір і обґрунтування майбутніх транспортних навантажень на дорогу (за розрахунковою інтенсивністю), на підставі яких визначається категорія проектованої дороги, можливі варіанти прокладання трас проектованої дороги, їх вартість та економічна ефективність реалізації. На основі цих даних приймається рішення про необхідність і доцільність подальшого будівництва (реконструкції) одного з варіантів дороги або мережі доріг. Якщо оцінювати такий підхід до початкової стадії проектування і майбутнього будівництва доріг з погляду його відповідності світовій практиці, міжнародним нормам і правилам, то потрібно визнати, що він істотно відрізняється. У багатьох країнах світу, і насамперед в Європі, категорію проектованої дороги призначають на підставі її майбутньої ролі та виконуваних функцій у загальній мережі доріг.

Підхід, прийнятий світовим співтовариством, доцільніший, а надто те, що прогнозування розрахункової інтенсивності руху за умов відсутності чітких прогнозів економічного розвитку країни і її окремих регіонів, а також недостатньо досконалих математичних моделей, прогнозування транспортних потоків призводить до того, що кінцевий результат не є достовірним і обґрунтованим.

Що стосується варіантного проектування трас автомобільних доріг на стадії обґрунтування інвестицій, то його найдоцільніше виконувати в ГІС на підставі карт різних масштабів і даних дистанційного зондування. Це, до речі, відрізняє варіантне проектування від стадії інженерного проекту й робочої документації, коли таке проектування здійснюється за допомогою САПР автомобільних доріг.

9.3 Проектування й реалізація проектів доріг

У наш час проекти автомобільних доріг у багатьох дорожніх проектних організаціях дорожньої галузі розробляються на досить високому рівні автоматизації за допомогою САПР автомобільних доріг (див. п. 8.2).

У процесі всього життєвого циклу проектування інженер-проектувальник працює з інформаційною моделлю майбутньої автомобільної дороги, яка на останньому етапі робіт (оформлення проектної документації) зазвичай подається у вигляді сукупності інженерних креслень і описів. Було б логічним, щоб інформаційна модель проектованої дороги передавалася замовнику (далі підряднику) і контролюючим органам (технічний нагляд) одночасно з проектною документацією. Це забезпечило б ефективніше виконання будівельних робіт і контроль якості виконуваних робіт.

Професійне дорожнє співтовариство усвідомлює, що така послідовність дій доцільна й ефективна, але цього не відбувається у зв'язку з багатьма причинами, зокрема внаслідок:

- відсутності випробовуваних систем інформаційного обміну всіх учасників дорожнього інвестиційного процесу, що беруть участь у розробленні проекту та його реалізації;
- нерозвиненості комплексного програмного забезпечення, що дозволяє забезпечує повний цикл інженерних робіт – від пошуків і проектування до будівництва (реконструкції) доріг і його контролю;
- невідповідності інженерних кадрів до реалізації таких комплексних проектів.

Однак усі усвідомлюють, що цей процес повинен формуватися, а отже, доцільним гіпотетично описати послідовність його дій.

Етап 1. До складу проектної документації включається інформаційна модель проектованої дороги з узгодженням сторін (або на галузевому рівні) стандартних даних. Це дозволяє замовнику не тільки аналізувати отриману проектну документацію, але й деталізувати її фрагменти, забезпечувати необхідне тиражування документації. Застосовуючи засоби САПР автомобільних доріг, замовник одночасно може передавати інформаційну модель в ГІС. Це забезпечить не тільки надійне зберігання інформаційної моделі, а й уможливить накопичення додаткової інформації про сам проект та процедуру проходження його в різних інстанціях (у адміністративних і кадастрових органах тощо).

Етап 2. Під час проектної документації від замовника до підрядника може також забезпечуватися передача інформаційної моделі дороги із супутньою документацією. Підрядник готує проекти організації будівництва і

виконання робіт на підставі проекту дороги. У разі виникнення пропозицій щодо зміни проектних рішень підрядник може звертатися до замовника і проектувальника в межах процесу коригування загальної інформаційної моделі дороги.

Етап 3. На етапі реалізації проекту як підрядником, так і організацією, що здійснює технічний нагляд, може виконуватися виконавче знімання, результати якого передаються до інформаційної моделі проекрованої дороги з метою встановлення відповідності виконаних робіт проектним даним. При цьому кількість оціночних даних буде значно більшою, а їх достовірність набагато вищою, порівняно з традиційною взаємодією учасників інвестиційного процесу.

Етап 4. На стадії завершення проекту вся зібрана і узагальнена інформація у вигляді створеної єдиної моделі дороги і подій, пов'язаних з нею, передається експлуатуючій організації у вигляді ГІС-проекту функціонування введеного в дію об'єкта.

9.4 Транспортні потоки й організація руху

Необхідність аналізу та прогнозування транспортних потоків виникає на стані оцінювання інвестицій (для оцінювання різних варіантів будівництва), на стані проектування доріг (за оцінкою проектних рішень і під час розрахування ефективності інвестицій), а також під час експлуатації доріг (при вдосконаленні організації та наданні безпеки руху). У контексті загальної методології проектування і функціонування транспортної інфраструктури завдання моделювання транспортних потоків можна розглядати як ГІС-завдання.

Усі способи моделювання транспортних потоків можна розділити на дві групи – *макромодельовання й мікромодельовання*.

За першого способу – макромодельовання – на підставі різних припущень про кореспонденції між транспортними районами обчислюється укрупнений транспортний потік (кількість автомобілів різного виду, що рухаються) із одного району міста в інший. Потім обчислюються найімовірніші маршрути руху для цього потоку за вулично-дорожньою мережею. Підсумувавши всі транспортні потоки мережі, визначають навантаження на окремі фрагменти вулиць і доріг. Результати таких розрахунків зазвичай подають у вигляді картограм транспортних потоків (див. п. 6.4).

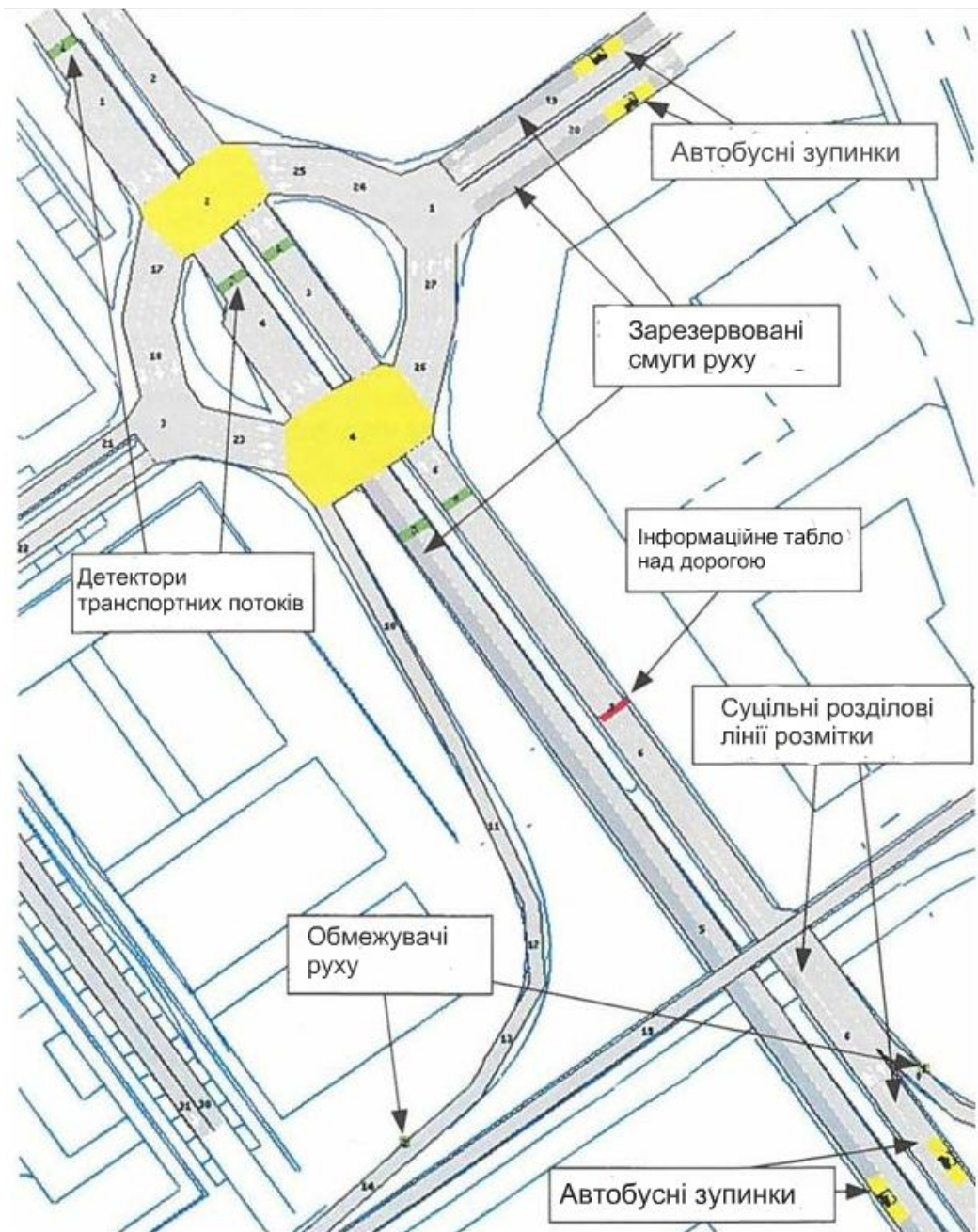


Рисунок 9.1 – Модель автомобільної дороги для мікромодельювання транспортних потоків, підготовлена в програмі TEDI системи GETRAM

Перевагою макромодельювання є можливість розрахувати транспортні потоки для великих транспортних мереж, що необхідно для аналізу транспортних мереж міст і регіонів і розроблення концепцій їхнього розвитку. Недоліком є неможливість точного обліку конфігурацій транспортних розв'язок, обліку наявності коштів для організації руху (світлофорів), а також індивідуальних особливостей керування автомобілем водіями.

За другого способу – мікромодельювання – моделюються окремі автомобілі або їхні невеликі групи (пакети). При цьому для кожного автомобіля

прораховується точна траєкторія його руху (у просторі й часі) з урахуванням коштів для організації руху, напрямків руху по смугах, можливостей перешиковування між смугами, наявності аварійних ситуацій і заторів. Для такого детального моделювання потрібно ввести інформацію про структуру автомобільної дороги (кількість смуг, дорожня розмітка, дорожні знаки, обмеження щодо швидкості руху, схеми розв'язок), про склад і інтенсивність автомобільних потоків (рис. 9.1).

Метод мікромодельювання транспортних потоків уможливорює окремо прорахування руху різних видів об'єктів, що переміщуються: легкових автомобілів, вантажівок, трамваїв, автобусів, тролейбусів, мотоциклів, велосипедів і пішоходів. Саме ця комплексність підходу особливо важлива під час створення схем організації руху.

Результати мікромодельювання можуть бути надані у вигляді табличних статистичних звітів, графіків із необхідним перетином доріг або по окремих смугах руху (на рис. 9.2 на графіку показано інтенсивність руху на трьох перетинах доріг), а також у вигляді різних схем на картографічній основі (рис. 9.2).

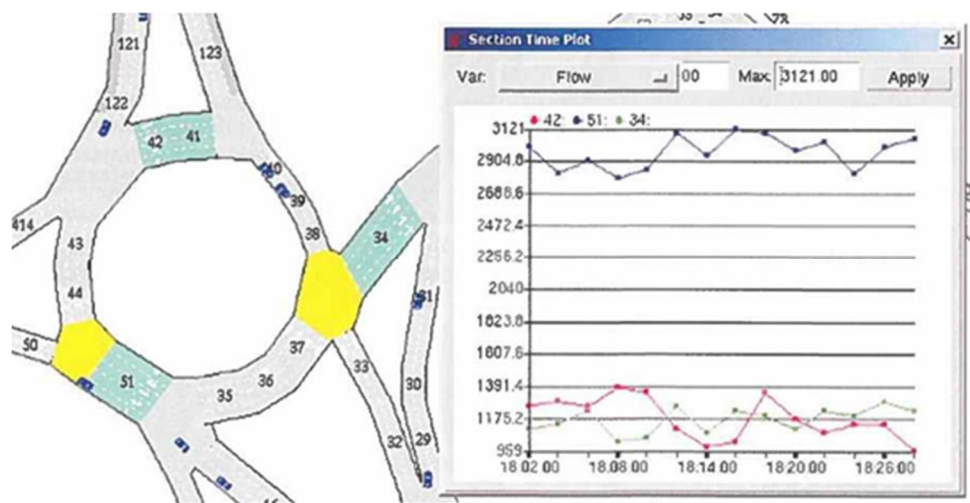


Рисунок 9.2 – Графік інтенсивності транспортних потоків у різних перетинах дороги, розрахованих за допомогою програми AIMSUN системи GETRAM методом мікромодельювання

У зв'язку з тим, що в методі мікромодельювання точно розраховуються траєкторії руху окремих автомобілів, з'являється можливість динамічної анімації руху автомобілів на карті або в тривимірному вигляді. Цей спосіб дуже популярний при візуальному оцінюванні проектних рішень, при створенні схем організації руху, а також при захисті розроблених проектів у замовника. Саме

тому більшість систем мікромодельовання транспортних потоків пропонують спеціальні вбудовані інструменти для тривимірної візуалізації.

Ці системи дають змогу переглядати в динаміці тривимірні сцени з будь-якої фіксованої точки, з позиції водія в автомобілі або з позиції камери, що рухається по довільній траєкторії в просторі (рис. 9.3).

Для додаткового візуального оформлення сцен в цих системах є засоби для розміщення на карті різних будівель, елементів ландшафту й інженерного облаштування доріг. Такі елементи дороги ,як розмітка, поточні фази світлофорів, дорожні знаки та інформаційні табло, створюються автоматично.

Крім цього деякі системи мікромодельовання забезпечені коштами експорту згенерованих тривимірних моделей і сцен в стандартні формати (наприклад, у формат 3DS) для подальшого доопрацювання сцен і високоякісної візуалізації в спеціалізованих системах тривимірного моделювання (наприклад у систему 3D Studio MAX).

На сьогодні розроблено багато програмних продуктів, які уможливають виконання макро- й мікромодельовання транспортних потоків. Розглянемо деякі з них.

Система PTV Vision (виробництва компанії PTV AG, Німеччина) є одним із най комплексніших світових програмних продуктів для моделювання і планування транспортних потоків. До її складу входить модуль VISUM, призначений для макромоделювання транспортних потоків і стратегічного планування транспортних схем міст і регіонів. Модуль VISSIM уможливорює виконання моделювання на мікрорівні (рис. 9.3). Крім того, система PTV Vision містить модуль INTERPLAN для оперативного планування (диспетчеризації) руху вантажного й громадського транспорту.



Рисунок 9.3 – Тривимірна візуалізація транспортних потоків у системі Paramics

Програмний комплекс **GETRAM** (виробництва компанії TSS-Transport Simulation Systems, Іспанія) призначений тільки для мікромодельовання транспортних потоків. Він складається з трьох незалежних програм. Програма **TEDI** призначена для створення моделі транспортної мережі (див. рис. 9.4). Програма **AIMSUN** виконує власне мікромодельовання транспортних потоків (див. рис. 9.5). Програма **AIMSUN 3D** призначена для тривимірної візуалізації результатів модельовання, отриманих раніше в програмі **AIMSUN**. Зазначимо також, що транспортна мережа сформована в програмному комплексі **GETRAM** і результати модельовання транспортних потоків можуть бути експортовані в ГІС через формат шейп-файлів **ESRI**.

Система **Quadstone Paramics** (виробництва компанії Paramics Information Quadstone Ltd., Великобританія) призначена тільки для мікромодельовання транспортних потоків. Її перевагою є висока якість тривимірного подання результатів модельовання, а також більш зручний з двома попередніми системами модельовання для користувача інтерфейс .

На сьогодні вітчизняними вченими розроблено багато математичних моделей транспортних потоків, однак, на жаль, більшість із них не стали програмними продуктами.

Із усіх вітчизняних програмних продуктів для модельовання транспортних потоків можна відокремити систему **IndorThiffic**, що забезпечила функціями як макро- , так і мікромодельовання. Ця система складається з двох модулів.

Модуль **IndorGISTVaffic** для геоінформаційної системи IndorGIS призначений для макромоделювання. Його особливості були описані вище (п. 6.4 і 9.9).



Рисунок 9.4 – Тривимірна візуалізація транспортних потоків у системі PTV Vision за допомогою модуля VISSIM

Модуль **IndorCADTraffic** для системи автоматизованого проектування автомобільних доріг **IndorCAD/Road** забезпечує виконання мікромодельовання. Особливо потрібно відзначити той факт, що тільки цей модуль вбудовується в повноцінну систему проектування автомобільних доріг. Така тісна інтеграція дає змогу інженерам-проектувальникам під час створення проектів доріг викликати тільки одну команду й моделювати транспортні потоки, однозначно візуально оцінюючи проектне рішення і отримуючи статистичні дані про склад та інтенсивність транспортного потоку на розглядуваній ділянці дороги (рис. 9.5).

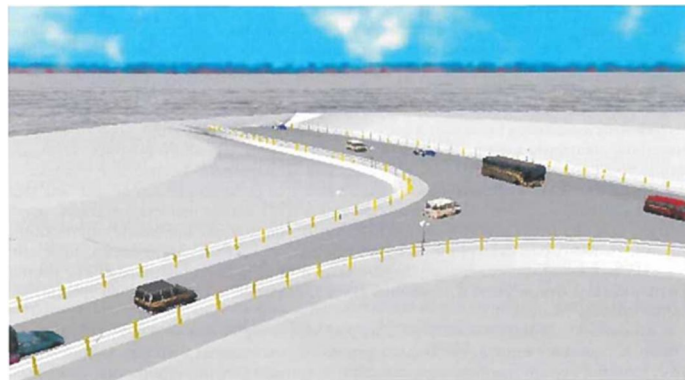


Рисунок 9.5 – Тривимірна візуалізація транспортних потоків у системі
IndorCAD / Road

9.5 Паспортизація, інвентаризація та кадастр

Завдання земельного кадастру були розглянуті вище, у п. 11.6. Автомобільні дороги, що займають певну ділянку землі, також до сфери державного земельного кадастру.

Кадастр автомобільних доріг покликаний вирішити такі завдання:

- реєстрація прав на нерухоме майно;
- фіксування меж дії прав власників автомобільних доріг, а в разі необхідності їхнього відновлення;
- визначення правового режиму земель з урахуванням з суспільних обмежень;
- забезпечення унікальної ідентифікації автомобільних доріг для зв'язку з Єдиним реєстром прав на нерухоме майно;
- забезпечення вихідною інформацією під час проведення всіх різновидів землеустрою;
- здійснення моніторингу змінювання якісних і кількісних характеристик земель.

На початковому етапі створення кадастрових планів автомобільних і міських доріг здійснюється камеральний збір вихідних даних про автомобільні дороги. До таких даних належать: найменування автомобільних доріг, їхнє розташування й протяжність, відомості про відвід земель, відомості про суміжних землекористувачів, економічні характеристики доріг і штучні споруди на них.

Наступний етап – польові роботи. Спочатку необхідно встановити справжню вісь автомобільної дороги. Це робиться або за допомогою пересувної лабораторії, обладнаної системою супутникової навігації (GPS), або шляхом експорту даних тахеометричної зйомки пошукової групи.

Потім проводиться зйомка елементів і обстановки автомобільної дороги. За допомогою спеціального обладнання фіксується пікетажне положення обстановки дороги (дорожніх знаків, стовпів ЛЕП, початок і кінець угідь, дорожніх труб, мостів, укріплених кюветів тощо). Далі проводиться додаткова зйомка геометричних елементів автомобільної дороги (поперечні розміри земляного полотна, геометричні розміри прилеглих об'єктів, відстані до дорожніх знаків і кутових стовпів ЛЕП тощо.) за допомогою рулетки або лазерного далекоміра.

Після цього уточнюються суміжні з автомобільною дорогою землекористування, інформацію про які отримують у районних земельних комітетах надалі цю інформацію узгоджують із кожним суміжним землекористувачем.

Після проведення польових робіт настає камеральний етап оброблення зібраних даних. Спочатку наповнюють електронний паспорт автомобільної дороги, який становить собою набір таблиць бази даних.

У базі даних всі таблиці можна розподілити на чотири групи: елементи автомобільної дороги, характеристики, обставини і штучні споруди.

Елементи автодороги включають дорожні знаки, обгородження, дорожню розмітку, прилеглі об'єкти, дорожній одяг, укріплені кювети, ґрунт земляного полотна, укріплені узбіччя, під'їзди до автомобільної дороги, тротуари, перехідно-швидкісні смуги.

Характеристиками автомобільної дороги є розміри смуги відведення, різновид угідь, дефекти покриття, базові відстані, статистика ДТП, інтенсивність руху, рівномірність покриття, ширина верху земляного полотна, типи поперечних профілів, протяжність покриттів, технічні категорії, які обслуговують дорожні організації, проблемні ділянки (затоплювані, вічні тощо.), неприпустимі радіуси, стан покриття, неприпустимі ухили, вершини кутів поворотів, координати осі траси, мітки, опис підошов споруд.

До *обставин автомобільної дороги* належать опис комунікацій, снігозахисних споруд, майданчиків відпочинку, автобусних зупинок, населених пунктів, будівель дорожньої служби, пунктів першої медичної допомоги, озеленення, пунктів харчування, автовокзалів, громадських туалетів, пунктів ДІБДД, мийних пунктів, готелів, автозаправок, станцій технічного обслуговування автомобілів.

До *штучних споруд* належать труби, мости, підпірні стінки, тунелі, поромні переправи.

Усі дані польових журналів заносяться до відповідних розділів електронного паспорта з прив'язкою кожного елемента до пікетажних положень на осі дороги.

Формування кадастрового плану виконується на підставі даних електронного паспорта. Використовуючи координати осі траси, на карті (плані) будують верх земляного полотна, постійну смугу відведення під автомобільну дорогу в реальній геометрії, на яких потім розміщуються елементи облаштування автомобільної дороги.

Система IndorGIS/Road дає змогу автоматично згенерувати кадастровий план автомобільної дороги на підставі введених табличних даних. Результат може бути одразу розміщений на карті геоінформаційної системи IndorGIS або переданий в систему підготовки креслень IndorDraw. Зазначимо, що в разі автоматичного генерування кадастрового плану в ГІС IndorGIS встановлюється зв'язок між графічним зображенням і вихідними об'єктами автомобільної дороги. Це у подальшому, виділивши на карті об'єкт, можна відредагувати його параметри, що зберігаються в загальній базі даних.

Під час передачі ж кадастрового плану в IndorDraw, зв'язок із атрибутикою не зберігається, оскільки головною метою цієї операції є тільки високоякісна підготовка креслень.

Сформовані кадастрові плани земельних ділянок, зайнятих автомобільними дорогами, є, насамперед, базою для підготовки межевої справи і постановки на кадастровий облік в органах державного обліку.

Оскільки автомобільні й міські дороги є лінійно-протяжними об'єктами, у деяких випадках зручніше працювати не з традиційними картами й планами доріг, а з їх розгорнутим уздовж осі дороги поданням у вигляді лінійних графіків і розгорнутих планів. У геоінформаційній системі IndorGIS/Road також передбачено можливість формувати такий лінійного графік автомобільної дороги.

Зазначимо, що під час формування лінійних графіків можна задавати різні масштаби в повздовжньому й поперечному напрямках. Це дає змогу зменшити кількість сформованих креслень, не втрачаючи в наочності їх подання,

особливо для заміських доріг із малою кількістю прилеглих об'єктів і інженерних споруд у придорожній смузі. На рисунку 9.6 подано різні варіанти кадастрового плану автомобільної дороги: у реальному масштабі, в лінеаризованому вигляді, а також зі зміненим масштабом у повздовжньому напрямі.

Отже у процесі експлуатації автомобільних доріг необхідно виконувати два незалежних один від одного різновиди інженерних робіт – *паспортизацію* й *інвентаризацію*. Ці різновиди робіт майже не відрізняються – вони різняться тільки частотою виконання і формою звітної документації: у разі паспортизації – це таблиці та лінійні графіки, у разі інвентаризації – це тільки таблиці.

Такий підхід був сформований і прийнятий десять років тому(сьогодні паспортизація автомобільних доріг здійснюється відповідно до вимог нормативного документа ВСН 1-83 «Типова інструкція з технічного обліку й паспортизації автомобільних доріг загального користування»). Саме тому він не враховує можливостей сучасних інформаційних технологій щодо формуванню паспортів автодоріг.

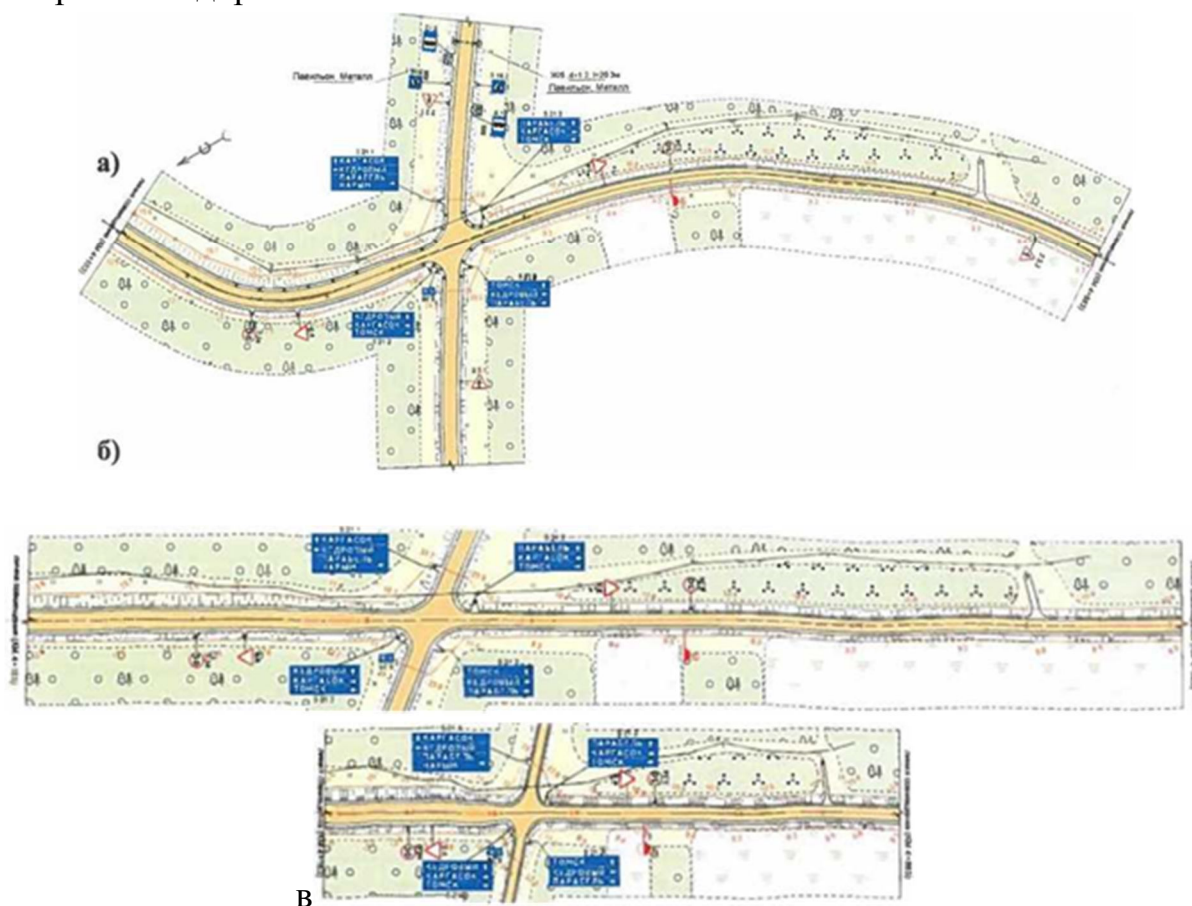


Рисунок 9.6 – Різні варіанти подання кадастрового плану автомобільної дороги в IndorDraw: а – у реальному масштабі; б – у лінеаризованому вигляді; в – зі зміненим масштабом у повздовжньому напрямку

У сучасних умовах одночасне використання двох незалежних різновидів інженерних робіт (паспортизації та інвентаризації) видається недоцільним. В умовах повсюдного запровадження інформаційних технологій, ГІС і САПР, є сенс застосовувати єдину технологію, що забезпечить комплексний збір і аналіз інформації про автомобільні дороги на всіх етапах їхнього життєвого циклу. У цьому контексті паспорт та інвентаризаційні відомості – це, на нашу думку, дві різні форми подання інформації про дороги.

9.6 Експлуатація автомобільних доріг

Діагностика автомобільних доріг виконується з метою визначення їх транспортно-експлуатаційного стану й ступеня відповідності їх параметрів вимогам нормативних документів. Якщо під час паспортизації та інвентаризації головними параметрами збору інформації є постійні параметри (геометричні параметри, конструкції дорожнього одягу та земляного полотна тощо.), то під час діагностики доріг увага приділяється змінним параметрами (рівності, зчепленню, міцності, дефектам проїзної частини та іншим конструктивним елементам дороги).

За результатами діагностики визначаються ділянки доріг, які не відповідають нормативним показникам. На цих ділянках призначають комплекс заходів для поліпшення транспортно-експлуатаційних характеристик.

У наш час наявні матеріали щодо діагностики державних автомобільних доріг накопичуються, упорядковуються й аналізуються за допомогою автоматизованого банку дорожніх даних АБДД «Дорога» (див. п. 10.1). На територіальних дорогах використовується ширше коло програмних продуктів, зокрема Титул-2000, IndorGIS/Road та ін.

У АБДД «Дорога» вбудовано блок завдань, що уможливорює проведення комплексного аналізу параметрів і характеристик, які визначають транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг, необхідний для оцінювання і встановлення причин можливих порушень сталого функціонування дороги:

- пошук по будь-якій комбінації дорожніх характеристик;
- визначення ділянок доріг, які потребують облаштування (нестача або дефектність огорож, тротуарів, розмітки, освітлювальних пристроїв та ін.);
- аналіз інтенсивності руху;
- вибір ділянок доріг, які відповідають нормативам;
- статистика по дорожніх знаках;
- характеристика населених пунктів;
- розрахування залишкового терміну використання нежорсткого дорожнього одягу.

В даний час, з огляду на відсутність тісної інтеграції АБДД «Дорога» з ГІС і застарілою структурою даних інформаційної моделі автомобільних доріг, подальший розвиток цього програмного продукту не видається можливим . До того ж в умовах узгодження вітчизняних норм і стандартів із міжнародними та переходом до планування дорожніх робіт за методиками, що наближаються до міжнародних (наприклад ГШМ-4), необхідно мати топологічно коректну інформацію про мережу автомобільних доріг, яку можна отримати тільки за допомогою ГІС.