

528.9:911.01

**ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗОБРАЖЕННЯ
РЕЛЬЄФУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ****І. Паздрій, Ю. Білінський***Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна*

Розглянуто питання використання геоінформаційних систем і технологій у картографії, топографії, зручність їхнього застосування для візуалізації географічних даних шляхом створення цифрових моделей рельєфу і просторового аналізу. Ці особливості ГІС забезпечують унікальні можливості вирішення низки завдань, пов'язаних з аналізом та прогнозом, виділенням головних чинників і можливих наслідків, планування стратегічних і поточних наслідків вирішень. Ці операції ГІС під час дослідження предмета – території та її складових об'єктів. Перспектива використання ГІС очевидна, оскільки вони не лише зберігають, обробляють та візуалізують географічні дані, а й можуть бути використані під час управління територією, її охороною та моніторингом. Тому впровадження ГІС-технологій в науку буде успішним.

Ключові слова: геоінформаційні системи і технології, картографічні об'єкти, цифрові моделі рельєфу, візуалізація географічної інформації, цифрова карта, аерофото- і космоснімки, атрибут, геосистема, сканування лазером.

Геоінформаційні системи (ГІС) – це системи керування базами даних (СКБД) для роботи з територіально орієнтованою інформацією, ланцюг операцій, який веде від планування спостережень і збирання даних до накопичення й аналізу даних з метою використання отриманої інформації в деяких процесах ухвалення рішень. Однією з особливостей ГІС є здатність зв'язувати картографічні об'єкти (що мають форму та місцезнаходження) з описовою та атрибутивною інформацією щодо них. У стандартній ситуації кожному картографічному об'єкту відповідає запис у базі даних з атрибутивною інформацією [4].

Побудову електронних карт та географічний аналіз з їхнім використанням щораз більше застосовують в інформаційних технологіях. Сучасні технології ГІС уже здатні виконувати не лише простий пошук та елементи аналізу в разі вирішення проблем, що стоять перед організаціями та окремими користувачами, а й використовувати механізми узагальнення та повноцінного аналізу географічної інформації під час ухвалення оптимальних рішень, що ґрунтуються на сучасних підходах та засобах візуалізації географічних даних. ГІС – це сучасна комп'ютерна технологія для картування й аналізу об'єктів і подій реального світу. Такі технології поєднують традиційні операції роботи з базами даних та переваги візуалізації й географічного (просторового) аналізу, який є природним засобом опрацювання інформації, що може бути нанесена на карту. Ці особливості відрізняють ГІС від інших систем та забезпечують унікальні можливості для їхнього використання у вирішенні широкого спектра завдань, пов'язаних з аналізом та прогнозом, виділенням головних чинників, причин та можливих наслідків, плануванням

стратегічних і поточних рішень. Крім просторових запитів, аналізу та обґрунтування рішень, ГІС може виконувати також автоматичну побудову карт, яка є набагато простішою та гнучкішою, ніж у традиційних методах ручного або автоматизованого картографування. Процес починається з побудови картографічних баз даних, які можуть бути неперервними та не пов'язаними з масштабом. Далі, використовуючи таку базу даних, можна створювати електронні карти або їхні тверді копії будь-якої території, масштабу, з необхідним семантичним наповненням. Використання в ГІС сучасних технологій СКБД та Internet/Intranet дає змогу швидко поновлювати, експортувати та поширювати географічні дані кінцевим користувачам.

У світі такі технології є звичним явищем, їх активно застосовують не тільки для менеджменту території, ними користуються природоохоронні та комерційні організації. Маючи таку геоінформаційну систему, можна зекономити час та гроші. ГІС незамінні в ухваленні відповідальних рішень під час управління територією, її охороною та моніторингом. В Україні такі технології новинкою також назвати не можна, проте використовують їх переважно транснаціональні компанії. З часом користувачами ГІС ставатимуть природоохоронні, науково-дослідні та інші організації, предметом дослідження яких є певна територія. Причини, які не дають цим технологіям розвиватись, у нас типові: відсутність грошей на їхнє створення та недостатня кількість кваліфікованих спеціалістів галузі, які здатні створювати ГІС. Проте, на нашу думку, поступово потенційні користувачі таких систем усе ж таки знаходитимуть кошти на запровадження їх в організаціях, тому дуже важливо вивчати можливості ГІС.

Поштовхом до впровадження ГІС може бути усвідомлення та визнання таких проблем:

- геопросторова інформація недостатня та застаріла (немає карт, застарілі карти, недовіра до їхнього змісту);
- геопросторова інформація не є стандартизована (різні системи координат, масштаби карт);
- геопросторова інформація не розподілена належно між відділами (існування дублювальних архівів, необхідність копіювання карт тощо);
- можливості копіювання та інших маніпуляцій з даними є невідповідними (багато часу йде на підготовку копій та супровідних описів);
- поява нових вимог, які не можна задовольнити без впровадження новітньої технології (нове законодавство щодо земельного кадастру, висвітлення роботи органів влади в Інтернеті тощо) [1].

Щодо обґрунтування впровадження ГІС можна навести низку чинників і причин:

- ліпше зберігання та оновлення інформації;
- ефективніший доступ до інформації;
- ефективніше виготовлення інформаційних продуктів;
- швидший аналіз альтернатив;
- зменшення коштів усебічно зваженого рішення.

Створення нової геоінформаційної системи дає такі переваги:

- підвищення ефективності (економія часу та персоналу);
- поліпшення якості рішень (швидший та гнучкіший аналіз);
- поява вигод, які підлягають маркетингу (змога продавати нову продукцію та досвід);
- поява нових „замаскованих” вигод (наприклад, ліпше оформлена документація, вищий громадський імідж) [1].

Коротко опишемо процес і структуру створення геоінформаційної системи в рамках проекту „Опрацювання стратегії збалансованого використання міських зелених зон і парків Львова” для Львівського ландшафтно–регіонального парку “Знесіння”, яка може бути прикладом формування подібних систем для інших паркових чи заповідних територій [5].

Роботу над створенням ГІС можна умовно розділити на три етапи (див. схему) Для початку потрібно підібрати кваліфікований персонал, який буде у змозі вирішувати всі питання, що виникатимуть у процесі роботи. Далі – вирішити питання комп’ютерного забезпечення. Сучасні програмні пакети, такі як ArcGis 9.0, мають досить високі апаратні потреби. Тому для роботи знадобиться досить потужний комп’ютер з ємністю оперативної пам’яті не менше 512 Мб, хорошим процесором на рівні Pentium 4, та якісною відеокартою. Оскільки на комп’ютері зберігатиметься значна кількість не тільки векторної, а й растрової інформації, яка займає значно більше місця, то необхідно мати жорсткий диск з ємністю пам’яті не менше 100 Гб. Якщо з апаратним забезпеченням все більш менш просто, то з вибором програмного забезпечення трохи складніше. Насамперед, зазначимо, що ліцензія на програмне забезпечення буває платною (Esri, MapInfo) та безкоштовною (Grass, Thuban). Нині найпоширеніші платні та набагато якісніші продукти від Esri, починаючи від ArcView 3.2a, закінчуючи ArcGis 9.0 і вище. Це програмне забезпечення містить усі функції та інструментарій, потрібні для зберігання, аналізу та візуалізації географічної інформації. Воно має низку переваг.

ЕТАП 1:

- Кваліфікований персонал.
- Комп’ютерне забезпечення.
- Апаратне забезпечення.
- Програмне забезпечення:
 - WINDOWS OS (Esri, MapInfo інше) дороге;
 - LINUX, MORFIX OS (Grass, Thuban інше) безкоштовне.
- Дані
 - Цифрові:
 - готові векторні карти території;
 - дані інших цифрових приладів (фотоапарат, GPS, термометр, барометр інші.);
 - дані дистанційного зондування Землі.
 - Аналогові:
 - паперові карти;
 - статистичні та інші табличні дані;
 - інші матеріали, які будуть використані в ГІС.
 - Опрацювання даних та перетворення їх для роботи в ГІС:
 - сканування зображень, текстів, фотографій та інших даних;
 - прив’язка даних до визначеної системи координат;
 - векторизація аналогових картографічних матеріалів;
 - внесення атрибутивної інформації про картографічні об’єкти.

ЕТАП 2: На підставі готових цифрових карт та даних аналіз і створення в середовищі ГІС нових тематичних карт, діаграм, графіків та ін.

- Морфометричні карти (крутість, експозиції схилів та ін.).
- Територіально планувальна структура території.

- Екзогенних процесів та ерозійно небезпечних територій.
- Інші.

ЕТАП 3: Створення реобазис даних територій.

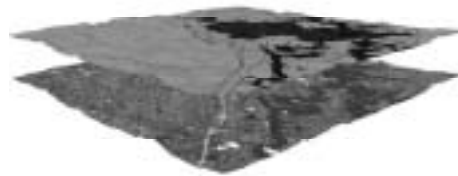
- Наповнення бази існуючими шарами.
- Створення доменів та підписів.
- Визначення правил топології.
- Заповнення геобазис даних.

Схематична структура створення ГІС територій.

Наступним і, мабуть, найголовнішим етапом у створенні ГІС є збирання та опрацювання даних. Збирання та автоматизація географічної інформації – дорогий та копіткий процес. Накопичення баз даних відбувається впродовж десятиліть. Тому електронні дані дбайливо зберігають та захищають від знищення або несанкціонованих змін (це інформація про просторове положення об'єктів, а також пов'язана з ними атрибутивна інформація). Дані можуть бути цифровими або аналоговими. Цифрові – це ті дані, які зберігаються в електронному вигляді. Простіше кажучи, це дані, які ми відразу, без додаткового опрацювання можемо бачити на моніторі комп'ютера. До таких даних належать електронні карти, цифрові матеріали дистанційного зондування землі (космоснімки), дані цифрових метео- та інших приладів, GPS, цифрові фотографії. Такі дані є значно ціннішими від аналогових, оскільки не потребують додаткових затрат на їхнє оцифрування. Їх набагато менше, бо методика отримання є досить новою, а отже, і дорожчою. Проте якість і точність таких даних значно вища, ніж тих, з якими в нас звикли працювати десятки років тому (рис. 1).



a



б

Рис. 1. Аналогові (*a*) та цифрові (*б*) дані.

Під час створення нової геобазисданих, здебільшого, доводиться використовувати аналогові дані переважно на паперових носіях; вони потребують до 70% зусиль, часу і грошей на додаткове опрацювання. Особливо це стосується карт. Для того, щоби перенести всю інформацію, яка є на карті, її потрібно спершу сканувати та прив'язати до визначеної системи координат. Це дасть змогу, по-перше, легкого стикувати між собою суміжні ділянки карт, якщо вона складається з кількох аркушів, а, по-друге, що важливо, накладати різні шари один на одного (для оверлейного аналізу). Вибір системи координат, в якій виконуватимуть роботу, залежить від різних чинників. Популярною є

прямокутна система координат WGS-84, у якій працює більшість навігаційних пристроїв, часто використовують географічну систему (широта\довгота), для невеликих територій застосовують місцеві системи координат з нульовою (X0;Y0) точкою відліку від якогось місцевого об'єкта (львівська місцева система координат "Високий Замок"). Коли карта вже прив'язана, оцифровують та вносять атрибутивну інформацію про кожен елемент на ній. Такі елементи можуть бути трьох типів: точкові (дерево, стовп, джерело), лінійні (дорога, річка, ізолінії) та полігональні (будинки, межі геоморфологічних зон, ареали поширення певних явищ). Для кожної групи об'єктів створюють окремий шар, який охоплює геометричну (просторову) та атрибутивну частину.

Просторово розподілені дані можуть бути відображені в базі даних за допомогою векторної або растрової моделей даних. Растрова модель ґрунтується на зберіганні графічної інформації у вигляді матриці або мережі осередків. Для прив'язки пікселя растрового зображення до просторових координатам використовують один з кутів пікселя або його центроїд. Дозвіл зображення залежить від розміру комірки матриці. Кожен осередок растру має дискретні атрибути. Растрова ГІС відображає природні феномени відповідними осередками матриці. Цей осередок є найменшою одиницею інформації, його розміри можуть залежно від додатка змінюватися від декількох мікронів до кілометрів. Прикладами використання растрової моделі в ГІС є:

- дані дистанційного зондування;
- цифрові моделі місцевості.

У векторній моделі просторових даних графічні дані відображені у вигляді об'єктів – крапок, ліній і територій – з якими пов'язані атрибутивні дані. Координатами точок є декартові координати в деякій прямокутній системі координат (наприклад, у системі координат проекції WGS-84) або пари географічних координат – широта і довгота. Лінії або дуги відтворюють послідовністю крапок. Будь-яку реальну географічну ситуацію можна відобразити як у векторній, так і в растровій моделі. Дані з растрової можна конвертувати у векторну модель, і навпаки.

Атрибут – це властивість, якісна або кількісна ознака, що характеризує просторовий об'єкт і асоційована з його унікальним номером або ідентифікатором; набори значень атрибутів звичайно наводять у формі таблиць засобами реляційних СКБД; класовому атрибуту в цьому разі відповідає ім'я стовпця або поля таблиці. Для впорядкування, зберігання і маніпулювання атрибутивними даними використовують засоби систем керування базами даних, переважно реляційного типу.

Під час роботи з растровими просторово розподіленими даними дуже важливо мати процедури автоматичного опису змісту растрового шару. Зокрема, для одного шару, а також для будь-якої зони шару можна обчислити статистику, що охоплює середнє значення, медіану, найчастіше використовувані значення, дисперсію й інші статистичні характеристики. Для декількох шарів можна виконати їхнє статистичне порівняння, наприклад, як класи пікселів одного шару пов'язані з класами пікселів іншого шару. Це можна зробити за допомогою регресійного або дисперсійного аналізу.

Шляхом накладення різних растрових шарів можна аналізувати та прогнозувати поширення того чи іншого явища. Для цього є функція побудови запитів. Якщо наявні окремі карти крутості схилів, геоморфологічного районування, ґрунтова та кліматична (розподілу кількості опадів), то можна, наприклад, автоматично виокремити ділянки схилу з піщаним ґрунтом, які мають крутість понад 7°, і де випадає опадів більше, ніж певна кількість. Такі території можна вважати ерозійно небезпечними (рис. 2). Чим біль-

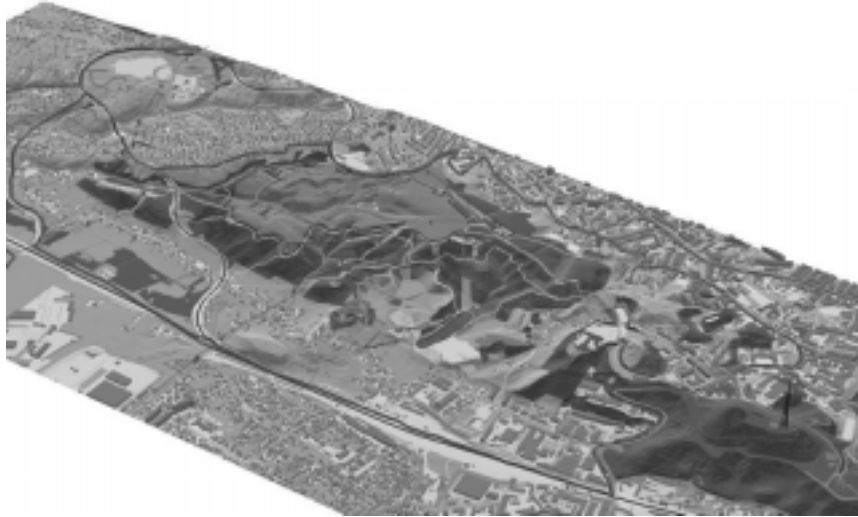


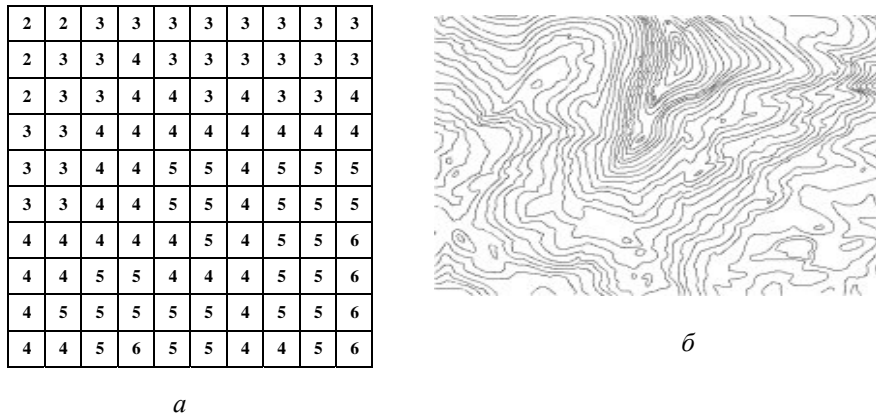
Рис. 2. Приклад автоматизованого виділення ерозійно небезпечних територій ландшафтного парку “Знесіння”.

ше різних растрових шарів є у геобазі даних, тим складніші та цікавіші запити можна будувати.

Окремо треба виділити рельєф як один з головних чинників, що визначають розподіл тепла і вологи на поверхні, регулюють стан біоти. Знання характеристик рельєфу – необхідна умова оцінювання стану території, її ролі в геосистемній ієрархії природних комплексів, для вирішення завдань природокористування. Головне джерело інформації про рельєф сьогодні – топографічні карти, що так чи інакше відображають рельєф у вигляді горизонталей. Відображення рельєфу є одним із найдорожчих та трудомістких процесів, оскільки цифрування всіх горизонталей потребує дуже багато часу. Розвиток ГІС-технологій на засадах геоінформаційної концепції – ініціює комп’ютерні форми відображення характеристик рельєфу у вигляді растрових (рельєф відображають у вигляді матриці, в якій кожній комірці присвоєна певна висота) і векторних (рельєф відображають у лінійному (горизонталі) або точковому вигляді) геозображень (рис. 3).

Сьогодні в разі потреби відобразити рельєф щораз частіше використовують дані дистанційного зондування Землі. Таких даних, які можуть бути фактично готовою топоосновою чи цифровою моделлю рельєфу (ЦМР), з кожним роком у світі стає більше, до того ж, вони вільно доступні для будь-кого. Такі дані можна легко отримати, маючи тільки комп’ютер, з доступом до всесвітньої мережі Інтернет.

Однією із найпоширеніших місій для дослідження рельєфу земної кулі була місія SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), лютий 2000 р. Тоді за вісім днів два сенсори радару, які працювали в двох діапазонах X-band (роздільна здатність 30 м) та C-band (роздільна здатність 60 м) зібрали інформацію про форму рельєфу майже всієї земної кулі, за винятком крайніх північних та південних окраїн (≤ 60 град ≥ 60 град). Така роздільна здатність цілком підходить для відображення рельєфу у масштабі 1:50 000. До інших поширених цифрових моделей рельєфу належать дані таких форматів, як SDTS



а

Рис. 3. Растрове (*а*) та векторне (*б*) зображення рельєфу.

(Spatial Data Transfer Standard), DRG (Digital Raster Graphics), DLG, (Digital Line Graph) DTED ASTER, Landsat, EarthSat та EarthKam Data, проте більшість з них доступні тільки на окремі ділянки земної кулі, переважно це територія Північної Америки (США та Канада) та Західної Європи.

Візуалізацію рельєфу виконують шляхом створення цифрових моделей рельєфу. Є два кардинально різні методи отримання моделей рельєфу.

Перший спосіб – це методи дистанційного зондування (ДЗ) і фотограмметрія, де є багато напрацювань, методик і точність результатів вельми переконлива. Проте висока роздільна здатність отриманих у такий спосіб моделей рельєфу не має належного застосування в більшості випадків. В Україні з об'єктивних причин запровадження комп'ютерних технологій відбувається повільніше, ніж на Заході. Труднощі пов'язані з недостатнім розвитком національних і регіональних баз даних, з високою ціною на програмне забезпечення світового рівня, порівняно дорогих новітніх радарних і космознімків тощо (рис. 4).

Другий спосіб – побудова моделей рельєфу шляхом інтерполяції оцифрованих ізолій з топографічних карт. Цей підхід також не новий, має переваги і недоліки. З недоліків можна назвати трудомісткість і деколи недостатньо задовільну точність моделювання. Варіанти моделювання можна розгрупувати за принципом моделювання. Перш за все, варто згадати моделі, зображені у вигляді TIN (Triangulated Irregular Network), побудовані на підставі триангуляції Делоне. Окрім цього, моделі TIN можна використовувати для генерації додаткових даних, якщо їх бракує для інтерполяції. Перевага триангуляційної моделі та, що в ній немає ніяких перетворень початкових даних. З одного боку, це не дає змоги використовувати такі моделі для детального аналізу, проте, з іншого боку, дослідник завжди знає, що в цій моделі нема ніяких привнесених помилок, як у моделях, одержаних з використанням інших методів інтерполяції [3]. На жаль, в україномовній літературі, питання, пов'язані зі способами моделювання і оцінкою точності одержаних моделей, висвітлені мало.

Вибір типу зображення ЦМР є обов'язковим аспектом 3D конструювання моделей. Для відображення рельєфу використовують регулярну сітку і нерегулярну триангуляційну мережу (TIN).

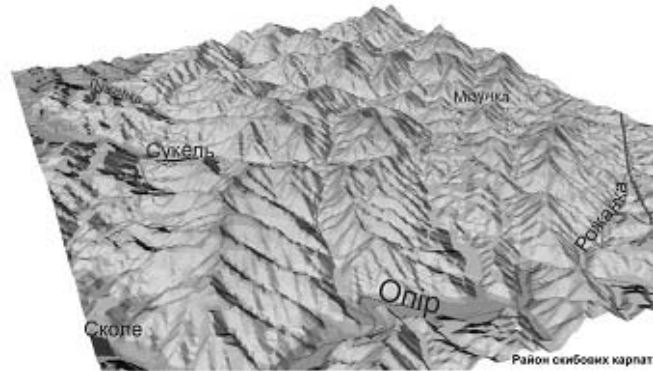


Рис. 4. Приклад цифрової моделі рельєфу на підставі даних SRTM.

Модель TIN дає ліпше відображення рельєфу в разі сильно розчленованої місцевості. Проте TIN-модель важко оновлювати. Кожна зміна рельєфу модельованої території звичайно спричиняє необхідність наново розвивати всю мережу. Інша негативна риса TIN – надмірна складність створення рівнів деталізації. Внаслідок цього візуалізація в режимі реального часу на основі TIN утруднена [6].

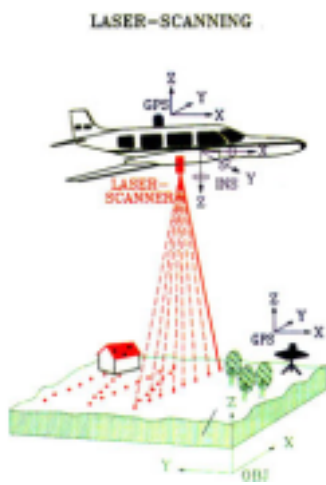


Рис. 5. Лазерне сканування.

У 2004 р. компанія Leica Geosystems запропонувала ще одну принципово нову методику отримання рельєфу певної території. В її основі – технологія лазерного сканування поверхні LIDAR (Light Detection and Ranging), яка дає змогу відразу отримувати готову цифрову модель рельєфу та аерофотознімки високої роздільної здатності (розмір пікселя 20 см). Принцип дії такого приладу такий, як лазерного радару, що закріплений на борту літака та з'єднаний з GPS приймачем; це дає змогу відразу отримувати закоординовані дані про відстань того чи іншого об'єкта на землі до літака, у форматі шейп файлів (формат з яким працюють чи не всі геоінформаційні пакети). Така технологія особливо зручна в разі потреби відобразити поверхню антропогенно змінених або забудованих територій, адже вихідним матеріалом є не тільки форма рельєфу, а й висота та форма наземних об'єктів (рис. 6)



Рис. 6. 3D модель м. Варшава (Польща), виконана за допомогою технології LIDAR.

Цю технологію активно застосовують для 3D моделювання міських територій, оскільки всі потрібні для цього дані і вимірювання, на які в минулому витрачали роки, тепер можна отримати за день [2].

1. *Aronoff S.* Geographic information systems: A management perspective. – Ottawa: WDL Publications, 1994. – 294 p.
2. GEOinformatics // Magazine for Surveying, Mapping & GIS Professionals. – 2005. – Jan/Feb. – Vol.8.
3. *Danahy J.* Visualisation data needs in environmental planning and design: Virtualising the 3D real world // GIM International. – 2000. – May. – P. 12–15.
4. *Nedkova S.Z., Gruber M., Kofler M.* Merging DTM and CAD data for 3D modeling purposes of urban areas // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. – 1996. – Vol. 31. – Part B4. – P. 311–315.
5. Фондові матеріали регіонального ландшафтного парку „Знесіння”.
6. http://www.designcenter.umn.edu/projects/current/current_research_areas/urban_open_space/view_on_screen/DPTN_Overview_files/frame.htm
7. www.esri.com
8. <ftp://edcftp.cr.usgs.gov/pub/data/srtm/>

USE OF GEOINFORMATIC SYSTEMS FOR REPRESENTATION OF EARTH SURFACE RELIEF

I. Pazdriy, Yu. Bilinskiy

*Ivan Franko National University of Lviv,
Doroshenko Str., 4, UA – 79 000 Lviv, Ukraine*

The question of useful taking advantage of Geoinformatic Systems (GIS) and Technologies in cartography, topography, convenience of their use for visualization geographical information by creation of digital models of relief and spatial analysis has been considered in this paper. These peculiarities of GIS provide exceptional opportunity for solving wide spectrum of problems connected with analysis and forecast selection of main factors, causes and feasible consequences, planning strategical and results of current decisions. All these operation GIS carries out with the object of its research – territory and its constituent objects. Perspective of more wide use of GIS is obvious, because they can not only preserve, process and visualize geographical information, but exploit attached to management of territory, its protection and monitoring. That's why the implementation of GIS – technologies in science will benefit.

Key words: geoinformatic systems and technologies, cartographical objects, digital models of relief, visualization of geographical information, electronic map, aero and spacephotographies, distancial probe, attribute, geosystem, laser scanning.

Стаття надійшла до редколегії 19.09.2005

Прийнята до друку 30.09.2005