

18. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Терентьев О.М. и др. Технология возведения зданий и сооружений: Учебник для вузов. - М.: Высш. школа, 2001.
19. Третьяков А. К., Рожненко М. Д. Арматурные и бетонные работы. М., 1982.
20. Хаютин Ю.Т. Монолитный бетон. - М.: МИСИ, 1991.

Рукопис подано до редакції 02.03.14

УДК 528.44

Р.О. ТИМЧЕНКО, С.О. ПОПОВ, доктори техн. наук, проф.,  
Д.А. КРИШКО, канд. техн. наук, А.В. БОГАТИНСЬКИЙ, аспірант,  
Криворізький національний університет  
О.В. ШЕВЧУК, Л.В. ПЕТРОВА, ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

## ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ

Розглядається питання використання цифрової моделі рельєфу для раціонального застосування території.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Одним із перспективних напрямків застосування ГІС у сучасних дослідженнях стала побудова віртуальних моделей. Оскільки геометричному опису реального світу властива третя координата, засоби тривимірного моделювання стали невід'ємним компонентом сучасних ГІС. Крім інформації про висоту об'єктів, третя координата може служити характеристикою будь-яких процесів чи явищ і використовуватися для їх просторового представлення [1,2].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Джерелами первинних даних для створення цифрової моделювання рельєфу території є топографічні карти, аерофотозйомка, космічні знімки та інші дані дистанційного зондування (ДДЗ), дані систем супутникового позиціонування, нівелювання та інших методів геодезії.

Обробка цифрової моделі рельєфу використовується для: одержання похідних морфометричних чи інших даних, включаючи обчислення кутів нахилу й експозиції схилів; аналізу видимості; побудови тривимірних зображень, у тому числі блок-діаграм, профілів поперечного перерізу, оцінки форми схилів через кривизну їх поперечного і поздовжнього перерізу; генерації мережі тальвегів і вододілів, що утворюють каркасну мережу рельєфу, особливих точок і ліній рельєфу, локальних мінімумів, або западин і локальних максимумів, чи вершин, сідловин, брівок, ліній обривів і інших порушень "гладкості" поверхні, плоских поверхонь з нульовою крутизною; побудови ізоліній за множиною значень висот; автоматизацію аналітичної відмітки рельєфу шляхом розрахунку відносних освітленостей схилів при вертикальному, бічному або комбінованому освітленні від одного або більше джерел; цифрової ортотрансформації при цифровій обробці зображень; інші обчислювальні операції і графоаналітичні побудови. Методи і алгоритми створення та обробки ЦМР можна застосовувати, окрім даних про рельєф (висоту), до інших фізичних або статистичних показників [2,3,4].

Тривимірні моделі територій застосовуються при ситуаційному моделюванні, аналізі проєктів і рішень, для виконання аналітичних розрахунків і як інструмент підтримки прийняття управлінських рішень. І ГІС, і програмні комплекси для обробки даних дистанційного зондування мають у своєму арсеналі програмні компоненти для тривимірного моделювання та візуалізації [4].

**Постановка завдання.** Враховуючи розвиток комп'ютерних технологій та комп'ютерного моделювання, постає необхідність оцінки можливості використання геоінформаційних систем для потреб містобудування, а також розгляду їх структури та обмежень у застосуванні.

**Викладення матеріалу та результати.** Цифрова модель рельєфу (ЦМР) – засіб цифрового представлення тривимірних просторових об'єктів (поверхонь, рельєфів) як сукупності висотних відміток або відміток глибин і інших значень аплікату (координати Z) у вузлах регулярної мережі з використанням матриці висот, нерегулярної трикутної мережі (TIN), або як сукупність ізоліній. Найбільш поширеним способом цифрового представлення рельєфу в ГІС є растрове.

Побудова ЦМР вимагає певної структури даних, а вихідні точки можуть бути по-різному розподілені в просторі. Збір даних може здійснюватися за точками регулярної мережі, за структурними лініями рельєфу або хаотично. На основі первинних даних, за допомогою спеціального інструментарію, отримують одну із найбільш поширених у ГІС структур даних

для представлення поверхонь: GRID, TIN або TGRID [1-5].

TIN (Triangulated Irregular Network) – нерегулярна триангуляційна мережа, система трикутників, що не перекривають один одного. Вершинами трикутників є первинні опорні точки. У цьому випадку, рельєф є багатогранною поверхнею, кожна грань якої описується або лінійною функцією, або поліноміальною поверхнею, коефіцієнти якої визначаються за значеннями у вершинах граней трикутників. Для отримання моделі поверхні, ГІС з'єднує пари точок ребрами певним способом, названим триангуляцією Делоне [6].

GRID – модель, яка представляє регулярну матрицю значень висот, отриману шляхом інтерполяції первинних даних. Для кожної комірки матриці, висота обчислюється на основі інтерполяції. Фактично це мережа висот, розміри якої задаються відповідно до вимог точності досліджень [6].

TGRID (triangulated GRID) – модель, що поєднує в собі елементи моделей TIN та GRID. Такі моделі мають свої переваги, наприклад, дозволяють використовувати додаткові дані для опису складних форм рельєфу (обриви, скельні виступи) [6].

Найбільшого поширення в дослідженнях на Україні, пов'язаних зі створенням ЦМР, набули програмні додатки зарубіжних виробників ГІС. Так, популярним є модуль ArcGIS 3D Analyst, розроблений компанією ESRI [5]. Він доповнює продукти ArcGIS Desktop (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) інструментами створення і аналізу поверхонь, а також двома додатками для створення і представлення тривимірних моделей: ArcScene (локальні ділянки території) та ArcGlobe (моделі в планетарному масштабі). Як і вся лінійка ArcGIS, модуль 3D Analyst розроблений на основі COM-моделі і використовує базові компоненти ArcObjects, що дозволяє використовувати готові бібліотеки з аналітичними функціями та засобами тривимірної візуалізації при створенні як локальних, так і серверних ГІС-додатків. За допомогою інструменту розробника ArcGIS Engine, можна створювати власні засоби тривимірної візуалізації, що використовують компонент GlobeControl для інтерактивної візуалізації тривимірних сцен.

Інший приклад програмного забезпечення – MapInfo Vertical Mapper (додаток для MapInfo Professional), що є ефективним засобом для побудови і аналізу тривимірних даних. MapInfo Vertical Mapper підтримує низку методів інтерполяції просторових даних (Kriging, TIN, IDW, Natural Neighbour і Bilinear) і включає математичні моделі побудови поверхонь (аналіз віддаленості, зон видимості, гравітаційна модель Хаффа для одного або кількох джерел).

Спершу створюється цифрова картографічна основа. Потім формується тривимірна модель рельєфу, яка використовується для створення планувальної основи і в проєкті по раціональному використанню території.

Інформація, покладена в основу цифрової моделі рельєфу надалі може використовуватися фахівцями при рішенні наступних завдань [7]:

- прогнозування розвитку, планування і забудови;
- розміщення, проектування, будівництво і реконструкція об'єктів житлово-цивільного, виробничого, комунального і іншого призначення;
- охорона пам'яток архітектури, регенерація історичних поселень;
- створення соціальної, інженерної і транспортної інфраструктури;
- регулювання земельних стосунків на відповідних територіях;
- облік власників і користувачів будівель і споруд;
- контроль за раціональним використанням територіальних ресурсів;
- аналіз реалізації затвердженої містобудівної документації та ін.

Пошаровий принцип організації інформації полягає в тому, що дані про територію організуються (розширюються) у вигляді набору тематичних шарів. Шар складається з однорідних даних, що об'єднуються загальною тематикою. Наприклад, в один шар виносяться всі об'єкти гідрографії, або всі шосейні дороги, або все, що відноситься до рослинного покриву (рис. 1).

Пошаровий принцип організації інформації дуже наочний і добре співвідноситься з прийомами традиційної картографії.

У більшості програмних продуктів ГІС дані організовані в тематичні шари даних. Такий підхід дозволяє вводити дані як окремі теми і накладати їх на основі аналізу потреб. Це може бути представлено концепцією вертикального розширення об'єктів земної поверхні. Розуміння шарів просторових даних як вертикальної форми організації даних представлено в посібнику [8]. Інструментом просторового взаємозв'язку шарів по вертикалі є єдина для всіх шарів система координат для визначення просторових об'єктів.

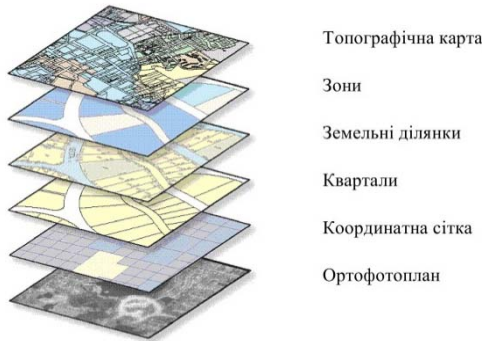


Рис. 1. Ілюстрація концепції вертикального розширення об'єктів земної поверхні.

Ідея накладення настільки природна для фахівців картографів і природних ресурсів, що вона також була створена при розробці більшості векторних систем САД. Підхід накладення шарів, вживаний в системах САД, використовується для відділення основних класів просторових об'єктів. Ця концепція також використовується для логічного впорядкування даних в більшості ГІС програм. Термінологія може відрізнятися між програмним забезпеченням ГІС, але підхід є тим же.

У комерційному програмному забезпеченні ГІС використовується різноманітність термінів для визначення даних шарів. Шар даних (Layer) і тема (Theme) є найбільш поширеними термінами; вони не є власністю якого-небудь конкретного програмного забезпечення ГІС [9].

Шар даних або тема відповідає логічній сукупності просторових об'єктів із загальними характеристиками. Кожен шар/тема визначається наступними умовами:

- об'єкти одного класу;
- однаковий набір полів.

Геометричний тип об'єкта визначає шість класів шарів або тем (табл. 1).

Для будь-якого ГІС-проекту будуть потрібні різні шари даних. Вони мають бути визначені до початку проекту.

Має бути також визначений пріоритет введення або оцифрування просторових даних шарів.

Це є обов'язковим, оскільки часто один шар даних містить просторові об'єкти, які збігаються з іншими, наприклад, озера можуть бути використані для визначення полігонів у шарі даних лісового кадастру. Шари, як правило, визначаються розробником, виходячи з потреб користувачів і доступності даних.

Визначення шарів може значно відрізнятися залежно від потреби в ГІС. Кількість шарів в діючій ГІС крупного муніципального утворення може вимірюватися декількома сотнями [9].

Таблиця 1

Класи шарів

Класи шарів	Графічне представлення класів шарів
1. Точковий шар (Point Layer)	
2. Лінійний шар (Line Layer)	
3. Полігональний шар (Polygon Layer)	
4. Шар анотацій (Annotation Layer)	
5. Шар записів (Record Layer)	
6. Шар точок реперів (Tie Layer)	

У табл. 2 наведено приклади деяких шарів даних з типової ГІС муніципального управління.

Таблиця 2

Приклади шарів даних

Назва шару	Об'єкт реального світу	Геометричний тип об'єкта	Атрибути користувача
Вісі вулиць	Міські вулиці	Лінійний	Назва, клас вулиці
Дорога	Проїжджі частини вулиць	Полігональний	№, площа, ширина
Квартали	Квартали міста	Полігональний	Щільність забудови, чисельність населення
Будівлі житлові	Будівлі	Полігональний	Поверховість, кількість квартир, кількість мешканців
Будівлі промислові	Будівлі	Полігональний	Висота, об'єм
Земельні ділянки	Зонування	Полігональний	Код ділянки, площа, тип землекористування
Залізниця	Основні залізничні лінії	Лінійний	Назва залізниці
Лінії газопостачання	Система газопостачання	Лінійний	Діаметр, тиск, довжина
Лінії водопостачання	Система водопостачання	Лінійний	Діаметр, матеріал, довжина

Як правило, в ГІС вводиться один шар даних за один раз. Шар даних буде повністю завантажений, коли будуть виконані графічні перетворення, редагування, топологічні побудови, перетворення атрибутів, зв'язування, а також перевірки, перш ніж наступний шар

даних буде запущений. Тому є декілька етапів в повному завантаженні даних шару.

Більшість ГІС-проектів інтегрують шари даних, для створення похідних тем або шарів, які є результатом деякого обчислення або моделі, наприклад, цінності лісів, придатності використання земель і так далі. Похідні шари повністю залежать від мети проекту. Кожен шар даних, інтегрований в індивідуальному порядку і буде початковим для створення комбінованих даних шарів.

Окремі функції аналізу даних можуть бути здійснені, ґрунтуючись на моделі даних, наприклад, векторній або растровій, і топологічній структурі. Важливо відзначити, що у векторній ГІС топологічна структура визначається тільки за допомогою унікальних міток для кожного просторового об'єкта.

При розробці логічної моделі даних з використанням реляційної моделі можливо потрібно розглянути пошарову й мозаїчну структуру даних, відому також як бібліотека карт.

Найчастіше при цьому організується також й ділення одного тематичного шару по горизонталі по аналогії з окремими листами карт. Це робиться в основному для зручності адміністрування баз даних, щоб уникнути роботи з надмірно великими файлами.

Число шарів при пошаровій організації даних може бути обмежене, або практично не обмежене залежно від конкретної реалізації. При пошаровій організації даних дуже зручно маніпулювати великими групами об'єктів, представлених шарами, як єдиним цілим, наприклад, включаючи або вимикаючи шари для візуалізації, визначати операції, засновані на взаємодії шарів. В цілому, можна сказати, що пошарова організація даних має великий аналітичний потенціал.

Об'єкти, віднесені до одного шару утворюють деяку фізично окрему одиницю даних. Вони збираються в один файл або в одну директорію, мають єдину і окрему від інших шарів систему ідентифікаторів, до них можна звертатися як до деякої множини. По одній темі можуть бути передбачені декілька шарів різного масштабу і відповідно різної точності або різних часових інтервалів. Ця ідея також використовується для логічного впорядкування даних в більшості ГІС-програм [10, 11].

В основу створюваної ГІС включається цифрова базова карта; створюються цифрові аналітичні карти по блоках, що характеризують основні природні та соціально-економічні особливості території, стан навколишнього середовища. Атрибутивна інформація включається в ГІС з

різних джерел за стандартизованими формами. На цьому ж етапі накопичуються містобудівні нормативні документи і регламенти (рис. 2).



Рис. 2. Склад цифрових аналітичних карт

На основі засобів просторового аналізу створюються синтетичні карти, які одержують шляхом зіставлення і синтезу як картографічних, так і атрибутивних даних, представлених у перерахованих блоках. На основі аналізу даних синтетичних карт розробляються сценарії розвитку для різних регіонів країни. Метою цього етапу є створення ряду прогнозно-конструктивних карт [12].

Тривимірне комп'ютерне представлення місцевості значно підвищує можливості візуального аналізу при вивченні і управлінні міською територією, воно дозволяє [8, 9, 11]:

виконати фотореалістичне відображення досліджуваної території і віртуальне переміщення над моделлю місцевості;

оцінити можливості існуючої і варіанти проектованої міської забудови і міського ландшафту;

провести аналіз проектних рішень, у тому числі на відповідність генеральному планові розвитку міста;

компілювати необхідні тематичні шари з впровадженими 3D об'єктами;

розвивати методи підготовки перспективних тривимірних топологічних ГІС-даних і моделей, а також поєднання їх з даними САПР.

3D модель дає повніше уявлення про територію забудови міста, ніж звичайні карти і плани, забезпечує перегляд об'єктів з будь-якої точки простору (з висоти пташиного польоту, з поверхні землі, з вікна будь-якого будинку і так далі), спрощує процеси планування, контролю і ухвалення рішень.

Вже зараз одна з умов безпомилкового будівництва будівлі – це попередня побудова його проектованої тривимірної моделі і тривимірних моделей навколишньої забудови. Тривимірна модель проектованого об'єкту допомагає архітекторові краще зрозуміти самому і пояснити замовникові те, що він збирається побудувати. Інженерові-конструктору тривимірна модель об'єкту допомагає краще опрацювати елементи будівельних конструкцій, виконати розрахунки міцності будівлі. Усім фахівцям вона дозволяє краще орієнтуватися в об'єкті, що будується.

Подібні тривимірні моделі, інтегруючи в собі різноманітні векторні і растрові дані, дозволяють краще оцінити тенденції забудови території, допомагають дизайнерам при плануванні зовнішнього вигляду будівель. Їх корисно використовувати в різних областях діяльності при усебічній оцінці поточної ситуації в районі міста, що розглядається, або при його переплануванні.

Крім того, можна досить швидко проаналізувати варіанти і деталі проекту, переміщати будівлі і інші елементи проекту забудови території і за допомогою послідовних наближень досягати бажаного результату. При цьому, засоби додаткового модуля 3D аналізу дозволяють по-

глянути на проєктований об'єкт з різних боків, а також змоделювати вигляд території з вікон будівель.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Великою перевагою використання цифрової моделі є те, що користувач працює не в системі координат паперового листа, а в реальній тривимірній системі. Проєктувальник може оцінювати свій проєкт комплексно, без відриву від міського середовища, з урахуванням існуючих і проєктованих інженерних комунікацій, транспортної доступності.

Подібні тривимірні моделі, інтегруючи в собі різноманітні векторні і растрові дані, дозволяють краще оцінити тенденції забудови території, допомагають дизайнерам при плануванні. Їх корисно використовувати в різних областях діяльності при усебічній оцінці поточної ситуації в районі міста, що розглядається, або при його переплануванні.

### Список літератури

1. **ДеМерс М.Н.** Географические информационные системы. Основы / **ДеМерс М.Н.**; пер. с англ. - М.: Дата+, 1999.- 491 с.
2. GIS Glossary [Electronic Resource] .- URL: <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/glossary.html>
3. **Goodchild, M.F.** Geographical information science //International Journal of Geographical Information Systems, 1992, 6(1), p. 31-45.
4. **Huxhold W.E., Levinsohn A.G.** Managing Geographic Information System Projects. - New York, Oxford: Oxford University Press., 1995. - 250 p.
5. Сучасні інформаційні технології для управління територіальним розвитком регіонів / С.М. Андреев, С.І. Безіна, С.А. Загородня [та ін.] // Геоінформатика. – 2012. – № 2. – С. 51 – 59.
6. **Скворцов А.В.** Триангуляция Делоне и ее применение / **А.В. Скворцов.** – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.
7. **Білецький Б.О.** Деякі аспекти інтеграції ГИС-додатків для систем підтримки прийняття рішень / **Б.О. Білецький** // Матеріали VI міжнар. наук-практ. конф. "ГІС-форум.2006". – Київ, 2006. – С. 235 – 238.
8. **Журкин И.Г.** Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: Кудиц-пресс, 2009. – 272 с.
9. **Ішук О. О.** Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навчальний посібник / **О.О. Ішук, М.М. Коржнев, О. Е. Кошляков;** за ред. акад. Д.М. Гродзинського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2003.– 200 с.
10. **Шипулін В.А.** Основні принципи геоінформаційних систем / **В.А. Шипулін.** – Харків: ХНАМГ, 2010. – 315 с.
11. **Савиных В.П.** Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования / В.П.Савиных , В.Я. Цветков. - М.: Геозидат,- 2001 – 228 с.
12. **Энди Митчелл.** Руководство по ГИС Анализу. Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи / Энди Митчелл; пер. с англ. – Киев, ЗАО ЕСОММ Со; Стило, 2000. – 198 с.

Рукопис подано до редакції 03.03.14

УДК 711.28

Р.О. ТИМЧЕНКО, С.О. ПОПОВ, доктори техн. наук, проф.  
Д.А. КРИШКО, канд. техн. наук, М.О. КРАВЧЕНКО, Ю.В. ЧУГАЙ, магістранти,  
Криворізький національний університет  
О.В. ШЕВЧУК, Л.В. ПЕТРОВА, ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У СИСТЕМІ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЄЮ

У даній статті розглядається питання використання геоінформаційних систем у системі територіального планування та управління територією.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Для створення умов прогнозованого розвитку територій, населених пунктів, підвищення ефективності управління, супроводження містобудівної діяльності, поліпшення екологічного і техногенного становища населених пунктів у провідних країнах світу використовують геоінформаційні системи (ГІС) та системи моделювання на базі геоінформаційних технологій для підготовки пропозицій щодо прийняття управлінських рішень.